



УКРАЇНА

(19) UA (11) 33984 (13) A

(51) 6 C21B7/16

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

(54) ФУРМА ДОМЕННОЇ ПЕЧІ

(21) 99052580

(22) 07.05.1999

(24) 15.02.2001

(33) UA

(46) 15.02.2001, Бюл. № 1, 2001 р.

(72) Андреев Євген Опанасович, Грищенко Микола Миколайович, Івін Віталій Федорович, Козак Володимир Володимирович, Смірнов Борис Миколайович, Стеценко Іван Дмитрович

(73) Дніпропетровський державний технічний університет залізничного транспорту

(57) Фурма доменної печі, що має в носовій частині канал для охолоджуючої рідини у вигляді закінченої спіралі, яка **відрізняється** тим, що в поперечному перерізі канал має форму чотирикутника з ребрами на теплообмінній поверхні, а товщина стінки між суміжними витками спіралі складає 3...7,6 мм, причому спіраль має ліву або праву навівки при рухові теплоносія в носку відповідно за годинниковою чи проти годинникової стрілки, якщо дивитись на фурму з боку її носка.

Винахід відноситься до металургії і, зокрема, доменного виробництва, де може бути використаний як пристрій для подачі дуття в доменну піч або для випуску шлаку із доменної печі.

Працюючи в умовах екстремальних теплових навантажень, водоохолоджувальні мідні фурми піддаються дії розплавлених і перегрітих продуктів доменної плавки - шлаку і чавуна, в результаті чого руйнуються. Заміна зруйнованих фурм на нові потребує певного часу і пов'язана із зупинкою доменного процесу. Тому збільшення строку експлуатації фурми прямо пов'язано із зростанням продуктивності праці, зменшенням трудових витрат, економією матеріалів.

Відома фурма доменної печі, яка складається із порожнистої конструкції, що утворює внутрішній наскрізний робочий канал. В порожнину фурми через трубку під тиском подається охолоджуюча вода, яка потім відводиться через іншу трубку (див. Немировский И. А., Бабушкин, Н. М. Тепловой режим работы шлаковых фурм доменных печей. В сб. Повышение производительности и экономичности работы тепловых металлургических агрегатов. - М., 1982. - С. 46-49). Теплова стійкість таких фурм низька, тому що в них поверхня теплообміну не розвинута, а потік охолоджуючої рідини не організований.

Найбільш близьким аналогом (прототипом) рішення, що заявляється, є фурма доменної печі за авторським посвідченням СРСР № 1191467 МКЛ С21В7/16, опубл. в БИ № 42, 15.11.85 р.

На відміну від попередньої, в цій фурмі в носовій частині є трубчаста спіраль, ось якої лежить в площині перпендикулярній осі фурми. Інтенсифікація охолодження відбувається завдяки відтис-

ненню відцентровими силами рухомої води до зовнішніх стінок витків спіралі. При цьому максимум швидкостей потоку також зміщується до зовнішніх стінок витків, завдяки чому змивається приграничний ламінарний шар води, який створює значний термічний опір тепловому потокові, в результаті чого підвищується тепловіддача до охолоджуючої води.

Суттєвими недоліками прототипу є:

Витки спіралі в поперечному перерізі мають форму круга. Від цього максимальна швидкість рідкого теплоносія зміщується до найвіддаленішої від осі спіралі ділянки поверхні теплообміну, що послаблює інтенсивність теплообміну в інших місцях, зокрема, між витками спіралі.

Охолоджувана поверхня каналів спіралі гладка, не розвинута і тому має знижену здатність до теплообміну.

Напрямок руху теплоносія не узгоджений з напрямком руху рідких продуктів плавки, що не дає можливості використати переваги охолодження методом протитечії.

Ці недоліки знижують теплову стійкість фурми і продуктивність доменного виробництва в цілому.

В основу винаходу покладено технічне рішення задачі з удосконалення теплообміну в фурмі доменної печі.

Суть запропонованого технічного рішення полягає в тому, що:

В поперечному перерізі спіральний канал має форму чотирикутника з ребрами на теплообмінній поверхні. Така форма каналу забезпечує однакову відстань поверхні теплообміну від осі спіралі, а значить, і однакову швидкість руху теплоносія під дією відцентрової сили.

(19) UA (11) 33984 (13) A

Наявність ребер на теплообмінній поверхні збільшує їх загальну площу і створює умови для кипіння рідини. Пара, що утворюється в міжреберних щілинах, під дією ежекції з великою швидкістю аперіодичними імпульсами викидається в потік води, викликаючи інтенсивну турбулізацію недогрітої до кипіння води основного потоку і конденсуючись в ньому. Досвід показує, що навколо зребреної стінки не утворюється стійкого шару парорідинної суміші із значним вмістом пари, що суттєво полегшує доступ рідини в щілини.

