



УКРАЇНА

(19) UA (11) 42894 (13) C2

(51) 7 C21B9/02

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

## (54) БЕЗШАХТНИЙ ПОВІТРОНАГРІВАЧ КАЛУГІНА

(21) 2000085116

(22) 10.08.1999

(24) 15.11.2001

(31) 99105667

(32) 29.03.1999

(33) RU

(86) PCT/RU99/00288, 10.08.1999

(46) 15.11.2001, Бюл. № 10, 2001 р.

(72) Калугін Яков Прокоп'євич, RU

(73) Калугін Яков Прокоп'євич, RU

(56) Ас. СРСР № 602555, кл. C21B9/02, опубл. 1978

(57) Безшахтний повітрянагрівач, що містить кожух, купол, футерівку, насадку, розташований над нею штуцер гарячого дуття, форкамеру, колектори газу і повітря, які мають штуцери, що їх підводять, і вихідні канали, який відрізняється тим, що форкамера розташована у верхній частині купола, спі-

ввісно з ним, і має кожух з футерівкою, виконаною незалежно від футерівки купола з самостійною опорою на кожух форкамери, штуцер гарячого дуття розташований над насадкою на відстані до його осі не менше за один діаметр його прохідного перерізу, колектори газу і повітря розташовані між кожухом і бічною стінкою футерівки форкамери один над іншим, а вихідні канали виконані у вертикальній бічній стінці футерівки форкамери з можливістю подачі газу і повітря безпосередньо в форкамеру, при цьому осі каналів верхнього ряду з нижнього колектора спрямовані до осі форкамери і зміщені вгору від горизонтальної площини на кут до 30°, а осі всіх інших каналів розташовані в горизонтальній площині і спрямовані під кутом 15-30° до радіусів форкамери, що проходять через центри їх вихідних перерізів.

Винахід відноситься до конструкції апаратів для нагріву повітряного дуття доменних печей і може бути використаний в області чорної металургії.

Відомі повітрянагрівачі з внутрішньою і зовнішньою камерами горіння, які мають ряд істотних недоліків. Відомі також повітрянагрівачі без камери горіння (безшахтні) з установленням пальникових пристроїв або форкамер на куполі повітрянагрівача (S.U. № 602555; S.U. № 926017; S.U. № 1315477A; JP № 48-4284; U.S. № 3473794), які є більш перспективними апаратами,

Найбільш близьким до винаходу, що пропонується, по технічній суті і сукупності ознак, є безшахтний повітрянагрівач (S.U. № 602555, кл. C21B9/02), який містить кожух, купол, футерівку, насадку, розташований над нею штуцер гарячого дуття, кільцеву форкамеру, виконану між футерівкою купола і насадковою камерою. У нижній частині форкамери розташовується багатосопловий пальник, під яким розташовуються кільцеві колектори газу і повітря, які мають патрубки і вихідні канали, що їх підводять. Вихідні канали перекриті зверху насадками для газу і повітря. Між насадками розташовані змішувальні камери пальників. На виході з пальника газоповітряна суміш, отримана в змішувальних камерах, загоряється і продукти горіння розповсюджуються в форкамері спочатку

вгору, потім на куполі міняють напрям на зворотний і надходять в насадку.

Доменні повітрянагрівачі відносяться до дорогих і енергомістких об'єктів. Тому основними вимогами до них є зниження експлуатаційних витрат і збільшення міжремонтного терміну служби. У зв'язку з цим відомий повітрянагрівач має ряд недоліків.

Пальник відомого повітрянагрівача повинен мати вельми високий гідравлічний опір як по газовому, так і по повітряному трактам, що пов'язано з перекриттям вихідних каналів насадками. Крім того, при виході газоповітряної суміші, що горить, із змішувальних камер з великою швидкістю також утворюється великий гідравлічний опір. Високий гідравлічний опір вимагає збільшення тиску газу перед повітрянагрівачами, установлення більш могутніх вентиляторів і веде до збільшення експлуатаційних витрат.

