



УКРАЇНА

(19) UA (11) 44960 (13) A

(51) 6 C21D6/09, C21D9/08, F28D15/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВІНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ КОМПАКТНОЇ ТА ПОРИСТОЇ МІДІ

1

2

(21) 99052909

(22) 25 05 1999

(24) 15 03 2002

(46) 15 03 2002, Бюл. № 3, 2002 р.

(72) Ніщик Олександр Павлович, Руденко  
Олександр Ігоревич(73) Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут"(57) Спосіб термічної обробки компактної та  
пористої міді, що включає нагрівання на повітрі  
при температурі 300°C протягом 2 годин, який  
відрізняється тим, що проводять попереднє  
нагрівання в вакуумі або в середовищі інертного  
газу, а після охолодження до кімнатноїтемператури проводять нагрівання на повітрі в  
інтервалі температур від

$$t_{\min} = 215,53 \tau^{0,39} + 173,64$$

до

$$t_{\max} = 526,36 \tau^{0,49} + 173,64,$$

попереднє ж нагрівання проводять протягом

$$\tau_{\text{поп. нагр.}} = 6,26 \cdot 10^{15} t^{4,89},$$

де

 $t_{\min}, t_{\max}$  - максимальна і мінімальна температури  
нагріву, °C, $t$  - температура попереднього нагрівання, °C, що  
змінюється в інтервалі  $0,4t_{\text{пл}} \div 0,94t_{\text{пл}}$ , $t_{\text{пл}}$  - температура плавлення міді, 1083°C, $\tau, \tau_{\text{поп. нагр.}}$  - час нагрівання, час попереднього  
нагрівання, хв

Винахід відноситься до області теплотехніки, а  
більш конкретно - до технології теплових труб і  
може бути використаний в дослідному і серійному  
виробництві теплообмінних поверхонь і теплових  
труб для потреб промислової енергетики,  
космічної техніки, суднобудування, хімічної  
промисловості

В якості прототипу вибраний спосіб термічної  
обробки пористих мідних ґнотів (див. статтю М. Г.  
Семена, А. Г. Косторнов, А. Н. Гершуни, В. К.  
Зарипов. Исследования краевых углов  
смачивания фитилей низкотемпературных  
тепловых труб - Инженерно - физический журнал,  
1975 - т. 23, № 2, с. 219). Пористі мідні ґноти  
нагрівають на повітрі при температурі 300°C на  
протязі двох годин. Спосіб дозволяє отримати  
окисну плівку на поверхні металу, що покращує  
капілярно - транспортні характеристики ґнотів.

Недоліками даного способу є значна величина  
краєвого кута змочування при контакті з  
низькотемпературними теплоносіями, а також  
невеликий строк збереження початкових  
характеристик в умовах підвищених температури  
та вологості. Ці недоліки обумовлені тим, що окис-  
на плівка, яку формують по способі - прототипі, не  
тільки не має рівномірної по поверхні товщини,  
але й може містити порушення суцільності в

місцях знаходження на поверхні металу до  
термічної обробки локальних дефектів будови  
(виходи вакансій, дислокацій, пори), а також  
абсорбованих молекул (наприклад жиркових). Крім  
того, нагрівання металу з непідготовленою  
поверхнею, що містить природні окисли міді  
нерегулярної структури, веде до утворення  
дефектної окисної плівки, що формується на  
проміжному шарі окислів, адсорбованих молекул і  
недоліків кристалічної решітки і повторює ці  
недоліки. Наявність жиркових молекул приводить  
до локальних коливань змочуваності, а отже і до  
збільшення інтегрального краєвого кута змочу-  
вання. В свою чергу, наявність проміжного шару  
між поверхнею металу і утвореною окисною  
плівкою веде до її низької стійкості і малого строку  
служби.

В основу винаходу поставлено задачу  
створення способу термічної обробки компактної  
та пористої міді, в якому нова послідовність та  
режими проведення операцій дозволили б  
сформувати рівномірну по товщині, міцно  
скріплену з поверхнею металу, окисну плівку, та  
забезпечити практично ідеальне змочування (при  
величині краєвого кута змочування близького по  
величині до нуля) і великий ресурс в середовищі  
низькотемпературних теплоносіїв.

(13) A

(11) 44960

(19) UA

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в способі термічної обробки компактноі та пористоі міді проводять попереднє нагрівання в вакуумі або в середовищі інертного газу, після охолодження до кімнатної температури проводять нагрівання на повітрі в інтервалі температур від  $t_{\min} - 215,53 t^{0,39} + 173,64$  до  $t_{\max} - 526,36 t^{0,49} + 173,64$ , попереднє ж нагрівання проводять протягом  $t_{\text{поп нагр}} - 6,26 \cdot 10^{15} t^{4,89}$ , де  $t_{\max}$ ,  $t_{\min}$  - максимальна і мінімальна температури нагріву, °С,  $t$  - температура попереднього нагрівання °С, що змінюється в інтервалі  $0,4 t_{\text{пл}} - 0,94 t_{\text{пл}}$ ,  $t_{\text{пл}}$  - температура плавлення міді, 1083°С,  $T$ ,  $t_{\text{поп нагр}}$  - час нагрівання, час попереднього нагрівання, хв

