



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 110911

(13) U

(51) МПК

C21B 7/20 (2006.01)

F27B 1/20 (2006.01)

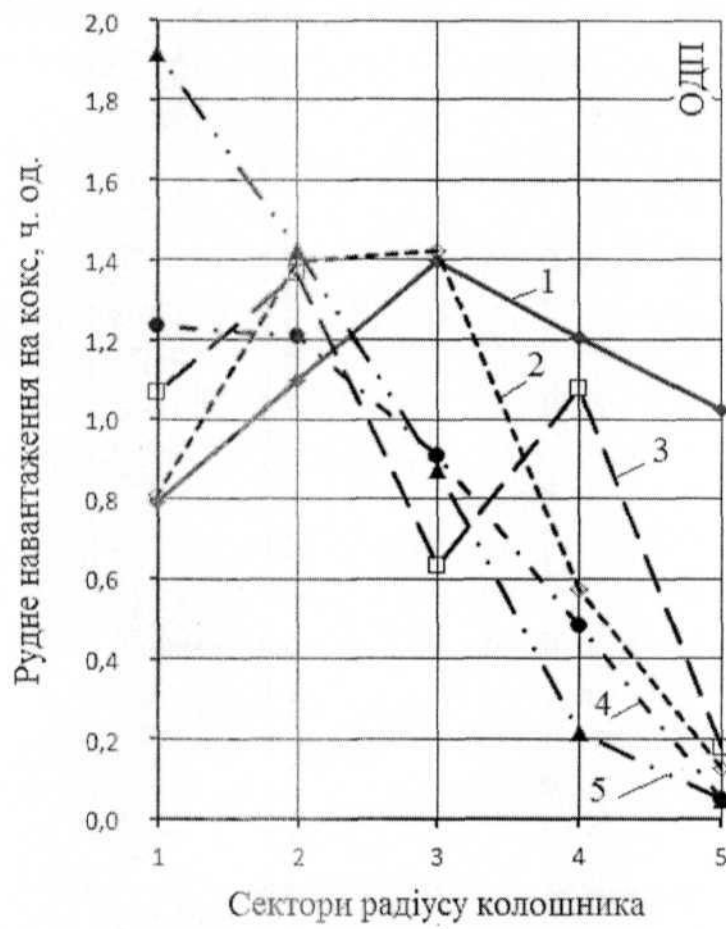
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: u 2016 03952	(72) Винахідник(и): Зінченко Юрій Анатолійович (UA), Пісмарьов Костянтин Євгенович (UA), Семаков Вадим Вікторович (UA), Мірошниченко Дмитро Миколайович (UA), Курпе Олександр Геннадійович (UA), Семакова Вікторія Борисівна (UA), Шадловський Юрій Олегович (UA), Крумгольц Євген Володимирович (UA)
(22) Дата подання заявки: 11.04.2016	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.10.2016	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2016, Бюл.№ 20	(73) Власник(и): ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ", вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, 87500 (UA)

(54) СПОСІБ ЗАВАНТАЖЕННЯ ДОМЕННОЇ ПЕЧІ**(57) Реферат:**

Спосіб завантаження доменної печі включає пошарове завантаження залізорудної шихти та коксу конусним завантажувальним пристроєм. При формуванні високих прошарків залізорудної шихти і коксу 50 % маси залізорудної шихти одного циклу подач завантажують при досягненні заданого рівня засипання h відокремленою двоскіповою подачею, а решту - при перевищенні заданої температури кладки доменної печі під захисними плитами Δt більше за 100 °С, подають при досягненні h відокремленою двоскіповою подачею з подальшим завантаженням чотирискіпової подачі коксу без очікування досягнення h . При перевищенні Δt до 100 °С решту залізорудної шихти завантажують при досягненні h першими двома скіпами змішаної чотирискіпової подачі, в якій останніми двома скіпами подають кокс, з подальшим завантаженням двоскіпової подачі коксу без очікування досягнення h .

UA 110911 U



Корисна модель належить до чорної металургії і може бути використана при завантаженні доменних печей шихтовими матеріалами.

