



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **125045** (13) **C2**  
(51) МПК  
**C21C 5/28** (2006.01)

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

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: <b>a 2019 10881</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>04.11.2019</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>30.12.2021</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заяву: <b>05.05.2021, Бюл.№ 18</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>29.12.2021, Бюл.№ 52</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Молчанов Лавр Сергійович (UA), Коверя Андрій Сергійович (UA), Кєуш Ліна Геннадіївна (UA), Синегін Євген Володимирович (UA), Бойко Максим Миколайович (UA)</b></p> <p>(73) Володілець (володільці): <b>НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ,</b> пр. Гагаріна, 4, м. Дніпропетровськ-5, 49600 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: SU 1696486 A1, 07.12.1991 SU 1092186 A, 15.05.1984 RU 2113499 C1, 20.06.1998 RU 2113498 C1, 20.06.1998 RU 2178002 C1, 10.01.2002 RU 2205231 C1, 27.05.2003 WO 8703913 A1, 02.07.1987 CN 108004368 A, 08.05.2018</p>
--	---

**(54) СПОСІБ ВИПЛАВКИ ЗАЛІЗОВУГЛЕЦЕВОГО НАПІВПРОДУКТУ В КИСНЕВОМУ КОНВЕРТЕРІ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі чорна металургія та направлений на підвищення виходу придатного рідкого залізовуглецевого напівпродукту при виробництві в кисневих конвертерах. Спосіб включає завалку металобрухту, вапна, підігрів металобрухту за рахунок подачі кисню та вуглецевмісного матеріалу з перетином їх потоків, заливку чавуну та окислювальне рафінування металу. Через 8-17 % часу після запалення вуглецевмісного матеріалу на струмінні кисню безперервно подають карбонатні з'єднання, введення яких припиняють за 10-20 % часу до закінчення операції підігріву металобрухту. Введення вуглецевмісного матеріалу протягом операції підігріву металобрухту здійснюють зі змінною витратою. Як вуглецевмісний матеріал використовують поновлювальну органічну сировину з вмістом фіксованого вуглецю не менше 65 %. Режим введення вуглецевмісного матеріалу залежить від тривалості операції підігріву та маси металобрухту в конвертері.

UA 125045 C2



Винахід належить до галузі металургії, а саме до технологій виплавки сталі, і може бути використаний для виплавки залізовуглецевого напівпродукту у кисневих конвертерах.

Відомий спосіб виплавки сталі у кисневому конвертері [Автор, свід. СРСР № 922156, М. Кл<sup>3</sup> С 21 С 5/28, опубл. 23.04.1982 Бюл. № 15], що включає завалку скрапу, попередній його нагрів шляхом подавання палива та кисню, заливку чавуну, продування металу киснем знизу у оболонці захисного середовища та зверху чистим киснем, при цьому під час нагрівання металобрухту паливо додатково подається по внутрішнім каналам донних фурм, а кисень вводять зверху у кількості 0,8-2,0 від стехіометрично необхідної кількості для спалення палива. В процесі нагрівання металобрухту теплову потужність підтримують на рівні 30000-150000 ккал / хв., на 1 т металобрухту. Відомий спосіб виплавки сталі у кисневих конвертерах має ряд недоліків: значне зниження виходу придатного рідкої сталі через локальне переокиснення брухту у зоні подавання кисню; зниження стійкості вогнетривкої футерівки кисневого конвертера через наближення високотемпературних зон спалення палива.

Існує спосіб виплавки сталі у конвертері [Патент України на винахід № 2461, МПК С 21 С 5/28, опубл. 26.12.1994], що включає завалку металобрухту; частини вапна, у кількості 20-35 кг/т металошихти; заливку чавуну, їх нагрівання шляхом введення паливо-кисневого факелу, введення залишкової частини вапна в процесі нагрівання шихти, продувку киснем. При цьому під час нагрівання шихти одночасно з введенням вапна додатково рівномірно вводять вуглецевмісний матеріал, що забезпечує витрату вуглецю в вуглецевмісному матеріалі на рівні 11-21 кг/т металобрухту, а сумарна витрата кисню на нагрівання шихти складає 36-48 м<sup>3</sup>/т металобрухту при коефіцієнті надлишку кисню 0,98-1,1. Зазначений спосіб виплавки сталі у конвертері має ряд недоліків: не ефективне використання твердого палива через введення на поверхню рідкого металевого розплаву; значне збільшення швидкості руйнування вогнетривкої футерівки кисневого конвертера у наслідок дії високотемпературного паливо-кисневого факелу та переокисненого шлаку; зниження якості сталі через погіршення умов для видалення сірки та фосфору з розплаву.