Інтенсивне перемішування і загоряння газу в змішувачах повинно привести до високого рівня температур в форкамері, що може спричинити зменшення її стійкості. Крім того, в газовий період в пальник подаються холодні газ і повітря. Кладка газових і повітряних насадок в пальнику буде мати великі перепади температур по товщині, що повинно призвести до її швидкого розтріскування і руйнуванню. Після відключення пальника в дут-

тьовий період кладка насадок буде інтенсивно нагріватися і при подальшому вмиканні пальника в газовий період буде вельми інтенсивно охолоджуватися, що викличе великі коливання температур кладки пальника і також буде спричиняти її руйнування.

Вхід продуктів горіння після повороту під куполом в насадку буде відбуватися прямим потоком, що буде призводити до нерівномірності розподілу продуктів горіння по насадці в газовий період з максимальними витратами в центрі і мінімальними на периферії. Це буде призводити до нерівномірного поля температур по насадці. З іншого боку, близьке розташування штуцера гарячого дуття до насадки буде призводити до нерівномірного поля температур в насадці в дуттьовий період. Внаслідок цього в насадці будуть виникати температурні напруження, які можуть призвести до її пошкодження.

Розташування форкамери між куполом і насадкою призводить до вельми істотної нестачі цієї конструкції. Виникає суперечність: з одного боку, для зменшення гідравлічних опорів потрібне збільшення перерізу форкамери і пальникових пристроїв, з іншого боку, збільшення перерізу форкамери призводить до збільшення поперечних розмірів повітрянагрівачів при тій же тепловій потужності, що утруднює їх установлення в габаритах існуючих блоків повітрянагрівачів на доменних печах.

В основу цього винаходу поставлена задача зменшення експлуатаційних витрат за рахунок зменшення гідравлічних опорів по газовому і повітряному трактах і за рахунок збільшення терміну служби повітрянагрівача без ремонту, особливо при високих температурах дуття.

Поставлена задача вирішується тим, що, у повітрянагрівачі, що містить кожух, купол, футерівку, насадку, розташований над нею штуцер гарячого дуття, форкамеру, колектори газу і повітря, які мають штуцери, що підводять їх, і вихідні канали, форкамера розташована у верхній частині купола соосно з ним і має кожух з футерівкою, виконаною незалежно від футерівки купола з самостійною опорою на кожух форкамери, штуцер гарячого дуття розташований над насадкою на відстані до його осі не менше за один діаметр його прохідного перерізу, колектори газу і повітря розташовані між кожухом і бічною стінкою футерівки форкамери один над іншим, а канали, що сполучаються з ним, виконані у вертикальній бічній стінці футерівки форкамери з можливістю подачі газу і повітря безпосередньо в форкамеру, при цьому осі каналів верхнього ряду з нижнього колектора спрямовані до осі форкамери і зміщені вгору від горизонтальної площини на кут до  $30^\circ$ , а осі всіх інших каналів розташовані в горизонтальній площині і спрямовані під кутом  $15-30^\circ$  до радіусів форкамери, що проходять через центри їх вихідних перерізів.

Виконання форкамери у верхній частині купола значно зменшує поперечні розміри повітрянагрівачів і робить їх рівними розмірам звичайних повітрянагрівачів з незалежною опорою кладки купола на кожух. Це вельми важливе, так як дозволяє вести реконструкції звичайних повітрянагрівачів в безшахтному варіанті по винаходу, що про-

понується, при існуючих габаритах блоків повітрянагрівачів.

Розташування штуцера гарячого дуття на відстані від насадки не менше за один діаметр його прохідного перерізу забезпечить хороший розподіл дуття по насадці, що повинно збільшити стійкість насадки.

Напрямі вихідних каналів безпосередньо в форкамеру з можливістю подачі туди газу і повітря, а також відсутність змішувачів і спалення газу безпосередньо в об'ємі форкамери значно зменшує гідравлічний опір повітрянагрівачів і експлуатаційні витрати.

