



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **147653** (13) **U**
(51) МПК (2021.01)
C21C 5/00
C21C 5/28 (2006.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2020 07568	(72) Винахідник(и):
(22) Дата подання заявки: 27.11.2020	(73) Володілець (володільці):
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 03.06.2021	Бродський Олександр Сергійович , просп. Свободи, 49, пом. 64, м. Кам'янське, Дніпропетровська обл., 51900 (UA), Лященко Віталій Федорович , пров. Молодіжний, 1, смт Завалля, Гайворонський р-н, Кіровоградська обл., 26334 (UA), Хейсон Олег Юрійович , вул. Благовісна, 174, кв. 12, м. Черкаси, 18002 (UA)
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 02.06.2021, Бюл.№ 22	

(54) СПОСІБ ВИГОТОВЛЕННЯ ФЛЮСУ ДЛЯ ВИПЛАВКИ СТАЛІ

(57) Реферат:

Спосіб виготовлення флюсу для виплавки сталі, при якому здійснюють подрібнення, сортування, класифікацію (за крупністю гранул) та обволікання у водному середовищі складових флюсу, що містять оксид кальцію, оксид магнію, оксид кремнію, оксид заліза, оксид алюмінію, та їх прожарювання, згідно з корисною моделлю додатково включає використання оксиду марганцю, при наступному співвідношенні компонентів готового флюсу, мас. %: оксид кальцію 28-32, оксид магнію 16-19, оксид кремнію 8-16, оксид заліза 1-5, оксид алюмінію 1-3, оксид марганцю 0,5-1,5, волога 2-5, при цьому прожарювання здійснюють з втратами 22,5-40,5 мас. %.

UA 147653 U

UA 147653 U

Корисна модель належить до металургії, а саме - до технології виробництва сталі в конверторах під шаром шлаку, який утворюється добавками вапна та флюсів.

Найбільш поширеними добавками, що формують шлак, є вапно і вапняк, а флюсом-прискорювачем шлакоутворення - плавиковий шпат. (Див. Технологія производства стали в современных конвертерных цехах: С.В. Колпаков и др. - М.: Машиностроение, 1991. - С. 22-25).

Технологія ведення шлакового режиму цими добавками відпрацьовувалась роками та стала базовою.

Конвертер з кисневим продуванням чавуну, генерацією оксидів кремнію, марганцю заліза, їх ошлакування оксидом кальцію винайдений 65 років тому назад та залишається світовим стандартом виробництва сталі. Розвиток конвертерного процесу, починаючи з 30-ти конвертерів, пішов шляхом введення в експлуатацію конвертерів більшої місткості, досягнувши 400 т. Зросла і інтенсивність верхнього продування киснем, додатково стала застосовуватись донне продування. Відповідно змінювався гідродинамічний стан шлакової та металічної фаз. В сучасних конвертерах глибина ванни 1,6-1,9 м, питома площа поверхні ванни - 0,12-0,18 м²/т.

Піддалися змінам і шихтові матеріали. Так, знизився вміст марганцю в переробному чавуні до 0,2-0,4 %, підвищився вміст фосфору. Зросли вимоги до якості рідкої сталі щодо вмісту сірки та фосфору.

Футерівка сталеплавильних агрегатів стала магнезійною. Вогнетриви більш якісні, їх ресурс працездатності значно збільшився. Висока вартість вогнетривів спровокувала розвиток технологій, які запобігають зносу футерівки.

При цьому технологічні стандарти базової технології не змінились. Стандартне застосування оксиду кальцію у складі вапна в поєднанні з фтористим кальцієм у складі плавикового шпату стало високовартісною умовою з точки зору економічної ефективності процесу виплавки сталі. Необхідно не тільки прискорення шлакоутворення без застосування плавикового шпату, але і збільшення ресурсу працездатності магнезійної вогнетривкої футерівки. Крім того, екологічна безпека технологічних процесів виплавки сталі виявилась несумісною з викидами фтору в газову фазу, з організаційно-технічними заходами з метою недопущення глобального потепління на планеті.

Такі технічні зміни в конвертерному виробництві сталюого напівпродукту (рідка сталь) ініціювали застосування різних шлакоутворювальних матеріалів, що частково заміщують плавиковий шпат.

Відомо, що в металургії оксид кальцію є основним шлакоутворювальним компонентом, що забезпечує видалення шкідливих домішок, зокрема, фосфору та сірки, з розплавленого металу. Проте оксид кальцію має високу температуру плавлення (2630 °C) та потребує для великих затрат тепла. Для зниження температури оплавлення вапна в шлакових сумішах застосовують різноманітні шлакоутворюючі матеріали і добавки. До їх складу вводять оксиди заліза, марганцю, алюмінію, які знижують температуру оплавлення вапна, "основність" шлакової суміші, яка є одним з показників активності рафінуючих матеріалів до десульфурзації рідких металів.

Відомий шлакоутворювальний матеріал у вигляді брикетів для конвертерного процесу виплавки сталі на основі оксидів кальцію, заліза, що містить плавиковий шпат, оксиди марганцю, алюмінію, оксиди і карбонати лужних металів та оксидів в межах 4-14 % (Див. авт св-во СРСР № 61415, МПК C21C 5/28, публ. 1970 р.). Часткова заміна плавикового шпату цим шлакоутворювальним матеріалом та застосування його як додаткової добавки до вапна являється основним недоліком даного технічного рішення.

Це призводить до збільшення кількості шлаку на виході з процесу виплавки сталі з відповідними втратами заліза в "корольках" та оксидах. До того ж процес брикетування складний. Фтор з процесу виплавки сталі повністю не виводиться, хоча це і значущий крок в порівнянні з класичною технологією світового стандарту. Брикет даного шлакоутворювального матеріалу з точки зору законів фізики і термохімії спочатку ошлаковуються і тільки після нагрівання реалізується процес поступового хімічного розчинення матеріалу брикету. Тому оксид магнію із об'єму брикету має низьку швидкість надходження в первісний шлак продувки та, відповідно, в зону контакту з магнезійною футерівкою.

Захист футерівки в даному випадку неможливий протягом всього часу продувки плавки. На початковій стадії продувки утворюється шлак з підвищеним вмістом окислів заліза - FeO і кремнію - SiO₂ (основні оксиди кальцію - CaO і магнію - MgO через тугоплавкість ще не ошлакувались і не розчинились в рідкій шлаковій фазі і не усереднились в ньому), що веде до вимивання оксиду магнію (MgO футерівки) з робочого шару футерівки конвертера та стоншенню остаточного вогнетривкового шару, особливо по шлаковому шару. При застосуванні

даного матеріалу шлакоутворювальними оксидами являються CaO, SiO₂, (MgO футерівки), (MgO брикет), FeO, Fe₂O₃, MnO, Al₂O₃, P₂O₅, CaS.

Вибіркове рішення часткової заміни плавикового шпату технологічно та економічно було прийнятним, але проіснувало недовго. Треба було повністю виключити плавиковий шпат. Тому наступним етапом розвитку технології ведення шлакового режиму стали розробки шлакоутворювальних матеріалів як добавок до вапна, які повністю виключали б застосування плавикового шпату, прискорили ошлаковування шматків оксиду кальцію за рахунок оптимізації в складі брикету вмісту Al₂O₃ або MnO.

Відомий спосіб виплавки сталі в конвертері, в якому для покращення шлакоутворення взято матеріал у вигляді суміші марганцевої руди чи марганцевого агломерату з невипаленим доломітом у співвідношенні (1-2):(1-2). Суміш паралельно застосовують як добавку до присадок вапна і плавикового шпату (Авт. Св-во СРСР № 699020, МПК С21С 5/28, публ. 1979 р.).

