



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **110572** (13) **C2**
(51) МПК (2015.01)
C21B 5/00
C21B 5/04 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2014 11529	(72) Винахідник(и):	Тогобицька Дар'я Миколаївна (UA), Цівата Наталя Олександрівна (UA), Белькова Алла Іванівна (UA), Степаненко Дмитро Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки:	23.10.2014	(73) Власник(и):	ІНСТИТУТ ЧОРНОЇ МЕТАЛУРГІЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ, пл. Академіка Стародубова, 1, м. Дніпропетровськ, 49050 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	12.01.2016	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	Гладков Н. А., Николаев С. А., Будник Л. Г. Влияние щелочей на процесс доменной плавки // Металлург. – 1986. – № 2. – С. 12 – 14 JP 10237513 A, 08.09.1998 UA 17796 A, 31.10.1997 UA 100299 C2, 10.12.2012 SU 1067046 A, 15.01.1984 KR 20010058080 A, 05.07.2001 Вавалин В. С. и др. Влияние основности и температуры шлака на удаление щелочных металлов // Черная металлургия. – 1988. - № 7. – С. 24 – 26 RU 2012140620, 27.03.2014
(41) Публікація відомостей про заявку:	12.01.2015, Бюл.№ 1		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	12.01.2016, Бюл.№ 1		

(54) СПОСІБ ДОМЕННОЇ ПЛАВКИ ЛУГОВМІСНОЇ ШИХТИ

(57) Реферат:

Спосіб доменної плавки луговмісної шихти належить до чорної металургії. Спосіб включає завантаження шихти, визначення її хімічного складу і лужного навантаження, проплав її в доменній печі і періодичний випуск шлаку і чавуну, виконання аналізу повного хімічного складу проб шлаку декількох плавов, визначення параметрів міжатомної взаємодії, за допомогою яких оцінюють лужну ємність шлаку, і оптимізують склад шлаку коригуванням вмісту оксиду марганцю, титану та основності в ньому, підтримуючи лужну ємність шлаку в межах 70-80 % від лужного навантаження, при цьому лужну ємність шлаку визначають за формулою: $\% R_2O = a_0 + a_1 \cdot p + a_2 \cdot \Delta e + a_3 \cdot \Delta Zm$, де $\% R_2O$ – лужна ємність шлаку, тобто прогнозний сумарний вміст K_2O і Na_2O в шлаку, a_0, a_1, a_2, a_3 – коефіцієнти, що визначаються конкретно для кожної доменної печі в залежності від умов її роботи, $p, \Delta e, \Delta Zm$ – параметри міжатомної взаємодії теорії спрямованого хімічного зв'язку. Винахід підвищує продуктивність доменної печі, економить кокс, та в результаті одержується чавун з нормальним вмістом кремнію і сірки.

UA 110572 C2

Винахід належить до чорної металургії, зокрема до доменного виробництва, і може бути використаний при виплавці чавуну в доменних печах, які проплавляють луговмісну шихту.

Відомий спосіб доменної плавки луговмісної шихти, [Патент США № 4066443, МПК C21B, опубл. 1978], що включає завантаження печі через колошник шихтою, що містить кокс, добавки і сирого залізного руду з кварцовою порожньою породою, при цьому до складу шихти доменної печі входять оксиди лужних металів у кількості понад 1,8 кг/т чавуну. При здійсненні цього способу з метою безперервного видалення лужних металів зі шлаком в доменну піч завантажується як добавки 4,5-45 кг/т чавуну олівінів такого складу, мас. %: MgO 42-49; SiO₂ 41-44; FeO 6,5-7,0.

Недоліком даного способу є відсутність видалення циркулюючих в печі лужних металів. Це пояснюється тим, що наявність в олівіні 42-49 мас. % MgO призводить до утворення в печі з'єднання MgSiO₃, яке хімічно більш міцне, ніж сполуки K₂SiO₃ і Na₂SiO₃, у вигляді яких луги виводяться з доменної печі зі шлаком. Тому при використанні олівінів поліпшення роботи доменної печі забезпечується тільки за рахунок збільшення виходу шлаку, що призводить до перевитрати коксу на розплавлення і перегрів порожньої породи олівінів, і відповідно, зниження продуктивності доменної печі.

