



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **163923** (13) **U**
(51) МПК (2026.01)
C21B 5/02 (2006.01)
G21H 5/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2026 00204	(72) Винахідник(и): Петренко Віталій Олександрович (UA), Гришин Олександр Михайлович (UA), Машиністов Віктор Єгорович (UA)
(22) Дата подання заявки: 14.01.2026	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 13.08.2026	(73) Володілець (володільці): УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпро, 49010 (UA)
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 12.08.2026, Бюл.№ 32	

(54) СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ ОКСИДУ ЗАЛІЗА ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЧАВУНУ

(57) Реферат:

Спосіб відновлення оксиду заліза при виробництві чавуну включає подрібнення залізовмісної сировини, подавання в доменну піч в зону реакції сировини та відновника, нагрівання сировини і відновника до температури, необхідної для відновлення заліза, видалення газоподібних продуктів відновлення, накопичення та випуск рідкого чавуну. Сировину в час подання в доменну піч опромінюють гамма-випромінюванням, джерелом якого є радіонуклід кобальт-60.

UA 163923 U

Корисна модель належить до галузі чорної металургії та може бути використана при виробництві чавуну. На сьогодні особливої актуальності набувають питання створення енергозберігаючих технологій виплавки металів, які забезпечують зменшення початкових капітальних та експлуатаційних витрат.

В сучасній металургії ключову роль має доменне виробництво чавуну. Доменний процес відбувається в металургійній печі шахтного типу і включає в себе підготовку сировини, плавлення чавуну і випуск готової продукції. Основними компонентами шихти являється залізна руда (агломерат або катуні) і кокс, який являється паливом і відновлювачем. Кожний із цих компонентів проходить попередню обробку: руда піддається збагаченню і окискуванню.

Безпосередньо плавка чавуну відбувається в печі, в яку зверху завантажують шихту, а знизу подають гаряче відновлювальне повітря, збагачене киснем. В печі протікають складні фізико-хімічні процеси по відновленню оксидів заліза до металів. Процес відновлення в печі проходить поетапно з участю різних відновлювачів і при різних температурах. Пряме відновлення - це відновлення оксиду заліза твердим вуглецем при високих температурах. Непряме відновлення - це відновлення оксиду заліза оксидом вуглецю, який створюється при горінні коксу.

Ефективність відновлення оксидів заліза залежить від багатьох факторів. Оптимізація цих факторів дозволяє підвищити ступінь відновлення заліза і знизити витрати коксу. Сучасна металургія прагне підвищити енергоефективність і знизити викиди вуглецевого газу (CO_2). Це тягне за собою розробку і впровадження нових технологій відновлення оксидів заліза, які відрізняються від технологій традиційного доменного процесу.

Наприклад, відомий спосіб прямого відновлення оксиду металу при будь-якому співвідношенні водневмісних газів та газоподібних вуглеводів. (Патент UA №129733. МПК C21B5/06, C21B 13/00. Система прямого відновлення та відповідний спосіб. Опубл. 16.07.2025, бюл. № 29/2025). Такі системи мають можливість продовжувати свою роботу, коли газоподібний водневмісний газ замінюють газоподібним вуглеводневмісним газом з незначними коригуваннями в роботі системи. Автори даного способу стверджують, що це приводить до зменшення капітальних та експлуатаційних витрат.

Також відомий спосіб прямого відновлення частинок оксиду заліза до твердих часток за допомогою рециркульованих і регенованих гарячих відновлюючих газів (Патент RU № 246533. МПК Спосіб прямого восстановлення железа и устройство для его осуществления). Найчастіше гарячі відновлені частинки охолоджують за допомогою рециркулюючого охолоджуючого газу, до якого доданий природний газ.

Вказані вище два способи реалізуються в печах, які являють собою складну металургійну систему, якій притаманні значні баричні, температурні і концентраційні градієнти. Тому протягом всього технологічного процесу необхідно автоматично підтримувати стабільними всі його параметри. Для забезпечення високої якості продукції, що виробляється. Запропоновані вище підходи додатково ускладнюють конструкцію і технологію відновлення, тому не завжди можуть бути прийнятними для реалізації з точки зору оптимальності співвідношення ефективності/собівартість.

Завдяки численним дослідженням в галузях, що потребують регуляції фізико-хімічних процесів, значних успіхів досягнуто на шляху застосування з цією метою потоку прискорених електронів.

Зокрема запропоновано їх використовувати для інтенсифікації процесу відновлення металів (Патент AU № 1346788. Метод відновлення металу з матеріалу, що його містить). Даний спосіб відновлення металу з металовмісного матеріалу полягає в тому, що матеріал попередньо подрібнюють, поміщають у зону реакції з відновлювальним середовищем та нагрівають електронним опроміненням. При цьому щільність потоку прискорених електронів і тиск у зоні реакції повинні знаходитись в діапазонах значень, які визначені заздалегідь експериментальним шляхом. Автори вважають що прискорені електрони мають високу проникну здатність, що забезпечує досить рівномірний нагрів шару матеріалу, що відновлюється. Але загальновідомо, що електрони мають низьку проникну здатність і тому їхньому впливу піддається лише дуже тонкий шар матеріалу, тобто незначна частина всього об'єму опромінюваної речовини. Як джерело прискорених електронів пропонується використовувати будь-який відомий прискорювач електронів. При цьому не пояснюється, яким чином електрони будуть попадати в герметичну реакційну камеру. І взагалі невідомо, що дана пропозиція, яка була зроблена декілька десятків років тому, була коли-небудь промислово реалізована, або перевірена її ефективність чи корисність. Тобто не має прямого підтвердження, що зазначене опромінювання може бути використано в виробництві чавуну для інтенсифікації процесів відновлення оксидів заліза.

