



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116055** (13) **U**
(51) МПК**C21C 5/28** (2006.01)**C21C 5/34** (2006.01)**C21C 5/36** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: u 2016 10553	(72) Винахідник(и): Садовник Юрій Володимирович (UA), Величко Олександр Григорович (UA), Лисаков Андрій Вікторович (UA)
(22) Дата подання заявки: 18.10.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.05.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.05.2017, Бюл.№ 9	(73) Власник(и): Садовник Юрій Володимирович, пр. Богдана Хмельницького, 8, кв. 77, м. Дніпро, 49069 (UA), Величко Олександр Григорович, пр. Гагаріна, 95-а, кв. 19, м. Дніпро, 49010 (UA), Лисаков Андрій Вікторович, пр. Слобожанський, 73, кв. 51, м. Дніпро, 49083 (UA)

(54) СПОСІБ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В КОНВЕРТЕРІ**(57)** Реферат:

Спосіб виплавки сталі в конвертері складається з двох періодів. Перший період включає завантаження в конвертер металеві шихти і вапна, продувку металу киснем, скачування окисного шлаку. Другий період включає наведення нового шлаку шляхом подачі шлакоутворюючих і відновників, продувку ванни. В першому періоді завантажують вапно в кількості, що забезпечує основність шлаку 2,0-3,0, продувку киснем ведуть до отримання температури розплаву 1580-1600 °С і потім додатково продувають нейтральним газом знизу протягом 3-5 хв., В другому періоді вводять вапно в кількості, що забезпечує основність шлаку 2,0-2,5 і чушковий алюміній з витратою 6-8 кг/т металу, після чого розплав продувають киснем знизу до отримання температури розплаву 1680-1700 °С. Потім присаджують відновники і легуючі з переходом на продувку знизу нейтральним газом спільно з природним газом протягом 2 хв., після чого присаджують алюміній 0,2-0,4 кг/т і плавиковий шпат в кількості 4,0-6,0 кг/т, та переходять на продувку тільки нейтральним газом протягом 4-5 хв. і випускають метал в ківш.

UA 116055 U

Корисна модель належить до чорної металургії і може бути використана при конвертерному виробництві вуглецевих, низьколегованих, в тому числі конструкційних сталей.

Вимоги до подібних сталей зводяться до того, щоб сталі мали невисоку вартість і по можливості містили мінімальну кількість легуючих елементів і шкідливих домішок - у першу 5 чергу фосфору і сірки, що визначається металургійним процесом їх виробництва.

Відомий спосіб виплавки сталі в конвертері згідно патенту RU 1768647, що включає два періоди: у першому періоді проводять завантаження вихідних матеріалів, продування розплаву киснем зверху і знизу, скачування окисного шлаку, у другому - наведення нового шлаку шляхом 10 добавки марганцевих матеріалів і вапна, перемішування металу і шлаку продувкою нейтральним газом знизу і випуск. При цьому, скачування окисного шлаку проводять при температурі на 0,6-1 %, що перевищує температуру випуску, як марганцеві матеріали використовують марганцевий агломерат, а перемішування металу і нового шлаку проводять сумішшю азоту і природного газу з одночасним введенням в конвертер алюмінієвої стружки.

Відомий спосіб спрямований на підвищення механічних властивостей сталі.

Оскільки підвищення механічних властивостей сталі, як і інших характеристик якості, багато 15 в чому залежить від вмісту в сталі шкідливих домішок - фосфору і сірки, для досягнення заявленого технічного результату відомий спосіб повинен забезпечити ефективний процес дефосфорації і десульфурзації.

Відомо, що умовами, дотримання яких дозволяє видаляти фосфор з металу, це - окисне середовище, висока активність FeO, висока основність шлаку, відносно невисока температура 20 (не вище 1600 °C), зменшення P₂O₅ шляхом зміни шлаку, тобто, найбільш повного видалення окисного шлаку з конвертерної ванни.

У відомому технічному рішенні температурні параметри при скачуванні окисного шлаку на першій стадії визначені, як на 0,6-1 %, що перевищують температуру випуску. При 25 температурах випуску 1640-1650 °C це становить 1649-1656 °C

Однак відомо, що при температурах, що перевищують 1600 °C відбувається активація процесу рефосфорації в результаті дисоціації неміцних при таких температурах фосфатах кальцію, що призводить до підвищення фосфору в готовій сталі.

