



УКРАЇНА

(19) UA (11) 53956 (13) U
(51) МПК (2009)
C21B 5/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ ТЕПЛОВОГО СТАНУ НИЖНЬОЇ ЧАСТИНИ ДОМЕННІЙ ПЕЧІ

1

2

(21) u201004195

(22) 12.04.2010

(24) 25.10.2010

(46) 25.10.2010, Бюл. № 20, 2010 р.

(72) ДОВГАЛЮК БОРИС ПЕТРОВИЧ

(73) ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХ-
НІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ(57) Спосіб контролю теплового стану нижньої
частини доменної печі, який включає вимірювання
температури фурменних вогнищ та вологості дуття і
розрахунок корегованої температури фурменних

вогнищ, який **відрізняється** тим, що додатково
вимірюють витрату дуття, паливних добавок, тех-
нологічного кисню, температуру дуття і розрахо-
вують теоретичну температуру горіння, різницю
між нею і температурою фурменних вогнищ Δt , че-
рез кожні 10 хвилин порівнюють цю різницю з по-
переднім її значенням і визначають її зміну $\Delta = \Delta t(t) -$
 $\Delta t(t-1)$, за якою розраховують кореговану темпе-
ратуру фурменних вогнищ $T_{кр} = t_f + \Delta$, за якою прогно-
зують тепловий стан нижньої частини печі та вміст
кремнію в чавуні.

Корисна модель відноситься до чорної мета-
лургії, зокрема до доменного виробництва і може
бути використана для стабілізації теплового стану
доменної плавки.

Відомий спосіб контролю теплового стану ни-
жньої частини доменної печі за температурою фу-
рменних вогнищ [Мікрюков Б.Г., Капельистый А.И.,
Шуმიлов К.А. Некоторые вопросы автоматическо-
го контроля теплового состояния низа доменной
печи по информации о температуре фурменных
зон // Проблемы автоматизированного управления
доменным производством. К.: Наукова думка.
1974. - с. 107-117.]. Спосіб полягає в тому, що ви-
мірюють температуру фурменних вогнищ, за зна-
ченнями якої визначають вміст кремнію в чавуні.

Недоліком цього способу є те, що під час ко-
ливання температури і вологості дуття, витрати
природного газу та кисню визначати вміст кремнію
по температурі фурм не можливо, оскільки пряма
залежність вмісту кремнію в чавуні від температу-
ри фурм в таких випадках викривляється, і навіть
стає оберненою.

Відомий також спосіб прогнозування вмісту
кремнію в чавуні [патент України № 82305,
C215/00, 25.03.2008, бюл. № 6], відповідно якому
вміст кремнію в чавуні визначають за швидкістю
опускання шихтових матеріалів в осьовій зоні пе-
рерізу колошника доменної печі.

Недоліком цього методу є неможливість про-
гнозування теплового стану нижньої частини печі і
кремнію в чавуні при коливанні хімічного складу

шихтових матеріалів і коксу, температури фурме-
них вогнищ.

Найбільш близьким за технічною сутністю й
досягаємим результатом аналогом технічного рі-
шення, що заявляється, прийнятий за прототип, є
відомий спосіб контролю нагріву нижньої частини
доменної печі за температурою фурменної зони
[Клименко А.В., Довгальук Б.П., Илюнин С.Т. Кон-
троль нагрева нижней части доменной печи по те-
мпературе фурменной зоны // Контроль и регули-
рование параметров доменного процесса. К.:
Наукова думка, 1972. - с. 234-242.]. За цим спосо-
бом вимірюють температуру фурменних вогнищ t_f
та вологість дуття λ і розраховують кореговану
температуру значенням вологості дуття $T_{кор} = t_f + n\lambda$,
за якою визначають вміст кремнію в чавуні насту-
пного випуску (тут n - коефіцієнт, значення якого
може бути в межах 5...10).

Недоліком такого способу є те, що він не до-
зволяє визначати вміст кремнію в чавуні у випад-
ках коливання окиснення елементів чавуну на фу-
рмах, які спричиняються зміною температури і
вологості дуття, витрати природного газу та кисню.

Задачею корисної моделі є розробка способу
контролю теплового стану нижньої частини до-
менної печі, що дозволить з достатньою точністю
оперативно виявляти його відхилення від оптима-
льного, що відповідає заданому вмісту кремнію в
чавуні.