З рівня техніки не виявлено технічного рішення, аналогічного корисній моделі.

В основі корисної моделі лежить задача інтенсифікації процесів відновлення оксидів заліза при виробництві чавуну за рахунок використання гамма-випромінювання.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі відновлення оксиду заліза при виробництві чавуну, який включає подрібнення залізовмісної сировини, подавання в доменну піч в зону реакції сировини та відновника, яким може бути кокс або водень, нагрівання сировини і відновника до температури, необхідної для відновлення заліза, видалення газоподібних продуктів відновлення, накопичення та випуск рідкого чавуну, залізовмісну сировину в час до подання в доменну піч опромінують гамма-випромінюванням, джерелом якого являється радіонуклід кобальт-60. Тобто здійснюють попередню радіаційну обробку залізовмісних матеріалів.

По результатам досліджень щодо впливу електромагнітних коливань на процеси, що протікають в твердих тілах, у газовій та рідкій фазах речовин, встановлена наявність змін їхніх хемосорбційних та каталітичних властивостей. Зокрема, в монографії Петренка В.О. (Интенсификация процессов газодинамики и массообмена в доменной плавке. Днепропетровск. Институт технологии. 2000 г. 271 с. ISBN 966-7386-12-0) встановлено, що опромінення гамма-випромінюванням твердих речовин, таких, як залізорудні матеріали, приводить до активізації відновлюваних процесів в них.

Гамма-випромінювання - це електромагнітне коливання з дуже короткою довжиною хвилі, менше одного ангстрема, що випускається збудженими атомними ядрами при радіоактивних перетвореннях. Це випромінювання характеризується надзвичайно високою енергією, має високу проникну здатність і розглядається як потік частинок - гамма-квантів. Встановлено, що під дією гамма-опромінення прискорюється окислення металів та відновлення їх з оксидів. Також зростає каталітична активність і реакційна здатність реагентів. Загальновідома можливість застосування як каталізатора свіжовідновленого заліза. При цьому агломерат, який опромінений раніше, буде спричиняти каталітичну дію на неопромінений, що призводить до додаткового збільшення ступеня відновлення.

Наявність таких властивостей створює умови для суттєвого збільшення рівня відновлюваності оксидів заліза. Зокрема, попередня радіаційна обробка залізорудних матеріалів обумовлює прискорену дію на хід відновлюваних процесів, зниження витрат коксу і собівартості чавуну.

Оскільки гамма-випромінювання має високу проникну здатність (товщина шару половинного ослаблення складає 8-10 см), то створюються умови для відновлення оксидів металів у всьому об'ємі матеріалів, що опромінюються, і як наслідок, досягається висока ступінь відновлення і збільшується його швидкість.

Попередня радіаційна обробка залізорудних матеріалів реалізується безпосередньо перед завантаженням в піч. При цьому спеціалісти провели тільки теоретичні і лабораторні дослідження і не розглядали шляхи побудови реальних систем відновлення з використанням гамма-випромінювання.

Суть способу полягає в наступному. Попередньо підготовлений залізовмісний матеріал опромінують гамма-випромінюванням. Під дією гамма-квантів залізовмісний матеріал частково відновлюється і набуває властивості каталізатора. Потім він надходить у зону реакції з відновлюваним середовищем, де його нагрівають. В печі протікають складні фізико-хімічні процеси на які впливає і каталітична дія свіжовідновленого заліза. Це дає суттєве додаткове збільшення ступеня відновлення. Відновлений матеріал переходить в рідкий стан, випускається із печі і далі направляється за призначенням.

Варіант технічної реалізації такого підходу виглядає наступним чином: спосіб відновлення заліза із залізовмісного матеріалу здійснюється в доменній печі шахтного типу. Внутрішній об'єм печі являє собою реакційну зону. Конструкція доменної печі включає в себе пристрої для подачі залізовмісного матеріалу і коксу. Залізовмісний матеріал подається конвеєром. Залізовмісний матеріал, що знаходиться на стрічці конвеєра, опромінюється гамма-випромінюванням, джерелом якого являється радіонуклід кобальт-60, що розміщений в захисному блоці разом із системами управління і сигналізації.

Технічним результатом корисної моделі є суттєва інтенсифікація відновлювальних процесів при виробництві металів і характеризується високими техніко-економічними показниками.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб відновлення оксиду заліза при виробництві чавуну, що включає подрібнення залізовмісної сировини, подавання в доменну піч в зону реакції сировини та відновника, нагрівання сировини і відновника до температури, необхідної для відновлення заліза,

видалення газоподібних продуктів відновлення, накопичення та випуск рідкого чавуну, при цьому сировину в час подання в доменну піч опромінюють гамма-випромінюванням, джерелом якого є радіонуклід кобальт-60.