Оновлення шлаку в процесі плавки збільшує його сіркопоглинаючу здатність, а після 30 скачування окисного шлаку у другому періоді необхідно забезпечити ефективність процесу десульфурзації.

Відомо, що протіканню реакцій десульфурзації шлаковими сумішами сприяють: забезпечення термодинамічних умов, тобто підвищення температури розплаву до не менш 1680° -1700 °C, що 35 прискорює асиміляцію вапна шлаковим розплавом і забезпечує необхідну в'язкість і рідкотекучість останнього; збільшення основності шлаку; зниження до мінімального рівня активності розчиненого в металі кисню і вмісту оксидів заліза в контактуючому з металом шлаку. Практично сірка, що перейшло в шлак, назад з нього в метал не переходить, якщо шлак має достатню основність.

Відомий спосіб включає у другому періоді наведення нового шлаку шляхом добавки 40 марганцевих матеріалів і вапна, перемішування металу і шлаку продувкою знизу сумішшю азоту і природного газу з одночасним введенням в конвертер алюмінієвої стружки.

Враховуючи неминучі втрати температури розплаву при скачуванні шлаку (не менше 20-30 °C), процес десульфурзації у другому періоді розпочнеться при температурі близько 1620 °C, що очевидно мало для необхідних термодинамічних умов десульфурзації.

Подача нейтрального газу на перемішування реагуючих фаз в процесі відновлення 45 спрямована на забезпечення його кінематичного режиму, але при цьому додатково значно знижує температуру ванни, що вимагає додаткового резерву тепла.

Таким чином, відомий спосіб виплавки сталі в конвертері знижує ступінь дефосфорації внаслідок активації рефосфорації процесу в першому періоді і не забезпечує необхідні 50 термодинамічні умови для ефективної десульфурзації у другому періоді плавки. Це призводить до зниження ступеня видалення шкідливих домішок в сталі - фосфору і сірки і, в кінцевому результаті, знижує якість одержуваної сталі.

Відомий спосіб виробництва конвертерної сталі згідно з патентом RU 2228368, що включає 55 два періоди: у першому періоді виконують виплавку металу в сталеплавильному агрегаті, продувку металу киснем, скачування окисного шлаку при досягненні в металі вмісту вуглецю 0,15-0,20 %, у другому періоді у сталеплавильний агрегат подають оксид нікелю з витратою 9-11 кг/т металу та рівномірним його розподілом по поверхні металу, через 1,0-1,5 хв. після подачі оксиду нікелю подають марганцевмісний оксидний матеріал і вапно до отримання основності 1,5-1,7. Як відновник використовують суміш алюмінію та карбіду кальцію при вмісті алюмінію в 60 ній не менше 50 %. Потім продувають нейтральним газом в бульбашковому режимі.

Спосіб передбачає використання при виробництві низьколегованих конструкційних сталей і спрямований на забезпечення мінімізації кількості неметалевих включень, і високого ступеня десульфурації.

Відоме технічне рішення включає в першому періоді плавки продувку киснем до досягнення в металі вмісту вуглецю 0,15-0,20 % і наведеної в прикладі реалізації відомого способу температури 1580-1620 °С, що сприяє процесу дефосфорації, оскільки забезпечує окислювальну середу, активність FeO і прийнятний температурний режим. При цьому слід зауважити, що при температурі понад 1600 °С може спостерігатися процес рефосфорації, тобто в заявлених температурних межах ефективність процесу дефосфорації може бути знижена.

Оскільки у відомому способі продувку низьковуглецевого металу зупиняють при вмісті вуглецю на рівні вище так званої "критичної" точки, тобто при значеннях 0,15-0,20 %, рівноважний вміст кисню в такому металі не перевищує величину 0,015 %, що сприяє подальшому процесу десульфурації.

Після скачування окисного шлаку, у другому періоді, для забезпечення високого ступеня десульфурації металу, у відомому способі отримують низький вміст вуглецю, близько 0,05 %, з проведенням зневуглецювання шляхом введення оксидів нікелю при низькому вмісті кисню, близько 0,01-0,015 %.