Основним недоліком наведеного матеріалу - високий вміст в марганцевій руді шкідливої домішки - фосфору 0,18-0,22 %. При збагаченні марганцевої руди механічними способами фосфор не видаляється і переходить в марганцеві концентрати.

До складу руди одночасно входять CaO, SiO₂, Al₂O₃. Головним компонентом є оксид кремнію, менше - оксид алюмінію. Економія вапна на 25-50 % досягається за рахунок оксиду кальцію невипаленого доломіту. Економія плавикового шпату на 0,63 кг/т сталі - внаслідок застосування оксидів марганцю. Повне виключення плавикового шпату з процесу не забезпечується. В первинний шлак в насамперед надходять оксиди марганцю і кремнію, які ошлаковуються оксидом кальцію першої порції чистого вапна. А частки невипаленого доломіту спочатку декарбонізується без зміни своєї цілісності та об'єму. Тому оксид магнію має низьку швидкість надходження в первинний кислий шлак початку продувки та, відповідно, в зону контакту з магнезійною футерівкою. На початку продувки оксид марганцю інтенсивно вимиває оксид магнію з магнезійної футерівки в первинний шлак. Тільки в середині плавки вже працюючий шлак збагачується оксидом магнію суміші шлакоутворювального матеріалу. Захист футерівки в даному випадку також не може бути здійснений протягом всього часу продувки плавки. При використанні даної суміші шлакоутворювальними оксидами є CaO, SiO₂, (MgO футерівк), (MgO суміші), FeO, Fe₂O₃, MnO, Al₂O₃, P₂O₅, CaS.

В Авторському свідоцтві СРСР № 403755, МПК С21С 5/54, публ. 1973 р. шлакоутворювальна суміш містить боксит в кількості 5-70 % та ставроліт в кількості 30-95 %. Мінімальний вміст оксидів в суміші матеріалу становить 25-28 % SiO₂ та 48-50 % Al₂O₃. Шлакоутворювальний матеріал виключає застосування плавикового шпату, прискорює шлакоутворення зниженням основності робочого шлаку, але не замінює вапно та не зменшує його витрати.

Шлакоутворювальний матеріал подають в процес на первинний кремнеземно-залізистий кислий шлак, введений оксид кальцію вапна ошлаковується, прискорюється шлакоутворення зі зниженням основності. При цьому знижується і температура плавлення шлаку. Проте в подальшому це призводить до збільшення витрати CaO з вапном і відновлення процесу підвищення основності шлаку, необхідної для гарантованого проведення реакцій рафінування металу. Тому на виході з процесу утворюється великий об'єм шлаку, який виливають у відвалювання з відповідними втратами заліза в "корольках" та оксидах.

Крім того, боксит і ставроліт дуже складні види сировини для використання в металургії як окремо, так і в суміші. Боксит має високий вміст вологи, сірки, фосфору, а ставроліт - низький рівень зернистості, що дорівнює 0,1-1,0 мм. При застосуванні даної суміші єдиний механізм надходження оксиду магнію - ерозійні процеси по робочій поверхні з робочого шару магнезійних вогнетривів футерівки (MgO футерівк). Маса оксиду магнію в робочому шлаку пропорційно кількості самого шлаку та його збалансованому вмісту з іншими оксидами, що утворюють шлак. Шлакоутворювальними оксидами є CaO, SiO₂, (MgO футерівк), FeO, Fe₂O₃, MnO, Al₂O₃, P₂O₅, CaS. Застосування шлакоутворювального матеріалу у вигляді боксито-ставролітової суміші не передбачає додаткового захисту магнезійної футерівки.

Відомий шлакоутворювальний матеріал у вигляді суміші, що складається з 35-45 % вапна, 20-30 окису заліза, 10-20 оксиду марганцю і 8-15 оксиду алюмінію. Суміш отримують механічним шляхом без додаткового випалу (Див. авт. св-во СРСР № 399535, МПК2 С21С 5/06, публ. 1973 р.).

При застосуванні шлакоутворювального матеріалу у вигляді суміші такого складу єдиним механізмом і джерелом надходження оксиду магнію (MgO футерівки) є ерозійні процеси по робочій поверхні з робочого шару магнезійних вогнетривів футерівки (MgO футерівки). Крім того, сирий боксит, прокатна окалина без термообробки та марганцева руда дуже складні види сировини для застосування без складної технологічної підготовки як окремо, так і в суміші. Ці

компоненти мають високі значення вмісту води, сірки і фосфору. З сумішшю вводиться додатковий фосфор, який при виплавці сталі в подальшому треба виводити з процесу з додатковими витратами. При застосуванні даного шлакоутворювального матеріалу шлакоутворювальні оксидами є CaO , SiO_2 , (MgO футерівки), FeO , Fe_2O_3 , MnO , Al_2O_3 , P_2O_5 , CaS .

Відомий спосіб виробництва сталі, в якому для формування активного робочого шлаку застосовують шлакоутворювальні матеріал у вигляді окускованного реагенту в твердому вигляді, який замінює плавиковий шпат. Реагент формується обкочуванням або брикетуванням суміші відходів від отримання чистого алюмінію і активованого глинозему на мінеральній зв'язці (патенти USA 4050925, USA 3893846 "Slag forming agent for steel making" 1975, МПК C21C 7/00). Шлакоутворювальний матеріал дозволяє успішно вести процес видалення фосфору.

Особливістю заявленого шлакоутворювального матеріалу є вилучення з процесу плавикового шпату. Але він не замінює вапно і не знижує його витрату, а навпаки - збільшує. Кількість кінцевого шлаку на виході з процесу зростає, а, отже, зростають пропорційно і втрати заліза металіти. Це є головним недоліком відомого способу. На додаток оксиди Al_2O_3 і інші в складі утвореного шлаку вимагають рівноважного вмісту оксиду магнію, а процеси видалення фосфору і сірки необхідної основності ($\text{CaO}/\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) мінімум три одиниці. При відсутності введення оксиду магнію в процес MgO в шлаку компенсується ерозією вогнетривів магнезитової футерівки (MgO футерівки). Це ще один значний мінус цього та інших безмагнезійних високоглиноземистих реагентів.

При застосуванні цієї суміші шлакоутворювальними оксидами є CaO вапна, SiO_2 чавуну, (MgO футерівки) з футерування, Fe у вигляді FeO і Fe_2O_3 з металіти, MnO чавуну, Al_2O_3 з реагенту, P_2O_5 всієї шихти і заявлених добавок. Шлак, що отримується в процесі переплавки брухту алюмінію, містить значну кількість оксидів алюмінію (до 70 %), "корольків" металіти алюмінію (до 40 %), і обов'язкові, флюсові оксиди і (або) хлориди, і (або) фториди лужних металів Na_2O , K_2O , NaCl , KCl , NaF , KF (до 30 %). Таким чином, комбінація магнезійної футерівки і реагенту такого складу буде високовитратною через знос футерівки і підвищенням екологічної напруженості.

В авторському свідоцтві СРСР № 985055, МПК C21C 5/28, публ. 1983р. описано спосіб переробки низькомарганцевистого чавуну в конвертері, в якому для пришвидшення шлакоутворення вапна використовують шлакоутворювальний матеріал у вигляді залізофлюсу в кількості 40-70 кг/т сталі наступного складу, мас. %: оксид кальцію 48,9-53,1; оксид магнію 8-10,4 %, оксид кремнію 4,5-6,3 %, залізо загальне 22,6-26,0 %, оксид алюмінію 1,8-2,3 %, фосфору 0,22-0,48.

Поєднання добавок залізофлюсу (40-70 кг/т сталі) і вапна в співвідношенні 0,5-1,4 на плавку виключило застосування плавикового шпату, а застосування залізофлюсу частково дозволило замінити оксид кальцію вапна.

