



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **116068** (13) **C2**
(51) МПК

C21C 5/28 (2006.01)

C21C 5/30 (2006.01)

C22B 9/05 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

<p>(21) Номер заявки: а 2016 13011</p> <p>(22) Дата подання заявки: 20.12.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.01.2018</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 25.04.2017, Бюл.№ 8</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.01.2018, Бюл.№ 2</p>	<p>(72) Винахідник(и): Тубольцев Леонід Григорович (UA), Семикін Сергій Іванович (UA), Корченко Владислав Петрович (UA), Голуб Тетяна Сергіївна (UA), Кузьмичов Вячеслав Михайлович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, пл. Академіка Стародубова, 1, м. Дніпропетровськ, 49050 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 78114 C2, 15.02.2007 UA 78890 C2, 25.04.2007 SU 658180 A, 25.04.1979 SU 539076 A, 15.12.1976 JP 2015093992 A, 18.05.2015 JP 63157809 A, 30.06.1988 CN 201416013 Y, 03.03.2010 Семыкин С.И. и др. Сопоставление эффективности рафинирования металла в конвертере и сталеразливочном ковше при наложении электрического потенциала // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии: Сб. научн. тр. - Дніпропетровськ.: ІЧМ НАН України, 2009. - Вип. 19. - С. 134-139 Поляков В. Ф. и др. Изучение при выплавке в 1,5-т конвертере влияния особенностей электрического воздействия на расплав на содержание азота и кислорода в стали // IX Международная научно-техническая конференция «Тепло- и массообменные процессы в металлургических системах». - 2015. - С. 78-82</p>
---	---

(54) СПОСІБ ВИПЛАВКИ СТАЛІ В КОНВЕРТЕРІ

(57) Реферат:

Винахід належить до чорної металургії. Спосіб виплавки сталі в конвертері включає завантаження шихти, продування ванни конвертера киснем та інертним газом, вимірювання у розплаві вмісту вуглецю і накладення на розплав різниці електричних потенціалів, причому різницю електричних потенціалів у 0,5-20 В починають накладати на розплав після зниження у розплав вмісту вуглецю нижче 1,0-1,5 мас. %, одночасно з цим поступово зменшують подачу кисню та замість інертного газу починають вдування у ванну конвертера зворотного

UA 116068 C2

конвертерного газу, що містить 50-80 мас. % оксиду вуглецю, а після зменшення вмісту вуглецю нижче 0,1-0,5 мас. %, або після початку падіння факела конвертера, взагалі припиняють вдування кисню та збільшують подачу конвертерного газу до рівня 20-150 мас. % від кількості кисню, що подають при основному періоді плавки. Технічний результат: підвищення ефективності видалення з рідкого металу кисню та азоту і зниження енергетичних витрат на виплавку сталі.

Винахід належить до чорної металургії, переважно до виробництва сталей в конвертерах.

Відомий спосіб виплавки сталі у конвертері (патент РФ № 2 583 216 МПК C21C 5/28, опубл. 10.05.2016), що включає завантаження в конвертер рідкого чавуну та брухту, продування металу киснем через фурму, зміну інтенсивності подачі кисню по ходу продувки, введення зондової фурми для вимірювання температури металу і вмісту в ньому вуглецю, доведення плавки по температурі і вмісту вуглецю.

Недоліком відомого способу є труднощі із забезпеченням у процесі виплавки заданого рівня якості сталі, зокрема труднощі із регулювання якості сталі та забезпечення заданого рівня вмісту азоту та кисню у розплаві.

Відомий спосіб виплавки сталі у конвертері (патент України № 78890 МПК C21C 5/28, C22B 9/00, опубл. 15.01.2007), що дозволяє здійснити регулювання якості сталі у процесі виплавки за рахунок накладання на розплав електричного потенціалу величиною 12-60 В, при цьому величину електричного потенціалу змінюють за ходом продування: протягом перших 5 мас. % її тривалості підтримують на рівні 12-15 В; потім, протягом наступних 25 мас. %, його рівномірно збільшують до 24-60 В, після чого протягом наступних 50 мас. % тривалості продувки величину електричного потенціалу витримують постійною, а далі, аж до закінчення продувки, величину електричного потенціалу знижують до 15-20 В.

