



УКРАЇНА

(19) UA (11) 89855 (13) C2

(51) МПК (2009)

C21B 7/18

C21B 5/00

C22B 1/24 (2006.01)

C22B 1/243 (2006.01)

C22B 1/248 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

1

(21) a200804795

(22) 14.04.2008

(24) 10.03.2010

(46) 10.03.2010, Бюл.№ 5, 2010 р.

(72) ЛІВШИЦ ДМІТРІЙ АРНОЛЬДОВИЧ, RU, ТРЕ-
ТЯКОВ ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ, ЛЕВЧЕНКО
ВАЛЕРІЙ ІВАНОВИЧ, КОВУРА ОЛЕКСАНДР БО-
РИСОВИЧ, ВАСЬКЕВИЧ МИХАЙЛО ЯКОВЛЕВИЧ,
ТРАВІНЧЕВ ОЛЕКСІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, КОЗАК
АНДРІЙ ГЕОРГІЄВИЧ, НОСОЧЕНКО ОЛЕГ ВАСИ-
ЛЬОВИЧ, ЛОЗОВИЙ ВАЛЕРІЙ ПАНТЕЛЕЙМОНО-
ВИЧ, ЗОТОВ ОЛЕКСІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ, ГА-
НОШЕНКО ВОЛОДИМИР ІВАНОВИЧ, ТОМАШ
ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "МЕ-
ТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ "АЗОВСТАЛЬ"

(56) UA, 46990, A, 17.06.2002

UA, 47880, C2, 15.07.2004

SU, 1447857, A1, 30.12.1988

US, 4326887, 27.04.1982

WO, 02075005, A2, 26.09.2002

RU, 2252970, C1, 27.05.2005

Zuo Guangqing. Softening and melting characteristics
of self-fluxed pellets with and without the addition of
BOF-slag to the pellet bed // ISIJ Int. – 2000. – 40. -
№ 12. – С. 1195 – 1202

2

(57) 1. Спосіб завантаження доменної печі, що
включає зсипання конверторного шлаку на колош-
ник разом з низькоосновними котунами і офлюсо-
ваним агломератом, який **відрізняється** тим, що
конверторний шлак і низькоосновні котуни зазда-
легідь змішують перед завантаженням.2. Спосіб завантаження доменної печі за п. 1, який
відрізняється тим, що конверторний шлак і низь-
коосновні котуни змішують у наступному співвід-
ношенні, мас. %: конверторний шлак – 15-25, коту-
ни – 85-75.3. Спосіб завантаження доменної печі за п. 1 або
2, який **відрізняється** тим, що перед змішуванням
конверторний шлак укладають у скіп безпосеред-
ньо над низькоосновними котунами.4. Спосіб завантаження доменної печі за п. 1 або
2, який **відрізняється** тим, що перед змішуванням
конверторний шлак і низькоосновні котуни поша-
рово завантажують в один бункер бункерної еста-
кади.5. Спосіб завантаження доменної печі за п. 1 або
2, який **відрізняється** тим, що перед змішуванням
конверторний шлак і низькоосновні котуни укла-
дають в штабель з подальшим завантаженням зі
штабеля в доменну піч.

Винахід належить до чорної металургії, а точ-
ніше до доменного виробництва, і найефективніше
може бути використаний при завантаженні конвер-
торного шлаку в доменні печі.

Відомий спосіб доменної плавки, що включає
завантаження в доменну піч низькоосновних коту-
нів і офлюсованого агломерату (Товаровський І.Г.,
Севернюк В.В., Лялюк В.П. Аналіз показників і
процесів доменної плавки. - Дніпропетровськ: По-
роги, 2000. - 420 с). Для доменних цехів більшості
металургійних заводів України такий спосіб до-
менної плавки є основним.

