



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **50438** (13) **U**
(51) МПК (2009)
C21C 5/00
F23C 1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОПАЛЮВАННЯ МАРТЕНІВСЬКОЇ ПЕЧІ

1

(21) u200912686

(22) 07.12.2009

(24) 10.06.2010

(46) 10.06.2010, Бюл. № 11, 2010 р.

(72) СУЩЕНКО АНДРІЙ ВІКТОРОВИЧ, ЛІВШИЦ
ДМІТРИЙ АРНОЛЬДОВИЧ, RU, ТРЕТЬЯКОВ ОЛЕКС
АНДР БОРИСОВИЧ, ЗІНЧЕНКО ЮРІЙ АНАТО
ЛІЙОВИЧ, КОВУРА ОЛЕКСАНДР БОРИСОВИЧ,
ЛЕНЦОВ ІГОР АЛЬБЕРТОВИЧ, ЮРЧЕНКО СЕР
ГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, КОЙФМАН ОЛЕКСАНДР АНА
ТОЛІЙОВИЧ, ТАУШАН ІВАН ІВАНОВИЧ, ЧЕРНЯК
ОЛЕКСАНДР ПАВЛОВИЧ, БУШНЕВ АНАТОЛІЙ
ЯКОВИЧ

(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "МЕ
ТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ "АЗОВСТАЛЬ", ПРИА

2

ЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕР
СИТЕТ

(57) Спосіб опалювання мартенівської печі, що містить подачу в робочий простір печі з двох протилежних сторін по черзі в режимі реверсування факела палива і окислювача з одночасним відведенням із робочого простору печі димових газів, а також відключення робочого простору печі від димового тракту з припиненням подачі палива і окислювача в піч в періоди реверсування факела, який **відрізняється** тим, що тривалість періоду відключення робочого простору печі від димового тракту з припиненням подачі палива і окислювача в піч знаходиться в межах від 5 до 60с.

Корисна модель відноситься до металургії, а саме - до мартенівського виробництва сталі.

Відомий спосіб опалювання мартенівської печі, що включає подання в робочий простір печі з двох протилежних сторін по черзі в режимі реверсування факела палива і окислювача (підігрітого у регенераторі вентиляторного повітря, а також інтенсифікатора горіння - стислого повітря чи кисню) з одночасним відведенням із робочого простору печі димових газів [1, стор.199-285].

При використанні відомого способу опалювання мартенівської печі застосування режиму реверсування факела дозволяє певною мірою інтенсифікувати процеси тепло- і масообміну в системі "склепіння печі - факел горіння палива - газова фаза - металева шихта (ванна)", підвищити ефективність використання палива, зменшити теплові втрати з димовими газами, що відходять, і поліпшити умови служби вогнетривів склепіння печі і насадок регенераторів.

Проте, при використанні відомого способу, тепловий коефіцієнт корисної дії печі в цілому залишається достатньо низьким. Це пов'язано з тим, що у високотемпературних агрегатах з факельним опалюванням, таких, як мартенівська піч, впродовж всієї плавки має місце значний перегрів поверхні об'єкту корисного теплосприймання (далі -

ОКТ) відносно внутрішніх його шарів. Залежно від періоду мартенівської плавки ОКТ - це металева шихта, ванна розплавленого металу, покритого шлаком, подина печі, шар заправних сипких матеріалів. В результаті мають місце надмірно великі втрати теплоти з робочого простору печі, перш за все - з газами, що відходять, перевитрата палива, важкі (теплонапружені) умови роботи вогнетривів склепіння печі і насадок регенераторів. Наявність перегріву поверхні ОКТ обумовлено істотною різницею термічних опорів процесу теплопередачі від джерела теплоти (факел, газова фаза печі, склепіння печі) до її основного споживача (внутрішні глибинні шари ОКТ). Внутрішній термічний опір значно перевищує зовнішній, а щільність теплового потоку, що передається теплопровідністю і слабоорганізованою конвекцією всередині ОКТ, набагато менше, ніж щільність теплового потоку, що передається випромінюванням і організованою конвекцією від зовнішнього джерела теплоти до поверхні ОКТ.

Відомий, вибраний як найближчий аналог, спосіб опалювання мартенівської печі, що містить подачу в робочий простір печі з двох протилежних боків по черзі в режимі реверсування факела палива і окислювача з одночасним відведенням із робочого простору печі димових газів, а також від-

(13) **U**
(11) **50438**
(19) **UA**

ключення робочого простору печі від димового тракту з припиненням подачі палива і окислювача в піч в періоди реверсування факела [2]. При цьому сукупність ознак "відключення робочого простору печі від димового тракту з припиненням подачі палива і окислювача в піч в періоди реверсування факела" названа в [2] режимом "термостатичної паузи".