Недоліком відомого способу є проблеми з видаленням деяких газів і великі витрати енергоресурсів у процесі усієї виплавки.

Найбільш близьким за технічною суттю і результатом, що досягається, є спосіб виплавки металу (патент України № 1 253, МПК C21C 5/28, опубл. 30.06.93) що включає завантаження шихти, продувку розплаву металу киснем через верхню фурму, накладення на розплав та фурму різниці електричного потенціалу величиною 0,5-2,5 В.

Недоліком відомого способу є труднощі із одержанням необхідного рівня вмісту азоту та кисню у розплаві та великі витрати енергоресурсів.

Задачею способу виплавки сталі у конвертері є забезпечення заданого рівня якості сталі, зокрема в частині одержання потрібного вмісту азоту та кисню у розплаві, та зниження витрат електроенергії на технологічний процес.

Задача вирішується тим, що спосіб виплавки сталі у конвертері включає завантаження шихти, продування ванни конвертера киснем та інертним газом, вимірювання в металі вмісту вуглецю, а після досягнення в розплаві вмісту вуглецю менше ніж 1,0-1,5 мас. % здійснюють накладення на розплав різниці потенціалів на рівні 0,5-20,0 В, одночасно з цим поступово зменшують подачу кисню та замість інертного газу починають вдування у ванну конвертера зворотного конвертерного газу, що звичайно містить 50-80 мас. % оксиду вуглецю, а після зменшення вмісту вуглецю нижче 0,1-0,5 мас. %, або після початку падіння факелу конвертера, взагалі припиняють вдування кисню та збільшують подачу конвертерного газу до рівня 20-150 % від кількості подаваного в основний період плавки кисню.

Суть винаходу є те, що у підготовлений до плавки конвертер завантажують рідкий чавун та металобрухт, здійснюють продування ванни киснем через верхню фурму та інертним газом зверху або знизу, вимірюють у металі вміст вуглецю, і після досягнення у розплаві рівня вуглецю менше 1,0-1,5 мас. %, на розплав та фурму накладають різницю потенціалів на рівні 0,5-20 В, одночасно з цим поступово зменшують подачу кисню та замість інертного газу починають вдування у ванну конвертера зворотного конвертерного газу, що звичайно містить 40-80 мас. % оксиду вуглецю, а після зменшення вмісту вуглецю нижче 0,1-0,5 мас. %, або після початку падіння факелу конвертера, взагалі припиняють вдування кисню та збільшують подачу конвертерного газу до рівня 20-150 % від кількості подаваного в основний період плавки кисню.

Подача зворотного конвертерного газу замість інертного газу після закінчення продування ванни киснем дозволяє додатково видалити з розплаву ще 15-20 мас. % розчинених газів (азот та кисень).

Діапазон обсягу подачі конвертерного газу визначається необхідністю підтримання барботажу ванни конвертера на рівні основного періоду плавки. Подача конвертерного газу менше 20 % від подаваного в основний період плавки не призводить до суттєвого збільшення барботажу ванни, а більше 150 % призводить до надмірного барботажу та збільшує вірогідність виплеску розплаву із конвертера.

Накладання різниці потенціалів після досягнення у розплаві вмісту вуглецю менше 1,0-1,5 мас. % дозволяє запобігти надлишку витрат електричної енергії, оскільки при концентрації вуглецю більше 1,5 мас. % дія електричних потенціалів не є ефективною для видалення азоту та кисню. Експериментальним шляхом встановлено, що, при накладанні різниці потенціалів на розплав, ефект зменшення вмісту газів в розплаві починає проявлятися при досягненні вмісту вуглецю менше 1,5 мас. % і досягає найбільшої ефективності при вмісті вуглецю менше 0,1 мас.