Висока основність агломерату, де CaO/SiO_2 в

межах 1,2-2,1, частково компенсує низьку основ-
ність котунів, де CaO/SiO_2 в межах 0,1-0,8. Засто-
сування котунів, що мають високу механічну міц-
ність при транспортуванні, дозволяє забезпечити
привозною сировиною доменний цех при недоста-
тній продуктивності аглофабрики. Відомий спосіб
не дозволяє вирішити задачу винаходу, оскільки
температури розм'якшення котунів від 1090°C до
1127°C (37°C), нижче температур розм'якшення
агломерату, від 1125°C до 1173°C (48°C). Їх одно-
часне завантаження в доменну піч приводить до
збільшення температурного інтервалу розм'як-
шення від 1090°C до 1173°C (до 83°C) і довжини

(13) C2

(11) 89855

(19) UA

зони в'язкопластичного стану шихти, що має низьку газопроникність. Газодинамічний опір стовпа шихти збільшується, а умови проходу газу погіршуються. В результаті знижується продуктивність доменної печі і збільшується витрата коксу. Відомий спосіб також не дозволяє вирішити задачу винаходу через високу рухливість котунів. Вони відносно вільно переміщуються поверхнею шихти при завантаженні і розповсюджуються по всьому радіусу колошника аж до осі печі. Перерозподіл котунів ускладнює управління радіальним розподілом шихти, приводить до перевантаження центру доменної печі рудними матеріалами і зменшення інтенсивності осьового газового потоку. Слідством цього може бути розлад доменної печі, зниження продуктивності і збільшення питомої витрати коксу. Крім того, для повної компенсації низької основності котунів до складу шихти вводять сирий вапняк, розкладання якого вимагає додаткових витрат тепла і перевитрати коксу.

Відомий спосіб шихтовки доменної печі, що включає завантаження конверторного шлаку на колошник разом з офлюсованим агломератом (Патент № 47880 Україна, МКП С21В 7/18).

Відомий спосіб дозволяє підвищити механічну міцність агломерату за рахунок часткового зниження його основності, що компенсується витратою високоосновного конверторного шлаку (CaO/SiO_2 в межах 3,0-3,2), але не дозволяє вирішити задачу винаходу, оскільки температурний інтервал розм'якшення конверторного шлаку від 1257°C до 1300°C вище температур розм'якшення агломерату - від 1125°C до 1173°C їх спільне завантаження приведе до збільшення температурного інтервалу розм'якшення від 1125°C до 1300°C (до 175°C) і довжини зони розм'якшення з низькою газопроникністю в доменній печі.

Найбільш близьким способом, найближчим аналогом, є спосіб завантаження конверторного шлаку в доменну піч, що включає його зсипання на колошник разом з низькоосновними котунами, офлюсованим агломератом і силікомарганцевистим щебенем, з попереднім змішуванням конверторного шлаку і силікомарганцевистого щебеню (Патент № 46990 А Україна, МКП С21В 7/18).

Спосіб дозволяє зменшити або виключити витрату сирого вапняку в доменну піч і знизити за рахунок цього витрату коксу, оскільки конверторний шлак замінює сирий вапняк як флюс. Відомий спосіб також дозволяє утилізувати конверторний шлак, зменшивши шкідливий вплив на навколишнє середовище заскладованих відходів металургійного виробництва. Відомий спосіб дозволяє частково вирішити задачу винаходу, оскільки в результаті протікання твердофазних реакцій в суміші конверторного шлаку і силікомарганцевистого щебеню, температурний інтервал їх розм'якшення звужується і співпадає з температурним інтервалом розм'якшення основних компонентів шихти: агломерату і котунів. Проте, відомий спосіб не дозволяє вирішити завдання винаходу в повному обсязі, оскільки температурні інтервали розм'якшення котунів і агломерату не співпадають, і ширина зони розм'якшення залишається значною, від 1090°C до 1173°C (83°C). Відомий спосіб також не дозволяє

повністю вирішити завдання винаходу через збереження високої рухливості котунів, що приводить до їх перерозподілу при завантаженні, ускладнює управління радіальним розподілом шихти, приводить до перевантаження центру доменної печі рудними матеріалами і зменшення інтенсивності осьового газового потоку, може стати причиною розладу доменної печі, зниження продуктивності і збільшення питомої витрати коксу. Крім того, для реалізації відомого способу необхідне змішування конверторного шлаку з додатковою добавкою до доменної шихти - силікомарганцевистим щебенем, що містить велику кількість SiO_2 і сприяє збільшенню виходу доменного шлаку і, як наслідок, підвищенню витрати коксу і зниженню продуктивності доменної печі.

