

Винахід відноситься до металургії чорних металів і стосується удосконалення розкислення сталі, зокрема, маловуглецевих розплавів киснево-конверторного виробництва з використанням відомих матеріалів.

Відомий спосіб розкислення сталі у ковші киснево-конверторного виробництва, при якому розплав у сталеплавильному агрегаті, доведений до загальних вимог, переважно по температурі, оптимальному вмісту вуглецю, сірки та фосфору, розкислюють поетапно у ковші під час випуску плавки. /А.с. СРСР № 1224342, кл.С21С5/28, 5/32, 1985/.

Реалізація способу у виробничих умовах дає можливість підвищити деякі техніко-економічні показники. Зокрема, дещо поліпшити якісні характеристики розкислення сталі і зменшити фізико-хімічну неоднорідність металу, що збільшує вихід якісного металу. Значну долю в поліпшенні кінцевих показників складають ланцюгово пов'язані технологічні параметри двостадійного розкислення металу. Цим самим досягають певного зниження у ковші по висоті фізичного градієнту при розкисленні киснево-конверторної сталі.

Але для відомого способу характерні недоліки, які пов'язані з проявом, в окремих випадках, хімічного градієнту в верхніх шарах металу у ковші, зокрема, по вмісту оксидів заліза і атомарного кисню, що негативно впливає на якість сталі. Це пояснюється тим, що загальне розкислення сталі у ковші закінчується до заповнення ковша металом на 1/2 його висоти враховуються в достатній мірі фізико-хімічні властивості нижніх шарів металу з конвертера, особливо збагачених киснем, коли з останніми порціями металу у ківші попадає значна кількість конвертерного шлаку. Таким чином, при розкисленні маловуглецевих розплавів, наприклад, з вмістом вуглецю 0,02-0,04%, у верхніх шарах металу у сталерозливному ковші проходять дуже активні фізико-хімічні процеси, які призводять до швидкого газоутворення, викидів металу і шлаку із ковша, що впливає на зростання аварійності та відхилень від заданого хімічного складу, погіршує техніко-економічні показники виробництва в цілому.

Найбільш близьким до технічної суті та досягаемому ефекту до запропонованого є спосіб розкислення сталі у ковші, що передбачає зменшення фізико-хімічного градієнту при розкисленні сталі в період випуску із сталеплавильного агрегату /Патент України №23218А кл. С21С13/00, В22Д27/00, 1998/. При реалізації зазначеного способу за рахунок двостадійного розкислення сталі з більш раннім початком розкислення А 1/8 висоти ковша/, а також з пізнішим закінченням /на рівні 2/3 висоти ковша/, досягають поліпшення якості розкислення сталі. Позитивні характеристики розкислення сталі у ковші по такому способу відносяться до металу мартенівського, електропечного виробництва і для киснево-конверторного, при вмісті вуглецю в металові випуску із конвертера у ківші не менше 0,05% $\geq 0,05\%$.

Але при розкисленні киснево-конверторної сталі у ковші з вмістом вуглецю на рівні 0,01-0,04 % в кінці випуску сталі з попаданням кінцевого конвертерного шлаку, вищезгаданий спосіб має також недоліки, пов'язані з негативним проявом фізико-хімічного градієнту. Вони особливо виявляються тоді, коли розкислення сталі проводиться при обставинах "короткого" випуску /не більше 6 хвилин/. При цьому своєчасної віддачі та якісного рівномірного перемішування в сталі вуглецевих, розкислюючих і легуючих добавок не завжди досягають. Тобто, в таких випадках, в результаті зміни поетапних технологічних параметрів і контакту щойно збагачених вуглецем шарів металу з переокисленими верхніми метало-шлаковими шарами, виникають активні хімічні процеси, які спричиняють бурхливий масообмін. Наслідки таких випадків особливо негативні: з сталерозливного ковша втрачається від 3-х до 7,5т сталі з послідовним "заметалюванням" ковша, сталевого і залізничної колії. В хімічному складі сталі не вистачає до середнього заданого вмісту, % : 0,02-0,05 С; 0,03-0,1Мn; 0,04-0,12h.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу розкислення сталі у ковші, в якому шляхом вводу висококремнієвого феросиліцію нейтралізують конвертерний шлак, що запобігає викидам металу із ковша та дозволяє уникнути аварій і зберегти метал у ковші, стабілізувати хімічний склад сталі.