Однак технічне рішення відомого способу не забезпечує необхідні для десульфурації розплаву термодинамічні умови.

Більш того, у відомому способі температура розплаву неминує знижується, в порівнянні з температурою на першій стадії за рахунок скачування шлаку, і додатково, і суттєво за рахунок введення присадок і продування нейтральним газом. Незабезпеченість термодинаміки процесу неминує знижує ефективність процесу десульфурації у відомому способі.

Крім того, введення оксидів нікелю для зниження вмісту вуглецю обмежує використання відомого способу для марок сталі, що не включають як легуючі добавки нікель, а це, в кінцевому результаті, обмежує технологічну гнучкість процесу.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищити ефективність процесів дефосфорації і десульфурації при виробництві широкого спектра вуглецевих низьколегованих конструкційних сталей.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі виплавки сталі в конвертері, який складається з двох періодів: першого періоду, який включає завантаження в конвертер металевої шихти і вапна, продувку металу киснем, скачування окисного шлаку, і другого періоду, який включає наведення нового шлаку шляхом подачі шлакоутворюючих і відновників, продувку ванни, згідно з корисною моделлю в першому періоді завантажують вапно в кількості, що забезпечує основність шлаку 2,0-3,0, продувку киснем ведуть до отримання температури розплаву 1580°-1600 °С і потім додатково продувають нейтральним газом знизу протягом 3-5 хв., а в другому періоді вводять вапно в кількості, що забезпечує основність шлаку 2,0-2,5 і чушковий алюміній з витратою 6-8 кг/т металу, після чого розплав продувають киснем знизу до отримання температури розплаву 1680-1700 °С, потім присаджують відновники і легуючі з переходом на продувку знизу нейтральним газом спільно з природним газом протягом 2 хв., після чого присаджують алюміній 0,2-0,4 кг/т і плавиковий шпат в кількості 4,0-6,0 кг/т, переходять на продувку тільки нейтральним газом протягом 4-5 хв. і випускають метал в ківш.

У першому періоді завантаження вапна в кількості, що забезпечує основність шлаку 2,0-3,0 і продувка киснем до отримання температури розплаву 1580-1600 °С необхідні для створення умов, що дозволяють видаляти фосфор з металу. Це - окисне середовище, висока активність FeO, висока основність шлаку, оптимальна термодинаміка. Ефективності дефосфорації сприяє також висока інтенсивність перемішування за рахунок додаткової продувки нейтральним газом знизу протягом 3-5 хв. відразу ж після кисневої продувки в момент, коли при низькому вмісті вуглецю окисненість шлаку різко зростає, при цьому, умови для дефосфорації стають максимально сприятливими і фосфор інтенсивно переходить у шлак.

При основності менше 2 зменшується фосфатна ємність шлаку і погіршуються умови дефосфорації, а при основності більше 3 збільшується в'язкість шлаку, він стає менш рідкорухливим, погіршуються умови взаємодії шлаку з фосфором металу.

При температурі менше 1580 °С шлак недостатньо рідкорухливий, знижена його реакційна здатність. При температурі більше 1600 °С активується процес рефосфорації.

Максимально можливе скачування окисного шлаку дозволяє прибрати з розплаву $4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$, тобто завершити перший період - процес дефосфорації і перейти до другого періоду, що включає процес десульфурації.

Сірка є поверхнево активним елементом. Висока поверхнева активність сірки призводить до того, що на поверхні розділу фаз концентрація сірки вище, ніж в об'ємі розчину. Тому

найбільший ефект дає застосування таких методів ведення плавки, які забезпечують збільшення поверхні контакту металу з десульфуруючою фазою, в тому числі, і це суттєво, штучне інтенсивне перемішування металу зі шлаком, що забезпечує продування знизу.

Вапно і чушковий алюміній, які вводять у другому періоді плавки спільно з продувкою знизу киснем забезпечують швидке підвищення температури розплаву за рахунок екзотермічної реакції взаємодії алюмінію з киснем дуття. Утворений при цьому Al_2O_3 є ефективним шлакоутворюючим, що дозволяє отримати рідкорухливий асиміляційний шлак з мінімальним вмістом в ньому FeO, тобто знижується агресивність шлаку. В результаті утворюється шлак з максимальною активністю CaO і мінімальною активністю FeO, - практично синтетичний шлак, що сприяє зниженню вмісту сірки в металі. Крім того, частково, за рахунок спорідненості Al з FeS алюміній бере участь у процесі десульфурації поряд з CaO - оксидом, що володіє найбільшою спорідненістю з FeS. Таким чином, створюються умови для прояву синергетичного ефекту.