Задачею винаходу є розробка способу завантаження конверторного шлаку в доменну піч, в якому за рахунок зміни порядку завантаження конверторного шлаку і одного з основних компонентів доменної шихти досягається скорочення довжини зони розм'якшення і зменшення рухливості шихти, що забезпечує підвищення газопроникності стовпа доменної шихти, кращі умови для проходу газів і керування газовим потоком в доменній печі, зниження питомої витрати коксу і підвищення продуктивності доменної печі.

Задача винаходу вирішується тим, що в собі завантаження конверторного шлаку в доменну піч, що включає його зсипання на колошник разом з низькоосновними котунами і офлюсованим агломератом, відповідно до винаходу, конверторний шлак і низькоосновні котуни задалегідь змішують перед завантаженням.

Задача винаходу також вирішується тим, що конверторний шлак і низькоосновні котуни змішують у наступному масовому співвідношенні: конверторний шлак 15-25мас.%, котуни 85-75мас.%. Завдання винаходу також вирішується тим, що конверторний шлак укладають в скіп безпосередньо над низькоосновними котунами, або тим, що конверторний шлак і низькоосновні котуни пошарово завантажують в один бункер бункерної естакади, або укладають в штабель з подальшим завантаженням з штабелю в доменну піч.

Винахід пояснюється кресленнями. На фіг. 1 представлений графік зміни температурного інтервалу розм'якшення суміші конверторного шлаку і низькоосновних котунів при різному їх співвідношенні. Криві 1 і 2 - температури початку і кінця розм'якшення відповідно суміші конверторного шлаку і котунів. Прямі 3 і 4 - температури початку і кінця розм'якшення відповідно агломерату. На фіг. 2 представлені криві розподілу по радіусу колошника доменної печі рудних навантажень, відношення маси рудних матеріалів до маси коксу, після завантаження за схемою КАОК, де К, А, О - скіпи коксу, агломерату і котунів, за наслідками лабораторних досліджень на секторній моделі колошника доменної печі корисним об'ємом 1719м³, виконаної в масштабі 1:8. Крива 1 відповідає завантаженню котунів без добавок, крива 2 завантаженню котунів в суміші з конверторним шлаком, вміст якого складає 20%.

Визначення температурних інтервалів розм'я-

кшення шихтових матеріалів проводили в шахтній електропечі за величиною усадки штока, поміщеного на поверхню шару шихтового матеріалу, при нагріванні під навантаженням. Крупність часток шихти для експериментальних досліджень складала 5-7мм. Початком температурного інтервалу розм'якшення вважалася температура, при якій висота проби після термічного розширення поверталася до початкового значення. Кінцем інтервалу розм'якшення прийнята температура, при якій втрата висоти проби досягає 40% (Доменне виробництво: довідник в 2 т. - Т.1. Підготовка руд і доменний процес. - М.: Металургія, 1989. - 496 с. - С 190). Результати визначення температурного інтервалу розм'якшення доменної шихти представлені в табл. 1 і на фіг. 1. Змішування конверторного шлаку з низькоосновними котунами супроводжу-

ється збільшенням температур початку і кінця розм'якшення суміші у міру збільшення вмісту конверторного шлаку при збереженні практично постійним інтервалу розм'якшення. Зміна температур початку і кінця розм'якшення відбувається, ймовірно, в результаті твердофазних реакцій шлакоутворення між оксидами, що входять до складу конверторного шлаку і котунів, з утворенням складних сполук, перш за все феритів кальцію $(CaO)_n \cdot Fe_2O_3$ змінного складу. Температури розм'якшення і плавлення збільшуються у міру підвищення вмісту CaO у складі фериту кальцію (n) і CaO, що не взяв участь у твердофазних реакціях і залишився у складі силікатів кальцію $(CaO)_m \cdot SiO_2$ і вільного CaO з конверторного шлаку.