Рішення поставленої задачі досягають тим, що в способі розкислення сталі у ковші, що включає використання відомих стандартних розкислювачів, легуючих, способи їх вводу, контролю, згідно з винаходом при розкисленні киснево-конверторного металу з вмістом вуглецю 0,02-0,04% після стандартного розкислення у ковші, в період появи конвертерного шлаку в ньому, на поверхню метало-шлакового розплаву присаджують феросиліцій з вмістом кремнію не менше 65% в кількості 0,82-0,41кг/г протилежній вмісту вуглецю в металові випуску, з відповідним обмеженням маси шлаку з конвертера по відношенню до маси металу випуску 0,008-0,015т/т. Нейтралізуючого впливу на агресивний фізико-хімічний прояв високооксидного залізного конвертерного шлаку по відношенню до верхнього шару металу у ковші в кінці випуску плавки із конвертера досягають присадного висококремнієвого феросиліцію на переокислений шлак, в межах параметрів запропонованого способу. Цей ефект підсилюється конвективно-дифузійними процесами, що створює умови гомогенізації, переважно у верхніх шарах сталі і в шлаковій фазі. Зокрема, присадка феросиліцію виконується в кінці випуску плавки в період появи перших шарів рідкого металу і високооксидного залізного шлаку, що витікає із сталевипускного отвору конвертера і закінчується в термін до 30с, забезпечуючи практично розкислення наступних шарів метало-шлакового розплаву, присадка висококремнієвого феросиліцію не призводить до суттєвого зниження температури, тому що цей матеріал на тепловий баланс при розкисленні /окисленні/ впливає позитивно. Термодинамічні окислювально-відновні процеси проходять в загальних відомих рамках, а тому з метою запобігання від можливого збільшення вмісту фосфору в готовій сталі в період виплавки виконують стандартний проміжний спуск шлаку з конвертера і наведення високоосновного нового.

Загальні кінетичні особливості впливу кремневістих феросплавів на метало-шлакові розплави вважають досить вивченими і враховуються як відомі фактори.

Механізм запобігання появи та активізації бурхливих аварійно-небезпечних викидів із ковша металу полягає в своєчасному їх розкритті і реалізуванні протидійного ефекту, сконцентрованому в запропонованому технічному рішенні. Так, оптимізація кількості переокисненого конвертерного шлаку, що попав до ковша, кількості вводу висококремнієвого феросиліцію і терміну вводу його, поєднанні з комплексом фізико-хімічних параметрів метало-шлакового розплаву, забезпечують ламінарність руху рідких компонентів плавки у ковші в кінці випуску, та стабільність конвективно-дифузійних процесів розкислення. При цьому особливе значення має висока поверхнева активність висококремнієвого феросиліцію, можливість забезпечувати значні перепади концентрацій в суміжних шарах рідких розплавів і практично стовідсоткова масова участь у окислювально-розкислювальних процесах. Високий технологічний рівень протікання розкислення переокисненого метало-шлакового розплаву

наприкінці процесу у ковші трансформується в виключення економічно збиткових викидів металу із ковша і пов'язаних з ними інших негативних наслідків. Такі умови найбільш ефективно впливають на нейтралізацію прояву фізико-хімічного градієнту маловуглецевих киснево-конверторних метало-шлакових розплавів в період випуску і розкислення у ковші.