%. При вмісті вуглецю 0,1 мас. % досягаються на 40-60 мас. % менші вмісти азоту і кисню в розплаві порівняно із звичайним процесом плавки.

Після початку падіння факелу, що супроводжується зменшенням барботажу (перемішування) ванни рідкого металу, одночасно з накладенням різниці потенціалів через окрему верхню або нижню фурму здійснюють подачу у розплав зворотного конвертерного газу, що звичайно містить 40-80 мас. % оксиду вуглецю CO в кількості 20-150 % від кількості подаваного в основний період плавки кисню. Кількість подаваного у розплав конвертерного газу визначається необхідністю підтримки барботажу ванни на рівні, що має місце під час основного періоду плавки. Відповідна подача зворотного конвертерного газу у розплав дозволяє додатково знизити вміст газів у розплаві на 15-20 мас. % порівняно із звичайним процесом.

На фіг. 1 наведено дані щодо залежності вмісту азоту у розплаві від різниці електричних потенціалів за технологію А(-).

На Фіг. 2 наведено ефективність різних технологій накладення на розплав електричних потенціалів та з подачею конвертерного газу у ванну конвертера порівняно із звичайною технологією з верхньою продувкою.

А(0) - порівняльна технологія киснево-конвертерної плавки з верхньою продувкою;

А(+) - технологія киснево-конвертерної плавки з верхньою продувкою з накладенням позитивного полюсу потенціалів на верхню фурму;

А(-) - технологія киснево-конвертерної плавки з верхньою продувкою з накладенням негативного полюсу потенціалів на верхню фурму;

А(-)+КГ - технологія киснево-конвертерної плавки з верхньою продувкою з накладенням негативного полюсу потенціалів на верхню фурму та подачею в ванну конвертера конвертерного газу у кількості, що дорівнює кількості подаваного кисню.

Після обробки розплаву електричним потенціалом і закінчення продувки розплаву конвертерним газом здійснювали повалку конвертера, вимірювання температури розплаву, відбір проб металу і шлаку на хімічний аналіз.

Отримані результати показують, що під час продування ванни киснем зі зміною часу початку накладання різниці потенціалів, більш активне видалення кисню та азоту з розплаву досягається при зменшенні вмісту вуглецю в розплаві. У порівнянні з найближчим аналогом ефективність накладення електричних потенціалів з видалення газів з розплаву починає проявляється при вмісті вуглецю менше 1,5 мас. %, і досягає максимальних значень (зменшення вмісту газів на 40-50 мас. %) при вмісті вуглецю в розплаві менше 0,1 мас. %, а продування ванни зворотнім конвертерним газом дозволило додатково видалити з розплаву 15-20 мас. % розчинених газів (азот та кисень) та забезпечити одержання заданого рівня якості сталі, зокрема в частині зменшення вмісту азоту та кисню у розплаві. Крім того, використання способу дозволяє зменшити витрати електроенергії на 20-40 мас. %.

Результати дослідних плавок, проведених з накладенням електричного потенціалу між корпусом фурми і електродом, наведено у таблиці.

Таблиця

Вміст вуглецю, мас. %	Вміст кисню у розплав, мас. %				Вміст азоту в розплаві, мас. %			
	0	(+)5В	(-)5В	(-)5В+КГ	0	(+)5В	(-)5В	(-)5В+КГ
0,025	0,108	0,088	0,073	0,056	0,0040	0,0024	0,0017	0,0013
0,05	0,084	0,072	0,061	0,048	0,0030	0,0020	0,0015	0,0012
0,1	0,066	0,058	0,051	0,041	0,0024	0,0017	0,0013	0,0011
0,2	0,051	0,047	0,042	0,035	0,0019	0,0015	0,0012	0,0010
0,3	0,044	0,041	0,038	0,032	0,0016	0,0013	0,0011	0,0009
0,5	0,037	0,035	0,033	0,029	0,0013	0,0012	0,0010	0,0009
1	0,029	0,029	0,028	0,025	0,0010	0,0010	0,0009	0,0008
1,5	0,025	0,025	0,025	0,025	0,0009	0,0009	0,0008	0,0008

Примітка: (+)5В - накладання на верхню фурму позитивного полюса джерела постійного струму напругою 5 В; (-)5В - накладання на верхню фурму негативного полюсу джерела постійного струму напругою 5В; (-)5В+КГ - накладання на верхню фурму негативного полюсу джерела постійного струму напругою 5В з продувкою конвертерним газом; 0 - порівняльні плавки без накладання електричного потенціалу.