Технічний результат, що досягається при ви-
користання корисної моделі, полягає в підвищенні
точності оперативного прогнозування вмісту крем-

(13) U
53956
(11)
UA
(19)

нію в чавуні під час коливання окиснення елементів чавуну на фурмах та хімічного складу шихтових матеріалів і коксу, а також можливості оптимізації теплового режиму печі, забезпечені зменшення витрати енергоносіїв та збільшення продуктивності.

Поставлена задача досягається тим, що в способі контролю теплового стану нижньої частини доменної печі, який включає вимірювання температури фурмених вогнищ та вологості дуття і розрахунок корегованої температури фурмених вогнищ, додатково вимірюють витрату дуття, паливних добавок, технологічного кисню, температуру дуття і розраховують теоретичну температуру горіння, різницю між нею і температурою фурмених вогнищ Δt , через кожні 10 хвилин порівнюють цю різницю з попереднім її значенням і визначають її зміну $\Delta = \Delta t(t) - \Delta t(t-1)$, за якою розраховують кореговану температуру фурмених вогнищ $T_{кр} = t_{ф} + \Delta$, за якою прогнозують тепловий стан нижньої частини печі та вміст кремнію в чавуні.

Порівняння з прототипом показує, спосіб, що заявляється, відрізняється тим, що враховує зміну температури фурменого вогнища від коливання окиснення елементів чавуну на фурмах. Під час збільшення окиснення підвищується температура фурм, а вміст кремнію в чавуні зменшується за рахунок збільшення витрати тепла на повторне відновлення оксидів елементів чавуну нижче фурм. Тому пряма залежність вмісту кремнію від температури стає оберненою. Контролюючи різницю $\Delta t = t_m - t_{ф}$, її приріст $\Delta = \Delta t(t) - \Delta t(t-1)$ та визначивши $T_{кр} = t_{ф} + \Delta$, відновимо пряму залежність вмісту кремнію від $T_{кр}$, оскільки при цьому значення Δ має від'ємне значення і корегована температура $T_{кр}$ буде зменшуватися пропорційно зниженню вмісту кремнію.

Під час зменшення окиснення елементів чавуну на фурмах температура фурм зменшиться, а вміст кремнію зросте за рахунок зменшення витрати тепла на повторне відновлення оксидів елементів чавуну нижче фурм. Тому в таких випадках також пряма залежність вмісту кремнію від температури стає оберненою. Контролюючи різницю $\Delta t = t_m - t_{ф}$, її приріст $\Delta = \Delta t(t) - \Delta t(t-1)$ та визначивши $T_{кр} = t_{ф} + \Delta$, отримаємо пряму залежність вмісту кремнію від $T_{кр}$, оскільки при цьому значення Δ має додатне значення і корегована температура $T_{кр}$ буде збільшуватися пропорційно зростанню вмісту кремнію.

За прототипом, корегована температура на фурмах $T_{кор} = t_{ф} + n\lambda$ враховує вплив коливання окиснення елементів чавуну тільки під час збільшення вологості дуття.

Під час збільшення вологості за рахунок зменшення температури на фурмах знижується окислювальний потенціал фурмених вогнищ, внаслідок

чого зменшується окиснення елементів чавуну і температура на фурмах ще додатково знижується, а вміст кремнію зростає пропорційно вологості. За рахунок коефіцієнта λ кореговане значення $T_{кор}$ зростає синхронно із збільшенням вмісту кремнію, що і сприяє збереженню прямої залежності вмісту кремнію від $T_{кор}$.

Під час же зменшення вологості дуття за рахунок збільшення температури на фурмах збільшується окиснювальний потенціал фурмених вогнищ, внаслідок чого збільшується окиснення елементів чавуну і температура на фурмах ще додатково збільшується, а вміст кремнію зменшується і очікується обернена залежність вмісту кремнію від $t_{ф}$. При цьому коефіцієнт λ ще додатково збільшує $T_{кор}$, підсилюючи обернену залежність вмісту кремнію від $T_{кор}$.

Отже, за прототипом, корегована температура на фурмах $T_{кор}$ не враховує коливання окиснення елементів чавуну на фурмах, які викликані зменшенням вологості дуття, зміною витрати паливної добавки, кисню і температури дуття та іншими факторами. Тому за цим показником не можливо визначати вміст кремнію в чавуні з достатньою точністю.

Таким чином, у наявності причинно-слідчий зв'язок між сукупністю істотних відмітних ознак запропонованого способу контролю теплового стану нижньої частини доменної і технічними результатами, що можливо одержати при використанні винаходу в чорній металургії під час керування тепловим режимом доменної плавки.