Запропонований спосіб пройшов випробування в дослідно-промислових умовах. Сталь виплавляли в киснево-конверторному цеху з двома діючими конвертерами ємністю по 250т кожний, з основною футерівкою з продувкою шихтових матеріалів газовим киснем зверху через водоохолоджувальні фурми. Шихтовку плавов виконували з розрахунку отримання 232т придатної сталі. Останню розливали як у виливниці зверху і сифоном з масою зливків 7-8,3т, так і на МБЛЗ радіального типу з отриманням безперервнолитої заготовки перетином 335x400 і 160x160 мм. Шихтовку плавов для виплавки сталі і розливки у виливниці виконували, виходячи переважно з балансу доменного рідкого чавуну, металевого брухту і досягнення мінімального матеріально-теплого балансу плавки. В середньому, маса металевої складової шихти на плавку - 260т, в тому числі, рідкого чавуну - 200-210т, металевого брухту - 50-60т; при виплавці сталі для розливки на МБЛЗ масу рідкого чавуну збільшували на 20-15т, відповідно за рахунок зменшення аналогічної маси металевого брухту. У цілому, вимоги до технології шихтовки, виплавки та розкислення металу у ковші відповідали вимогам діючої технологічної інструкції /ТІП Відхиленням від цих вимог, переважно, були базові якісні характеристики доменного чавуну по температурі та вмісту сірки. Так, використаний чавун, в середньому, був на 20°C "холодніший" від критичних вимог діючої ТІ в цехові /по ТІ не менше 1320°C/. Вміст сірки у чавуні при вимогах по ТІ не більше 0,025-0,036% фактично знаходився у межах 0,020-0,076%. В період випробування відпрацьовувались задані основні параметри метало-шлакового розплаву з першої поведки по температурі /1630-1700°C/ вміст сірки не більше 0,02-0,04%, та вмісту вуглецю в металові не менше 0,08%. Вищевказаних двох параметрів досягали примусово за рахунок додувок /1-3/ розплаву киснем на "температуру" і "сірку", за рахунок вигорання вуглецю до вмісту 0,02-0,04 % і значного вигорання заліза при додаткових добавках вапна. Одержували метало-шлаковий розплав з наближеними критичними фізико-хімічними характеристиками, котрий в екстремальних умовах випуску розплаву у сталерозливний ківш /"короткий" випуск не більше 6 хвилин, несвоєчасна присадка розкислювачів, легуючих/ відповідав основним критеріям запропонованого способу розкислення сталі.

Враховуючи вищевказані умови відповідно до відомого та запропонованого способів розкислення сталі, було вироблено по 10 плавов сталі 5сп, 20тр. Після технологічного циклу виплавки і розкислення плавов під конвертером в сталерозливних ковшах, останні сталева-зами транспортували до станції доводки, де відповідно до діючої ТІ метал у ковшах підлягав обробці аргоном, контролю температури, хімічного складу і доведенню його до відповідних нормативних вимог. Далі метал у сталерозливних ковшах транспортувався електромасовими кранами до розливних площинок, чи машин безперервнолитої заготовки і, відповідно з діючими ТІ, розливався у виливниці /в зливки/ чи на МБЛЗ - у заготовки. Після звільнення від виливниць зливків, остинні, як і безперервнолитої заготовки, транспортувались до прокатних цехів і згідно з діючими ТІ прокатувались.

Основні технологічні та техніко-економічні показники відповідно до відомого та запропонованого способів приведені у таблиці.

Аналіз представлених у таблиці даних свідчить про практичне досягнення рішення поставленої задачі. Так, установлено, що реалізуючи запропоноване технічне рішення досягають нейтралізації у верхніх шарах металу у ковші негативного фізико-хімічного впливу переокисленого шлаку, що попадає у сталерозливний ківш з маловуглецевим металом /С - 0,02-0,04%/ в кінці випуску плавки із конвертера. В даному випадку досягають запобігання прояву негативної дії фізико-хімічного градієнту. Досягнуте забезпечується комплексно пов'язаними у взаємодію оптимально регламентованими параметрами запропонованого способу. Одним із недоліків прототипу є те, що наближаючись до рішення проблеми розкислення маловуглецевих метало-шлакових розплавів з вмістом вуглецю не менше 0,05%, для диференціально визначених розплавів з вмістом вуглецю 0,02-0,04%, надійного розв'язання цієї проблеми він не має. Технологічна нейтралізація негативного прояву фізико-хімічного градієнту на верхні шари металу у ковші переокисленого шлаку приводить до практичної відсутності викидів металу і шлаку із ковша, запобігання аварійних ситуацій і матеріальних втрат.