Складовими конвертерного газу є оксид вуглецю CO та двооксид вуглецю CO₂, які є нейтральними газами для кисневого конвертера. Введений в конвертер газ CO₂, здатний частково замінити собою кисень O₂, зменшує при цьому тепловиділення в високотемпературній реакційній зоні і активізує процес перемішування ванни (барботажа). Шляхом подачі конвертерного газу через додаткову фурму (або додаткове сопло у верхній фурмі) або крізь днище конвертера, можна замінити їм інертний газ аргон, або азот (N₂), при виплавці сталей з низьким азотом та інших сталей. Окислювальні реакції між конвертерним газом та компонентами рідкого металу (за винятком вуглецю) протікають без зміни об'єму системи. При взаємодії складової конвертерного газу CO₂ з вуглецем відбувається збільшення об'єму газу, що сприяє збільшенню барботажу ванни конвертера. Енергія перемішування ванни при вдування CO₂ через верхню фурму або днище конвертера під час продувки включає наступні складові:

1) кінетична енергія зворотного конвертерного газу, що вдувається через днище, на виході з фурми;

2) робота теплового розширення при нагріванні зворотного конвертерного газу від кімнатної температури до температури рідкої сталі;

3) робота розширення, що здійснюється при дворазовому збільшенні обсягу газу при взаємодії [C] і CO₂;

4) робота, що здійснюється при спливанні газової суміші (CO₂ + CO). Таким чином CO₂, що входить до складу зворотного конвертерного газу та вдувається через верхню фурму або днище конвертера має більш високу здатність до перемішування ванни, ніж нейтральні гази аргон (Ar) або азот (N₂). Результати дослідних плавок свідчать про те, що застосування конвертерного газу для продувки конвертерної ванни одночасно із накладенням електричних потенціалів на розплав дозволяє при однаковому вмісті вуглецю отримувати сталь з більш низьким вмістом азоту (на 60 мас. %) і кисню (на 30 мас. %) у порівнянні зі звичайною технологією з верхньою продувкою.

Більш детальну оцінку ефективності накладення різниці потенціалів при зменшенні рівня вуглецю у розплаві можна отримати за рахунок зіставлення різних технологій киснево-конвертерної плавки. На фіг. 1 представлено співвідношення вмісту азоту у розплаві при технології накладення різниці потенціалів (технології A(+) та A(-) та конвертерного газу (технологія A(-)+КГ) до вмісту азоту при звичайній технології без накладення електричних потенціалів (технологія A(0) при однаковому вмісті вуглецю у розплаві.

Співвідношення (Фіг. 1) вмісту азоту при однаковому вмісті вуглецю за різними технологіями розраховано за формулою:

Співвідношення = вміст азоту за технологією (-) 5В / вміст азоту за технологією (0).

Таким чином, можна зробити висновок, що ефективність накладення електричних потенціалів починає проявлятися при зменшенні рівня вуглецю у розплаві менше 1,5 мас. %, що характеризує структуру розплаву як аустеніт. Найбільш ефективно використання (фіг. 2) електричних потенціалів для зменшення вмісту азоту у розплаві забезпечує різниця потенціалів на рівні від 0,5 до 20 В. Подальше збільшення різниці потенціалів до 60 В не дає суттєвого зростання впливу на вміст азоту у розплаві, а різниця потенціалів менше 0,5 В не впливає на вміст азоту. Тому найбільш ефективною є різниця потенціалів 0,5-20 В.