Таблиця 1

Температурні інтервали розм'якшення шихтових матеріалів доменної плавки

Компонент доменної шихти	Температура початку розм'якшення, °C	Температура кінця розм'якшення, °C	Температурний інтервал розм'якшення, °C
Агломерат МК "Азовсталь"	1125	1173	48
Конверторний шлак	1257	1300	43
Котуни ПівнГЗК	1090	1127	37
Суміш 25% конверторного шлаку і 75% котунів ПівнГЗК	1145	1174	29
Суміш 50% конверторного шлаку і 50% котунів ПівнГЗК	1190	1219	29
Суміш 75% конверторного шлаку і 25% котунів ПівнГЗК	1226	1258	32

Відповідно, збільшення вмісту конверторного шлаку в суміші супроводжується підвищенням температур розм'якшення. Твердофазні реакції протікають у місцях контакту часток різного мінералогічного складу. Змішування конверторного шлаку і котунів підвищує кількість їх контактів і сприяє розвитку твердофазних реакцій. Без попереднього змішування котунів і конверторного шлаку при шаровому їх укладанні число контактів між частинками шлаку і котунами незначне і твердофазні реакції не одержать достатнього розвитку, температурні інтервали розм'якшення не зміняться. Таким чином, попереднє змішування конверторного шлаку і котунів перед завантаженням на колошник є обов'язковою операцією для зміни температурного інтервалу розм'якшення і рішення задачі винаходу - скорочення довжини зони розм'якшення.

Попереднє змішування конверторного шлаку і котунів перед завантаженням на колошник спільно з агломератом в будь-яких співвідношеннях дозволяє вирішити задачу винаходу: скоротити довжину зони розм'якшення. Так при спільному завантаженні агломерату МК "Азовсталь", котунів ПівнГЗК і конверторного шлаку без попереднього змішування температурний інтервал розм'якшення складе 210°C: від 1090°C (температура початку

розм'якшення котунів) до 1300°C (температура кінця розм'якшення конверторного шлаку). При змішуванні конверторного шлаку і котунів у відсотковому співвідношенні 50мас.:%:50мас.:% температурний інтервал розм'якшення звужується до 94°C (фіг. 1): від 1125°C (температура початку розм'якшення агломерату) до 1219°C (температура кінця розм'якшення суміші конверторного шлаку і котунів). Попереднє змішування перед завантаженням конверторного шлаку і котунів у співвідношенні 10мас.:%:90мас.:% звужує температурний інтервал розм'якшення до 58°C (фіг. 1): від 1115°C (температура початку розм'якшення суміші конверторного шлаку і котунів) до 1173°C (температура кінця розм'якшення агломерату). Повністю задача винаходу вирішується при змішуванні конверторного шлаку і котунів у співвідношенні: конверторний шлак 15-25мас.%, відповідно котуни 85-75мас.%. При завантаженні в доменну піч суміші такого складу і агломерату температурний інтервал розм'якшення буде мінімальний і не перевищить інтервал розм'якшення агломерату (фіг. 1) 48°C: від 1125°C (температура початку розм'якшення агломерату) до 1173°C (температура кінця розм'якшення агломерату).

Таблиця 2

Температурний інтервал розм'якшення доменної шихти, що складається з агломерату, котунів і конверторного шлаку при різних способах завантаження

Завантаження шихти без змішування компонентів	Попереднє змішування конверторного шлаку і котунів з вмістом конверторного шлаку в суміші %, мас.		
	до 15мас.%	15-25мас.%	більше 25мас.%
Температурний інтервал розм'якшення шихти максимальний, 210°C. Завдання винаходу не вирішене.	Температурний інтервал розм'якшення шихти знижується, але перевищує інтервал розм'якшення агломерату. Завдання винаходу вирішене частково.	Температурний інтервал розм'якшення шихти мінімальний, рівний інтервалу розм'якшення агломерату, 48°C. Завдання винаходу вирішене повністю.	Температурний інтервал розм'якшення шихти знижується, але перевищує інтервал розм'якшення агломерату. Завдання винаходу вирішене частково.

Дослідження радіального розподілу шихти на секторній моделі колошника проводили з частками агломерату крупністю 1-3мм, котунів діаметром ~2мм, конверторного шлаку крупністю 3-5мм і коксу 5-7мм. Поверхню раніше завантаженої шихти імітували частками крупністю більше 10мм. Кут нахилу поверхні шихти перед завантаженням подачі складав 20°.