Відомий спосіб доменної плавки луговмісної шихти, [Патент СРСР № 933706, МПК C21B 5/00, опубл. 1982], що включає завантаження печі через колошник шихтою, що містить добавки, сирого залізного руду з кварцовою порожньою породою, яку завантажують періодично в кількості 0,4-1,4 т/м² перерізу колошника після накопичення в печі 2-6 кг оксидів лужних металів на 1 м³ об'єму печі. Здійснюється це шляхом часткової або повної заміни залізородних матеріалів в одній або декількох подачах поспіль при збереженні режиму завантаження печі. При завантаженні руди в зазначених межах забезпечується повне перекриття перерізу колошника сирогою залізною рудою, за рахунок чого поліпшуються умови для зв'язування циркулюючих в печі оксидів лужних металів у стійкі сполуки, але, при цьому, кількість разової порції залізної руди, що загружається в піч, встановлюється тільки з умов повного перекриття перерізу колошника, а її загальна кількість не обумовлюється зовсім. Тобто, винаходом допускається завантаження в піч практично будь-якої кількості залізної руди при дотриманні єдиної умови - кількість руди в подачу повинно бути в межах 0,4-1,4 т/м² перерізу колошника.

Завантаження в піч декількох подач поспіль сирової залізної руди, незалежно від вихідного нагріву горна і складу шлаку, призводить до порушення теплового режиму процесу, зниженню основності шлаку на невизначену величину і розладу ходу доменної печі. Крім цього, в період виходу лугів різко погіршується плинність шлаку, що є додатковим чинником, що сприяє отриманню високосірчаного чавуну, захаращенню жолобів, а також поганому розділенню чавуну і шлаку, внаслідок чого зростають втрати металу зі шлаком, відбувається підгар шлаковозів.

Найбільш близьким за технічною суттю і результатом, що досягається є спосіб доменної плавки маломарганцевистої луговмісної шихти, [Патент України № 17796А, МПК C21B 5/00, C21B 5/04, опубл. 20.05.1997], що включає завантаження і проплав шихти в доменній печі та періодичний, випуск продуктів плавки. Згідно способу, за аналізом шлаку визначають зміну виходу оксидів лужних металів і при зменшенні їх в шлаку більш, ніж на 0,2 мас % від звичайного рівня, активізують їх видалення зі шлаком шляхом введення до складу маломарганцевистої луговмісної шихти марганцевмісних матеріалів з кремнеземистою порожньою породою, завантажуючи їх без додаткового коксу окремими порціями, кожна з яких забезпечує зниження основності шлаку на 0,05-0,1 і підвищення вмісту монооксиду марганцю в шлаку на 0,3-0,6 мас % на одному-двох випусках, причому, чергова порція марганцевмісних матеріалів з кремнеземистою порожньою породою завантажується в піч не раніше проплавлення обсягу марганцевистої луговмісної шихти, рівної 1-2 обсягам печі, при цьому до моменту підходу в горн марганцевмісного матеріалу з кремнеземистою порожньою породою теоретична температура горіння палива в фурменій зоні знижується на 100-150 °С на час проведення випуску чавуну з подальшим відновленням її до колишнього значення після закінчення випуску.

Недоліком відомого способу є необхідність виконання постійного хімічного аналізу шлаку, що випускається з доменної печі, а також пониження теоретичної температури горіння палива в фурменій зоні, що призводить до отримання чавуну з низьким вмістом кремнію.