При використанні відомого способу в періоди реалізації режиму "термостатичної паузи" можна здійснити певну синхронізацію процесів зовнішнього і внутрішнього теплообміну в системі "ОКТ - паливний факел - газова фаза печі - склепіння печі" без погіршення нагрівальної здатності печі. При цьому паливо і окислювач (вентиляторне повітря і інтенсифікатор горіння) в робочий простір печі не подаються, і питомі витрати їх на виробництво сталі зменшуються. Оскільки робочий простір печі відключається (ізолюється) від димового тракту, то теплові втрати печі (з газами, що відходять через відвідну головку, з газами, що вибиваються, і випромінюванням з вікон і лючків робочого простору та інші) у вказані періоди мінімальні. Крім того, зменшується перегрів поверхні ОКТ, що приводить до поліпшення умов роботи вогнетривів. Зменшується нерівномірність температурного поля у ванні печі і, як наслідок, підвищується якість сталі, що виплавляється.

Проте, при використанні відомого способу не визначений діапазон оптимальних значень тривалості періоду "термостатичної паузи" $\Delta\tau_{\text{тп}}$. Якщо величина $\Delta\tau_{\text{тп}}$ буде надмірно малою, то, не дивлячись на деяке ускладнення системи автоматичного управління реверсуванням факела (перекиданням клапанів), практично не буде помітний позитивний ефект від застосування режиму "термостатичної паузи". Якщо величина $\Delta\tau_{\text{тп}}$ буде надмірно великою, то це може привести до зниження нагрівальної здатності печі, погіршенню теплової роботи регенеративних насадок і навіть до виникнення аварійної ситуації, пов'язаної з переохолодженням рідкого металу в завершальний період плавки.

Отже відомий спосіб не забезпечує оптимальну організацію режиму "термостатичної паузи" (оптимальну тривалість періоду відключення робочого простору печі від димового тракту з припиненням подачі палива і окислювача в піч) в періоди реверсування факела при опалюванні мартенівської печі, в наслідок чого не використовуються повною мірою можливості вказаного режиму для підвищення ефективності використання палива, мінімізації питомих витрат енергоносіїв без зниження нагрівальної здатності печі, погіршення теплової роботи регенераторів і виключення виникнення аварійних ситуацій.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити відомий спосіб опалювання мартенівської печі, в якому за рахунок забезпечення оптимальної тривалості періоду "термостатичної паузи" підвищується ефективність використання палива і інших енергоносіїв, зменшуються тепловтрати із сталеплавильного агрегату, поліпшуються умови експлуатації вогнетривів склепіння печі і

насадок регенератора, зменшується вірогідність виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з переохолодженням металевого розплаву, що дозволить зменшити питомі витрати палива, окислювача, чавуну та вогнетривів, і, в остаточному підсумку, зменшити собівартість сталі, що виплавляється.

Рішення поставленої задачі здійснюється за рахунок того, що в способі опалювання мартенівської печі, що містить подачу в робочий простір печі з двох протилежних сторін по черзі в режимі реверсування факела палива і окислювача з одночасним відведенням із робочого простору печі димових газів, а також відключення робочого простору печі від димового тракту з припиненням подачі палива і окислювача в піч в періоди реверсування факела, відповідно до корисної моделі, тривалість періоду відключення робочого простору печі від димового тракту з припиненням подачі палива і окислювача в піч знаходиться в межах від 5 до 60с.

При тривалості періоду "термостатичної паузи" $\Delta\tau_{\text{тп}}$ від 5 до 60с на мартенівських печах промислового масштабу (садінням від 50 до 900т) унаслідок синхронізації процесів зовнішнього і внутрішнього теплообміну в системі "ОКТ - паливний факел - газова фаза печі - склепіння печі" забезпечується найбільш ефективне використання палива і має місце максимальне збільшення теплового ККД печі, мінімізація питомих витрат енергоносіїв (палива, інтенсифікатора горіння, електроенергії, що витрачається на вироблення вентиляторного повітря) без зниження нагрівальної здатності печі, погіршення теплової роботи регенераторів і виключення виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з переохолодженням рідкого металу. При цьому більше значення величини $\Delta\tau_{\text{тп}}$ із заявленого діапазону встановлюється на печах з високою нагрівальною здатністю (при швидкості нагріву рідкої ванни в період чистого кипіння не менш 1,5-2,0К/хв.), за наявності продувки ванни киснем, а також з метою зниження частоти реверсування факела при перегріві насадок регенераторів. Менше значення величини $\Delta\tau_{\text{тп}}$ із заявленого діапазону встановлюється на печах з низькою нагрівальною здатністю (при швидкості нагріву рідкої ванни в період чистого кипіння менше 1,0К/хв.), без використання продувки ванни киснем, а також при незадовільному стані склепіння печі і насадок регенераторів.