Шихтові матеріали завантажували на поверхню конусного розподільника в наступному порядку: скіп коксу, скіп агломерату, скіп котунів, другий скіп коксу. У другому експерименті в скіп котунів додавали конверторний шлак в кількості 25мас.% від маси котунів (20мас.% від маси суміші конверторного шлаку і котунів). Після набору всієї подачі на конусі, конус опускався, і шихтові матеріали зсипалися на поверхню шихти, що завантажена раніше. Модель колошника розділена на 6 радіальних секторів. Зернисті матеріали витягували по черзі з кожного сектора і розсипали. Агломерат (А), котуни (О) і кокс (К) зважувалися на електронних вагах. Рудне навантаження (РН) визначали для кожного відрізка радіуса колошника по формулі $RH = (A + O) / K$. У відсутності конверторного шлаку рудні матеріали розповсюджувалися до осі колошника. Рудне навантаження в осьовій зоні складало 1,4т/т (фіг. 2, крива 1). При додаванні до котунів конверторного шлаку рудне навантаження в центральній частині колошника зменшилося до 0,6т/т. Максимум рудних навантажень змістився ближче до стін колошника, а максимальне значення рудного навантаження збільшилося з 6,5 до 7,2т/т (фіг. 2, крива 2). Зміна розподілу рудних навантажень по радіусу колошника свідчить про скорочення рухливості котунів при змішуванні з конверторним шлаком. Таким чином, змішування котунів з конверторним шлаком дозволяє вирішити завдання винаходу - зменшення рухливості шихти.

Спосіб завантаження конверторного шлаку в доменну піч може бути реалізований таким чином. Завантаження рудної шихти в кишені вагон-вагів і в скіп проводять у наступному порядку: низькоосновні котуни, конверторний шлак, агломерат. Якщо агломерат і котуни вантажать в різні скіпи, то конверторний шлак завантажують у скіп з котунами, причому першими вантажать котуни, а потім укладають конверторний шлак безпосередньо над частками. При можливому використанні інших компо-

нентів рудної шихти укладання конверторного шлаку безпосередньо над котунами зберігається. Інші шихтові матеріали завантажують в кишені вагон-вагів і скіп перед котунами або після конверторного шлаку. Рудні матеріали піднімають у скіпу на колошник і вивантажують в приймальну лійку завантажувального пристрою. При перекиданні скіпа порядок розташування шихтових матеріалів змінюється на протилежний. Першим на конус засипного апарату або в шихтовий бункер безконусного завантажувального пристрою (БЗП) зсипається агломерат, потім конверторний шлак, зверху розташовуються котуни. При перевантаженні з верхнього на нижній конус засипного апарату і завантаженні подачі на колошник важчі котуни заглиблюються в шар конверторного шлаку і змішуються з ним.

Спосіб завантаження конверторного шлаку в доменну піч може бути також реалізований шляхом завантаження шарів конверторного шлаку і котунів, що чергуються, в один рудний бункер бункерної естакади доменного цеху. При вивантаженні матеріалів з бункера в кишеню вагон-вагів або на конвеєр для подальшого завантаження в скіп спочатку з бункера зсипаються матеріали, розташовані над випускним отвором в декількох горизонтальних шарах. Потім зсипається шихта, розташована біля стін, також з декількох горизонтальних шарів. В результаті відбувається змішування конверторного шлаку і котунів. Далі проводиться завантаження суміші котунів і конверторного шлаку, що утворилася, в доменну піч за звичайною схемою.