В основу винаходу поставлена задача вдосконалення способу доменної плавки луговмісної шихти шляхом оптимізації хімічного складу доменного шлаку, при цьому забезпечується висока ефективність видалення з доменної печі оксидів лужних металів і за рахунок цього відбувається підвищення продуктивності доменної печі, економія коксу, досягається виплавка нормального за вмістом кремнію і сірки чавуну.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі доменної плавки луговмісної шихти, що включає завантаження шихти, визначення її хімічного складу і лужного навантаження, проплав

її в доменній печі і періодичний випуск шлаку і чавуну, виконують аналіз повного хімічного складу проб шлаку декількох плавов, визначають параметри міжатомної взаємодії, за допомогою яких оцінюють лужну ємність шлаку, і оптимізують склад шлаку коригуванням вмісту оксидів марганцю і титану та його основності, підтримуючи лужну ємність шлаку в межах 70-80 % від лужного навантаження, при цьому лужну ємність шлаку визначають за формулою:

$$\%R_2O = a_0 + a_1 \cdot \rho + a_2 \cdot \Delta e + a_3 \cdot \Delta Zm,$$

де $\%R_2O$ - лужна ємність шлаку (прогнозний сумарний вміст K_2O і Na_2O в шлаку);

a_0, a_1, a_2, a_3 - коефіцієнти, що визначаються конкретно для кожної доменної печі в залежності від умов її роботи;

$\rho, \Delta e, \Delta Zm$ - параметри міжатомної взаємодії теорії спрямованого хімічного зв'язку.

У практиці доменного виробництва хімічний аналіз шихтових матеріалів і реальних шлаків на вміст лужних оксидів, як правило, не виконується, що є суттєвою перешкодою для отримання якісних результатів. Пропонований спосіб дозволяє організувати контроль над кількістю лугів, що приходять в доменні печі з шихтовими матеріалами і виведенням їх через шлак.

Спосіб доменної плавки луговмісної шихти, здійснюється наступним чином.

1. Визначається лужне навантаження на 1 тону чавуну (ЛН) за формулою:

$$ЛН = ((K_2O + Na_2O)_{3чш} + (K_2O + Na_2O)_{3к}) / m_{чав},$$

де ЛН - лужне навантаження, кг/т чавуну; $(K_2O + Na_2O)_{3чш}$ - вміст K_2O і Na_2O в залізорудній частині шихти, кг; $(K_2O + Na_2O)_{3к}$ - вміст K_2O і Na_2O в золі коксу, кг; $m_{чав}$ - маса чавуну, що одержується з подачі, т. Лужне навантаження визначається на кожну подачу шихти.

2. Проводиться попередній розрахунок (за відомими методиками) очікуваного хімічного складу кінцевого шлаку на вміст у ньому основних шлакоутворюючих компонентів ($CaO, SiO_2, MgO, Al_2O_3, FeO, MnO, TiO_2, CaS$).

3. Визначаються параметри міжатомної взаємодії шлакового розплаву ($\rho, \Delta e$ і ΔZm) для розрахованого складу шлаку.

Параметри міжатомної взаємодії визначаються за допомогою рівнянь приведених в джерелі [Приходько Э.В., Тогобицкая Д.Н. и др. Прогнозирование физико-химических свойств оксидных систем. Днепропетровск: Пороги, 2013. С.45-53]. Для умов роботи доменних печей параметри міжатомної взаємодії $\rho, \Delta e, \Delta Zm$ знаходяться в границях: ρ =(від 0,68 до 0,72); Δe =(від -2,79 до -2,31); ΔZm =(від 0,0373 до 0,0465).

4. Розраховані параметри міжатомної взаємодії підставляються в формулу для визначення лужної ємності шлаку:

$$\%R_2O = a_0 + a_1 \cdot \rho + a_2 \cdot \Delta e + a_3 \cdot \Delta Zm,$$

де $\%R_2O$ - лужна ємність шлаку, a_0, a_1, a_2, a_3 - коефіцієнти, що визначаються конкретно для кожної доменної печі в залежності від умов її роботи; $\rho, \Delta e, \Delta Zm$ - параметри міжатомної взаємодії теорії спрямованого хімічного зв'язку.

Лужна ємність шлаку - це фактичний вміст лужних оксидів (K_2O та Na_2O) в шлаковому розплаві, який визначається для кожного випуску шлаку при відсутності контролю вмісту лужних оксидів у шлаковому розплаві на виробництві. Формула для визначення лужної ємності шлаку дозволяє виконати прогнозну оцінку вмісту оксидів калію та натрію в шлаковому розплаві для вибору оптимального складу шихтових матеріалів.