Також відомий спосіб виплавки залізовуглецевого розплаву в конвертері [Патент України на винахід № 95394, МПК С 21 С 5/28, опубл. 25.07.2011 Бюл. № 14], що включає завантаження залізовмісного матеріалу - гарячого залізорудного агломерату, флюсів, палива, продування розплаву киснем через центральну фурму. При цьому основна частина палива (наприклад енергетичного вугілля) і флюсів завантажуються в конвертер у складі залізорудного агломерату, а додаткова кількість палива і флюсів для корегування хімічного складу ванни конвертера подають через систему подачі сипких. Відомий спосіб виплавки залізовуглецевого розплаву в конвертері має ряд недоліків: низька ефективність використання палива, через нагрівання рідкої металеві ванни; зниження виходу придатного рідкої сталі через нерівномірність процесу окислення палива та утворення викидів та пилу.

Серед існуючих способів виплавки сталі, обраний за найближчий аналог спосіб виплавки сталі у кисневому конвертері [Автор, свід. СРСР № 1696486, М. Кл<sup>3</sup> С 21 С 5/28, опубл. 07.12.1991 Бюл. № 45], що включає завалку металобрухту, вапна, підігрів металобрухту за рахунок подавання кисню та вуглецевмісного матеріалу у шматках з перетином їх потоків, заливання рідкого чавуну та окислювальне рафінування металу. При цьому через 8-17 % часу після займання вуглецевмісного матеріалу на струмінь кисню безперервно подають карбонатні з'єднання, введення яких припиняють за 10-20 % часу до закінчення операції підігріву металобрухту.

Зазначений спосіб виплавки сталі має ряд наступних недоліків:  
підвищена витрата рідкого чавуну (через неефективне використання вуглецевмісного матеріалу на початку нагрівання металобрухту);

значна перевитрата вуглецевмісного матеріалу на нагрівання металобрухту (процес нагрівання металобрухту за рахунок окислення твердого вуглецевмісного матеріалу значно залежить від температури, що змінює ефективність тепловиділення в цілому);

зниження виходу придатного рідкої сталі (через неефективне нагрівання металобрухту для виплавки сталі необхідна більша кількість теплоти, що компенсується за рахунок спалення заліза металобрухту).

В основу винаходу поставлена задача підвищення виходу придатного рідкого залізовуглецевого напівпродукту в кисневих конвертерах. Поставлена задача досягається за рахунок того, що спосіб виплавки залізовуглецевого напівпродукту в кисневому конвертері включає завалку металобрухту, вапна, підігрів металобрухту за рахунок подачі кисню та вуглецевмісного матеріалу з перетином їх потоків, заливку чавуну й окислювальне рафінування металу, причому через 8-17 % часу після займання вуглецевмісного матеріалу на струмінь кисню безперервно подають карбонатні з'єднання, введення яких припиняють за 10-20 % часу

до закінчення операції підігріву металобрухту, а введення вуглецевмісного матеріалу протягом операції підігріву металобрухту здійснюється зі змінною витратою. Як вуглецевмісний матеріал використовували поновлювальну органічну сировину з вмістом фіксованого вуглецю не менше 65 %, при наступному режим введення вуглецевмісного матеріалу:

5 від початку операції підігріву металобрухту до 25 % часу від загальної тривалості операції підігріву металобрухту витрата вуглецевмісного матеріалу складає 0,4-0,5 % від маси металобрухту;

від 25 до 50 % часу від загальної тривалості операції підігріву металобрухту витрата вуглецевмісного матеріалу складає - 1-2 % від маси металобрухту;

10 залишок часу до закінчення операції підігріву металобрухту - витрата вуглецевмісного матеріалу складає не менше 2,5 % від маси металобрухту.