Відповідно до вищезгаданого недоліку прототипу, запропонований спосіб має одну з головних позитивних ознак - раціонально збалансовані параметри технології в сукупності з розкриттям і проявом позитивних фізико-хімічних властивостей висококонцентрованого поверхнево-активного реагенту, яким являється феросиліцій з вмістом Si не менше 66%. Технологічні результати запропонованого способу цілеспрямовано і протидійно направлені на погашення негативного потенціалу, сконцентрованого в явно вираженому фізико-хімічному градієнті метало-шлакового розплаву, не дають можливості потенціально сконцентрованої енергії перейти в активні кінетично виражені процеси. Тобто, накопичений негативний потенціал в фізико-хімічному градієнті метало-шлакової маси, завдяки ефективній дії запропонованого способу не переростає в бурхливі кінетично виражені нерегульовані масообмінні процеси. В період появи цих процесів проходить додаткове збагачення до цього і так насичених переважно оксидами заліза, останній шарів метало-шлакового розплаву при випуску за рахунок ежекції з повітря атомарного кисню. Через що більш активізуються газоутворення і викиди продуктів планки із ковша, доки не з'являється рівновісний фізико-хімічний умови в системі метал-шлак в сталерозливному ковші.

Зазначені у формулі запропонованого винаходу параметри оптимальні і при взаємодії їх в умовах реалізації способу досягають максимального ефекту. Використання способу при розкисленні метало-шлакового розплаву з вмістом вуглецю, наприклад 0,018%, призводить до збільшення в середньому угару заліза на 0,0004т/т сталі, підвищенню середнього додаткового вмісту оксидів заліза в шлакові в середньому на 0,03%, що в цілому знижує загальний ефект на 2%. Використання способу при розкисленні метало-шлакового розплаву з вмістом вуглецю, наприклад 0,042%, призводить до зниження температури випуску металу, в середньому, на 0,8°C, що в умовах виробництва сталі, особливо для розливки на МБЛЗ, ускладнює технологічні умови. Застосування для усунення фізико-хімічного градієнту розплаву феросиліцію з вмістом кремнію не менше 65% ґрунтується на базовому потенціалові цього матеріалу - позитивний тепловий ефект, оптимальна питома вага, та достатньо висока поверхнева активність при використанні в окислювально-відновних процесах. Використання в способі феросиліцію з вмістом кремнію, наприклад 60%, /виготовленого по технічним умовам/, знижує протидійну фізико-

хімічну активність по нейтралізації бурхливого газоутворення і пов'язаних з ним викидів металу із ковша, при цьому можливі викиди металу і шлаку до 0,02т. Застосування в способі феросиліцію з підвищенням вмістом кремнію, наприклад 75%, надійно забезпечує всі технологічні і техніко-економічні показники способу. Витрата його знаходиться в межах установлених параметрів способу, звісно дещо відмінних від граничних. Параметри обмеження попадання у ківш шлаку із конвертера також експериментально визначені і є оптимальними. Так, при зменшенні попадання шлаку в сталерозливний ківш на поверхню металу, наприклад 0,007т/т сталі знижується температура металу через "тонкий" шлак, в середньому, на 0,2°C. Збільшення кількості попадання кінцевого конвертерного шлаку в сталерозливний ківш, наприклад до 0,016т/т сталі, призводить до додаткових витрат феросиліцію /до 0,1кг/т/ для надійної реалізації способу.

Запропонований спосіб простий і технологічний. Впровадження його у виробництво не пов'язано з додатковими капітальними витратами. Промислове випробування запропонованого способу підтвердило позитивні технологічні і в цілому техніко-економічні характеристики результатів експериментального опробування. Якість прокату 50 плавов не поступалася якості прокату плавов по прототипу. По рекомендованій технології практично виплавляли всі якісні, відповідальні, малолеговані, напівспокійні марки сталі.

Варіант способу /марка сталі/ Загальна кількість плавов	Вміст вуглецю в металові з проби перед випуском %	Вміст FeO в шлакові розплаву перед розкисленням сталі %	Термін випуску, хв	Витрати кисню в період додувок, м ³	Характеристика ефективності способів				
					Зниження середніх значень вмісту хімічних елементів в сталі, %			Викиди сталі із ковша	Фінансові витрати, пов'язані з викидами металу із ковша
					С	Мп	Si		
Відомий /5сп, 20тр/10	0,02-0,04	20-28	4,1-9,7	400-3030	0,02-0,05	0,03-0,1	0,04-0,12	12,9-32,3	7,1-17,8
Запропонований /5сп, 30тр/ 10	0,02-0,04	20-28	4,0-9,9	420-3010	-	-	-	-	-