



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 49344

(13) A

(51) 6 C21B7/24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИЯВЛЕННЯ ПРОГАРУ ОХОЛОДЖУВАНОГО ТЕПЛОВОГО АГРЕГАТА

1

2

(21) 2001117775

(22) 14 11 2001

(24) 16 09 2002

(46) 16 09 2002, Бюл. № 9, 2002 р.

(72) Топла Анатолій Андрійович, Нецветов Віктор  
Іванович, Туник Олег Анатолійович, Зосімова  
Вікторія Григорівна(73) Топла Анатолій Андрійович, Нецветов Віктор  
Іванович, Туник Олег Анатолійович, Зосімова  
Вікторія Григорівна(57) 1. Спосіб виявлення прогару охолоджуваного  
теплового агрегата, при якому вимірюють різницю  
температур вхідного та вихідного потоків охоло-  
джуючого агрегат холодоагента й визначаютьшвидкість зміни параметра, який відрізняється  
тим, що визначають швидкість зміни різниці тем-  
ператур вхідного та вихідного потоків охолоджу-  
ючого агрегат холодоагента, прогар стінки теплово-  
го агрегата реєструють при одночасному  
перевищенні заздалегідь визначених гранично  
припустимих значень різниці температур вхідного  
та вихідного потоків охолоджуючого агрегат холо-  
доагента та швидкості зміни цієї різниці2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що тем-  
пературу вимірюють пристроєм з часом установ-  
лення показання не більше заздалегідь визначе-  
ного часу прогару стінки даного теплового  
агрегата

Винахід відноситься до способів контролю те-  
плових процесів у металургії, зокрема, до способів  
контролю теплового стану доменних фурм, і може  
бути використаним у будь-яких теплових агрегатах  
із рідинним чи повтряним охолодженням

Відомі способи виявлення прогару повтряних  
фурм доменних печей з тиском води, яка охоло-  
джує фурми, меншим тиску пічних газів у фурменій  
зоні і для печей з тиском охолоджувальної води  
більшим тиску пічних газів

У випадку, коли тиск води, яка охолоджує  
фурму, менше тиску пічних газів у фурменій зоні, в  
основному використовують різні методи, засновані  
на виявленні пухирців газу у вихідній воді. Напри-  
клад, в А С СРСР № 230841, 1968 р. С 21В 7/10  
описано розділову посудину, у якій з появою газу у  
вихідній воді утворюється газове середовище з  
надлишковим тиском, що вказує на прогар фурми.  
Виявляють газове середовище акустичним мето-  
дом (А С ЧССР № 8143-71, 1975 р. МПК С 21 В  
7/10, С 21 В 7/24), оптичним методом по зміні спе-  
ктральних характеристик променя, який проходить  
крізь відводильну воду (а с СРСР № 836105,  
1981, МПК С 21 В 7/24), по зміні параметрів елект-  
ричного струму, який пропускають крізь відводи-  
льну воду (а с СРСР № 1488308, 1989 р., С 21 В  
7/24)

У випадку, коли тиск охолоджувальної води  
більше тиску пічних газів, прогар виявляють, на-

приклад, по зменшенню витрати води на виході  
фурми за допомогою індукційних витратомірів (а  
с СРСР № 1118686, МПК С 21 В 7/24, 1983 р.)  
Такий спосіб прийнятний тільки для доменних пе-  
чей, у яких тиск пічних газів у фурменій зоні менше  
тиску охолоджувальної фурму води при прогарі  
фурми частина водяного потоку попадає в піч, а  
зменшення потоку води на виході з фурми реєст-  
рується витратоміром. Однак, для доменних пе-  
чей, де тиск охолоджувальної фурму води менше  
тиску газів, цей спосіб неприйнятний, тому що у  
випадку прогару фурми потік води на її виході не  
зменшується, а в прогарний отвір із печі потрапляє  
газ. Крім того, індукційні витратоміри реєструють  
лише потік охолоджувальної води на вхідному та  
вихідному трубопроводах фурми, але ніяк не зміну  
теплового становища фурми. Прогар реєструють  
не прямо, а фіксуючи зменшення потоку, але ця  
зміна може бути обумовлена не тільки прогаром  
фурми, а звичайним поривом у системі охолоджу-  
вання

Найбільш близьким за сукупністю істотних  
ознак є спосіб контролю температури газів у фур-  
меній зоні (патент РФ № 2042715, С 21 В 7/24), що  
включає вимірювання температури носка фурми,  
швидкість її зміни, а також температуру охолоджу-  
вальної води на вході та виході з фурми. При цьо-  
му температуру газів у фурменій зоні визначають у  
залежності від температури носка фурми, швидко-

(13) A

(11) 49344

(19) UA

сті її зміни та різниці температур охолоджувальної води на вході та виході фурми. Спосіб дозволяє контролювати тепловий стан у фурменій зоні по обчислювальній температурі газів.