Якщо величину $\Delta\tau_{\text{тп}}$ встановлюють меншою 5с, то, не дивлячись на деяке ускладнення системи автоматичного управління реверсуванням факела (перекиданням клапанів), необхідне для автоматичної реалізації режиму "термостатичної паузи" в моменти реверсування факела, позитивний ефект від застосування вказаного режиму практично не буде помітний (величина економії палива знаходиться в межах погрішності статистичної обробки даних масивів дослідних і порівняльних плавок).

Якщо величину $\Delta\tau_{\text{тп}}$ встановлюють більшою 60с, то навіть для печей, що мають високу нагрів-

вальну здатність при хорошому стані склепіння і насадок регенераторів, це може привести до зниження нагрівальної здатності печі, погіршенню теплової роботи регенеративних насадок і навіть до виникнення аварійної ситуації, пов'язаної з переохолодженням рідкого металу в завершальний період плавки.

При використанні запропонованого способу опалювання мартенівської печі паливо (природний, коксовий чи інший паливний газ та/або мазут або інше рідинне паливо) подається у робочий простір печі через пальник підвідної сторони печі. У якості окислювача використовується вентиляторне повітря, та додатково може використовуватись інтенсифікатор горіння. Нагріте у підвідній насадці регенератора вентиляторне повітря подають у робочий простір печі через підвідну головку печі. У якості інтенсифікатора горіння може використовуватись технічний чи технологічний кисень або компресорне повітря. Інтенсифікатор горіння може подаватися одним або декількома струменями через пальник (в якому виконані окремі тракти для подання інтенсифікатора) та/або через торцеві або бокові водоохолоджувані фурми. Димові гази відводяться з робочого простору печі через відвідну головку, у відвідну насадку регенератора і далі через димовий боров в казан-утилізатор і димар. Підвідні і відвідні сторони печі (головки, пальники, насадки регенераторів і т.п.) міняються місцями відповідно після реверсування факела. Перекидання клапанів системи реверсування факела здійснюється автоматично за рахунок встановленої на печах системи автоматичного управління (далі - САУ) реверсуванням факела (перекиданням клапанів) - [1, стор.284]. Тривалість періоду між реверсуваннями факела зазвичай складає від 5 до 20 хвилин. В процесі реверсування факела (з одного боку печі на інший) САУ закриває засувки подачі палива, інтенсифікатора горіння, а також клапан подачі вентиляторного повітря на подавальній стороні і димовий клапан (або димовий шибер в залежності від конструктивного виконання печі) на відвідній стороні (це перша половина процесу реверсування факела), відкриває димовий клапан на новій відвідній стороні, клапан подачі вентиляторного повітря, а також засувки подачі інтенсифікатора горіння і палива на новій подавальній стороні (це друга половина процесу реверсування факела). Для реалізації запропонованого способу опалювання мартенівської печі в САУ реверсуванням факела вводяться невеликі зміни, що забезпечують установку (завдання) спеціального часу затримки ($\Delta\tau_{\text{тп}}$, рівного від 5 до 60с) між виконанням операцій першої і другої половини процесу реверсування факела. У періоди вказаного часу затримки при кожному реверсуванні факела реалізується режим "термостатичної паузи" тривалістю $\Delta\tau_{\text{тп}}$, що полягає у відключенні робочого простору печі від димового тракту при припиненні подачі енергоносіїв в піч. На мартенівських печах, де має місце застаріла релейна САУ реверсуванням факела, для реалізації вказаного часу затримки в електричну схему встановлюють додаткові 1-3 реле часу. На печах, де має місце сучасна САУ

реверсуванням факела (заснована на використанні контролерів або ЕОМ), для реалізації вказаного часу затримки вводять відповідне коректування в керуючу програму САУ. Режим "термостатичної паузи" з встановленим значенням $\Delta\tau_{\text{тп}}$ із заявленого діапазону (5-60с) включається і вимикається з пульта печі, де знаходяться всі основні керуючі ключі САУ реверсуванням факела. Там же розташовується задавач величини $\Delta\tau_{\text{тп}}$. При цьому режим "термостатичної паузи" може бути включений впродовж всієї плавки, а може тільки на її частині. Величина $\Delta\tau_{\text{тп}}$ може змінюватися (в межах заявленого діапазону значень) в залежності від періоду плавки і інших виробничих факторів. При використанні запропонованого способу опалювання на мартенівських печах, що працюють з продуванням ванни киснем через фурмені дуттєві пристрої, в періоди реалізації режиму "термостатичної паузи" подача дуття у ванну печі повинна автоматично вимикатися.