Вміст фіксованого вуглецю  $C_{\phi}$ , % визначається відповідно до виразу:

$$C_{\phi} = 100 - W - A - H,$$

15

де W - вміст води у паливі, мас. %; A - вміст золи у паливі, мас. %; H - вихід летких речовин твердого палива, мас. %.

Спільні риси в порівнянні з найближчим аналогом:

20 наявність у способі виплавляння сталі однакових технологічних операцій (завалка металобрухту, вапна; підігрів металобрухту за рахунок подачі кисню та вуглецевмісного матеріалу з перетином їх потоків; заливка чавуну й окислювальне рафінування металу);

використання як теплоносія вуглецевмісного матеріалу у твердому стані;

подавання карбонатних з'єднань на струмінь кисню через 8-17 % часу після займання вуглецевмісного матеріалу і зупинка даного процесу за 10-20 % часу до закінчення операції

25

підігріву металобрухту.

Відмінні риси в порівнянні з найближчим аналогом:

використання як вуглецевмісного матеріалу поновлювальної органічної сировини з вмістом фіксованого вуглецю не менше 65 %;

виділення в операції підігріву металобрухту трьох стадій;

30

подавання вуглецевмісного матеріалу протягом операції підігріву металобрухту зі змінною витратою.

Всі відмінні ознаки виноходу, що заявляється взаємопов'язані і сприяють досягненню поставленої задачі підвищення виходу придатного рідкого залізобуглецевого напівпродукту.

Розроблений спосіб виплавки залізобуглецевого напівпродукту здійснюється наступним чином: у кисневий конвертер завантажуються металобрухт і вапно; після чого подається через верхню фурму кисень та по тракту сипучих матеріалів твердий вуглецевмісний матеріал (поновлювальна органічна сировина з вмістом фіксованого вуглецю не менше 65 %). Подача вуглецевмісного матеріалу протягом операції підігріву металобрухту здійснюється зі змінною витратою (таблиця 1).

40

Таблиця 1

Параметри використання вуглецевмісного матеріалу протягом операції підігріву металобрухту

№	Період часу від початку операції підігрівання металобрухту, %	Витрата вуглецевмісного матеріалу, % від маси металобрухту
1.	від початку операції підігріву металобрухту до 25	0,4-0,5
2.	від 25 до 50	1,0-2,0
3.	від 50 і до закінчення операції підігріву металобрухту	2,5

Через 8-17 % часу після займання вуглецевмісного матеріалу на струмінь кисню подаються карбонатні з'єднання. їх введення припиняється за 10-20 % часу до закінчення операції підігріву металобрухту.

45

Використання як вуглецевмісного матеріалу поновлювальної органічної сировини дозволяє значно зменшити вартість процесу підігрівання металобрухту, оскільки поновлювальна органічна сировина є низько дефіцитним матеріалом з високими показниками ресурсо- та енергоощадності. В якості параметру оцінки якості вуглецевмісного матеріалу запропоновано використання вмісту фіксованого вуглецю  $C_{\phi}$ , %, як найбільш інтегрального показника для оцінки

якості твердого палива [ASTM D3172-13, Standard Practice for Proximate Analysis of Coal and Coke, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013], що визначається за виразом:

$$C_{\phi} = 100 - W - A - H,$$

5

де W - вміст вологи у паливі, мас. %; A - вміст золи у паливі, мас. %; H - вихід летких речовин твердого палива, мас. %.

10

Для вуглецевмісного матеріалу, що використовується в операції підігріву металобрухту рекомендований вміст фіксованого вуглецю не менше ніж 65 %. У цьому випадку кількість вуглецю у складі органічної поновлювальної сировини є достатньою для ефективного нагрівання металобрухту при подачі газоподібного кисню. У випадку коли вміст фіксованого вуглецю у поновлювальній органічній сировині є нижчим ніж 65 % калорійність вуглецевмісного матеріалу не є достатньою для ефективного нагрівання металобрухту через високий вміст золи, вологи або летких з'єднань.

