



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **84918** (13) **C2**
(51) **МПК (2006)**
C22C 33/04 (2006.01)
C22B 7/02
C22B 9/20 (2008.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ПЕРЕРОБКИ ПИЛОВИХ ВІДХОДІВ МЕТАЛО- І ФЕРОВИРОБНИЦТВА

1

2

(21) а200612351

(22) 24.11.2006

(24) 10.12.2008

(46) 10.12.2008, Бюл.№ 23, 2008 р.

(72) КОРОСТИЛЬОВ СЕРГІЙ ЮРІЙОВИЧ, UA, АН-
ГЕЛОВ ВАЛЕРІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA, ЧЕРНОВО-
ЛОВА ЛІДІЯ АНАТОЛІЇВНА, UA, САПОН ВАСИЛЬ
ІВАНОВИЧ, UA

(73) КОРОСТИЛЬОВ СЕРГІЙ ЮРІЙОВИЧ, UA

(56) Заявка UA 2002021572, пріор. 26.02.2002,
публ. 15.03.2004

UA 76663 C2, 15.08.2006

RU 2239662 C2, 10.11.2004

US 4711662 A, 08.12.1987

US 4725307 A, 16.02.1988

EP 0657549 A1, 14.06.1994

US 5493580 A, 20.02.1996

US 5535234 A, 09.07.1996

(57) 1. Спосіб переробки пилових відходів метало-
і феровиробництва, що включає наведення в печі
шлакової ванни шляхом переплавлення в елект-
родуговому режимі складу шихтових матеріалів,
який **відрізняється** тим, що після наведення шла-
кової ванни в піч додатково подають другий склад
шихтових матеріалів наступного фракційного
складу, мас. %:

пилова фракція розміром від 0,001 до

3мм

до 80

кускова фракція розміром від 3 до

50мм

решта.

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що дру-
гий склад шихтових матеріалів подають у кількості
більшій, ніж кількість першого складу шихтових
матеріалів, переважно в співвідношенні 9:1.

3. Спосіб за п. 1 або п. 2, який **відрізняється** тим,
що пилову фракцію і кускову фракцію другого

складу шихтових матеріалів подають шарами роз-
дільно.

4. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що дру-
гий склад шихтових матеріалів подають у піч декі-
лькама порціями.

5. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що пе-
ред подачею кускової фракції другого складу ших-
тових матеріалів у піч додатково подають вапняк у
кількості до 1 % від маси другого складу шихтових
матеріалів.

6. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що після
переплавлення кожної порції другого складу ших-
тових матеріалів у піч на поверхню розплаву до-
датково подають вапняк у кількості 2-3 % від маси
розплаву.

7. Спосіб за п. 3, який **відрізняється** тим, що після
переплавлення кожної порції другого складу ших-
тових матеріалів у піч на поверхню розплаву до-
датково подають металеву стружку в кількості 0,2-
0,3 % від маси розплаву.

8. Спосіб за будь-яким з пп. 1-7, який **відрізняєть-
ся** тим, що в процесі плавки другого складу ших-
тових матеріалів чергують електродуговий і елект-
рошлаковий режим плавки.

9. Спосіб за будь-яким з пп. 1-8, який **відрізняєть-
ся** тим, що перед закінченням плавки збільшують
температуру плавки і вводять рафінувальний і
модифікуючий компоненти.

10. Спосіб за п. 9, який **відрізняється** тим, що як
рафінувальний і модифікуючий компонент викори-
стовують вапняк у кількості 0,7-1 % від маси роз-
плаву і барієвмісний модифікатор у кількості 0,3-
0,5 % від маси розплаву.

11. Спосіб за будь-яким з пп. 1-10, який **відрізня-
ється** тим, що плавку здійснюють у відкритій ма-
лооб'ємній печі електрошлакового переплаву з
графітизованим тиглем.

Винахід відноситься до галузі металургії, зок-
рема до способів переробки пилових відходів ме-
тало- і феровиробництва, і може бути використа-

ний для виплавки феросплавів, а також різних
металевих сплавів.