При напрямі каналів під кутом  $15-30^\circ$  до радіусів в горизонтальному напрямі в форкамері утворюється закручений потік. Закручування виконує дві функції: з одного боку, воно інтенсифікує перемішування газу і повітря в форкамері і забезпечує повне вигорання газу до входу в насадку, а з іншого боку, воно поліпшує розподіл продуктів горіння по насадці. Однак при великих габаритах доменних повітрянагрівачів і великих витратах доменного газу при однаковому куті закручування всіх каналів перемішування може бути недостатнім для повного згорання газу до входу в насадку. Це пов'язано з тим, що на виході з форкамери утворюється два закручених потоки, які рухаються пошарово: в центрі - потік з верхнього колектора, по периферії - потік з нижнього колектора. При напрямі, згідно з винаходом, каналів верхнього ряду з нижнього колектора в радіальному напрямі їх струмені проникають до осі форкамери в зону іншого закрученого потоку і поліпшують перемішування, так що горіння повністю закінчується до входу в насадку. У той же час при напрямі каналів з інших рядів нижнього колектора під кутом  $15-30^\circ$  до радіусів зберігається загальне високе закручування потоку, що забезпечує повне вигорання газу до входу в насадку і рівномірний вхід потоку в насадку. При цьому вздовж стінки форкамери у каналів розташовується зона низьких температур, а в центрі - зона високих температур, що сприяє збільшенню стійкості кладки.

При цьому бажано, щоб верхні канали з нижнього колектора, спрямовані по радіусу, були ще спрямовані вгору під кутом до  $30^\circ$ , що, не змінюючи загального закручування, створює потік повітря (газу), спрямований до струменів газу (повітря), що виходять з верхнього колектора. Газові (повітряні) струмені, що мають значно більшу швидкість, ніж середня швидкість в форкамері, підсмоктують повітря (газ) вже при виході з каналів, що забезпечує раннє загорання газу у верхній частині форкамери, збільшує температуру кладки цієї частини в газовий період.

Внаслідок такого конструктивного виконання повітрянагрівача значно знижується його гідравлічний опір і зменшуються експлуатаційні витрати. Крім того, значно зменшуються поперечні розміри повітрянагрівача і стає можливим розмістити його в існуючих габаритах блоків при реконструкції повітрянагрівачів. Організація спалення газу не в спеціальних змішувачах, а в усьому об'ємі форкамери знижує загальний рівень температур в форкамері і зменшує коливання температур в її кладці, що повинно збільшити термічну стійкість кладки, зменшити її руйнування і збільшити міжремонтний

термін служби форкамери і повітрянагрівача. Вертикальне закручування потоку, що виходить з форкамери, поліпшує розподіл продуктів горіння по насадці, зменшує нерівномірність температур і можливість її пошкодження.

Сутність винаходу пояснюється графічними матеріалами, де надано:

фіг. 1 - загальний вигляд одного з можливих варіантів виконання безшахтного повітрянагрівача запропонованої конструкції, вертикальний розріз, де штуцери підведення газу і повітря і штуцер гарячого дуття умовно суміщені в одній площині;

фіг. 2 - розріз I-I на фіг. 1;

фіг. 3 - діаграма відносних швидкостей потоків у вертикальній площині перед входом в насадку: 1 - при радіальному напрямі всіх каналів в форкамері (потік без закручування, як в прототипі); 2 - при куті  $35^\circ$  між всіма каналами і їх радіусами (надмірне закручування); 3 - при положенні каналів згідно з винаходом, що пропонується; стрілкою вказаний напрям потоку до насадки;

фіг. 4 - залежність максимальної відносної нерівномірності швидкостей в каналах насадки (дутьовий період) від відносної відстані від насадки до осі штуцера гарячого дуття.