Подача конвертерного газу сприяє посиленню ефективності видалення азоту і кисню з розплаву, особливо при зменшенні рівня вуглецю у розплаві менше 0,1-0,5 мас. %, що зумовлено як підсиленням барботажу ванни конвертера, так і впливом електричних потенціалів на активізацію дії конвертерного газу. Збільшення інтенсивності перемішування конвертерної ванни позитивно позначається на рафінувальній здатності конвертерного процесу, одночасно з цим збільшується вихід рідкої сталі за рахунок придушення пилоутворення і зниження втрат заліза в шлак.

Приклад конкретної реалізації способу

У футеровку 1,5-тонного дослідного конвертера нижче очікуваного рівня розплаву конвертерної ванни, попередньо заклали мідний електрод діаметром 4,5 мм, який відіграв роль донного електроду для подачі позитивного полюса джерела постійного струму. Донний електрод закладали у трубу діаметром 8 мм з товщиною стінки 1 мм з рядовий стали та ізолювали від металевого корпусу конвертера.

Негативний полюс джерела постійного струму з'єднували безпосередньо з корпусом кисневої фурми конвертера, через яку подають кисень для продувки розплаву. Вимикач живлення джерела постійного струму для автоматичного включення з'єднали з датчиком, що визначає концентрацію вуглецю в розплаві, і паралельно з вимикачем на пульті управління

конвертера для можливості ручного включення оператором системи накладення електричних потенціалів на розплав.

У попередньо розігрітій конвертор до 1000-1200 °С подали 150 кг металевого брухту та залили 1350 кг чавуну при 1400-1450 °С, що має хімічний склад рядового передільного чавуну, мас. % (вуглець - 4,4-4,5, марганець 1,0-1,2, кремній - 0,78-0,82, сірка - 0,062-0,065; фосфор - 0,11-0,12.

Для накладення різниці потенціалу 0,5-20,0 В між корпусом фурми і донним електродом використовували випрямляч ВУ-6/150. За допомогою регульовального баластного реостату в процесі продувки і обробки ванни кисневими струменями створювали фіксовану різницю потенціалів.

Конвертерну ванну продували киснем через односоплову верхню водоохолоджувану форму, витрата кисню становила 5,0-7,5 м³/хв.

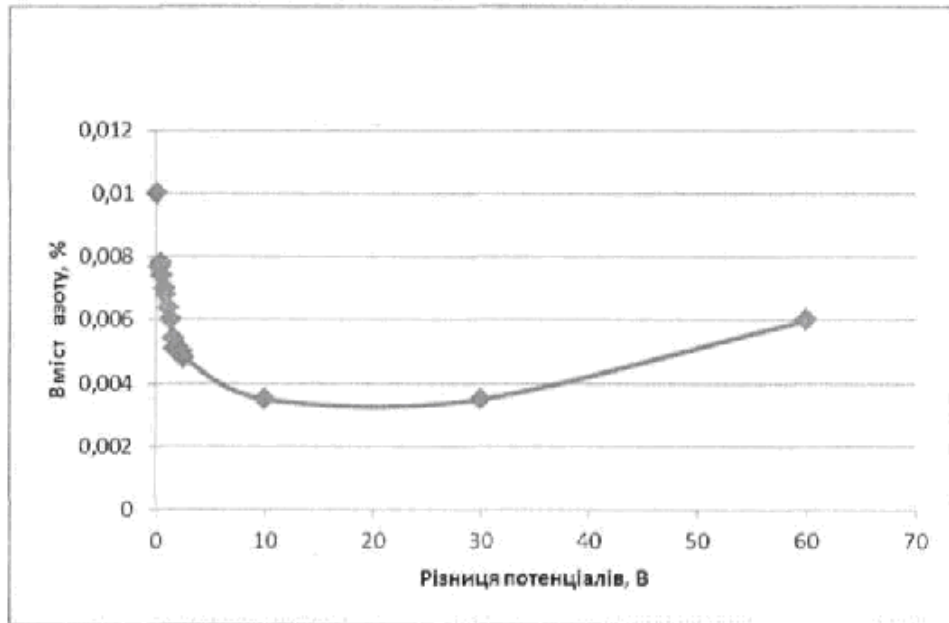
Після зниження у розплаві вмісту вуглецю нижче 1,0-1,5 мас. % поступово зменшували подачу кисню та замість інертного газу починали вдування у ванну конвертера зворотного конвертерного газу, що містить 50-80 мас. % оксиду вуглецю. Після досягнення вмісту вуглецю у розплаві менше 0,1-0,5 мас. %, що характеризується падінням факелу конвертера, припиняли подачу кисню та збільшували подачу у розплав зворотного конвертерного газу до рівня 5,0-7,5 м³/хв.