Одержання феросплавів, а також різних мета-
левих сплавів, з використанням відходів метало- і

(13) **C2**
(11) **84918**
(19) **UA**

феровиробництва з застосуванням як дугових, так і електрошлакових технологій, широко відомо та успішно застосовується. У відомих способах виробництва зазначених сплавів застосовується в основному тільки кускова фракція шлаку і відходів метало- і феровиробництва. Пилові відходи метало- і феровиробництва та пилова фракція шлаків можуть використовуватися у відомих способах тільки після попереднього брикетування з застосуванням сполучних матеріалів, таких як цемент, кам'яновугільний пек і інші, що у свою чергу утруднює і порушує хід печі. У відомих способах здійснюється жорстка регламентація розмірів кусків шихтових матеріалів, оскільки при здійсненні відомих технологічних процесів дрібнофракційні матеріали порушують проникність шихти та утруднюють вихід газів, що приводить до утруднення здійснення технологічного процесу в цілому. Крім того, у літературі широко відзначено, що пилова складова відходів метало- і феровиробництва або шлаків виноситься висхідними газовими потоками з печі відкритого типу, тому можливість їх використання дуже ускладнена. Слід зазначити, що пилова фракція розміром від 0,001 до 3 мм в об'ємі шлаків і відходів метало- і феровиробництва, наприклад виробництва феросиліція, складає від 25 до 35%, а після вибірки з загальної маси кускових матеріалів і того більше. Крім того, протягом невеликого часу перебування у відвалах під дією різниці температур навколишнього середовища і вологи, у результаті схилюючості до розкладання деяких марок феросиліція і їх шлаків, частка пилової складової перевершує 40% від загального об'єму, причому кількість короликів і пилу феросиліція в пилових відходах виробництва доходить до 45-48% від загальної їх маси, а таку сировину вже можна застосовувати для промислового виробництва. На практиці ж такий великий об'єм придатної для промислового застосування сировини ніяк не використовується, що приводить до нерациональної витрати вихідної сировини. Крім того, накопичення пилових відходів метало- і феровиробництва, які не підлягають переробці, найчастіше здійснюється в умовах, які сприяють ускладненню екологічного стану наколишнього середовища. Таким чином, стає актуальною проблема створення способу переробки пилових відходів метало- і феровиробництва.

Відомі шихтові матеріали, що включають компоненти з розміром фракції 3 мм і більше, а також способи здійснення різних металургійних процесів із застосуванням такої шихти. Однак ці рішення не придатні для переробки пилових відходів метало- і феровиробництва з розміром фракції менш ніж 3 мм.

Відомий спосіб переробки відходів метало- і феровиробництва, описаний у [патенті України №66958], що включає наведення в печі шлакової ванни шляхом переплавляння шихтових матеріалів. Зазначений спосіб спрямований на одержання феросиліція. Шихтові матеріали містять відходи виробництва феросиліція, вуглецевміщуючий матеріал, а також вапно або вапняк. Плавлення шихтових матеріалів здійснюють у бездуговому, електрошлаковому режимі постійним струмом, причому подачу шихтових матеріалів у піч здійснюють пор-

ціями. Процес починають наведенням шлакової ванни шляхом повного розплавлювання порцій шихтових матеріалів. Розмір фракції відходів виробництва феросиліція знаходиться в межах від 3 до 20 мм.

Основними недоліками описаного способу є те, що він не придатний для використання пилової фракції шихтових матеріалів з розміром менш ніж 3 мм, що у свою чергу обумовлює нерациональне використання вихідної сировини. Для використання пилової фракції у цьому способі необхідно здійснювати попереднє брикетування пилової фракції з застосуванням сполучних матеріалів, що у свою чергу погіршує хід печі і значно ускладнює технологічний процес у цілому.

Найбільш близьким аналогом винаходу, що заявляється, є спосіб переробки пилових відходів метало- і феровиробництва, описаний у [патенті України №53306], що включає наведення в печі шлакової ванни шляхом переплавляння в електродуговому режимі першого складу шихтових матеріалів. Склад шихтових матеріалів наступний: шлак феросиліція, вуглецевміщуючий матеріал, гашене вапно, розкислювач шлаку і відходи деревини. При цьому шлак феросиліція має фракцію розміром від 3 мм, яка відноситься до пилової фракції, і до 10 см, що відноситься до кускової фракції. При здійсненні способу шихтові матеріали подають у піч одномоментно, тобто завантажуються вся маса зазначених матеріалів відразу.

Недоліками описаного способу є те, що у ньому не використовується пилова фракція шихтових матеріалів з розміром менш ніж 3 мм, що у свою чергу обумовлює нерациональне використання вихідної сировини. Крім того, при одномоментній подачі всієї маси шихтових матеріалів здійснити повне розплавлювання зазначених матеріалів вкрай проблематично, оскільки зазначений склад шихтових матеріалів у твердому стані неелектропровідний. Процес протікає тільки при наявності стабільного дугового контакту між робочим і подовим електродами, тобто плавка відбувається практично цілком у дуговому режимі, при якому мають місце значні втрати кремнієвміщуючих сполук і вуглецевміщуючих матеріалів відновлювача при значних температурах електричної дуги і, отже, великій витраті теплової та електричної енергії, що приводить до економічної недоцільності реалізації способу.