Недоліком такого рішення є високий вміст заліза і фосфору у використаному флюсі. Порушується правило мінімізації введення фосфору в процес виплавки, що призводить до додаткових витрат на його виведення з процесу в кінцевий шлак. Високий вміст заліза у формі, що легко відновлюється, призводить до перманентного фізичного і хімічного охолодження навколишньої фази, якою вже є розплав первинного шлаку, що утворився.

Процес зростання температури металу і шлаку при виплавці сталі проходить переривчасто, важко забезпечити необхідний вміст фосфору менше 0,015 % в готовому сталевому напівфабрикаті для розливання на машині безперервної ливарної заготовки (МБЛЗ) без виправлення плавки додувки, яка завжди є додатковою технологічною витратною операцією. При застосуванні добавок залізофлюсу до шлакоутворювальних оксидів належать CaO , SiO_2 , (MgO футерівки), (MgO флюс), FeO , Fe_2O_3 , MnO , Al_2O_3 , P_2O_5 , CaS .

У всіх відомих способах прискорене шлакоутворення завжди пов'язане з ерозією вогнетривів магнезійної футерівки, якщо не мати додаткове джерело оксиду магнію, крім як надходження (MgO футерівки) з вогнетривів футерівки. Причому в шлак оксид магнію повинен надходити відразу ж в первинний шлак паралельно процесам окислення марганцю і кремнію чавуну в необхідній збалансованій кількості. У відомих способах такий механізм не реалізується. На сучасному етапі сталеваріння магнезійні периклазові футерівки сталеплавильних агрегатів стали дорогим елементом технології виплавки сталі. З урахуванням зниження собівартості сталі за рахунок підвищення терміну служби вогнетривів актуальні інші технічні рішення.

Внаслідок цього стали необхідними нові склади флюсів, що не погіршують інтенсивний режим шлакоутворення по ходу плавки, та володіють або зниженою агресивністю по відношенню до футерівки, або знижують агресивність шлаків як первинних, так і які утворюються в подальшому протягом продувки киснем, що володіють необхідними

властивостями переведення шлаку у фізико-хімічний стан, необхідний для нанесення гарнісажу на футерівку роздувкою азотом без обповзання шлаку в стані гарнісажу.

Відомий шлакоутворювальний матеріал у вигляді попередньо спеченого шлаку для виплавки сталі при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: оксид магнію 35-38 %, оксид кремнію 1,5-2,0 %, оксид заліза 6,5-9,5 %, оксид алюмінію (глинозем) 6,5-9,0 %, оксид кальцію - решта. Шлаки спікають в окислювальній атмосфері при 1200 °C (Див. Авт. св-во СРСР № 425947, МПК C21C 5/28, публ. 1974 р.)

Шлакоутворювальний спечений шлак не може знижувати агресивність первинно утворених або робочих шлаків при продувці через рекомендовані малі витрати 0,8-1,0 кг/т сталі, що становить максимум 1,4 % від потрібних 70 кг/т сталі вапна. Незначна витрата спеченого шлаку 0,8-1,0 (1,4 %) не забезпечує оптимальний вміст оксиду магнію в робочих шлаках. Наприклад, для 250-т конвертера присадка вапна на металобрухт становить 8 т, а згідно з винаходом, шлаку 112 кг, в перерахунку на оксид магнію складе 39-42,6 кг, що явно недостатньо для зниження агресивності шлаків як первинних, так і утворених в подальшому протягом продувки.

Крім того, малодоступність і дефіцитність відходів зачистки корундовими кругами, як основного компонента спеченого шлаку, висока температура процесу спікання в сумі не дозволяють організувати масштабне його виробництво навіть при наявності високопродуктивних вапняно-випалювальних печей.

При застосуванні такого шлаку шлакоутворювальними оксидами є CaO, SiO₂, (MgO футерівки), (MgO шлак), FeO, Fe₂O₃, MnO, Al₂O₃, P₂O₅, CaS.

Відомий шлакоутворювальний матеріал у вигляді агломерованого флюсу для основного сталеплавильного процесу при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: - оксид кальцію 65-70 %, оксид заліза - 18-27 % і оксид магнію 8-12 %. Флюс отримують агломерацією суміші вапняку, доломіту, конвертерного шламу, окалини і коксик у кількості 7-10 % від ваги суміші (Див. Авт. св-во СРСР № 834142, МПК C21C 5/28, публ. 1981 р.)

Застосування сировинним компонентом конвертерного шламу і прокатної окалини (як правило, промасленої), насичує флюс фосфором і тим самим обмежує його застосування при виплавці сталі з вмістом фосфору менше 0,015 %. Зростаючі вимоги до якості сталі, що розливають на МБЛЗ, зробили застосування даного матеріалу у вигляді флюсу технологічно не актуальним. Крім того, в складі шлаків висока частка кольорових металів, перш за все Zn, Pb, іноді також і Cd. Тому, щоб уникнути погіршення екологічності процесу агломерації компонентів флюсу, процесу виплавки сталі, віддають перевагу переробці шлаків окремо спеціальними технологіями. При застосуванні цього матеріалу шлакоутворювальними оксидами є: CaO, SiO₂, (MgO футерівки), (MgO суміші), FeO, Fe₂O₃, MnO, Al₂O₃, P₂O₅, CaS.

В патенті Російської Федерації № 2107736, МПК2 C21C 5/28, публ. 1998 р. представлений спосіб виробництва сталі, в якому для формування активного робочого шлаку застосовують шлакоутворювальні матеріал у вигляді обпаленої суміші вапна і конвертерного шлаку в кількості 5-30 % з питомою витратою суміші в кількості 20-100 кг/т сталі. Суміш отримують випалюванням в вапняно-обпалювальній печі.

Використовують повторно конвертерний шлак основністю 2,5-3,2. Даний матеріал має низький вміст (MgO суміші) і не може забезпечити 6-11 % вмісту оксиду магнію в робочих шлаках, при яких він стає хімічно пасивним відносно футерівки конвертера. Захист футерівки не забезпечується протягом 100 % часу продувки. Використання такого шлаку, а він містить 2,0-3,5 % сполук фосфору у вигляді (P₂O₅) шлаку, а це додаткове навантаження по фосфору на процес виплавки сталі. Це навантаження вимагає додаткових технологічних витратних операцій, що призводять до підвищення собівартості сталі. З цих причин сумарна витрата суміші може досягати 10 кг/т. Сумарна витрата шлакоутворювачів і абсолютна кількість шлаку на виході з процесу за відомим способом зростає, відповідно зростають втрати придатного заліза. При застосуванні цього матеріалу шлакоутворювальними оксидами є: CaO, SiO₂, (MgO футерівки), (MgO суміші), FeO, Fe₂O₃, MnO, Al₂O, (P₂O₅) шлаку, (CaS) шлаку.

Відомий спосіб виробництва сталі, в якому для формування активного робочого шлаку застосовують шлакоутворювальні матеріал у вигляді обпаленої суміші вапна, доломіту і конвертерного шлаку в кількості 5-45 % з питомою витратою суміші в кількості 32-70 кг/т сталі. Суміш отримують випалюванням в вапняно-обпалювальній печі (Див. патент РФ № 2109071 МПК C 21 C 5/28, публ. 1997 р.).