Цим способом неможливо установити факт прогару фурми тому, що обчислення температури газів у фурменій зоні по цьому способу не дозволяє визначити тепловий стан безпосередньо фурми, який відповідає її прогару. Вимірюваних у даному способі параметрів недостатньо для визначення факту прогару фурми. Для цього необхідно заздалегідь визначити характер зміни різниці температур охолоджувальної води на вході та виході фурми в процесі її прогару.

В основу винаходу поставлено задачу створення способу виявлення прогару охолоджуваного теплового агрегату. Технічний результат: раннє та безпомилкове виявлення прогару фурми або охолоджуваних стінок для будь-яких доменних печей і теплових агрегатів із рідинним або повітряним охолодженням.

Раннє та безпомилкове виявлення прогару охолоджуваного теплового агрегату, досягається тим, що вимірюють різницю температур холодоагенту на вході та виході теплового агрегату й швидкість зміни цієї різниці. Заздалегідь визначають значення різниці температури вхідного та вихідного потоків охолоджувального агрегату холодоагенту й швидкості зміни цієї різниці, які відповідають моменту прогару фурми. Прогар стінки теплового агрегату реєструють при одночасному перевищенні гранично припустимих значень різниці температури вхідного та вихідного потоків охолоджувального агрегату холодоагенту й швидкості зміни цієї різниці.

У кращому варіанті виконання способу температуру вимірюють прибором із часом установлення показання не більше заздалегідь визначеного часу прогару стінки даного теплового агрегату.

Сукупні з прототипом суттєві ознаки

вимірюють температуру вхідного та вихідного потоків охолоджувального агрегату холодоагенту, визначають різницю температури вхідного та вихідного потоків охолоджувального агрегату холодоагенту,

визначають швидкість зміни параметру

Нові суттєві ознаки

визначають швидкість зміни різниці температур вхідного та вихідного потоків охолоджувального агрегату холодоагенту (у прототипі – швидкість зміни температури носка фурми),

заздалегідь визначають різницю температур охолоджувального агрегату холодоагенту на вході та виході теплового агрегату, а також швидкість зміни цієї різниці, які відповідають моменту прогару охолоджуваного теплового агрегату,

прогар стінки теплового агрегату реєструють при одночасному перевищенні гранично припустимих значень різниці температури вхідного та вихідного потоків охолоджувального агрегату холодоагенту й швидкості зміни цієї різниці.

При виконанні способу реєструють коли різниці температури холодоагенту на вході та виході теплового агрегату  $\Delta t^\circ$  буде більше гранично припустимої величини  $\Delta t^\circ_{\text{крит}}$ . При цьому  $\Delta t^\circ_{\text{крит}}$  заздалегідь

пегідь визначається для конкретної конструкції теплового агрегату, (зокрема фурми) по факту прогару. Імовірність прогару реєструється по безупинному росту різниці температур вхідного та вихідного холодоагенту до критичного значення й подальшому різкому зниженню її після утворення прогарного отвору.

Використовуючи мало інерційні та досить чутливі датчики для виміру температури води на вході й виході теплового агрегату, можна визначати не тільки тепловий стан агрегату, але й момент прогару.

Відомо, що тривалість процесу прогару фурми від моменту зіткнення з тепловим джерелом, що має температуру та теплоємність, достатню для плавлення матеріалу фурми, до утворення прогарного отвору становить одиниці секунд.

Будь який тепловий агрегат, що містить охолоджувальну сорочку, так само як і водоохолоджувана фурма доменної печі, має аналогічний механізм прогару стінки охолоджувальної сорочки. У залежності від матеріалу стінки, її товщини, коефіцієнта теплопровідності, а також від умов охолодження та властивостей холодоагенту критична різниця температури холодоагенту на вході й виході, що відповідає прогару, буде різною, але однозначною для кожного теплового агрегату. Аналогічно і швидкість зміни різниці температур холодоагенту на вході й виході, що характеризує прогар для даного теплового агрегату, також буде однозначна.