В основу винаходу поставлена задача створення способу переробки пилових відходів метало- і феровиробництва, у якому завдяки особливостям організації технологічного процесу буде можливим використання пилової фракції шихтових матеріалів, що у свою чергу дозволить рационально використовувати вихідну сировину, підвищити продуктивність металургійного процесу, а також забезпечити економію електроенергії і підвищення економічної доцільності реалізації способу.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб переробки пилових відходів метало- і феровиробництва включає наведення в печі шлакової ванни шляхом переплавляння в електродуговому режимі першого складу шихтових матеріалів, при цьому після наведення шлакової ванни в піч по-

дають другий склад шихтових матеріалів наступного фракційного складу:

пилова фракція розміром від 0,001 до 3мм	до 80%;
кускова фракція розміром від 3 до 50мм	решта.

У залежності від цільового продукту перший склад шихтових матеріалів може включати різні компоненти. Переважно перший склад шихтових матеріалів включає кускову фракцію відходів метало- або феровиробництва розміром від 3 до 50мм, вапняк флюсовий, сталеву стружку або скрап, або інші металовідходи. Введення флюсового вапняку здійснюється для утворення шлаку і регулювання його складу. Також введення вапняку дозволяє забезпечити десульфажію, тобто видалення сірки з розплаву. При цьому сіра міцно зв'язується в сульфід кальцію CaS і переходить у шлак, що дозволяє забезпечити підвищення якісних характеристик кінцевого продукту за рахунок ефективного очищення розплаву від шкідливих домішок і неметалічних включень. Введення сталевих стружки, скрапу або інших металовідходів здійснюється для збільшення електропровідності шихтових матеріалів, що дозволяє значно прискорити процес наведення шлакової ванни, отже, знизити енергоємність металургійного процесу в цілому і підвищити його економічну доцільність. Крім того, введення сталевих стружки, скрапу або інших металовідходів дозволяє забезпечити стабільне горіння електричної дуги при електродуговому режимі плавки першого складу шихтових матеріалів, що також обумовлює велику швидкість наведення шлакової ванни. При наведенні шлакової ванни використовується електродуговий режим плавки, при цьому забезпечується можливість досягнення високої температури в зоні дуг і, отже, можливість швидкого розплаву та одержання рідкорухливого металізованого дзеркала шлакової ванни по всій площі печі, що також забезпечується підбором компонентів першого складу шихтових матеріалів.

Другий склад шихтових матеріалів переважно включає пилову і кускову фракції відходів метало- і феровиробництва. Фракційний склад другого складу шихтових матеріалів обумовлений можливостями здійснення металургійного процесу. При введенні більш ніж 80% пилової фракції розміром від 0,001 до 3мм відповідно зменшується частка кускової фракції, що вводиться, розміром від 3 до 50мм, що у свою чергу приводить до того, що при виході газів, які накопичуються в зоні проплаву, при досягненні ними критичного тиску, пилова фракція частково виноситься висхідними газовими потоками, при цьому кількість пилової фракції другого складу шихтових матеріалів, що залишилася, недостатньо для одержання розплаву необхідної кількості і складу. Використання кускової фракції розміром більш ніж 50мм є недоцільним, оскільки приводить до збільшення часу розплавлення другого складу шихтових матеріалів, що у свою чергу приводить до підвищення енергоємності технологічного процесу, а, отже, до зниження економічної доцільності здійснення способу.

Другий склад шихтових матеріалів подають у кількості більшій, ніж кількість першого складу ших-

тових матеріалів, переважно в співвідношенні 9:1. Таке співвідношення обумовлене тим, що основна сировина для одержання феросплаву або одержуваного металевого сплаву входить у другий склад шихтових матеріалів, тому для одержання кінцевого продукту в необхідній кількості і необхідної якості переважно дотримуватися зазначеного співвідношення першого і другого складів шихтових матеріалів.