Згідно з фіг. 1 і 2 повітрянагрівач містить кожух 1, футерівку 2, насадку 3, розташований над нею штуцер гарячого дуття 4, купол 5, форкамеру 6, що має кожух 7 і футерівку 8, виконану незалежно від футерівки купола 5 з самостійною опорою 9 на кожух форкамери. Штуцер гарячого дуття 4 розташований над насадкою 3 на відстані до його осі не менше за 1 діаметр від його прохідного перерізу. У вертикальній стінці форкамери виконані канали для проходу газу 11 і повітря 12, 13 безпосередньо в форкамеру 6, що сполучаються з внутрішніми колекторами 14 і 15 і штуцерами 16 і 17 підведення газу і повітря. Осі каналів 11, 12 розташовані в горизонтальній площині під кутом  $\beta=15-30^\circ$  до радіусів, що проходять через центри їх вихідних перерізів. Осі каналів 13 верхнього ряду з нижнього колектора 15 спрямовані до осі повітрянагрівача 18 і зміщені вгору на кут до  $30^\circ$  від горизонтальної площини. Переважно, щоб у верхній колектор подавався газ, а в нижній - повітря, як це і показано на фіг. 1. Однак подача може бути і зворотною.

Описаний повітрянагрівач має істотні відмінності і працює таким чином.

У період нагріву насадки повітря для горіння по патрубку 17 подається в повітряний колектор 15, розташований всередині повітрянагрівача між кожухом 7 і футерівкою 8 форкамери 6 під газовим колектором 14, і через канали 12, 13 у вертикальній стінці 10 футерівки надходить в форкамеру 6. Газ по патрубку 16 подається в газовий колектор 14, розташований всередині повітрянагрівача між кожухом 7 і футерівкою 8 форкамери 6 над повітряним колектором 17, звідки через канали 11, розташовані у вертикальній стінці 10 футерівки, надходить в форкамеру. Струмені газу вже на виході з каналів 11 підсмоктують повітря, що знаходиться у форкамері, внаслідок чого відбувається загоряння газу у верхній частині форкамери від її кладки, розігрітої в період дуття. При напрямі верхнього ряду повітряних струменів по радіусу і

вгору на кут до  $30^\circ$  від горизонтальної площини умови початкового перемішування і загоряння газу і повітря поліпшуються. У верхній частині форкамери утворюється закручений потік газу, що горить. Як показали випробування на вогневому стенді, температура у верхній частині форкамери при цьому достатня для запалення газу.

При подальшому посуванні в цей потік впроваджуються спочатку радіально розташовані струмені повітря з каналів 13, забезпечуючи подачу повітря до центра газового потоку. Загальне закручування потоку при цьому зменшується. Потім в потік надходять струмені повітря з каналів 12, які подають повітря до периферійної частини потоку і знов збільшують закручування потоку. Внаслідок цього відбувається інтенсивне вигорання газу в форкамері, яке повністю закінчується в середині конусної частини купола.