Запропонований спосіб пройшов дослідно-промислове випробування при опаленні 400-тонної мартенівської печі в умовах ВАТ "МК "Азов-сталь". Піч опалюється мазутом і природним газом високого тиску, які подаються в процесі мартенівської плавки у агрегат через газомазутний пальник підвідної сторони печі. Природний газ використовується в якості палива, а також як первинний і вторинний розпилювач мазуту. Вентиляторне повітря підігрівається в регенеративному теплообміннику та подається через підвідну головку печі. В результаті в робочому просторі печі формується факел, в якому здійснюються процеси взаємодії палива і окислювача. Для інтенсифікації процесу горіння палива та підвищення температури факела використовується інтенсифікатор горіння (стислий кисень), який подається зі сторони подання палива у вигляді потоку нижче газомазутного факела. Продування ванни киснем не здійснюється. Димові гази відходять із печі через відвідну головку, регенератор, боров, котел-утилізатор і димар. Залежно від періоду плавки теплове навантаження печі знаходиться в межах 85-200ГДж/годину, витрата інтенсифікатора горіння (кисню) 1,5-2,5тис.м³/годину, витрата вентиляторного повітря 40-80тис.м³/годину.

У САУ реверсуванням факела, засновану на релейній електричній схемі, було встановлено два додаткові реле, і за заявленим способом реалізувалося завдання часу затримки $\Delta\tau_{\text{тп}}$, що дорівнює від 5 до 60с - між виконанням операцій першої і другої половини процесу реверсування факела. При включенні (сталеваром з пульта печі) режиму "термостатичної паузи", спосіб реалізувався при кожному реверсуванні факела, а тривалість його складала $\Delta\tau_{\text{тп}}$ (встановлюється задавачем часу з пульта печі). Було проведено 5 порівняльних плавок без використання режиму "термостатичної паузи", середня швидкість нагріву рідкої ванни в період чистого кипіння W_t складала 1,9К/хв. Потім проведено 3 серії по 3 плавки з використанням режиму "термостатичної паузи" (впродовж всієї плавки) з тривалістю періоду "термостатичної паузи"

зи" $\Delta\tau_{\text{тп}}=90, 20$ і 2с відповідно. У першому випадку ($\Delta\tau_{\text{тп}}=90\text{с}$) величина W_t зменшилася і склала $1,5\text{К/хв.}$, що привело до збільшення середньої тривалості плавки і зниження продуктивності печі. У третьому випадку ($\Delta\tau_{\text{тп}}=2\text{с}$) отриманий ефект в економії палива знаходиться в межах погрішності статистичної обробки даних масивів дослідних і порівняльних плавок. У другому випадку (при $\Delta\tau_{\text{тп}}=20\text{с}$) отримана величина економії палива (мазут + природний газ) в перерахунку через умовне паливо $1\text{-}5\text{кг.у.п./т}$ сталі без зниження швидкості нагріву рідкої ванни в період чистого кипіння. Крім того, при цьому також отримана економія кисню у розмірі $0,4\text{-}2,4\text{м}^3/\text{т}$ сталі.

Використання запропонованого способу за рахунок забезпечення оптимальної величини тривалості періоду "термостатичної паузи" дозволяє підвищити ефективність паливо використання в

робочому просторі сталеплавильного агрегату, зменшити тепловтрати з нього, поліпшити умови експлуатації вогнетривів склепіння печі та насадок регенератора, зменшити вірогідність виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з "охладжуванням" металевго розплаву, що дозволить зменшити питомі витрати палива, інтенсифікатора горіння, електричної енергії і вогнетривів на виплавляння сталі, та, в остаточному підсумку, зменшити собівартість сталі, яка виплавляється.

Джерела інформації:

1. Общая металлургия / Е.В. Челищев, П.П. Арсентьев, В.В. Яковлев, Д.И. Рыжонков. - М.: Металлургия, 1971. - 480с.

2. Разработка и внедрение новых энергосберегающих способов отопления мартеновских печей ОАО "МК "Азовсталь" / А.В. Сущенко, А.И. Травинчев, А.В. Воробьев и др. // Металл и литье Украины. - 2001. - №10-11. - С.29-30.