Доцільно здійснювати подачу пилової і кускової фракцій другого складу шихтових матеріалів шарами роздільно. Як уже було сказано вище, поступово в зоні проплаву накопичуються гази, що утворюються в ході процесу плавки, які утримуються внизу напіврозплавленим шаром шихтових матеріалів і вагою інших холодних шихтових матеріалів, що знаходяться зверху. При досягненні газами в закритій герметично зоні плавлення критичного тиску, потік газу проривається нагору, в основному по електроду, у вигляді свищу. Для зниження критичного тиску газів у зоні плавлення і, отже, для полегшення виходу газів, здійснюють подачу різних фракцій другого складу шихтових матеріалів шарами і роздільно. Така реалізація способу дозволяє забезпечити можливість застосування пилових відходів метало- і феровиробництва, оскільки пилова фракція другого складу шихтових матеріалів разом з кусковою фракцією обвалюється в порожнечі, що утворюються при виході потоків газу. При цьому свищі примусово закриваються плавильником і, таким чином, здійснюється повний розплав як кускової фракції, так і пилової фракції другого складу шихтових матеріалів з мінімальним виносом пилу з газом.

Переважною є подача другого складу шихтових матеріалів у піч декількома порціями. Подача в піч після наведення шлакової ванни всієї маси другого складу шихтових матеріалів одночасно не дозволяє здійснити розплавлення шихтових матеріалів, оскільки шихтові матеріали нагріваються, але не розплавляються, а верхні шари шихтових матеріалів залишаються холодними. Таким чином, у даному випадку необхідні значні витрати електроенергії і значне збільшення тривалості процесу плавки, що є економічно недоцільним. Подача другого складу шихтових матеріалів порціями, а не одномоментно, дозволяє оптимізувати процеси плавки і рафінування, а також знизити рівень критичного тиску газів, що утворюються.

Доцільним є подача вапняку в кількості до 1% від маси другого складу шихтових матеріалів перед подачею в піч кускової фракції другого складу шихтових матеріалів. Введення вапняку в зазначеній кількості, загалом, спрямовано на зниження температури плавлення шихтових матеріалів, а також на збільшення рідкорухливості шлаку, що утворюється.

Доцільною є подача в піч на поверхню розплаву після переплавлення кожної порції другого складу шихтових матеріалів вапняку в кількості 2-3% від маси розплаву. Додавання вапняку в зазначеній кількості дозволяє підвищити ступінь активності шлаку. Таким чином, введення вапняку полегшує подальше проведення процесу плавки. Крім того, введення вапняку підвищує окисну здатність шлаку, що у свою чергу забезпечує можли-

вість здійснення процесів десульфатції одержуваного сплаву.

Доцільним також є подача в піч на поверхню розплаву після переплавляння кожної порції другого складу шихтових матеріалів металевої стружки в кількості 0,2-0,3% від маси розплаву. Така реалізація способу дозволяє значно прискорити протікання металургійного процесу, оскільки металева стружка має малий електричний опір, що забезпечує можливість здійснення електродугового режиму плавки, а, отже, забезпечує можливість повного розплаву порції другого складу шихтових матеріалів, що подається.

Переважаю, електродуговий і електрошлаковий режими плавки чергують в процесі плавки другого складу шихтових матеріалів. Здійснення електродугового режиму плавки дозволяє перетворювати електричну енергію в теплову, котра використовується для нагрівання і плавки матеріалів, що подаються. Тепло виділяється при проходженні електричного струму крізь газовий шар і шихтові матеріали, що мають високий електричний опір. Процес характеризується можливістю досягнення високих температур в області горіння електричних дуг, що сприяє швидкому наведенню шлакової ванни, а також швидкому розплавлюванню матеріалів, що подаються. Електродуговий режим плавки використовують короткочасно, оскільки при тривалій роботі в електродуговому режимі тепло концентрується в локальній області, що приводить до місцевого перегріву розплаву в зоні дуги, а це у свою чергу значно перешкоджає можливості підтримки однорідної температури шлакової ванни по всьому об'єму. Неоднорідність температури шлакової ванни може привести до розходження умов для протікання різних реакцій у шлаковій ванні і негативно вплинути на якість кінцевого продукту. Крім того, тривалий вплив електричної дуги приводить також до швидкого зносу металургійного обладнання, що використовується. Виходячи з вищесказаного, здійснюють чергування електродугового режиму плавки і електрошлакового режиму плавки, тобто матеріали, які подаються в піч на поверхню розплаву після переплавляння чергової порції другого складу шихтових матеріалів переплавляються в електродуговому режимі, а кожна порція другого складу шихтових матеріалів переплавляється в електрошлаковому режимі. Плавлення в електрошлаковому режимі виключає можливість локального перегріву і дозволяє розосередити його по всьому об'єму розплаву. Також створюються однакові умови для протікання різних реакцій і проведення рафінування у всьому об'ємі розплаву, що сприяє підвищенню якості кінцевого продукту.