Основність шлаку нижче 2,0 не забезпечує максимальне поглинання шлаком сірки, а при основності вище 2,5 шлак стає менш рідкорухливим, погіршуються умови взаємодії шлаку з сульфідами.

Витрата чушкового алюмінію менше 6 кг/т металу не забезпечить достатньої кількості енергії для досягнення необхідної температури 1680-1700 °С, витрата більше 8 кг/т металу недоцільна і веде до непродуктивної витрати дорогого алюмінію.

Підвищення температури ванни сприяє збільшенню ступеня десульфурації у зв'язку з збільшенням рідкорухливості шлаку, прискоренням асиміляції вапна і ростом основності шлаку. Температура 1680 °С - це температура з мінімально необхідним резервом для процесу десульфурації. Температура вище 1700 °С сприяє руйнуванню футерівки.

Продувка киснем знизу забезпечує високу інтенсивність перемішування, оскільки процес десульфурації визначається значною мірою кінетикою взаємодії. Чим швидше йде процес, тим ближче система до стану рівноваги і повніше використовується здатність шлаку поглинути сірку.

Присадка відновників і легуючих з переходом на продувку знизу нейтральним газом спільно з природним газом забезпечує легування і розкислення металу, в тому числі і вуглецем, і воднем природного газу, продування яким одночасно з нейтральним газом, забезпечує необхідну кінетику процесу. Термін продувки - 2 хв. достатньо для цього етапу, - збільшення терміну продувки сприяє зниженню температури розплаву, зменшення - знизить ступінь розкислення металу.

Слід зазначити, що можливі легуючі добавки не роблять істотного впливу на технологічний процес згідно способу, що заявляється, тобто спосіб, що заявляється, можна використовувати при виробництві широкого спектру вуглецевих конструкційних сталей, у тому числі і низьколегованих.

Швидкість процесу десульфурації зростає в міру збільшення інтенсивності перемішування металу і шлаку, а також пониження в'язкості шлаку, що може бути досягнуто підвищенням температури і введенням розріджуючих добавок.

Присадка алюмінію забезпечує підвищення температури за рахунок екзотермічної реакції утворення Al_2O_3 , оскільки перемішування реагуючих фаз в процесі відновлення значно знижує температуру ванни і вимагає певного резерву тепла. Присадка плавикового шпату забезпечує підвищення рідкорухливості шлаку за рахунок CaF_2 та Al_2O_3 . Продування нейтральним газом протягом 4-5 хвилин забезпечує необхідну кінетику завершального етапу.

Процес десульфурації і дефосфорації визначається значною мірою кінетикою взаємодії. Продування знизу на всіх етапах плавки забезпечує ефективну кінетику процесу і в першому і в другому періоді виплавки сталі, що сприяє збільшенню поверхні розділу газ-метал та шлак-метал і, як наслідок, більш високого ступеня дефосфорації і десульфурації.

Таким чином, сукупність суттєвих ознак корисної моделі дозволяє вирішити поставлену задачу підвищення ефективності процесів дефосфорації і десульфурації при виробництві широкого спектра вуглецевих низьколегованих конструкційних сталей.

Це підтверджується прикладом конкретного застосування способу виплавки сталі в конвертері, що заявляється.

Виплавку сталі згідно із способом, що заявляється, проводили на великолабораторному конвертері ГКР ємністю 1 т, обладнаному трьома донними фурмами типу "труба в трубі". Матеріал внутрішньої труби - мідь, а зовнішньої - нержавіюча сталь X18H10T. Система підведення газів-енергоносіїв дозволяє подавати через центральні канали фурм кисень, аргон (азот), а через периферійні - природний газ, аргон (азот).

Спосіб, що заявляється, використовували для отримання конструкційної низьколегрованої сталі марки 09Г2С.