Використовують оборотний шлак з вмістом MgO 8-11,5. Конвертерний шлак містить 2,0-3,5 % сполук фосфору у вигляді (P₂O₅) шлаку, і сульфідів (CaS)шлаку, що є додатковим навантаженням по фосфору і сірці на процес виплавки сталі. Це потребує додаткових технологічних витратних операцій з видалення фосфору і сірки, що призводить до підвищення собівартості сталі. Сірку необхідно виводити з процесу виплавки процесами позапічної обробки,

що також негативно впливає на собівартість сталі і на технологічний ритм виробництва - збільшується час обробки сталі перед розливанням на установці безперервного розливу злитків (УБРЗ). Можливе зниження серійності розливу сталі призводить до збільшення втрат металу з хвостовою обрізкою. При застосуванні цього матеріалу шлакоутворювальними оксидами є CaO , SiO_2 , (MgO футерівки), (MgO суміші), FeO , Fe_2O_3 , MnO , Al_2O_3 , (P_2O_5) шлаку, (CaS) шлаку.

Відомий шлакоутворювальний матеріал у вигляді попередньо спеченого вапняно-магнезійного флюсу, що містить оксиди кальцію, магнію, алюмінію, заліза і кремнію при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: оксид магнію - 26,0-35,0; оксид алюмінію - 0,3-7,0; оксид заліза - 5,0-15,0; оксид кремнію - 0,5-7,0; оксид кальцію - решта або 46-59,2 %. (Див. патент РФ № 2145357, МПК C21C 5/28, публ. 2000 р.)

Приклади застосування показують, що шлакоутворювальний матеріал у вигляді флюсу починає інтенсивно працювати при температурах робочого середовища в межах 1300-1580 °C. Залежно від вмісту оксиду алюмінію і оксиду кремнію зношення футерівки може досягати значної величини - до 14 мм за плавку. Зазначені межі вмісту в матеріалі оксиду алюмінію - 0,3-7,0 і оксиду кремнію 0,5-7,0 оптимальні в тестовому режимі, але робочі шлаки серійного виробництва практично неможливо утримувати в цих межах. Це пов'язано з тим, що оксид кремнію завжди генерує кремній чавуну, оксиди кремнію і алюмінію завжди вносяться твердою металошихтою, особливо з засміченням металообробку. Оксиди кремнію і магнію вносяться також вапном, а даний матеріал чутливий до коливань вмісту цих оксидів. Відповідно, застосування такого складу матеріалу, не дивлячись на високий вміст оксиду магнію, не забезпечує стабільного захисту футерівки від хімічного розчинення від плавки до плавки. Зношення в розмірі 14 мм (1-1,75 % всієї товщини футерівки) це практично аварійна ситуація, що вимагає термінового ремонту і витримки стабільності шлакового режиму на наступних плавках, що виключає застосування чутливого вапняно-магнезійного матеріалу у вигляді флюсу. Випробування даного матеріалу вказують на те, що оксиди алюмінію і його сполуки дуже небезпечні для футерівки. Оксид алюмінію пасивує дію оксиду магнію в складі робочих шлаків, викликає потребу в додатковому введенні оксиду магнію. При застосуванні цього матеріалу шлакоутворювальні оксиди такі: CaO , SiO_2 , (MgO футерівки), (MgO суміші), FeO , Fe_2O_3 , MnO , Al_2O_3 , P_2O_5 , CaS .

В патенті Російської Федерації № 2244017, МПК C21C 5/36, публ. 2002 р. описаний шлакоутворювальний матеріал як модифікатор шлаку магнезійного складу, що містить оксиди в наступному співвідношенні, мас. % на прожарену речовину: оксид кальцію - 0,5-10, оксид кремнію - 0,5-5,0, оксиди заліза - 0,5-6,0, оксид магнію - решта або 88,5-89 %. Флюс виготовляють в гранулах 5-40 мм огрудуванням в грануляторі з додаванням вуглецю 5-10 %. Оксид магнію в готових гранулах представлений в карбонатних і гідратних формах при їхньому співвідношенні в межах 0,5-2,0. Такі флюси отримали комерційну назву СМГ (саморуйнівні магнезійні гранули).

У відомому шлакоутворювальному матеріалі велика частина оксиду магнію знаходиться в активній формі і інтенсивно поглинає воду, перетворюючись в гідроокис магнію. Частина оксиду магнію знаходиться у вигляді периклазу і карбонату магнію (магнезит), які не реагують з водою, необхідної для формування гранули (котунів) або брикету. Одна молекула оксиду магнію реагує з однією молекулою води. Таким чином, при додаванні в гранулятор води в кількості 15-25 % отримують гранули з вмістом гідроксиду магнію в кількості мінімум 15 %, плюс карбонати. При додаванні в змішувач води в кількості 25-30 % отримують гранули з вмістом гідроксиду магнію в кількості мінімум 25 %, плюс карбонати. Відомо, що у чистого гідроксиду магнію в'язучі властивості відсутні. Така технологія з замішуванням активного оксиду магнію водою (процес гідратації) протікає дуже повільно, отриманий продукт у вигляді гранул має низьку міцність, стирається і пилить, механічно руйнується при транспортуванні і перевантаженнях. Неконтрольовані втрати матеріалу при його введенні в конвертер ускладнюють управління процесом виплавки сталі.

Тести показують, що час розчинення суміші шлаку і флюсу становить мінімум 4,5-6,0 хвилин, що в реальних умовах становить 25-30 % часу продувки. Протягом цього часу відбувається інтенсивне зношення футерівки і вигар металошихти. Захист футерівки матеріалом можна забезпечувати лише протягом 75 % часу операції продувки. При застосуванні цього матеріалу шлакоутворювальними оксидами є CaO , SiO_2 , (MgO футерівки), (MgO суміші), FeO , Fe_2O_3 , MnO , Al_2O_3 , P_2O_5 , CaS .

Шлакоутворювальний матеріал у вигляді брикетів флюсу для сталеплавильного виробництва (Див. патент РФ № 2278168, МПК C21C 5/36, публ. 2004 р.), основа якого магнезійно-вапняна порода брусит, містить компоненти в наступному співвідношенні, мас. % на прожарену речовину: оксид магнію 90-92, оксид кальцію 2-5,0 і цільову добавку - решта або

оксид магнію 80-82,0; окис кальцію 2-5,0; вуглець 8-12,0 і цільову добавку - решта до 10 % (оксиди кремнію заліза, алюмінію і сполучна).

Недолік - дуже високий вміст оксиду магнію в кількості 90-92,0 %.

5 Присутність в шлакоутворювальних матеріалах гідрооксидів при присадці маси брикетів в шлакометалічну емульсію, що динамічно рухається, сприяє до різкого підвищення вмісту водню в газах в процесі продувки, що може призвести до утворення вибухонебезпечної суміші. Це істотний недолік даного шлакоутворювального матеріалу, що обмежує його застосування. Крім того, має високу охолоджуючу здатність, оскільки виділяється водень, що не реагує з киснем з виділенням тепла всередині порожнини конвертера, він виводиться в газовідвідний тракт. При застосуванні цього матеріалу шлакоутворювальними оксидами є CaO, SiO₂, (MgO футерівки), (MgO суміші), FeO, Fe₂O₃, MnO, Al₂O₃, P₂O₅, CaS.

10 Відомий спосіб виробництва сталі (Див. патент РФ № 2288958, МПК C21C 5/28, публ. 2005 р.), в якому для формування робочого шлаку застосовують шлакоутворювальний матеріал у вигляді брикетів флюсу (комерційна назва ФБУМЖ) при наступному співвідношенні спечених компонентів, мас. %: оксид кальцію 1-35,0; оксид алюмінію - 1,0-4,0; оксиди заліза - 0,1-15,0; оксид кремнію - 1,0-10,0; вуглець 0,01-20,0; органічні або мінеральні сполуки 1-10,0; оксид магнію - решта або 50-61 %. Використання винаходу покращує дефосфорацію та десульфуріацію металу, а також процес шлакоутворення.