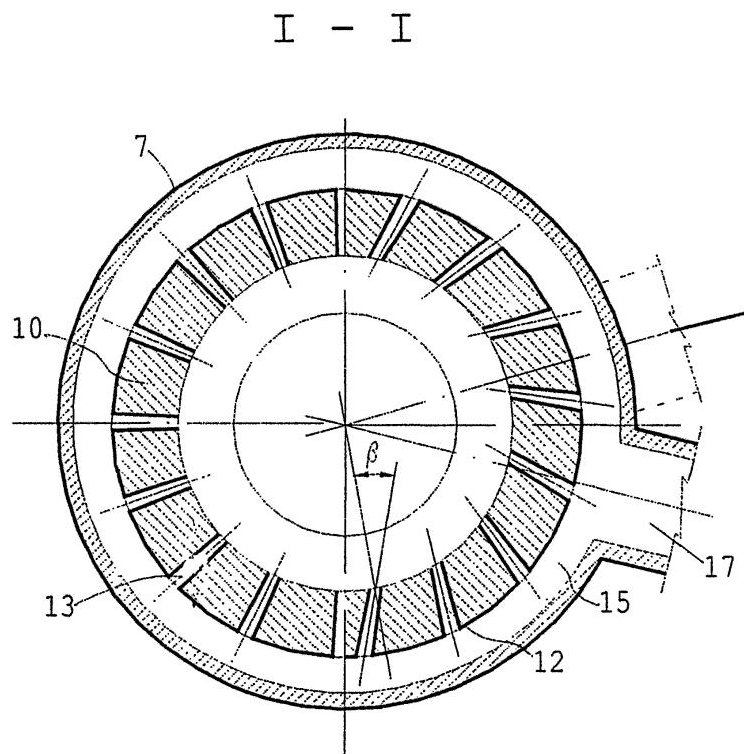
Розподіл продуктів горіння по насадці сильно залежить від закручування потоку. Як показали дослідження на аеродинамічному стенді, при напрямі всіх горизонтальних каналів радіально, утворюється прямо струмливий потік без закручування, як це має місце в прототипі. Найбільші швидкості при цьому спостерігаються в центральній частині перерізу насадки, а мінімальні - на периферії (фіг. 3, крива 1). Розподіл продуктів горіння по насадці виходить нерівномірним. Аналогічна картина виходить при напрямі каналів до радіусів під кутом меншим за  $15^\circ$ . При напрямі всіх горизонтальних каналів під кутом більшим за  $30^\circ$ , закручування стає надмірним, і найбільші швидкості спостерігаються в периферійній частині перерізу насадки, а мінімальні - в її центрі (фіг. 3, крива 2). Розподіл продуктів згоряння по насадці також нерівномірний. У обох випадках це призведе до зниження температури дуття, а також до пошкодження насадки і погіршення стійкості повітрянагрівача. При виконанні конструкції, згідно з винаходом, рівномірність розподілу потоків по насадці виходить величезною (фіг. 3, крива 3), що повинно забезпечити більш рівномірний розподіл температур по насадці і зменшити можливість її пошкодження.

У дутьовий період холодне дуття надходить в насадку 3 знизу і, проходячи її вгору, нагрівається. Нагріте дуття виходить під купол 5 і відводиться через штуцер гарячого дуття 4 до споживача, наприклад, в доменну піч. Як показали дослідження на аеродинамічному стенді (фіг. 4), при розташуванні штуцера гарячого дуття, згідно з винаходом, на відстані від насадки не менше за 1 діаметр його прохідного перерізу забезпечується хороша рівномірність розподілу дуття по насадці. При значенні відносної відстані від насадки менше за 1 діаметр спостерігається різке погіршення рівномірності розподілу потоків по насадці.

У період дуття, внаслідок високої температури гарячого дуття, у форкамері підтримується температура кладки, достатня для запалювання газу в газовий період. Однак загальний рівень температур і перепад температур в кладці форкамери між газовим і дутьовим періодами буде менше, ніж в форкамері по прототипу, що повинно забезпечити високу термічну стійкість кладки форкамери. Поліпшення розподілу продуктів горіння по насадці зменшує нерівномірність температур і можливість її руйнування.

Все це дозволяє збільшити мікрремонтний термін служби повітрянагрівача запропонованої конструкції і зменшити експлуатаційні витрати.

Винахід може бути використаний не тільки в чорній металургії для нагріву дуття доменних печей, але також в енергетиці для нагріву теплоносія (повітря, газу) до високих температур.