Звичайне завантаження доменної печі включає подачу на колошник залізорудної шихти і коксу, які прошарками накопичуються в лійці нижнього конуса конусного завантажувального пристрою [1]. Після завантаження в доменну піч пошарове розташування матеріалів зберігається у стовпі шихти висотою печі. З метою забезпечення плавного сходу шихти радіусом печі передбачається різне співвідношення шихтових матеріалів і газів [2]. Біля стін колошника завантажуються відносно більша кількість залізорудної шихти переважно великої фракції, тому що на периферії проходить зазвичай більше газу. Підвищена газопроникність центральної зони забезпечується завантаженням більшої кількості газопроникного коксу. В проміжній зоні колошника концентрується більш дрібна фракція залізорудної шихти. Такий розподіл шихтових матеріалів радіусом колошника сприяє створенню периферійно-осьового газового потоку.

Однак в умовах технології використання пиловугільного палива (ПВП) з питомою витратою 130-190 кг/т чавуну створенню периферійного газового потоку, що супроводжується перегрівом кладки печей, сприяє зменшення об'єму окислювальної зони зі зміщенням фокусу горіння до торця фурми [3]. Крім того, заміна частини коксу вугільним пилом зменшує об'єм коксової насадки у стовпі шихтових матеріалів, що призводить до погіршення газодинамічних умов доменної плавки [4]. Підвищенню газопроникності стовпа шихти сприяє робота доменної печі з підвищеною масою подачі [5], яка формує в ньому високі прошарки газопроникного коксу.

Відомий спосіб завантаження доменної печі [6] двоконусним завантажувальним пристроєм передбачає подачу в піч відокремлених порцій залізорудної шихти і коксу об'ємом 4-5 повністю завантажених скіпів, що забезпечує перекриття поверхні засипання перерізом колошника високими прошарками однорідного матеріалу товщиною від 0,75 до 1,5 м або 10-20 % від діаметра колошника. Дана товщина прошарків коксу забезпечує збереження коксових вікон у зоні розм'якшення, що сприяє високій газопроникності стовпа шихти у доменній печі. Відокремлене завантаження запобігає перемішуванню залізорудної шихти з коксом, забезпечує рівномірний розподіл прошарку залізорудної шихти і прошарку коксу горизонтальним перерізом печі та відповідно рівномірний розподіл газодинамічного опору стовпа шихтових матеріалів. Відокремлене завантаження AAAA↓, KKKK↓ або AAAAA↓, KKKKK↓ забезпечує підвищення прошарку газопроникного коксу практично удвічі, що сприяє зростанню інтенсивності доменної плавки по газу та продуктивності доменних печей більш ніж на 10 % [7].

Використання технології завантаження доменних печей відокремленими збільшеними порціями залізорудної шихти і коксу сприяло збереженню газопроникності стовпа шихти при вдуванні в доменні печі пиловугільного палива, що супроводжується зростанням рудного навантаження на кокс (РН). Однак, відносно рівномірний розподіл перерізом колошника прошарків залізорудної шихти і коксу в сукупності з наближенням фокусу горіння палива у горні до стін печі та зменшенням розмірів окислювальної зони створює умови для розвитку периферійного ходу газового потоку, який призводить до підвищення питомої витрати коксу. В умовах доменного цеху підвищення питомої витрати ПВП супроводжувалось зростанням інтенсивності прогару елементів системи охолодження нижньої частини шахти, маратора і заплечиків, тому при необхідності регулювання газорозподілу переходили до змішаних систем завантаження AAKK↓, KAAK↓. В результаті перерізом колошника зменшувалася висота прошарків коксу, внаслідок чого знижувалися газопроникність стовпа шихтових матеріалів і продуктивність печі.

Для збереження системи охолодження нижньої частини доменної печі необхідно використовувати системи завантаження шихти, що знижують інтенсивність газового потоку в периферійній зоні та сприяють його розвитку в осьовій зоні печі.

Найбільш близький спосіб завантаження доменної печі [8] за допомогою двоконусного завантажувального пристрою передбачає подачу в піч відокремлених порцій об'ємом 2 скіпи залізорудної шихти і коксу AA↓KK↓, в якому порція агломерату AA↓ завантажуються при досягненні заданого рівня засипання h, а порція коксу KK↓ - після подачі агломерату без очікування досягнення h. При такому способі завантаження біля стін печі концентрується до 80 % залізорудної шихти подачі, що на 14 % (абс.) більше, ніж при завантаженні змішаної подачі AAKK↓, при цьому частка коксу в периферійній зоні зменшується з 53 до 47 %, що у сукупності призводить до підвищення рудного навантаження на периферії з 1,1 до 2,1 ч. од., тобто практично удвічі. Однак, завантаження тонкими шарами агломерату й коксу погіршує газопроникність стовпа шихтових матеріалів, не забезпечує суцільності коксових вікон, що знижує продуктивність доменної печі та рівність її ходу.