Попереднє нагрівання в вакуумі або в середовищі інертного газу, нагрівання на повітрі після охолодження до кімнатної температури в інтервалі температур від  $t_{\min} - 215,53 t^{0,39} + 173,64$  до  $t_{\max} - 526,36 t^{0,49} + 173,64$ , причому попереднє нагрівання проводять протягом  $t_{\text{поп нагр}} - 6,26 \cdot 10^{15} t^{4,89}$ , дозволяє створити умови для формування рівномірної по товщині, що міцно скріплена з поверхнею металу, окисної плівки, практично ідеальне змочування (величина краевого кута змочування близька до нуля) та великий ресурс в середовищі низькотемпературних теплоносіїв. Відомо, що природна окисна плівка на поверхні металів, включаючи мідь, неоднорідна, має розвинутий рельєф, пори, дефекти кристалічної решітки (див, наприклад, книгу Н. Ф. Казаков Диффузионная сварка материалов М. Машиностроение, 1976 С. 32, 33). Послідуюче окислення поверхні міді при температурах вищих від кімнатної не змінює рельєфу поверхні металу, але приводить до періодичного утворення тріщин в шарі окису з подальшим просуванням процесу окислення в глибину металу (див, наприклад, статтю Н. П. Деев, М. И. Кочнев О структуре медной окислы и механизме окисления меди - Доклады Академии Наук СССР, 1952 т. LXXXV, № 3 - с. 565). В той же час попереднє нагрівання міді в вакуумі чи в середовищі інертного газу дозволяє зняти шар природних пористих окислів, структурних недоліків, "залікувати" пори в компактному металі, згладити рельєф поверхні і одержати при послідовному нагріванні на повітрі при реалізації запропонованого способу міцно скріплену з поверхнею металу, рівномірну по товщині, однорідну плівку окислу, ще суттєво зменшує краєвий кут змочування низькотемпературними теплоносійми поверхні міді. Стійкість отриманої окисної плівки в середовищі низькотемпературних теплоносіїв при підвищених температурах, при яких відбуваються процеси теплообміну, є високою за рахунок її рівнотовщинності по всій поверхні металу, однорідності, міцного зв'язку з основним металом за рахунок високої адгезії. Під час попереднього нагрівання усуваються розчинені в міді гази, природні окисли міді недосконалої будови, інші

забруднення, а також "заліковуються" дрібні пори, структурні дефекти (дислокації, вакансії).

Технічна суть запропонованого способу пояснюється кресленням.

На кресленні показаний корпус теплової труби 1, на внутрішній поверхні якого розміщений пористий матеріал 2.

При реалізації способу корпус 1 разом з пористим матеріалом 2, наприклад виготовленим з металічних (з міді) дискретних волокон малого діаметру (20 - 70 мкм), обезжирюють згідно з відомими методиками (див, наприклад, книгу Вайнер Я. В., Дасоян М. А. Технология электрохимических покрытий - Л. Машиностроение, 1972 - 464 с.) і завантажують в вакуумну або муфельну піч. Після відкачування повітря з робочого простору вакуумної печі або заповнення захисної оболонки муфельної печі інертним газом, наприклад аргонном, проводять попереднє нагрівання корпусу разом з пористим матеріалом протягом 10 хв 8224 год в температурному інтервалі 269°С - 1018°С. При цьому більшій температурі попереднього нагрівання, що вибирається з інтервалу 269°С - 1018°С, відповідає менший час нагрівання і навпаки відповідно залежності  $t_{\text{поп нагр}} - 6,26 \cdot 10^{15} t^{4,89}$ . Під час попереднього нагрівання усуваються розчинені в міді гази, природні окисли міді недосконалої будови, інші забруднення, а також "заліковуються" дрібні пори, структурні дефекти (дислокації, вакансії), що завжди присутні на поверхні металу. Після попереднього нагрівання трубу з пористим матеріалом охолоджують разом з вакуумною чи муфельною піччю до кімнатної температури, після чого розміщують її в робочому просторі нагрівальної печі, де нагрівають на повітрі при температурі  $t$  протягом часу, які вибирають з залежностей  $t_{\min} - 215,53 t^{0,39} + 173,64$  і  $t_{\max} - 526,36 t^{0,49} + 173,64$ . При цьому отримують міцно скріплену з поверхнею металу, рівномірну по товщині, однорідну окисну плівку.

Вказані операції і режими їх проведення забезпечують одержання стабільної окисної плівки як на внутрішній, так і на зовнішній поверхні корпусу теплової труби і тим самим дозволяють реалізувати задачу запропонованого технічного рішення.

Запропоноване технічне рішення дозволяє, в порівнянні з прототипом, отримати стабільну окисну плівку з близьким до нуля краєвим кутом змочування при одночасно високій тривалій стійкості в середовищі низькотемпературних теплоносіїв, в тому числі при підвищеній температурі.

Висока адгезія і стійкість сформованої по способу, що заявляється, окисної плівки одержані в результаті проведення попередньої підготовки поверхні металу та оптимізації режимів високотемпературного окислення.

