



УКРАЇНА

(19) UA (11) 37886 (13) A

(51) 6 C21D9/08

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

## (54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ТЕПЛОВОЇ ТРУБИ З АЛЮМІНІЮ ТА ЙОГО СПЛАВІВ

(21) 2000042438

(22) 27.04.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Ніщик Олександр Павлович, Руденко Олександр Ігоревич

(73) Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

(57) 1. Спосіб термічної обробки теплової труби з алюмінію та його сплавів, що включає нагрівання при температурі, яка перевищує робочу, а послідовним охолодженням нижче робочої температури, який відрізняється тим, що нагрівання проводять в вакуумі 1,33-0,133 Па при температурі 325-540°C протягом

$$\tau_1 = 5,35 \times 10^{-14} \tau_1^{-4,92},$$

де  $\tau_1$  - час нагрівання в вакуумі, хвилин, $t_1$  - температура нагрівання в інтервалі 325-540°C, °C

а після наступного охолодження до температури навколишнього середовища обробляють киплячою водою протягом не менше 2 годин або перегрітою паром з температурою 120-150°C протягом

$$\tau_2 = 2,63 \times 10^{-19} \tau_2^{-8,78},$$

де  $\tau_2$  - час обробки перегрітою паром, хвилин. $t_2$  - температура обробки в інтервалі 120-150°C, °C.

2. Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що нагрівання в вакуумі проводять в присутності пари магнію.

3. Спосіб по п. 1, який відрізняється тим, що в якості середовища для обробки теплової труби після охолодження її до температури навколишнього середовища використовують дистильовану воду.

Винахід відноситься до теплотехніки, а більш конкретно - до технології виготовлення теплових труб і може бути використаний в дослідному та серійному виробництві при виготовленні теплових труб для потреб космічної техніки, промислової енергетики, радіотехніки, суднобудування.

Відомий спосіб виготовлення теплової труби з алюмінію та його сплавів (див. статтю Минкович Е.Н., Шнырев А.Д., Моргун В.А., Корсеко А.Л., Сыворотко О.М. Влияние физико-химических процессов на интенсивность газовой выделения в тепловых трубах. - Инженерно-физический журнал, № 2, т. XXXVII, - 1979 г.). В способі використовують для виготовлення теплової труби легкий і технологічний алюміній або його сплави, а в якості теплоносія - воду, що найбільш прийнятна по своїм теплофізичним характеристикам в низькотемпературному діапазоні. Основним недоліком даного способу є утворення значних кількостей водню та твердого осаду в теплових трубах, виготовлених по даному способу, що приводить до швидкого їх виходу з ладу.

В якості прототипу вибраний спосіб термічної обробки теплової труби з матеріалу а більш негативним потенціалом відносно водню, зокрема з алюмінію, що заповнюється водою в якості теплоносія (Див. заявку Японії N 56 - 16875, 1981, МПКF28D15/00). З торцевою стінкою теплової тру-

би з'єднаний паладієвий дріт. Теплову трубу нагрівають при температурі, що перевищує робочу, після чого охолоджують нижче робочої температури. Спосіб дозволяє отримувати теплові труби з легкого і міцного матеріалу алюмінію з найбільш ефективним в низькотемпературному діапазоні теплоносієм - водою.

Основним недоліком даного способу є необхідність використання для зв'язування водню, що виділяється при роботі теплової труби і погіршує її характеристики, а в часом і зовсім виводить її з ладу, паладію, який відноситься до рідкісних (вміст в земній корі складає  $1 \times 10^{-6}\%$  по масі) і дороговартісних (див. книгу Гуляев Б.Б. Физико-химические основы синтеза сплавов. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980, с. 41, табл. 12) матеріалів. Крім того, паладій адсорбує водень при температурі 150°C та вище (див., наприклад, книгу: Свойства элементов. Часть II. Химические свойства. - М.: Металлургия, 1976, с. 18), тоді як номінальна робоча температура теплових труб з водою в якості теплоносія в більшості випадків складає 80-120°C. Для реалізації способу потрібно періодично (по мірі накопичення водню) прогрівати теплову трубу при температурі вище 150°C, що, як правило, неможливо виконати без демонтажу системи охолодження (по умовам роботи охолоджуваного обладнання) або принципово не можна виконати (наприклад, в умо-

(19) UA (11) 37886 (13) A

вах космічного польоту). Періодичне прогрівання до високих температур, що приводить до значних перепадів тиску під час експлуатації теплової труби, виявляє суттєвий вплив на її ресурс в сторону його зменшення.