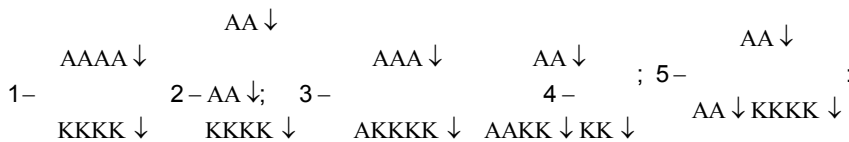
В основу корисної моделі поставлена задача розробки способу завантаження доменної печі, в якому нова послідовність операцій забезпечить зниження периферійного газового потоку та збереження системи охолодження нижньої частини доменної печі при формуванні високих прошарків залізорудної шихти та коксу, що забезпечить досягнення раціонального радіального розподілу матеріалів і газів з формуванням осьової віддушини, зниження питомої витрати коксу та підвищення продуктивності печі.

Для вирішення поставленої задачі в способі завантаження доменної печі, що включає пошарове завантаження залізорудної шихти та коксу конусним завантажувальним пристроєм, відповідно до корисної моделі, при формуванні високих прошарків залізорудної шихти і коксу 50 % маси залізорудної шихти одного циклу подачі завантажують при досягненні заданого рівня засипання h відокремленою двоскіповою подачею, а решту - при перевищенні заданої температури кладки доменної печі під захисними плитами Δt більш за 100°C подають при досягненні h відокремленою двоскіповою подачею з подальшим завантаженням чотирискіпової подачі коксу без очікування досягнення h , а при перевищенні Δt до 100°C решту залізорудної шихти завантажують при досягненні h першими двома скіпами змішаної чотирискіпової подачі, в якій останніми двома скіпами подають кокс, з подальшим завантаженням двоскіпової подачі коксу без очікування досягнення h .

При цьому при наявності в залізорудній шихті котунів і агломерату, котуни подають у піч в одному скіпі з агломератом, попередньо завантажуючи їх на дно скіпа.

Крім того, при вмісті котунів у залізорудній шихті до 50 % (мас.) їх виключають з першого скіпа подачі.

Суть способу пояснюється кресленням, на якому показані результати лабораторних досліджень розподілу рудного навантаження на кокс радіусом доменної печі при різних циклах завантаження:



Лабораторні дослідження розподілу рудного навантаження на кокс радіусом доменної печі при різних циклах завантаження проводилися на секторній моделі колошника (МІ: 10) доменної печі корисним об'ємом 2000 м^3 з частинками залізорудної шихти 1-3 мм і коксу 3-5 мм. Радіус моделі колошника поділено на 5 рівновеликих за площею секторів. Завантаження подачі здійснювали з нормальною швидкістю опускання нижнього конуса за 2,4 с (7,5 с в реальних умовах). В результаті кожного експерименту визначали розподіл рудного навантаження на кокс радіусом колошника від стін (1-й сектор) до його центру (5-й сектор біля осі доменної печі (ОДП)) як відношення мас залізорудної шихти до маси коксу в кожному секторі моделі. Для зіставлення результатів дослідів у кожному секторі моделі (в реальних умовах - радіальній зоні

печі) визначали відносне рудне навантаження: $RH_i^B = RH_i^C / RH_n$, ч. од., де RH_i^C і RH_n рудне навантаження на кокс у i -тому секторі та у циклі подачі в цілому, кг/кг коксу. Вважалося, що в

областях, де $RH_i^B > 1$ - газопроникність шихти та інтенсивність газового потоку знижені, та

навпаки, де $RH_i^B < 1$ газопроникність шихти та інтенсивність газового потоку підвищені.

Завантаження доменних печей металургійного комбінату відокремленими збільшеними порціями залізорудної шихти та коксу дозволило підвищити питому витрату ПВП до 170 кг/т чавуну, при цьому рудне навантаження на кокс перевищило $4,5\text{ кг/кг}$ коксу.

AAAA ↓
1:

В умовах вдування пиловугільного палива при завантаженні циклу подачі № 1: KKKK ↓ - з досягненням h спостерігалось підвищення температури кладки доменної печі під захисними плитами до 685°C , що показало наявність розвиненого газового потоку біля стін печі, який супроводжувався зростанням інтенсивності прогару елементів системи охолодження нижньої частини шахти. Лабораторні експерименти показали, що даний цикл подачі при підвищеному

рудному навантаженні на кокс $RH_n > 4,5\text{ кг/кг}$ коксу характеризується низьким рудним

навантаженням біля стін печі $RH_1^C = 0,8$ ч. од. (крива 1), чим зумовлено підвищення інтенсивності периферійного газового потоку.