Переважним є збільшення температури плавки перед проведенням останнього етапу плавки і введення на цьому етапі рафінувального і модифікуючого компонентів. Збільшення температури плавки відбувається за рахунок цілеспрямованої підтримки критично максимального рівня струму для розігріву розплаву перед зливом. У якості рафінувального і модифікуючого компонентів використовують вапняк у кількості 0,7-1% від маси розплаву і барійвміщуючий модифікатор у кількості 0,3-0,5% від маси розплаву. Введення вапняку в

зазначеній кількості сприяє рафінуванню розплаву, тобто очищенню його від непотрібних або шкідливих домішок. Ведення барійвміщуючого модифікатора, що вже в малих кількостях сприяє кристалізації структурних складових, поліпшує механічні властивості кінцевого продукту.

Переважним є здійснення плавки у відкритій малооб'ємній печі електрошлакового переплаву з графітизованим тиглем, тобто цілком струмопровідним.

Спосіб переробки пилових відходів метало- і феровиробництва реалізують наступним чином.

Для реалізації способу застосовують відкриту малооб'ємну піч електрошлакового переплаву з діаметром графітизованого тигля $d_{\text{внутр}}$, який дорівнює 550мм, глибиною h , яка дорівнює 840мм, у який опущений графітизований електрод з діаметром d , який дорівнює 150мм.

У піч завантажують перший склад шихтових матеріалів і наводять у печі шлакову ванну шляхом переплавляння в електродуговому режимі першого складу шихтових матеріалів. Після наведення шлакової ванни на дзеркало розплаву подають другий склад шихтових матеріалів наступного фракційного складу: пилова фракція розміром від 0,001 до 3мм - 80%; кускова фракція розміром від 3 до 50мм - решта. Розплав другого складу шихтових матеріалів йде в зоні перебування нижнього кінця електрода печі на умовній границі шлакової ванни і пилової фракції, що вже досить розігріта теплом шлакової ванни і підживлюється струмом, що проходить по шару, який плавиться в даний момент. Інша шихта зверху шару, що проплавляється, прогрівається, але не плавиться, при цьому її електричний опір набагато більше опору шару, що проплавляється. Поступово протягом визначеного часу (від 10 до 25 хвилин) у зоні проплаву накопичуються гази, що утворюються в процесі плавки, які утримуються знизу кільцевого стовпа шихтових матеріалів напіврозплавленим (пластиліноподібним) шаром і вагою іншої, холодної шихти, що знаходиться вгорі. Після досягнення газами в закритій герметично зоні плавлення критичного тиску потік проривається нагору, в основному вздовж електрода, у вигляді свищу. Для зниження критичного тиску газу другий склад шихтових матеріалів подають роздільно шарами. Первинне засипання другого складу шихтових матеріалів здійснюється в три шари, причому верхній шар кусковий. Наступні два засипання здійснюються в два шари, верхній шар також є кусковим. Під кусковий шар другого складу шихтових матеріалів подають вапняк у кількості до 5кг.

При виході газу порожнечі, що утворюються, заповнюються шихтовими матеріалами, а свищі закривають примусово. Процес плавлення кожної порції другого складу здійснюють в електрошлаковому режимі плавки.

Далі на дзеркало розплаву подають вапняк і металеву стружку, плавку яких здійснюють в електродуговому режимі плавки. Далі подають другу порцію другого складу шихтових матеріалів, що переплавляються в електрошлаковому режимі плавки. Процес повторюють у такий спосіб ще двічі до наповнення розплавом тигля печі на 9/10 його об'єму. На останній стадії плавлення струм

спеціально підтримується критично максимальним для розігріву розплаву перед зливом. На цій стадії в розплав вводять 1кг барійвміщуючого модифікатора і 3-5кг вапняку, у такий спосіб здійснюють розрідження шлаку. Середня тривалість процесу плавлення - 65-80хв.

Таким чином, винахід, що заявляється, представляє собою спосіб переробки пилових відходів метало- і феровиробництва, який завдяки особли-

востям організації технологічного процесу уможлиблює використання пилової фракції шихтових матеріалів, що у свою чергу дозволяє раціонально використовувати вихідну сировину, підвищити продуктивність металургійного процесу, а також дозволяє забезпечити економію електроенергії і підвищення економічної доцільності реалізації способу.