20 Складний процес отримання флюсу брикетуванням компонентів, одержаних шляхом випалу при температурі спікання, є головною перешкодою його поширення і застосування. Технологічність виготовлення флюсу низька, застосування, відповідно, економічно важко обґрунтувати і довести.

25 Висока концентрація оксиду магнію в кількості 50-61 % добре в технологічній логістиці, але несприятлива в застосуванні. Потрібен час для його розведення і усереднення в обсязі шлаку, а він перевищує 20 хвилин. Це неприйнятно при продувці плавки.

30 Шлакоутворювальні матеріали у вигляді брикетів завжди працюють або розчиняються повільніше, ніж саморуйнівні гранули, котуни тощо. Брикети не мають властивості термічного знеміцнення, розтріскування при зміні обсягу. У них закладено основний принцип, який полягає в створенні розмірів тіл, зручних для спільного введення дрібнофракційних відходів і просипів компонентів на розплав шлаку або металу. Принцип хімічного розчинення компонентів брикету носить вторинний підпорядкований характер. Тому, починаючи з поверхні брикетів, хімічне розчинення компонентів брикету не може початися, поки не вигорить зв'язка або додатковий вільний вуглець. На це вказують і автори даного технічного рішення. Брикет починає працювати при температурах більш 800 °C і розчиняється в шлаку після поверхневого просочення 35 розплавом вже існуючого шлаку поверхневого шару брикету. Таким чином, матеріал не працює при температурах початку продувки і не працює на голому дзеркалі металу без рідкого шлакового розплаву. Шлакоутворювальні оксиди: SiO₂, CaO, (MgO футерівки), (MgO брикету), Al₂O₃, FeO, MnO, а також сульфідні металів, переважаючим з яких є CaS.

40 Відомий шлакоутворювальний матеріал у вигляді флюсу, основа якого магнезіально-вмісний спечений компонент фракції більш 4,0 мм, містять оксиди в наступному співвідношенні, мас. % на прожарену речовину: оксид магнію - основа, оксид кальцію 3-12,0; оксиди заліза - 5-15,0; оксид алюмінію - 0,2-2,5; оксид кремнію - 1,0-10,0 (Див. патент РФ № 2296800, МПК C21C 5/28, публ. 2005 р.).

45 Недоліками є високий вміст оксиду магнію в кількості 69-71,8 %, і спосіб огрудування дрібних відходів компонентів флюсу, утворених брикетуванням.

50 Основний недолік: сировинну трикомпонентну суміш природного магнезиту, каустичного магнезиту і сидеритової руди обпалюють при температурі 1550-1700 °C. Висока температура випалу зумовлює високий вихід некондиційної фракції менше 4 мм в середньому 40 %. Матеріал складний у виробництві, технологія включає приготування суміші компонентів, випал суміші, класифікацію спеку, приготування суміші на основі зерна спеку розміром менше 4,0 мм для брикетування, і саме власне брикетування. Висока температура випалу вимагає великих енергетичних витрат, футерівку обертової печі треба виготовляти з хромомагнезитової цегли. Це все в сумі робить матеріал дорогим у виробництві і за вартістю перевищує вартість вапна, яке отримують випалюванням вапняку при 950-1100 °C. Шлакоутворювальними оксидами є 55 SiO₂, CaO, (MgO футерівки), (MgO флюсу), Al₂O₃, FeO, MnO, а також сульфідні металів, переважаючим з яких є CaS.

Відомий сталеплавильний шлакоутворювальний матеріал у вигляді брикетів флюсу, що містить оксиди в наступному співвідношенні, мас. %: оксид магнію - 36-94,0, оксид кальцію 1-35,0; оксиди заліза - 3-15,0; оксид алюмінію - 1-4,0; окис кремнію - 1,0-10,0; вуглець 3-20,0;

органічні або мінеральні сполуки 1-10,0 (Див. патент РФ № 2299913, МПК C21C C 5/54, публ. 2005 р.)

Недолік - висока концентрація оксиду магнію в кількості 36-94,0 %, протягом продувки оксид магнію не працює, а працює тільки після його розчинення і усереднення по концентрації в шлаку до вмісту 8-11 %.

Матеріал складний у виробництві, технологія включає приготування суміші компонентів, випал суміші, подрібнення спеку до мінус 1,0 мм, приготування на основі спеку суміші з розмірами зерна інших компонентів менш 1,0 мм.

Шлакоутворювальні матеріали у вигляді брикетів завжди працюють або розчиняються повільніше в шлаку або на поверхні розплаву металу, особливо коли в своєму складі містять вільний вуглець або розкладаються органічні сполуки. Брикети не мають властивості термічного розміцнення, розтріскування при зміні обсягу, оскільки відсутній градієнт температур між геометричним ядром брикету і поверхневим шаром через низьку теплопровідність компонентів брикету.

У брикетах закладений принцип хімічного розчинення. Тому хімічне розчинення по тілу брикету відбувається пошарово. Причому, оксиди заліза окислюють реагенти зв'язки і додатковий вільний вуглець пошарово. Поки не вигорить весь вуглець зовнішнього шару, початок розчинення наступного шару не відбудеться.

Брикет не працює сам як шлак при температурах початку продувки і не працює на голому дзеркалі металу без рідкого шлакового розплаву. Даний матеріал брикету змінює властивості вже сформованого раніше шлаку, причому не відразу, а поступово - в міру свого розчинення.

Шлакоутворювальні оксиди наступні: SiO_2 , CaO , (MgO футерівки), (MgO флюса), Al_2O_3 , FeO , MnO , а також сульфід металів, переважаючим з яких є CaS .

Відомий спосіб виробництва сталі, в якому для формування робочого шлаку застосовують сталеплавильний шлакоутворювальний матеріал у вигляді брикетів флюсу при наступному співвідношенні попередньо спечених компонентів, мас. %: оксид магнію 40-95 %; оксид кальцію 0,5-45,0; оксид алюмінію 0,1-30,0; оксид кремнію 1,0-20,0; оксиди заліза - решта (Див. патент РФ № 2327743, МПК C21 C5/28, публ. 2006 р.)

Недоліком є висока концентрація оксиду магнію в кількості 40-95,0 %. Ступінь насичення шлаку по MgO досягається, але швидкість такого насичення низька. Необхідна робоча кількість оксиду магнію досягається методом розчинення і усереднення в обсязі вже існуючого шлаку. За даними досліджень "Магнезит" усереднення шлаку по MgO в разі введення його в початку продувки здійснюється лише в кінці плавки, що неприйнятно з точки зору запобігання футерівки від шлакової ерозії.

У даному рішенні оптимальний лише основний спосіб захисту футерівки. Це - нанесення шлаку попередньо обробленим флюсом на поверхню футерівки у вигляді гарнісажного покриття роздувкою азоту. В даному способі немає необхідності в усередненні залишку шлаку по оксиду магнію немає необхідності. З огляду на це, даний флюс має серйозний недолік. Він немає універсальності в застосуванні, високий вміст під 95 % добре для кінця продувки перед роздувкою, а вміст MgO від 40 % краще застосовувати перед початком або до середини продувки.

Виготовлення двох різних за хімічним складом флюсів в масштабних кількостях на одному заводі і їх доставка в витратні бункери організаційно важко реалізувати. Застосування алюмінієвих шлаків з їх шкідливими домішками з групи сполук Na_2O , K_2O , NaCl , KCl , NaF , KF (в сумі в шлаку до 30 %) в високотемпературних технологіях неприйнятно. Як джерело оксиду алюмінію застосовувати алюміній економічно невиправдано, досить витрат на організацію попереднього спікання вихідних компонентів.