В конвертер, який попередньо завантажували вуглецевий лом в кількості 90 кг та вапно в кількості 35 кг/т, заливали чавун в кількості 960 кг, що містить 4,0 % C; 0,68 % Si; 0,56 % Mn; 0,046 % S; 0,068 % P. Температура чавуну, що заливали, становила 1380 °C

У першому періоді (дефосфорація) продування розплаву вели чистим киснем (вміст кисню 99,7 %) з інтенсивністю 2 м³/т у хв.

Для захисту донних фурм через периферійні канали подавали природний газ з інтенсивністю 0,15-0,20 м³/т у хвилину. По ходу продувки, з інтервалом 2-5 хв. заміряли температуру без повалок конвертера.

На 26-й хв. кисневої продувки температура металу склала 1594 °C. В цей момент продувку киснем припинили і перейшли на продувку чистим аргонном з інтенсивністю 0,7 м³/т у хв. Тривалість аргонної продувки склала 4 хвилини.

Потім проводили повалку конвертера і максимально можливо скачували окислювальний шлак (більше 90 %), відбирали пробу на експрес-аналіз на фосфор. Вміст фосфору склав 0,017 %.

Після цього переходили до другого періоду плавки - присаджували 22 кг вапна, 7 кг вторинного алюмінію АВ87 і вели продувку киснем з інтенсивністю 1,0 м³/т у хв. Витрата природного газу по периферійним каналам фурм становила 0,07-0,10 м³/т у хв.

Через 5 хв. кисневої продувки температура металу склала 1697 °C В цей момент перейшли на продувку чистим аргонном по центральним каналам фурм з інтенсивністю 0,7 м³/т у хв., а по периферійним каналам продовжували подавати природний газ з інтенсивністю 0,15 м³/т у хв. Одночасно в конвертер присаджували 24 кг/т SiMn17 і 7,5 кг/т FeSi65. Через 2 хв. природний газ по периферійним каналам замінили на аргон, одночасно присадивши в конвертер 0,3 кг вторинного алюмінію і 5 кг плавикового шпату, і ще протягом 4 хв. вели продування розплав чистим аргонном.

Потім відбирали контрольну пробу на експрес-аналіз і випускали метал при температурі 1649 °C.

Отримали марочну сталь 09Г2С наступного складу: C - 0,089 %; Si-0,67 %; Mn-1,46 %; S-0,014 %; P - 0,018 %. При цьому ступінь дефосфорації склала – 75 %; Ступінь десульфурзації – 71 %.

Таким чином, спосіб, що заявляється, забезпечує отримання якісної конструкційної марочної сталі. Технологія і обладнання - конвертер ГKP-, дозволяє виплавити широкий спектр марок конструкційних сталей практично без обмежень. Слід зазначити, що обраний конвертер ГKP на підставі вимог до устаткування для реалізації способу, що заявляється, дозволяє істотно знизити витрати, порівняно з витратами згідно способу з найближчого аналогу, а це, в свою чергу, відіб'ється на вартості конструкційних сталей.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб виплавки сталі в конвертері, який складається з двох періодів: першого періоду, який включає завантаження в конвертер металеві шихти і вапна, продувку металу киснем, скачування окисного шлаку, і другого періоду, який включає наведення нового шлаку шляхом подачі шлакоутворюючих і відновників, продувку ванни, який **відрізняється** тим, що в першому періоді завантажують вапно в кількості, що забезпечує основність шлаку 2,0-3,0, продувку киснем ведуть до отримання температури розплаву 1580-1600 °C і потім додатково продувають нейтральним газом знизу протягом 3-5 хв., а в другому періоді вводять вапно в кількості, що забезпечує основність шлаку 2,0-2,5 і чушковий алюміній з витратою 6-8 кг/т металу, після чого розплав продувають киснем знизу до отримання температури розплаву 1680-1700 °C, потім присаджують відновники і легуючі з переходом на продувку знизу нейтральним газом спільно з природним газом протягом 2 хв., після чого присаджують алюміній 0,2-0,4 кг/т і плавиковий шпат в кількості 4,0-6,0 кг/т, переходять на продувку тільки нейтральним газом протягом 4-5 хв. і випускають метал в ківш.

Комп'ютерна верстка М. Мацело

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601