Спосіб завантаження конверторного шлаку в доменну піч може бути також реалізований шляхом формування на рудному дворі доменного цеху двох штабелів з котунами і конверторного шлаку в співвідношенні: котуни 75-85мас.%, конверторний шлак 25-15мас.%. Один штабель формують, другий розбирають. Штабель формують рудногрейферним перевантажувачем пошаровим укладанням котунів і конверторного шлаку після вивантаження з консольної колії. Сформований штабель розбирають, витягуючи порції матеріалів з торця штабелю екскаватором і рудногрейферним перевантажувачем. При цьому в одну порцію потрапляють і котуни, і конверторний шлак з різних шарів. Одержану суміш котунів і конверторного

шлаку руднорейферним перевантажувачем завантажують у вагон на бункерній естакаді, яким суміш переміщують до необхідного шихтового бункера. З вагону суміш котунів і конверторного шлаку подають у бункер. З бункера змішані конверторний шлак і котуни завантажують у скіп і у доменну піч за звичайною схемою.

З досвіду експлуатації доменних печей відомо, що підвищення газопроникності стовпа доменної шихти за рахунок скорочення протяжності зони розм'якшення матеріалів і розширення можливостей регулювання розподілу шихти і газів по радіусу колошника дозволяє підвищити продуктивність доменної печі на 0,5-2% і понизити питому витрату коксу на 2-5кг/т чавуну.

Річний економічний ефект за рахунок знижен-

ня питомої витрати коксу на одній доменній печі середнього об'єму складе:

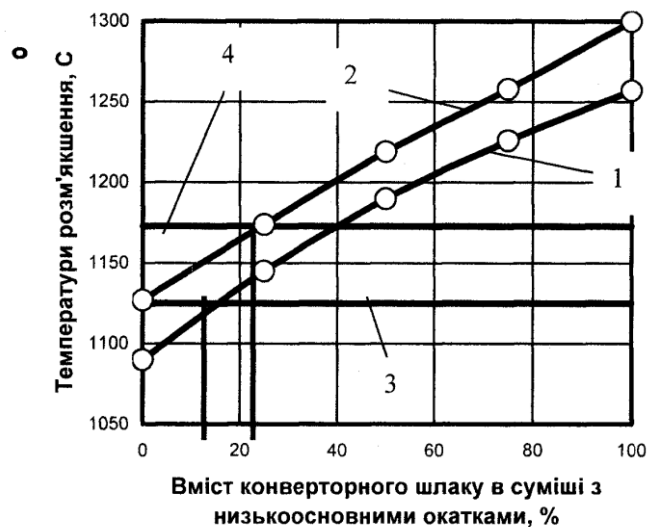
$0,002 \times 1000 \times 900 = 1800$ тис. грн., де

0,002 - зниження питомої витрати коксу, т/т чавуну;

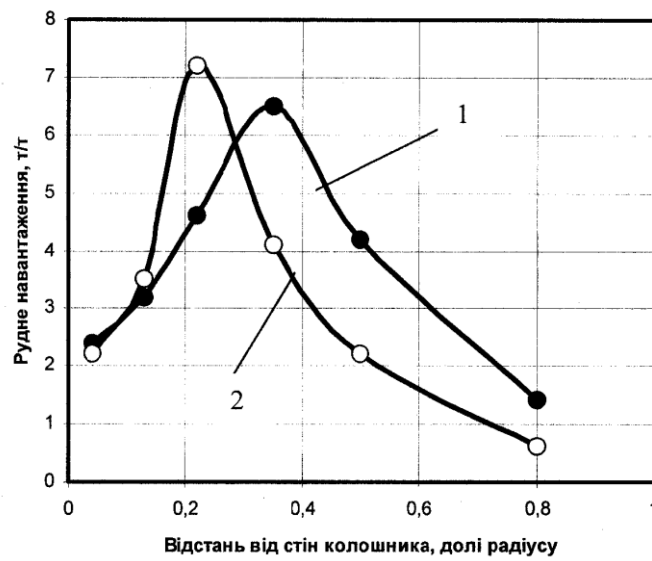
1000 - річна виплавка чавуну, тис. т;

900 - вартість 1т коксу, грн.

Ефект, що досягається за рахунок поліпшення газодинамічних умов доменної плавки, доповнює річну економію, що досягається за рахунок заміни вапняку дешевшим конверторним шлаком і зниження питомої витрати коксу в результаті скорочення розвитку ендотермічних реакцій розкладання вапняку, що складає для однієї доменної печі середнього об'єму 7500 тис. грн.



Фіг. 1



Фіг. 2