Отже, брикетування - це важкий масштабний процес, компоненти повинні бути попередньо спеченими в складні сполуки, класифіковані і охолоджені. В сумі маємо прискорене плавлення брикету, але ціною великих витрат на виробництво самих брикетів флюсу.

Шлакоутворювальними оксидами є SiO_2 , CaO , (MgO футерівки), (MgO флюсу), Al_2O_3 , FeO , MnO , а також сульфід металів, переважним з яких є CaS .

Відомий сталеплавильний шлакоутворювальний матеріал у вигляді керамічного флюсу, що містить оксиди в наступному співвідношенні, мас. %: оксид магнію - основа, оксид кальцію 12-30,0; оксиди заліза 3-10,0; оксиди кремнію - 2,0-10,0; оксид алюмінію 2-7,0. Флюс має форму гранул і бікерамічну структуру, що складається з оболонки і ядра з різним вмістом оксиду магнію і оксиду кальцію. Сировинна суміш для формування гранул містить, мас. %: Доломіт 45-65, каустичний магнезит і/або кальцинований магнезит 25-45, залізовмісний матеріал 3-7, алюмовмісний матеріал 3-7 (Див. патент РФ № 2547379, МПК C21C 5/00, публ. 2013 р.)

Відомий флюс отримують послідовним виборчим спіканням сировинних компонентів у обертовій печі, починаючи від доломітового початку, послідовно налипає магнезитовий шар (термічне налипання частинок периклазу), мінеральною зв'язкою служить браунмілерит ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) з температурою утворення 1435°C і рівномірно розподілені за обсягом силікати кальцію у вигляді аліту і ларніту. Аліт по ядру (ядро - це зерна доломіту) і ларніт по оболонці кожної гранули.

Дане технічне рішення має наступні недоліки.

Технологія спікання дуже складна і високовитратна. Отримати браунмілерит при 1435°C в рідко-пластичному стані можливо тільки при температурі в печі 1700°C . Така температура є граничною по стійкості магнезитохромітових вогнетривів і може бути застосована лише при виробництві спеченого магнезиту. Природно такі витрати формують вартість бікерамічного флюсу на рівні вартості спеченого магнезиту, який дорожче обпаленого вапна разів у 5.

Контроль якості гранул не описаний, але швидше за все, дуже багатостадійний, складний і дорогий. Керамічні флюси застосовні для виплавки хіба що дуже дорогих і високоякісних сталей, які не виробляються у великих обсягах. Шлакоутворювальними оксидами є SiO_2 , CaO , (MgO футерівки), (MgO флюсу), Al_2O_3 , FeO , MnO , а також сульфідні металів, переважаючим з яких є CaS .

Відомий основний сталеплавильний шлакоутворювальний матеріал у вигляді флюсу на основі рідкого конвертерного шлаку попередньої плавки з включеннями вапняку і необпаленого доломіту при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: вапняк 10-25, необпалений доломіт 10-25 і рідкий кінцевий конвертерний шлак попередньої плавки - решта (Див. патент РФ № 2094473, МПК C21C 5/28, публ. 1997 р.)

Основний сталеплавильний шлакоутворювальний матеріал, отриманий випалюванням вапняку і доломіту розплавом шлаку, отриманим після виплавки металу. Такий шлак має низький вміст MgO (менше 2 %), високий вміст фосфору P_2O_5 (3,80 %) і сірки (0,115 %), причому сірка міститься у вигляді CaSO_4 . Додатками вапняку і необпаленого доломіту знижують вміст сірки і фосфору і підвищують вміст MgO . Таким чином, сульфідна ємність шлаку незмінна, сульфідну ємність і фосфорпоглинальну здатність має лише власне сумарне CaO вапняку і доломіту. Отримати якісний метал, в межах допуску, по сірці і фосфору без додаткового введення CaO у вигляді вапна технічно неможливо. В процес входить сірки і фосфору стільки, скільки і було, а поглинає їх CaO , згідно з таким технічним рішенням, менше.

За наведеним балансом маємо дефіцит CaO на виплавку і рафінування сталі, який треба усунути тією самою витратою вапна на плавку. Це все призводить до того, що процес виплавки сталі йде з підвищеною, проти звичайної технології, кількістю шлаку. А з великою кількістю шлаку втрачається більше і придатного металу у вигляді "корольків" заліза.

Єдина перевага даного рішення полягає в прискоренні шлакоутворення і зниженні втрат металу з вигаром та виносом, і в прискореному насиченні первинного шлаку MgO , необхідного для захисту робочого шару вогнетривкої футерівки.

Слід зазначити, що процес формування флюсу дуже складний і практично не піддається контролю. Кількість залишкового шлаку визначається не ваговим методом, а візуально орієнтовно. Охолоджуюча здатність вапняку і необпаленого доломіту дуже висока. Тонна таких карбонатів потребує тепла на свою декарбонізацію і знижує температуру всієї плавки на 42°C , а частини шлаку і того більше. Існує ймовірність згущення і, навіть, застигання шлаку на днищі конвертера. Це призводить до наростання днища і підвищення рівня розплаву на плавці, та гідродинамічної нестабільності ванни розплавів шлаку і металу. Така нестабільність небезпечна вірогідністю виникнення викидів металу і його безповоротної втрати на даній плавці. Додатково формуються і накопичуються виробничі втрати часу на прибирання робочого майданчика і рейок шлаковоза під конвертером. Тобто, таку технологію і поведінку флюсу практично важко контролювати, відповідно, важко і отримувати технологічні переваги. Дана технологія нетипова для конвертерних цехів, але типова для процесів переділу високофосфористої шихти і при витратах вапна на плавку більш, ніж 110 кг/т сталі. У звичайній масовій практиці конвертації питома витрата вапна знаходиться в межах 60-70 кг/т сталі. Шлакоутворювальними оксидами є SiO_2 , CaO , (MgO футерівки), (MgO флюсу), Al_2O_3 , FeO , MnO , а також сульфідні металів, переважаючим з яких є CaS .

Основні недоліки наведених відомих численних шлакоутворювальних матеріалів полягають в їх призначенні на заміну плавикового шпату, виходячи з функцій CaF_2 як реагенту флюсу, що прискорює шлакоутворення і ошлакування CaO вапна, введенного в процес виплавки сталі. Проста заміна CaF_2 і введення оксидів SiO_2 , CaO , MgO , Al_2O_3 , FeO , MnO в складі природних всіляких відходів, синтетичних компонентів не дає однозначних позитивних результатів, очікуваних від прискорення шлакоутворення.

Прискорити шлакоутворення можна оксидами типу Na_2O , K_2O , NaCl , KCl , NaF , KF в складі глиноземних шлаків плавки алюмінію, але вони одночасно прискорюють ерозійні процеси основної магнезійної футерівки сталеплавильних агрегатів, оскільки є плавнями. Їх пари сприяють корозії вплив металоконструкцій цеху і кранового обладнання, металу газовідвідних трактів і димососів. З екологічної точки зору їх застосування є неприйнятним ні при якому позитивному технічному результаті.

Застосування шлакоутворювальних матеріалів у вигляді багатокомпонентних сумішей і брикетів, спеків, агломерату різного хімічного складу в різних комбінаціях завжди застосовуються як додаткові матеріали до вапна, призводять до збільшення абсолютної кількості шлаку на виході з процесу виплавки і втрат з ними придатного заліза в "корольках" і оксидах. Такі шлаки потім підлягають переробці з вилученням металофази, яка в своєму складі має високі концентрації сірки і фосфору.