Коефіцієнти a_0, a_1, a_2, a_3 визначаються шляхом регресійного аналізу для кожної доменної печі, в залежності від їх об'єму, так для умов роботи доменних печей об'ємом 2000, 3000 та 5500 м³ коефіцієнти дорівнюють:

Об'єм печі/коефіцієнти	a_0	a_1	a_2	a_3
2000	5,64	-11,52	-3,47	-137,75
3000	22,9	-31,45	0,56	34,13
5500	9,61	-12,68	1,89	118,52

5. Визначається кількість K_2O і Na_2O , яку необхідно вивести з печі з кінцевим шлаком ($\%R_2O$) за формулою:

$$\%R_2O_{н} = (0,7 - 0,8) \cdot ЛН.$$

6. Оптимізується склад шлаку шляхом коригування вмісту оксидів марганцю (MnO) і титану (TiO_2) та його основності (CaO/SiO_2), відповідно до умови:

$$\%R_2O_{н} = (0,7 - 0,8) \cdot ЛН,$$

$$\%R_2O = a_0 + a_1 \cdot \rho + a_2 \cdot \Delta e + a_3 \cdot \Delta Zm.$$

Визначення коефіцієнтів a_0, a_1, a_2, a_3 включає:

- відбір проб 10-20 випусків доменного шлаку;
- визначення повного хімічного складу взятих проб;

- визначення параметрів міжатомної взаємодії шлакового розплаву (ρ , Δe і ΔZm) для взятих проб без урахування вмісту K_2O і Na_2O ;

- проведення регресійного аналізу по отриманим параметрам (ρ , Δe і ΔZm і відомому вмісту K_2O і Na_2O в кожній пробі) та визначення коефіцієнтів рівняння (a_0 , a_1 , a_2 , a_3). Коефіцієнти a_0 , a_1 , a_2 , a_3 визначаються один раз для кожної доменної печі.

При зміні шихтових умов або необхідності перешихтовки для технологічного впливу на хід доменної плавки здійснюється новий перерахунок згідно з пунктами 1-6.

Запропонований спосіб особливо ефективний в умовах відсутності хімічного аналізу на вміст лужних оксидів в доменних шлаках, так як дозволяє провести контрольний замір декількох проб шлаку і надалі вести облік їх вмісту в шлаку за допомогою запропонованої формули.

Основним оптимізуючим критерієм є лужна ємність шлаку на рівні 70-80 % від лужного навантаження печі.

Якщо, за результатами розрахунку очікуваного хімічного складу шлаку, лужна ємність менше 70 % від лужного навантаження, міняють хімічний склад, співвідношення і витрату компонентів шихти за допомогою основності, оксидів марганцю і титану відповідно до умови:

$$\%R_2O_H = (0,7-0,8) * ЛН,$$

$$\%R_2O = a_0 + a_1 * \rho + a_2 * \Delta e + a_3 * \Delta Zm.$$

Хімічний склад, співвідношення і витрату компонентів шихти міняють таким чином, щоб вміст лужних оксидів в шлаку знаходився на рівні 70-80 % від лужного навантаження.

При вмісті в шлаку лугів менше 70 % від лужного навантаження, відбувається накопичення в об'ємі печі лужних металів, що негативно позначається на процесі доменної плавки. Оксиди лужних металів мають властивість накопичуватися в доменній печі, циркулюючи в робочому просторі, особливо в діапазоні температур 800-1100 °С. Циркулюючи луги охолоджуються на поверхні шихтових матеріалів, вступаючи з ними в хімічну взаємодію. Зміна властивостей залізовмісних шихтових матеріалів під впливом лугів чинить негативний вплив на хід доменної плавки. До таких змін відносяться руйнування, тобто утворення дрібних частин при високих температурах, розбухання, передчасне розм'якшення і утворення тістоподібної фази. Ці зміни можуть проходити в широкому діапазоні температур і поширюватися на значні області печі. Наслідком цього є розширення температурних діапазонів рідиноутворення, зміни співвідношення розмірів зон існування матеріалів у твердому, розм'якшеному і крапельно-рідкому стані. В результаті цього помітно відхиляється від раціонального розподіл газів по перетину печі, зростає його опір руху (нижній перепад), порушується теплообмін в зоні формування розплавів, зростає коливання складу продуктів плавки, знижується рівність ходу печі і її економічність.