Після закінчення обробки розплаву електричним потенціалом і конвертерним газом відібрали проби металу на хімічний аналіз. Вміст вуглецю та азоту відповідав поставленим вимогам, витрати енергоресурсів зменшились, за рахунок зменшення обсягу використаного інертного газу (аргону чи азоту) одержана додаткова економія.

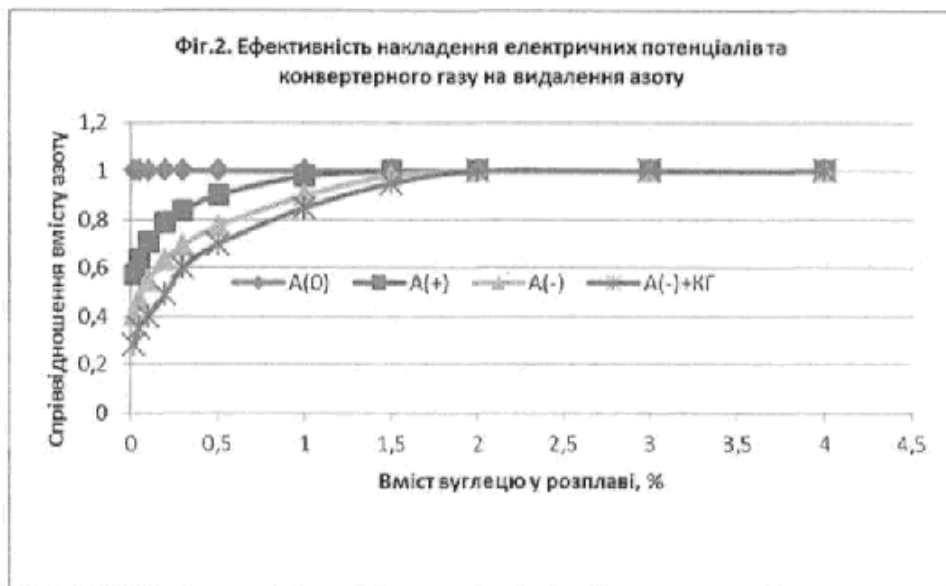
Завдання способу виплавки сталі у конвертері щодо забезпечення заданого рівня якості сталі у частині зменшення вмісту азоту і вуглецю в розплаві і зниження витрат електроенергії вирішено.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб виплавки сталі в конвертері, що включає завантаження шихти, продування ванни конвертера киснем та інертним газом, вимірювання у розплаві вмісту вуглецю і накладення на розплав різниці електричних потенціалів, який **відрізняється** тим, що різницю електричних потенціалів у 0,5-20 В починають накладати на розплав після зниження у розплаві вмісту вуглецю нижче 1,0-1,5 мас. %, одночасно з цим поступово зменшують подачу кисню та замість інертного газу починають вдування у ванну конвертера зворотного конвертерного газу, що містить 50-80 мас. % оксиду вуглецю, а після зменшення вмісту вуглецю нижче 0,1-0,5 мас. %, або після початку падіння факелу конвертера, взагалі припиняють вдування кисню та збільшують подачу конвертерного газу до рівня 20-150 мас. % від кількості кисню, що подають при основному періоді плавки.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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