Фізичні властивості брикетів не дозволяють мати їх швидке розчинення в шлаках будь-якого складу. Брикети вимагають високої температури кінця процесу виплавки сталі більше 1600°C (початок процесу $1350-1400^\circ\text{C}$) для розплавлення і наявності рідкого шлаку для хімічного розчинення. Підвищений вміст оксидів заліза в відомих матеріалах дуже сильно поглинає тепло і завжди наморозжують на себе певні обсяги шлаку і металу, в які вони потрапляють. Тому швидкість спрацювання компонентів брикетів не може забезпечувати необхідну роботу по формуванню первинних сталеплавильних шлаків і, тим більше, забезпечувати активний захист вогнетривкої магнезійної футерівки.

Шлях застосування високомагнезійних флюсів має обмеження, оскільки такі флюси не працюють в процесах первинного шлакоутворення, їм необхідний шлак, який вони будуть насичувати оксидом магнію. А оксиди первинного шлаку завжди вимагають насичення оксидом магнію, а він є в наявності і вони його беруть в свої з'єднання з розігрітої футерівки в першу чергу, оскільки там є їх основний поверхневий контакт, що значно перевищує поверхню холодного брикету або шматка флюсу. Також слід мати на увазі, що виготовлення флюсів вельми витратний технологічний процес. Мінімальні витрати - це приготування сумішей, а максимальні витрати - це флюси або їх компоненти, отримані технологіями спікання або випалу на агломашинах або в обертових печах. Вартість таких флюсів порівнянна з витратами з випалювання вапняку або цементного клінкеру. Їх застосування в поєднанні з вапном збільшує витрати на ведення шлакового режиму під час продування плавки.

Постійна актуальність зниження собівартості сталі, розвиток і вдосконалення технології виплавки в частині ведення шлакового режиму, застосування всіляких методів продовження терміну служби магнезійних вогнетривів, ініціювали застосування в якості флюсів сировинні компоненти, які мають відповідні фізичні властивості. Ці властивості дозволяють в максимально короткий час переводити їх з кускового в дисперсний стан, що характеризується розвиненою поверхнею реагування з іншими шлакоутворювальними оксидами, які надходять, перш за все, з процесів окислення домішок розплаву чавуну. У цьому технічному підході і з'являється можливість досягати максимальної швидкості формування робочого шлаку. Вже відомі такі сталеплавильні шлакоутворювальні матеріали, які не отримують обпалювальними технологіями.

Відомий сталеплавильний шлакоутворювальний матеріал у вигляді флюсу, що містить оксиди в наступному співвідношенні, мас. %: оксид кальцію 0,5-10,0; оксид заліза 0,1-8,0; оксид алюмінію 0,1-15,0; оксид кремнію 1,0-8,0; вуглець 0,01-12,0; фториди лужних металів 0,01-5,0; гідрокарбонатні форми магнію, які визначаються у вигляді втрат при прожарюванні 0,1-30,0; органічні або мінеральні сполуки 1-10,0; оксид магнію - решта або 9,5-87,0 (Див. патент РФ № 2374327, МПК C21C 5/36, публ. 2007 р.).

Переваги такого шлакоутворювального матеріалу у вигляді флюсу очевидні, а саме - він не передбачає операцій випалу або спікання для всіх своїх вихідних компонентів, відповідно витрати на підготовку сировини зменшуються. Введення до складу брикету природних порід магнезиту і бруситу, які є носіями MgO в гідрокарбонатній формі, знижують водоспоживання брикету. Тому при витримці і наборі холодної міцності брикет набуває підвищену щільність. Разом з тим брикети мають низьку гарячу міцність, вони при високих температурах поступово розбухають і, на відміну від відомих флюсових брикетів, розплавляються швидше. Швидкісне плавлення запропонованих брикетів забезпечується алюмотермічними реакціями, оскільки компонентом флюсу є незбіднений алюміністий шлак, що містить "корольки" алюмінію. Без них такий брикет непрацездатний. Разом з тим, алюміністий шлак, що отримується в процесі переплавки алюміністого брукху, містить і супутні з'єднання: Na_2O , K_2O , NaCl , KCl , NaF , KF в кількості до 30 %, що робить цей шлакоутворювальний матеріал проблемним в застосуванні. "Корольки" алюмінію потребують, як відомо, кисень, а високі температури алюмотермічних

реакцій випаровують з'єднання Na_2O , K_2O , NaCl , KCl , NaF , KF , які згубно впливають на вогнетриві і метал конструкцій газовідвідного тракту. Розкислювальна дія брикетів по відношенню до наявного шлаку, паралельно протіканню реакції окислення вуглецю, може призвести до згорання шлаку і зростанню втрат придатного металу з фізичним виносом

5 крапель придатного металу. Також, наявність "корольків" алюмінію, природно, робить такий незбіднений шлак дефіцитним і дорогим. Шлакоутворювальні оксиди є SiO_2 , CaO , (MgO футерівки), (MgO флюсу), Al_2O_3 , FeO , MnO , а також сульфід металів, переважаючим з яких є CaS .

Відомий спосіб виробництва сталі, в якому для формування робочого шлаку до вапна та

10 добавкам озалізованого і сирого доломіту вводять шлакоутворювальні матеріал у вигляді флюсу розміром 20-60 мм, який складається на 100 % з сирі сидеритової руди з вмістом заліза ≥ 25 % в оксидах і оксидів магнію ≥ 9 %, який вводять в конвертер порціями з інтервалом від 1,0 до 1,5 хвилин в кількості 1,0-1,5 % від суми витрат металошихти (Див. патент РФ № 2608008, МПК C21C 5/28, публ. 2015 р.).

15 Переваги флюсу очевидні, він простий у виготовленні не передбачає покомпонентного випалу або спікання, застосовується в подрібненому стані фракцією 20-60мм. Сидеритова руда є изоморфна суміш наступного хімічного складу: 30,25 % Fe загального, 9,45 % MgO , 8,11 % SiO_2 , 3,43 % CaO , 2,35 % Al_2O_3 , 2,8 % Fe_2O_3 , 1,23 % MnO , 0,16 % S , 0,010 % P і 36,07 % втрати маси при прожарюванні (ВМПП). Залізо представлено карбонатами.

20 Основний недолік полягає в тому, що флюс такого складу не може застосовуватися як самостійна добавка до вапна, вимагає додаткових добавок до вапна, озалізованого і сирого доломіту окремо. Таким чином, склад шлакоутворювальних матеріалів для виплавки сталі складається з чотирьох самостійних матеріалів. Це ускладнює ведення процесу плавки в частині організації шлакового режиму і в частині подачі його в сталеплавильний агрегат.

25 Потрібно мати чотири витратних бункера над агрегатом, що можливо не у всіх конвертерних цехах. З цієї точки зору є обмеження застосування флюсу.

Незважаючи на те, що флюс термічно кришиться при контакті з розплавами шлаку або металу, розкритий карбонат заліза є охолоджувачем в результаті реакції декарбонізації і плюс охолоджуючий ефект від ендотермічної реакції відновлення оксидів заліза. Такий флюс також

30 має високу охолоджуючу здатність, що обумовлює його застосування малими порціями через певні інтервали часу і тільки при наявності рідкого шлаку. Тобто флюс не застосовують на голі дзеркало металу та початку процесу, коли шлак тільки формується. Таким флюсом можна тільки коригувати вже наявний шлак і в основному за температурою для запобігання викидам шлаку. Його застосування специфічне і неуніверсальне.

35 Не дивлячись на малі витрати для його виробництва і уявну простоту, флюс дуже складний в застосуванні і його основне призначення - охолодження плавки і шлаку в разі відсутності металевих брукху. Практичним шляхом встановлено, що одна тонна флюсу еквівалентна 2,6 тонам металевих брукху, але поступається йому за вмістом заліза. Тому вага шихти і додаткових матеріалів (підвищена частка чавуну+знижена частка

40 брукху+вапно+добавки+флюс) така сама, надходження заліза менше і вихід придатного менше, вихід шлаку з процесу більше. Випущена плавка не вимагає додаткових операцій і матеріалів для охолодження. За продуктивністю конвертером при рівній кількості плавки з флюсом і без флюсу виплавляють меншу кількість сталі. Флюс є заміником брукху тільки за охолоджуючою здатністю, що визначає специфіку його застосування.