Товщина стінки між суміжними витками спіралі становить 3-7,6 мм. Цей висновок одержано на основі розрахунків з використанням закону Фур'є

$$\delta = \frac{\lambda \cdot \Delta T}{q}$$

де  $\delta$  - товщина базової стінки в метрах;  
 $\lambda = 3,8 \cdot 10^{-2}$  - Вт/м град. - коефіцієнт теплопровідності міді;

$\Delta T$  - перепад температур в базовій стінці в градусах за Цельсієм.

$$\Delta T = T_n - T_b = 600 - 100 = 500^\circ \text{C}.$$

Тут

$T_n$  - температура зовнішньої поверхні. За умовами механічної і теплової стійкості мідних фурм вона не повинна перевищувати  $600^\circ \text{C}$ .

$T_b$  - температура кипіння води при нормальних умовах, дорівнює  $100^\circ \text{C}$ .

$q$  - щільність теплового потоку, що діє на поверхню фурми при попаданні на неї чавуна та шлаку.

Дослідження показують (див. Стеценко І. Д., Гаврилов Е. Е., Івин В. Ф., Вавилова Н. Н., Шмалій В. І. Теплообмен при воздействии жидкого чугуна на медный охлаждаемый элемент // Металург. - 1988. - № 8. - С. 23), що його величина досягає близько  $5 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>.

Підставляючи числові дані в рівняння, одержуємо:

$$\delta = \frac{3,8 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^7}{5 \cdot 10^7} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,8 \text{ мм}$$

Оскільки стінка між витками спірального каналу охолоджується з двох боків, то максимальна її товщина становить 7,6 мм, тобто в два рази більше. Зрозуміло, що зменшення товщини стінки підвищує її теплову стійкість. Але при товщині стінки менше за 3 мм виникають труднощі з відливанням фурми внаслідок погіршеної заповнюваності ливарної форми рідким металом. Крім того, міцність надто тонкої стінки стає недостатньою.

Спіраль має ліву або праву навивки при рухові теплоносія в носку фурми відповідно за годинниковою чи проти годинникової стрілки, якщо дивитись на фурму з боку її носка.

Цією конструктивною особливістю фурми забезпечується рух охолоджуваної рідини завжди назустріч рухові рідких продуктів доменної плавки - шлаку і чавуна. Таке охолодження, як відомо, на

10-12% більш ефективно порівняно з охолодженням, коли обидва теплоносії рухаються в одному напрямку.

Запропоноване технічне рішення пояснюється кресленнями, де на фіг. 1 зображено поздовжній переріз фурми, а на фіг. 2 - переріз носка фурми в площині осі спіралі.

Фурма складається із зовнішнього 1 і внутрішнього 2 конічних стаканів, сполучених між собою носком 3 та фланцем 4, трубок 5 і 6 відповідно для підведення та відведення охолоджуючої води. В носку фурми є трубчаста спіраль 7, вісь якої 8 направлена по колу носка і розташована в площині, перпендикулярній осі фурми. Канали спіралі 9 мають в перерізі чотирикутну форму з ребрами 10 на охолоджуваній поверхні і перегородками між витками 11.