Іноді при слабкому джерелі прогару виникає невеликий прогарний отвір, який протягом короткого часу (десятки і навіть одиниці секунд) може тимчасово зашлакуватися матеріалом джерела прогару, що утворює потенційно небезпечну зону. Тому для реєстрації процесів прогару, які швидко проходять необхідно робити вимірювання температури холодоагенту мало інерційними термодатчиками з часом установлення показань не більше однієї секунди.

Наприклад, як такі датчики можуть бути використані мало інерційні напівпровідникові мікросхемні генератори, де шпаруватість імпульсів є функцією температури. При цьому на відміну від аналогових термоперетворювачів (термопара, термоопір), такий цифровий перетворювач дозволяє істотно знизити рівень електромагнітних перешкод, і при малих розмірах (менше  $0,1\text{см}^3$ ) умонтовувати його в трубопровід холодоагенту.

Пропонований спосіб здійснюють так

Вимірюють температуру на вхідному й вихідному трубопроводах фурменого холодоагенту, реєструють різницю цих температур для кожної фурми і стежать за ходом її зміни в часі. У випадку прогару фурми або розриву її по зварювальному шву відбувається різке зростання температури вихідного з фурми потоку води, а, отже, і реєструємої різниці температур  $\Delta t^\circ = \Delta t^\circ_{\text{вих}} - \Delta t^\circ_{\text{вх}}$  до критичного значення. Причому, критичне значення різниці температур, що відповідає прогару визначається заздалегідь для даної конструкції фурми іншим відомим способом. Заздалегідь визначається і характер наростання і спаду різниці температур ( $\Delta t^\circ = \Delta t^\circ_{\text{вих}} - \Delta t^\circ_{\text{вх}}$ ) для прогарілої фурми чи

іншого теплового агрегату. Порівнюючи реєструєму різницю  $\Delta t^\circ$  і характер наростання  $\Delta t^\circ$  з наступним спадом із критичними параметрами при прогарі (рівень  $\Delta t^\circ_{\text{крит}}$ ), визначають факт прогару по одночасному перевищенню або досягненню цих критичних параметрів.

Заздалегідь визначити критичне значення різниці температур вхідного та вихідного холодоагенту й швидкість її зміни можна різними способами. Наприклад, на вхідний і вихідний трубопроводи холодоагенту встановлюють датчики температури і за допомогою перетворюючих

пристроїв візуалізують у вигляді графіка на екрані дисплея функцію «різниця температур» – «час». Якщо диспетчер (чи спеціально розроблена електронна відстежувальна система, наприклад, у вигляді комп'ютерної програми) фіксує різке збільшення  $\Delta t^\circ$  і наступний її спад, то це і є сигнал ймовірного прогару. Для затвердження абсолютного факту прогару черговий оператор (чи фахівець з обслуговування теплового агрегату) візуально визначає його по характерних ознаках (помутніння відхідної води, характерний шум поблизу фурми, «запотівання» спостережного скляного віконця й ін.). Існує прямий спосіб фіксації факту прогару. Під час технологічних пауз, наприклад, під час закінчення випуску чавуну, фурму з передбачуваним прогаром виймають і оглядають на предмет прогару. Зафіксована на графіку різниця температур буде опорним параметром для визначення прогару надалі.