AA ↓
AA ↓

5 Поділ залізорудної шихти циклу подач №2: KKKK ↓ - на дві відокремлені подачі, що завантажуються при досягненні h , привів до формування розподіленого рудного гребеня у проміжній зоні (крива 2) і зниження рудного навантаження біля осі печі, але завантаження коксу відокремленою чотирискіповою подачею також при досягненні h не дало змоги підвищити рудне навантаження на периферії, що лишилося практично на тому ж рівні. Тобто при завантаженні печі за розглянутим циклом подач поставлена перед корисною моделлю задача не вирішується, а з подальших досліджень виключено цикли завантаження з відокремленими подачами коксу, що подаються при очікуванні досягнення заданого рівня засипання.

AAA ↓

10 Переведення доменної печі на завантаження за циклом подач №3: AKKKK ↓ - привело до зниження температури кладки під захисними плитами до 580 °C та економії питомої витрати коксу внаслідок довантаження периферійної зони залізорудною шихтою. Розподіл РН радіусом колошника при завантаженні за циклом подач № 3 в лабораторних умовах показано кривою 3. При даному циклі завантаження обидві подачі подають у піч при досягненні заданого рівня засипання, причому залізорудна шихта частково виділяється у відокремлену трискіпову подачу, а решта - у перший скіп змішаної подачі, що сприяє її укладці переважно до стін печі: рудне навантаження в першому секторі сягає 1,07 ч. од., а у другому 1,37 ч. од. Проте, при завантаженні за даним циклом подач також підвищується рудне навантаження у радіальній зоні, що межує з осьовою зоною печі $RH_4^C = 1,07$ ч. од. Розподіл рудного навантаження радіусом колошника з двома максимумами зумовив нерівність ходу доменної печі, тому в лабораторних умовах розглянуто розподіл РН за наступними циклами подач № 4 і 5, у яких залізорудна шихта одного циклу поділена навпіл і завантажується при очікуванні досягнення заданого рівня засипання відокремленою подачею або початковими скіпами змішаної подачі, в якій решта скіпів - кокс, або кокс завантажується без очікування досягнення заданого рівня засипання.

AA ↓

25 Цикл подач № 4: AAKK ↓ KK ↓ - дозволяє більшою мірою, ніж усі вище розглянуті системи, розвантажити центр доменної печі, тобто сформувати осьову віддушину, майже вирівнявши рудне навантаження в 1-му та 2-му

секторах, дещо підвищивши його у стін $RH_1^C = 1,24$ - ч. од. (крива 4).

Найбільш довантажену залізорудною шихтою периферію з газопроникною осьовою

AA ↓

30 віддушиною забезпечує цикл подач № 5: AA ↓ KKKK ↓, у якому залізорудна шихта завантажується двома відокремленими двоскіповими подачами з очікуванням досягнення h , а коксова чотирискіпова подача завантажується без очікування h . Розглянутий цикл завантаження

35 дозволяє підвищити рудне навантаження на периферії практично удвічі $RH_1^C = 1,92$ ч. од. (крива 5). Однак слід зазначити, що ефективність підвищення рудного навантаження в периферійній зоні колошника циклами завантаження, що включають подачі коксу, які завантажуються без очікування h , тим більша, чим більша різниця між заданим рівнем засипання залізорудних подач і фактичним рівнем засипання коксових подач, тобто при відносно низькій інтенсивності плавки. При більшій інтенсивності плавки доцільніше використовувати цикл подач № 4.

40 При наявності в залізорудній шихті котунів і агломерату котуни подають у піч в одному скіпі з агломератом, попередньо завантажуючи їх на дно скіпа, що створює умови для перемішування залізорудної шихти при висипанні зі скіпа та запобігання накопичуванню котунів біля стін колошника.

45 У разі використання в залізорудній шихті до 50 % котунів що мають нижчий за агломерат кут природного відкосу та розміщуються поверхнею матеріалів більш тонким шаром, доцільно першим скіпом розглянутих вище циклів завантаження подавати агломерат на більш пологі поверхню засипання для створення у стін печі підвищеного шару агломерату. При цьому котуни, що завантажуються другим скіпом щонайменше накопичуються в периферійній зоні, що зменшує їхню стираючу дію на кладку печі, а також зменшує гранулометричну неоднорідність шихти біля стін, що підсилюється пристінним ефектом, та в цілому в периферійній зоні, яка може спричинити створення каналного ходу печі.