15

Градація процесу підігріву металобрухту на три етапи викликана особливостями впливу зовнішніх факторів на процес окислення вуглецю. Враховуючи велику масу металобрухту, що використовується у киснево-конвертерному процесі та поступовість його прогрівання раціонально виділити саме три етапи цього процесу. Таким чином, якщо кількість етапів зменшити, то неможливо досягти високої ефективності процесу підігріву. При введенні більше трьох стадій у операцію підігріву металобрухту, враховуючи її коротку тривалість, значно ускладниться технологічний бік вказаної операції.

20

Використання на першій стадії процесу підігріву металобрухту вуглецевмісного матеріалу у кількості менше ніж 0,4-0,5 % від маси металобрухту приведе до значного локального переокиснення металобрухту, оскільки у конвертер буде подаватися значна кількість надлишкового кисню. При використанні на першій стадії процесу підігріву металобрухту вуглецевмісного матеріалу у кількості більше ніж 0,4-0,5 % від маси металобрухту буде приводити до значної перевитрати вуглецевмісного матеріалу, оскільки температура в порожнині конвертера є недостатньою для його окислення. Використання на першій стадії процесу підігріву металобрухту вуглецевмісного матеріалу у кількості 0,4-0,5 % від маси металобрухту дозволяє здійснити ефективний підігрів металобрухту виключаючи значне локальне переокиснення металобрухту та неефективне використання вуглецевмісного матеріалу.

25

30

Використання на другій стадії процесу підігріву металобрухту вуглецевмісного матеріалу у кількості менше ніж 1,0-2,0 % від маси металобрухту не дозволить у найбільш ефективній мірі здійснити процес перегріву металобрухту за рахунок недостатньої кількості вуглецю. При використанні на другій стадії процесу перегріву металобрухту вуглецевмісного матеріалу у кількості більше ніж 1,0-2,0 % від маси металобрухту буде спостерігатися значна перевитрата вуглецевмісного матеріалу, оскільки він не буди встигати окислитися за рахунок низької температури в порожнині конвертера. Використання на другій стадії процесу перегріву металобрухту вуглецевмісного матеріалу у кількості 1,0-2,0 % від маси металобрухту дозволяє здійснити ефективне перегрівання металобрухту виключаючи перевитрату вуглецевмісного матеріалу.

35

40

Використання на третій стадії процесу перегріву металобрухту вуглецевмісного матеріалу у кількості менше ніж 2,5 % від маси металобрухту приведе до значного локального переокиснення металобрухту, оскільки у конвертер буде подаватися значна кількість надлишкового кисню. Використанні на третій стадії процесу перегріву металобрухту вуглецевмісного матеріалу у кількості 2,5 % від маси металобрухту і більше дозволяє здійснити ефективне підігрівання металобрухту виключаючи локальне переокислення металобрухту.

45

Тривалість кожного з етапів операції перегріву металобрухту визначається кількістю вуглецевмісного матеріалу, що подається в одиницю часу й для зазначених його витрат, найбільш раціональною буде наступна тривалість кожної стадії:

50

1 стадія - від початку операції до 25 % часу від загальної тривалості операції перегріву металобрухту;

2 стадія - від 25 до 50 % часу від загальної тривалості операції перегріву металобрухту;

55

3 стадія - залишок часу до закінчення операції перегріву металобрухту.

Аналіз патентної і науково-технічної інформації не виявив рішень, що мають аналогічну сукупність ознак, за якими був би досягнутий подібний ефект збільшення виходу придатного рідкого залізовуглецевого напівпродукту при виробництві у кисневих конвертерах.

60

Приклад: Виплавку сталі марки Ст. 3 ПС здійснюють у кисневому конвертері ємністю 250-т, який працює відповідно до технології з верхньою продувкою киснем. Металобрухт у кількості 93

т (35 %) завантажувався у конвертер разом із вапном у кількості 7 т. Після цього здійснювали процес перегріву металобрухту за рахунок введення вуглецевмісного матеріалу та продувки киснем. Як вуглецевмісний матеріал, що використовується для підігріву металобрухту використовується поновлювальна органічна сировина з вмістом вологи - 8 %; золи - 18 та вихід летких з'єднань - 15 % (відповідно вміст фіксованого вуглецю складає  $C_{\phi} = 100 - 8 - 11 - 12 = 69$  %). Тривалість операції нагрівання складає 8 хвилин. Режим подачі вуглецевмісного матеріалу при підігріві металобрухту представлений у таблиці 2.