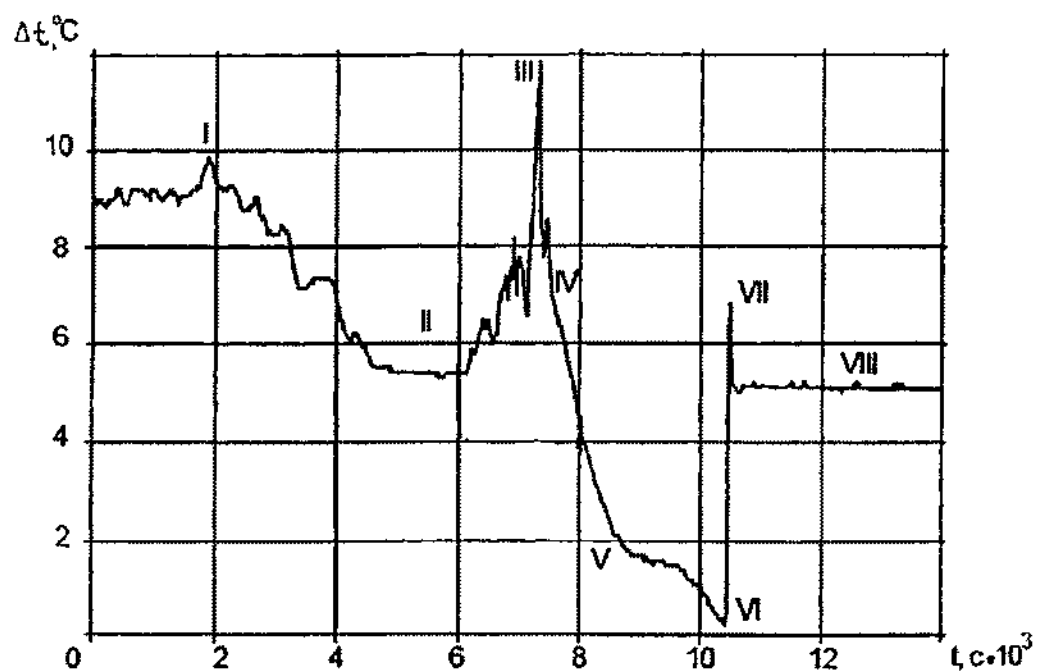
Другий опорний параметр – критична швидкість зміни різниці температур холодоагенту на вході та виході теплового агрегату – визначається як похідна за часом функції «різниця температур» – «час» у момент прогару. Далі на конкретному прикладі показаний момент прогару фурми, де  $\Delta t^\circ_{\text{крит}} = 12^\circ\text{C}$ , а похідна функції в області  $\Delta t^\circ_{\text{крит}}$  (крутість) дорівнює  $1^\circ\text{C}$  за 10 секунд.

По запропонованому способу розроблена й впроваджена на ВАТ «Алчевський металургійний комбінат» система контролю теплового становища повтряних фурм на доменній печі № 3, що дозволяє визначати прогар фурм.

На фігурі зображений графік зміни різниці температур води на вході та виході фурми. Ділянка I відповідає ситуації, коли потенційне джерело прогару підійшло близько до фурми і викликало підвищення різниці температур вхідного та вихідного потоків води до  $10^\circ\text{C}$ , але не призвело до прогару, тому що це значення менше критичного ( $12^\circ\text{C}$ ). Ділянку II можна інтерпретувати як відхід джерела перегріву та відновлення нормальної різниці температур ( $\approx 6^\circ\text{C}$ ). Точці III відповідає момент прогару фурми з

одночасним досягненням критичних значень різниці температур ( $12^\circ\text{C}$ ) і швидкості зміни  $\Delta t^\circ$  ( $1^\circ\text{C}$  за 10 секунд). При цьому оператором було замчено різке зменшення потоку води на виході фурми і «запотівання» оглядового віконця, що явно свідчило про прогар фурми. Ділянка IV характеризується різким зниженням температури води на виході фурми (відповідно і різким зниженням різниці температур). Як показав наступний огляд прогорілої фурми, отвір прогару був такий великий, що більша частина води потрапила у піч. Тому датчик температури на вихідному трубопроводі в більшому ступені прохолоджувався навколишнім повітрям, чим нагрівався малою кількістю відхідної води. Ділянка V відповідає процесу заміни фурми, точка VI – моменту початку подавання води в замінену фурму. Пік VII характеризує процес відводу тепла водою від рила заміненої фурми, яке встигло нагрітися. Нарешті, ділянка VIII відображає нормальний режим роботи заміненої фурми. На графіку є ділянки з різко вираженими змінами температур, де швидкість зміни різниці температур не менш ніж критична  $1^\circ\text{C}$  за 10 секунд (наприклад, пік VII, сплески поблизу точки III). Однак, значення різниці температур при цьому не досягають критичного значення  $12^\circ\text{C}$ . Лише при одночасному досягненні різниці температур і швидкості її зміни критичних значень (точка III) установлюється факт прогару фурми.

Пропонований спосіб дозволяє не тільки реєструвати прогар фурми, але і спостерігати динаміку теплового стану як кожної фурми окремо, так і фурменої зони в цілому.



---

ДП «Український інститут промислової власності» (Укрпатент)  
вул. Сим'ї Хохлових, 15, м. Київ, 04119, Україна  
(044) 456 – 20 – 90

---

ТОВ «Міжнародний науковий комітет»  
вул. Артема, 77, м. Київ, 04050, Україна  
(044) 216 – 32 – 71