Конкретний приклад способу, що заявляється. Запропонований спосіб реалізовано на доменній печі об'ємом 3000 м³. Середні значення техніко-економічних показників роботи цієї доменної печі складають:

- витрата дуття - 4500 м³/хв;

- температура дуття - 1137 °С;

- вологість - 8 г/м³;

- вміст кисню в дутті - 27,58 %;

- витрата природного газу - 10 м³/т чавуну;

- тиск газів під колошником - 150 кПа;

- вага залізорудної частини шихти, включаючи флюси і добавки в подачі - 470 т;

- рудне навантаження на кокс - 3,9 т/т.

- Коефіцієнти для визначення лужної ємності шлаку:

($a_0=22,9$; $a_1=-31,45$; $a_2=0,56$; $a_3=34,13$).

Результати представлені в таблиці.

Таблиця

Показники	Базовий період	Дослідний період
Склад шлаку:		
CaO/SiO ₂	1,05	1,04
MnO, %	0,34	0,7
TiO ₂ , %	0,86	1,48
Фізико-хімічні параметри:		
ρ	0,7086	0,6988
Δe	-2,5039	-2,5284
ΔZm	0,0410	0,0409
Лужне навантаження %R ₂ O _n , кг/т чав.	3,44	3,41
Лужна ємність шлаку (%R ₂ O), %	0,61	0,90
Залишок лугів в печі, кг/т чав.	1,37	0,2
Витрати коксу, кг/т чав.	444,08	436,42
Випуск чавуна, т	586,26	593,37

З таблиці видно, що при веденні доменної плавки на підставі способу, що заявляється, досягається збільшення лужної ємності доменного шлаку та зниження кількості лугів, що залишились циркулювати в печі, а також зменшення витрати коксу і підвищення продуктивності доменної плавки.

Таким чином, використання пропонованого способу доменної плавки луговмісної шихти, дозволяє збільшити кількість лугів, що виходять з печі зі шлаком, підвищити техніко-економічні показники доменної плавки (зменшуються витрати палива і підвищується продуктивність роботи печі) а також збільшити тривалість роботи печі, за рахунок зниження кількості лугів, що циркулюють в об'ємі печі. Визначення лужної ємності шлаку дозволить своєчасно коригувати склад і масове співвідношення компонентів шихти для отримання чавуну та шлаку оптимального складу і тим самим уникнути труднощів, пов'язаних з рециркуляцією лугів.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Спосіб доменної плавки луговмісної шихти, який включає завантаження шихти, визначення її хімічного складу і лужного навантаження, проплав її в доменній печі і періодичний випуск шлаку і чавуну, який **відрізняється** тим, що виконують аналіз повного хімічного складу проб шлаку декількох плавок, визначають параметри міжатомної взаємодії, за допомогою яких оцінюють лужну ємність шлаку, і оптимізують склад шлаку коригуванням вмісту оксиду марганцю, титану та основності в ньому, підтримуючи лужну ємність шлаку в межах 70-80 % від лужного навантаження, при цьому лужну ємність шлаку визначають за формулою:

$$\% R_2O = a_0 + a_1 \cdot \rho + a_2 \cdot \Delta e + a_3 \cdot \Delta Zm,$$

де % R₂O – лужна ємність шлаку, тобто прогнозний сумарний вміст K₂O і Na₂O в шлаку, a₀, a₁, a₂, a₃ – коефіцієнти, які визначають конкретно для кожної доменної печі в залежності від умов її роботи, ρ, Δe, ΔZm – параметри міжатомної взаємодії теорії спрямованого хімічного зв'язку.

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

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