45 Шлакоутворювальними оксидами є SiO_2 , CaO , (MgO футерівки), (MgO флюсу), Al_2O_3 , FeO , MnO , а також сульфід металів, переважаючим з яких є CaS .

Як найближчий аналог вибрано описаний в патенті Російської Федерації (№ 2545874, МПК C21C 5/36, публ. 20165 р.) спосіб виготовлення флюсу для виплавки сталі.

Спосіб передбачає використання сирого магnezиту, який добувають в кар'єрі магnezіальної

50 руди - суміші серпентиніту $(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ та аморфного (криптокристалічного) магnezиту MgCO_3 , - яка містить від 5 до 25 % аморфного магnezиту, решта - серпентиніт. При цьому відділяють аморфний магnezит породи - серпентиніту - з використанням обладнання для подрібнення, сортування, класифікації з розміром окремих шматків магnezиту не більше 100 мм.

55 Технічний результат даного рішення - одержання з мінімальними енергетичними витратами та зменшеним екологічним впливом на навколишнє середовище кускового флюсу для конвертерного, електросталеплавильного, мартенівського способів виробництва сталі з магnezитовою футерівкою.

Трудомісткість операції ручного та машинного сортування складає основні витрати у виробництві флюсу необхідної фракції, що вимагає додаткового змішування і усереднення до 25 % аморфного магнезиту, щоб він став флюсом необхідного складу.

Аморфний магнезит має аморфну будову, містить в своєму складі гідроксильну групу $(OH)_4$. Тому при термічному ударі група $(OH)_4$ недостатньо втрачає вологу з наступним розпадом до стану свого природного розсіпання. В 25 % аморфного магнезиту міститься одна група $(Mg, Fe)_3Si_2O_5$ на одну групу $(OH)_4$ або максимум 6,2 %. При змішуванні 75 % $MgCO_3$ процентний вміст по масі складе 1,24. Практично мало впливає на хімічну деструкцію аморфного магнезиту і тим більш до розсіпання всієї маси чи об'єму вказаного флюсу. Тому дуже важливо мати оптимальну зернову складову, але автори винаходу зазначають межі фракції лише 4-100 мм.

Слід вказати авторам на залежність зернового складу від металургійного процесу, для якого він призначений (конвертерний, електросталеплавильний, мартенівський спосіб виробництва сталі). Такий флюс призначений для впливу тільки на магнезитову футерівку, та не може замінити MgO на рівнозначну дію вапна (CaO) протягом всієї тривалості продувки. Такий флюс впливає на кінцеву стадію продувки з метою роздувки шлаку, що утворюється на стінках футерівки.

Слід враховувати, що після декарбонізації MgO має високу температуру плавлення - $2800^\circ C$ і MgO являється хімічно інертним до інших компонентів, фактично - це вогнетрив. Нестача вмісту оксиду магнію в магнезиті полягає в недостатній температурі плавлення в складі флюсу, шляхом зниження температури плавлення оксидів кремнію, магнію та заліза, що міститься в серпентиніді.

Декарбонізують тільки $MgCO_3$, який вносить основний декарбонізуючий ефект виділенням свого CO_2 .

Указаний флюс має в своєму складі 75-95 % $MgCO_3$, з них 34-42 % декарбонізованого CO_2 (вуглецевий слід), що є дуже значним.

Недолік полягає в зниженні універсальності флюсу у своїй дії, особливо як замінника вапна при виробництві сталі.

В основу корисної моделі поставлена задача одержання універсального флюсу для виплавки сталі з мінімальними економічними, енергетичними витратами та мінімальним екологічним впливом (зниження вуглецевого сліду) на навколишнє середовище.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в способі виготовлення флюсу для виплавки сталі, що включає подрібнення, сортування, класифікацію (за крупністю гранул) та обволікання у водному середовищі складових флюсу, що містять оксид кальцію, оксид магнію, оксид кремнію, оксид заліза, оксид алюмінію, та їх прожарювання, відповідно до корисної моделі, що додатково включає використання оксиду марганцю, при наступному співвідношенні компонентів готового флюсу, мас. %: оксид кальцію 28-32, оксид магнію 16-19, оксид кремнію 8-16, оксид заліза 1-5, оксид алюмінію 1-3, оксид марганцю 0,5-1,5, волога 2-5, при цьому втрати при прожарюванні складають 22,5-40,5 мас. %.

Спосіб виготовлення флюсу для виплавки сталі забезпечує оптимальний зерновий склад, а саме - 0-3 мм - для агломерації руд, 0-5 мм та 3-5 мм для застосування на установці ківш-піч, 5-10 мм та 10-20 мм при позапічній обробці при виготовленні сталі, 5-10 мм та 10-20 мм при виплавці електропідним способом, 17-43 мм як флюс в конвертерному та доменному виробництві.

Незаперечна перевага заявленого технічного рішення полягає в значному зниженні температури плавлення ($T_{пл} MgCO_3 = 2800^\circ C$, а $T_{пл} (MgCa)CO_3 = 2300^\circ C$). Утворений MgO хімічно інертний до інших оксидів первинний шлак діє протягом всього періоду продувки, а CaO легко ошлаковується оксидами кремнію, заліза і марганцю, швидко наводить первинний шлак.

Флюс у своєму складі не має $MgCO_3$, а містить $CaCO_3$ та $(MgCa)CO_3$. Введення (CaO) , доломіту $(MgCa)CO_3$ знижує температуру плавлення флюсу, як мінімум, до початку свого розчинення при температурі $2300^\circ C$.

Застосування серпентиніду знижує температуру плавлення оксидів кремнію, заліза, магнію та марганцю до температури ошлаковування флюсу.

Заявлений спосіб виготовлення флюсу забезпечує зниження вуглецевого сліду внаслідок втрат при прожарюванні (пп. п) на рівні 22,5-40,5 % в порівнянні з найближчим аналогом, що має мінімум рівень 34-42 %.

В дії заявленого флюсу проявляється його універсальність в якості замінника вапна при виробництві сталі та може замінити частину вапна (CaO) на оксиди магнію.

Комплекс таких універсальних властивостей досягається за рахунок кількісного і якісного співвідношення основних структуроутворюючих компонентів, які є необхідними та достатніми

для того, щоб при використанні даного складу флюсу і практично єдиної технології виробництва, змінюючи при цьому кількісне співвідношення можна одержати спільно з вапном полімерний залишок, що перетворюють в шлак системи $\text{CaO-MgO-SiO}_2\text{-FeO-Al}_2\text{O}_3\text{-MnO}$ в кількості 65-70 %.

5

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб виготовлення флюсу для виплавки сталі, при якому здійснюють подрібнення, сортування, класифікацію (за крупністю гранул) та обволікання у водному середовищі складових флюсу, що містять оксид кальцію, оксид магнію, оксид кремнію, оксид заліза, оксид алюмінію, та їх прожарювання, який **відрізняється** тим, що додатково включає використання оксиду марганцю, при наступному співвідношенні компонентів готового флюсу, мас. %: оксид кальцію 28-32, оксид магнію 16-19, оксид кремнію 8-16, оксид заліза 1-5, оксид алюмінію 1-3, оксид марганцю 0,5-1,5, волога 2-5, при цьому прожарювання здійснюють з втратами 22,5-40,5 мас. %.

10

15