50 Приклад здійснення завантаження доменної печі за пропонованим способом.

При здійсненні пропонованого способу завантаження доменної печі корисним об'ємом 2000 м³ конусним завантажувальним пристроєм загальна маса залізорудної шихти, що подається в піч за один цикл подачі, становить 56 т об'ємом 32,94 м³ при густині шихти 1,7 т/м³, а коксу - 12 т об'ємом 26,67 м³ при густині коксу 0,45 т/м³. При цьому рудне навантаження на кокс становить 4,67 кг / кг коксу.

При перевищенні заданої температури кладки доменної печі під захисними плитами більше за 100 °С за циклом №4 спочатку на колошник подають два скіпи, тобто 50 % залізорудної шихти, наприклад агломерату, маса кожного становить 14 т об'ємом 8,24 м³, що пошарово розташовуються у лійці нижнього конуса, для відкриття якого очікується досягнення заданого рівня засипання. Після досягнення h, який контролюється на діючій доменній печі спеціальними пристроями, наприклад механічними зондами, відокремлена двоскіпова подача агломерату AA↓ завантажується у піч. Далі на колошник подають змішану чотирискіпову подачу AAKK↓, причому в перші два скіпи завантажують решту агломерату загальною масою 28 т (50 % залізорудної шихти), а в останні два скіпи - кокс (кожен скіп масою 3 т об'ємом 6,67 м³), і знов очікують досягнення заданого рівня засипання. Після досягнення h змішана чотирискіпова подача AAKK↓ завантажується у піч. При цьому відносно більша маса агломерату, який висипається з воронки нижнього конуса першим, розташовується ближче до стін печі, а кокс, що укладається на агломерат, зміщується до осі печі. Решта коксу масою 6 т двома скіпами подається на колошник і завантажується у піч окремо двоскіповою подачею KK↓ без очікування досягнення заданого рівня засипання на похилу поверхню попередньої подачі, що сприяє його більшому накопиченню в центральній зоні печі та формуванню осьової віддушини.

При перевищенні заданої температури кладки доменної печі під захисними плитами до 100 °С за циклом подачі №5 аналогічно циклу №4 здійснюється завантаження першої відокремленої двоскіпової подачі агломерату AA↓, з очікуванням досягнення заданого рівня засипання. Потім завантажується така ж сама відокремлена двоскіпова подача агломерату AA↓ з очікуванням досягнення h, що більшою мірою порівняно з циклом подачі № 4 сприяє накопиченню агломерату біля стін колошника. Загальна для циклу подачі маса коксу 1.2 т подається на колошник чотирма скіпами і завантажується у піч окремо чотирискіповою подачею KKKK↓ без очікування досягнення заданого рівня засипання, що сприяє більшому розвантаженню центральної зони печі, тобто формуванню осьової віддушини.

Якщо залізорудна шихта містить агломерат і котуни, то котуни подають у піч в кожному залізорудному скіпі разом з агломератом, попередньо завантажуючи їх на дно скіпа, або при вмісті котунів у залізорудній шихті до 50 % (мас.) їх виключають з першого скіпа подачі, тобто у перший скіп завантажують виключно агломерат, а у другий котуни або котуни й агломерат.

Розглянута послідовність завантаження залізорудної шихти і коксу формує в печі високі прошарки залізорудної шихти, яка більшою мірою розташовується ближче до стін колошника, і коксу, який більшою мірою розташовується ближче до осі печі, чим вирішується поставлене перед

способом завдання забезпечити зниження периферійного газового потоку, що зумовить збереження системи охолодження нижньої частини доменної печі.

Запропонований спосіб завантаження доменної печі забезпечує при формуванні високих прошарків залізорудної шихти та коксу досягнення раціонального радіального розподілу матеріалів і газів з формуванням осьової віддушини та зниженням інтенсивності газового потоку в периферійній зоні, що запобігає перегріву кладки печі та сприяє збереженню системи охолодження нижньої частини доменної печі. При цьому порівняно з прототипом досягається економія питомої витрати коксу біля 20 кг/т чавуну за рахунок підвищення використання відновної та теплової енергії газового потоку та підвищення продуктивності печі біля 10 %.