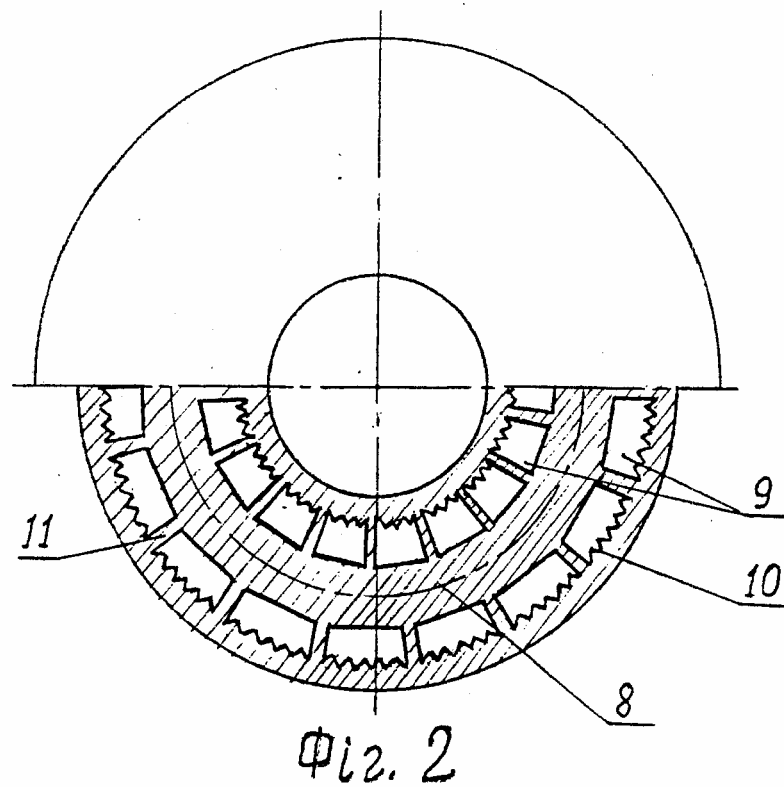
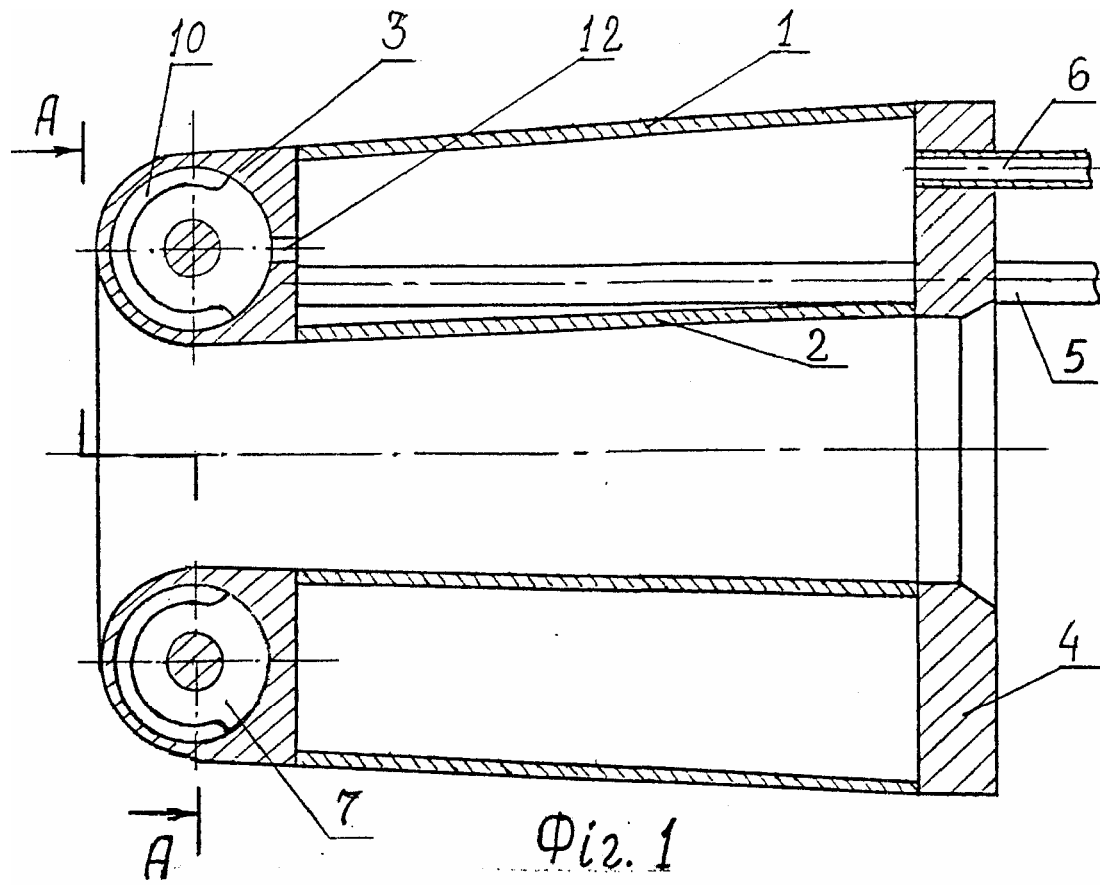
Трубка 5 для підведення води сполучена з одним із кінців трубчастої спіралі 7 і є її продовженням, інший вільний кінець 12 спіралі 7 виведений в порожнину фурми.

Робота фурми полягає в подачі гарячого дуття 9 горн доменної печі для підтримання горіння коксу або для випуску шлаку із горна. В обох випадках найактивнішими джерелами тепла, що діє на фурму, є рідкі продукти плавки - шлак і чавун. Останній невеликими порціями захоплюється шлаком. Найбільш вразливою ділянкою фурми є її носова поверхня - торцева і на вході в робочий канал. При цьому найсильніший тепловий вплив, наслідком якого може проплавлення стінки фурми, має чавун.

Охолодження фурми відбувається у такий спосіб.

Охолоджуюча вода подається через трубку 5, сполучену із закільцьованою спіраллю 7. Рухаючись по спіральному каналу вода відтісняється під дією відцентрових сил до зовнішніх стінок витків. Наявність ребер на охолоджуваній поверхні та прямокутна форма каналів забезпечують високо-ефективне та рівномірне її охолодження. Товщина стінки між суміжними витками спірального каналу, що дорівнює 3-7,6 мм, виключає можливість проплавлення стінки фурми у цій ділянці. Форма спіралі у вигляді лівої чи правої навивки при рухові теплоносія відповідно за годинниковою чи проти годинникової стрілки, якщо дивитися на фурму з боку її носка, забезпечує додаткове охолодження за рахунок протитечії. Із закільцьованого спірального каналу частково підігріта вода через вільний отвір 12 поступає у порожнину фурми для охолодження зовнішнього і внутрішнього стаканів, де теплові потоки значно менші, ніж в носовій частині.

Винахід може бути використаний на металургійних підприємствах, де є доменні цехи, наприклад, на Дніпропетровському металургійному заводі ім. Петровського. Його впровадження не потребує суттєвих додаткових коштів.



---

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

---

Підписано до друку \_\_\_\_\_ 2001 р. Формат 60х84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

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

---