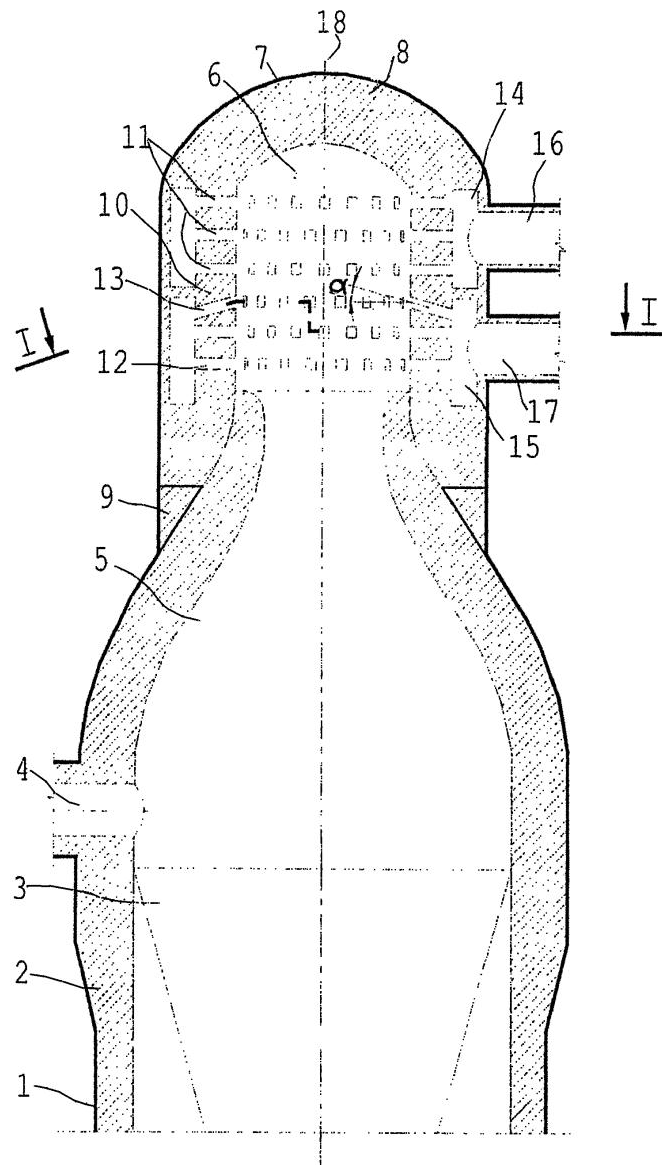


Fig. 2

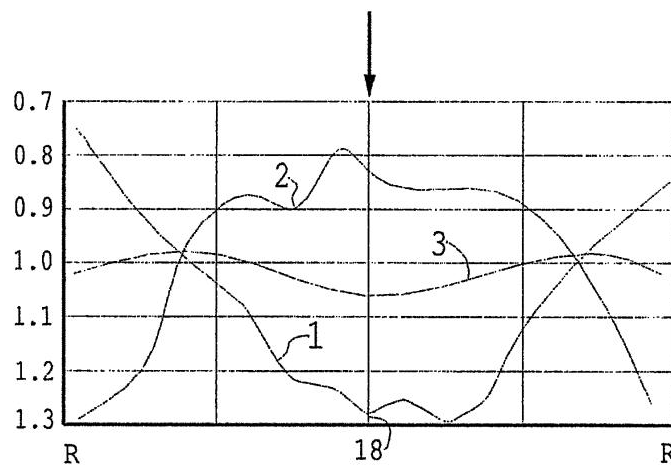
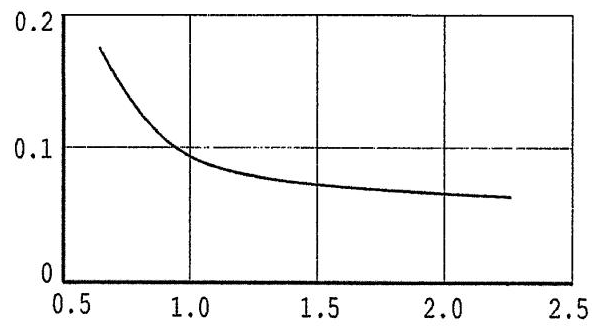


Fig. 3

42894



**Фіг. 4**

---

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)  
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26  
(044) 295-81-42, 295-61-97

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2002 р. Формат 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.  
(044) 268-25-22

---