Джерела інформації:

1. Ефименко Г.Г.Металлургия чугуна / Г.Г.Ефименко, А.А.Гиммельфарб, В.Е.Левченко. - К.: Вища школа, 1981. - 494 с
2. Тарасов В. П. Газодинамика доменного процесса / В. П. Тарасов. - М.: Metallurgia, 1990. - 216 с.
3. Long term operation with 200 kg / thm of pulverized coal injection rate at Kakogawa works // K. Kadoguchi, T. Goto, R. Ito, T. Yabata // Proceedings 3rd European Ironmaking Congress. (Gent. Belgium. 16-18.09.1996). -P. 72-81.
4. Ярошевский С.Л. Выплавка чугуна с применением пылеугольного топлива //С.Л.Ярошевский. - М.: Metallurgia. - 1988. - 176 с.
5. Работа доменных печей на увеличенной массе подачи / В. П. Лялюк, В. А. Шеремет, В. А. Листопадов [и др.] // Metallургическая и горнорудная промышленность. - 2011. - № 1. - С. 5-9.

6. Спосіб завантаження шихти в доменну піч: Патент на винахід № 51584 А С21В 7/00 // В. С. Бойко, Є. О. Царіцин, О. П. Малимон [та ін.]. -опубл. 15.11.2002. -Бюл. № 11.

7. Исследование газопроницаемости доменной шихты при различном расположении слоев компонентов / В. П. Русских, В. В. Семаков, Д. И. Гаврилоглу [и др.] // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* — 2015. - № I. - С. 13-16.

8. Томаш А. А. Методы достижения соответствия радиального распределения шихты и газов в доменной печи, оборудованной конусным загрузочным устройством / А. А. Томаш, В. П. Тарасов, Д. Е. Шапиро-Никитин // *Вісник Приазовського державного технічного університету.* - 2003.-Вип. 13.-С.9-13.

9. Русских В. П. Сопоставительный анализ показателей доменной плавки с применением в шихте окатышей различной основности // В. П. Русских, В. В. Семаков, С. В. Семчук / *Металл и литье Украины.* - 2015. - № 12. - С. 7-11.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

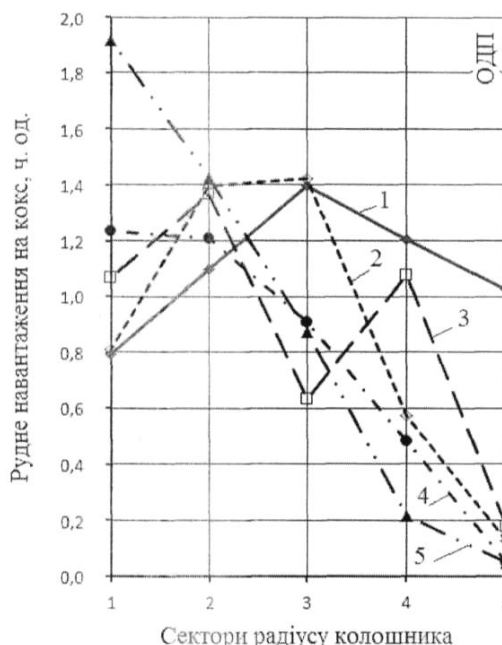
15

1. Спосіб завантаження доменної печі, що включає пошарове завантаження залізорудної шихти та коксу конусним завантажувальним пристроєм, який **відрізняється** тим, що при формуванні високих прошарків залізорудної шихти і коксу 50 % маси залізорудної шихти одного циклу подачі завантажують при досягненні заданого рівня засипання h відокремленою двоскіповою подачею, а решту - при перевищенні заданої температури кладки доменної печі під захисними плитами Δt більше за 100 °С, подають при досягненні h відокремленою двоскіповою подачею з подальшим завантаженням чотирискіпової подачі коксу без очікування досягнення h , а при перевищенні Δt до 100 °С решту залізорудної шихти завантажують при досягненні h першими двома скіпами змішаної чотирискіпової подачі, в якій останніми двома скіпами подають кокс, з подальшим завантаженням двоскіпової подачі коксу без очікування досягнення h .

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при наявності в залізорудній шихті котунів і агломерату, котуни подають у піч в одному скіпі з агломератом, попередньо завантажуючи їх на дно скіпа.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що при вмісті котунів у залізорудній шихті до 50 % (мас.) їх виключають з першого скіпа подачі.

30



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

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