Запропоновану корисну модель "Спосіб контролю теплового стану нижньої частини доменної печі" реалізують наступним чином.

Вимірюють значення технологічних параметрів: витрата дуття V_d , природного газу $V_{пг}$, пиловугільного палива $V_{пвп}$, технологічного кисню V_o , температуру фурмених вогнищ $t_{ф}$, температуру дуття t_d , його вологість λ ; вміст у чавуні кремнію та сірки, температура чавуну.

З усередненої інформації за 10 хв розраховують теоретичну температуру горіння t_m , середнє значення температури фурменної зони $t_{ф}$ та різницю між теоретичною температурою горіння і температурою фурмених вогнищ $\Delta t = t_m - t_{ф}$.

Через 20 хв за кожні 10 хв визначають приріст цієї різниці $\Delta = \Delta t(t) - \Delta t(t-1)$, що відображає зміну температури фурм від коливання окиснення елементів чавуну на фурмах, та кореговане значення температури фурмених вогнищ $T_{кр} = t_{ф} + \Delta$, за яким прогнозують тепловий стан нижньої частини печі та вміст кремнію в чавуні.

Наведені операції алгоритму виконуються також за усередненою інформацією за кожні 20, 30, 60 хв та за час між випусками чавуну.

Таблиця 1.

Приклади визначення Δ і $T_{кр}$.

$t_m, ^\circ\text{C}$	2000	2050	2100	2000	1900	1800	2000	2200	2300
$t_f, ^\circ\text{C}$	1800	1950	2050	2150	2150	2200	2200	2200	2200
$\Delta t, ^\circ\text{C}$	200	100	50	-150	-250	-400	-200	000	100
$\Delta, ^\circ\text{C}$		-100	-50	-200	-100	-150	200	200	100
$T_{кр}, ^\circ\text{C}$		1850	2000	1950	2050	2050	2400	2400	2300
Час	8-00	8-10	8-20	8-30	8-40	8-50	9-00	9-10	9-20

На 8-му годину: $t_m=2000^\circ\text{C}$, $t_f=1800^\circ\text{C}$, $\Delta t=2000-1800=200$.

На 8 г 10 хв: $t_m=2050^\circ\text{C}$, $t_f=1950^\circ\text{C}$, $\Delta t=2050-1950=100$, $\Delta=100-200=-100$, $T_{кр}=1950-100=1850$.

На 8 г 20 хв: $t_m=2100^\circ\text{C}$, $t_f=2050^\circ\text{C}$, $\Delta t=2100-2050=50$, $\Delta=50-100=-50$, $T_{кр}=2050-50=2000$.

На 8 г 30 хв: $t_m=2000^\circ\text{C}$, $t_f=2150^\circ\text{C}$, $\Delta t=2000-2150=-150$, $\Delta=-150-50=-200$, $T_{кр}=2150-200=1950$.

На 8 г 40 хв: $t_m=1900^\circ\text{C}$, $t_f=2150^\circ\text{C}$, $\Delta t=1900-2150=-250$, $\Delta=-250-(-150)=-100$, $T_{кр}=2150-100=2050$.

На 8 г 50 хв: $t_m=1800^\circ\text{C}$, $t_f=2200^\circ\text{C}$, $\Delta t=1800-2200=-400$, $\Delta=-400-(-250)=-150$, $T_{кр}=2200-150=2050$.

На 9 г 00 хв: $t_m=2000^\circ\text{C}$, $t_f=2200^\circ\text{C}$, $\Delta t=2000-2200=-200$, $\Delta=-200-(-400)=+200$, $T_{кр}=2200+200=2400$.

На 9 г 10 хв: $t_m=2200^\circ\text{C}$, $t_f=2200^\circ\text{C}$, $\Delta t=2200-2200=0$, $\Delta=0-(-200)=+200$, $T_{кр}=2200+200=2400$.

На 9 г 20 хв: $t_m=2300^\circ\text{C}$, $t_f=2200^\circ\text{C}$, $\Delta t=2300-2200=100$, $\Delta=100-0=+100$, $T_{кр}=2200+100=2300$.

Впровадження запропонованого способу контролю теплового стану нижньої частини доменної печі дозволить стабілізувати якість чавуну на необхідному рівні, заощадити витрату енергоносіїв на 1-1,5 %, та збільшити продуктивність доменних печей на 1-1,5 %.