Таблиця 2

Режим введення вуглецевмісного матеріалу при здійсненні плавки у 250-т конвертері

№	Стадія	Тривалість, хв.	Витрата вуглецевмісного матеріалу, кг
1.	Перша	2 хв.	465
2.	Друга	2 хв.	1395
3.	Третя	4 хв.	2325

10 Через 2 хв. після подавання вуглецевмісного матеріалу у порожнину конвертера та початку продувки киснем в порожнину конвертера додатково подавали карбонатні з'єднання (вапняк), подачу яких припиняли через 6,5 хв. після початку операції прогрівання. Після підігріву металобрухту у конвертер зливався рідкий чавун та проводилася окислювальна продувка розплаву киснем, що супроводжувалася додатковим введенням шлакоутворюючих матеріалів.

15 По закінченню продувки з ванни відбиралася проба металу та провадився замір температури. Після цього металевий розплав випускався у сталерозливний ківш з додаванням необхідної кількості розкислювачів та феросплавів. Ефективність процесу виплавки залізовуглецевого напівпродукту при цьому оцінювалася за рахунок показників виходу придатного рідкого розплаву, який склав 92,7 %.

20 З метою визначення технологічної ефективності зазначеного способу виплавки залізовуглецевого напівпродукту була проведена серія експериментальних плавок (100 од.), відповідно до запропонованої технології (50 од.) та вказаної у найближчому аналозі (50 од.). Відповідно до проведених досліджень встановлено, що вихід придатного рідкої сталі при запропонованому способі виплавки сталі у кисневому конвертері в середньому склав 93,7 %

25 проти 87,1 % у разі використання технології зазначеної у найближчому аналозі. Відповідно до представлених відомостей можна зробити висновок про більшу технологічність запропонованого способу виплавки сталі у кисневому конвертері у порівнянні з вказаним у найближчому аналозі. Загалом запропонований спосіб виплавки залізовуглецевого напівпродукту у кисневому конвертері дозволяє підвищити показники виходу рідкої сталі,

30 стійкості вогнетривкої футерівки конвертера та підвищити якість металевого розплаву, а його використання у промислових умовах не викликає жодних ускладнень технологічного процесу.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

35 1. Спосіб виплавки залізовуглецевого напівпродукту в кисневому конвертері, що включає завалку металобрухту, вапна, підігрів металобрухту за рахунок подачі кисню та вуглецевмісного матеріалу з перетином їх потоків, заливку чавуну та окислювальне рафінування металу, причому через 8-17 % часу після запалення вуглецевмісного матеріалу на струмінь кисню безперервно подають карбонатні з'єднання, введення яких припиняють за 10-20 % часу до

40 закінчення операції підігріву металобрухту, який **відрізняється** тим, що введення вуглецевмісного матеріалу протягом операції підігріву металобрухту здійснюють зі змінною витратою, а як вуглецевмісний матеріал використовують поновлювальну органічну сировину з вмістом фіксованого вуглецю не менше 65 %, при цьому режим введення вуглецевмісного матеріалу наступний:

45 від початку операції підігріву металобрухту до 25 % часу від загальної тривалості операції підігріву металобрухту - витрата вуглецевмісного матеріалу складає 0,4-0,5 % від маси металобрухту;

від 25 до 50 % часу від загальної тривалості операції підігріву металобрухту - витрата вуглецевмісного матеріалу складає 1-2 % від маси металобрухту;

50 залишок часу до закінчення операції підігріву металобрухту - витрата вуглецевмісного матеріалу складає не менше 2,5 % від маси металобрухту.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що вміст фіксованого вуглецю ( $C_f$ , %) визначають відповідно до виразу:

$$C_f = 100 - W - A - H,$$

де  $W$  - вміст вологи у паливі, мас. %;  $A$  - вміст золи у паливі, мас. %;  $H$  - вихід летких речовин твердого палива, мас. %.