В основу винаходу поставлено задачу створення способу термічної обробки теплової труби з алюмінію та його сплавів, в якому нові послідовність та режими проведення операцій дозволили б пригнітити виділення газу, що не конденсується, при використанні води в якості теплоносія та знизити витрати на виготовлення теплової труби з алюмінію чи сплавів на його основі.

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в способі термічної обробки теплової труби з алюмінію та його сплавів, що включає нагрівання при температурі, яка перевищує робочу, з послідовним охолодженням нижче робочої температури, введено такі нові ознаки: нагрівання проводять в вакуумі 1,33-0,133 Па при температурі 325-540°C протягом

$$\tau_1 = 5,35 \times 10^{14} x t_1^{-4,92},$$

де  $\tau_1$  - час нагрівання в вакуумі, хвилин,  
 $t_1$  - температура нагрівання в інтервалі 325-540°C, °C

а після наступного охолодження до температури навколишнього середовища обробляють киплячою водою протягом не менше 2 годин або перегрітою парою з температурою 120-150°C протягом

$$\tau_2 = 2,63 \times 10^{19} x t_2^{-8,78},$$

де  $\tau_2$  - час обробки перегрітою парою, хвилин.  
 $t_2$  - температура обробки в інтервалі 120-150°C, °C.

Крім того, нагрівання в вакуумі може бути проведено в присутності пари магнію, а в якості середовища для обробки теплової труби після охолодження її до температури навколишнього середовища може бути використана дистильована вода. Нагрівання в вакуумі 1,33-0,133 Па при температурі 325-540°C на протязі  $\tau_1 = 5,35 \times 10^{14} x t_1^{-4,92}$ , дозволяє попередньо видалити шар пухких окладів, структурних неоднорідностей, вирівняти рельєф поверхні алюмінію (відомо, що окисна плівка на поверхні алюмінію неоднорідна, має розвинутий рельєф, пори - див., наприклад, книгу Герасимов В.В. Коррозия алюминия и его сплавов. - М.: Металлургия, 1967. А саме на цих елементах поверхні починає розвиватися корозійний процес з виділенням водню, що є абсолютно недопустимим для теплових труб. Окислення поверхні алюмінію без попередньої підготовки його поверхні з утворенням беміту  $Al_2O_3 \cdot xH_2O$  не змінює рельєфу поверхні і не приводить до значного зменшення виділень газу, що не конденсується.) та отримати при послідовній обробці киплячою водою на протязі не менше 2 годин або перегрітою парою з температурою 120-150°C протягом  $\tau_2 = 2,63 \times 10^{19} x t_2^{-8,78}$ , однорідну, щільну, рівномірну по товщині, надійно скріплену з поверхнею алюмінію плівку беміту, що попереджує виділення газу, що не конденсується, в процесі експлуатації теплової труби з алюмінію (сплавів) з водою в якості теплоносія. Технічна суть пропонованого способу пояснюється кресленнями. На кресленні на фіг. 1 показаний корпус теплової труби 1, на внутрішній поверхні якого розміщений пористий матеріал 2. На торцях 3 корпусу 1 виконані про-

точки 4 з виступами 5 для установки торцевих заглушок. На фіг. 2 представлена торцева заглушка 6 з дном 7 і торцем 8, а на фіг. 3 - торцева заглушка 9 з дном 10, заправочним штенгелем 11 та торцем 12.

При реалізації способу корпус 1 разом з пористим матеріалом 2, наприклад виконаним з металічних дискретних волокон (див. фіг. 1), а також торцеві заглушки 6 та 9 знежирюють відповідно відомій методиці (див., наприклад, книгу Вайнер Я.В., Дасоян М.А. Технология электрохимических покрытий. - Л.: Машиностроение, 1972.) і завантажують в вакуумну піч. Після відкачування повітря з робочого простору печі здійснюють нагрівання в інтервалі температур 325-540°C на протязі  $\tau_1$  від 234 (найбільший час нагрівання - відповідає  $t_1 = 325^\circ\text{C}$ ) до 19 хвилин (найменший час нагрівання - відповідає  $t_1 = 540^\circ\text{C}$ ) при залишковому тискові повітря в печі 1,33-0,133 Па. При виборі іншого температурного режиму нагрівання  $t_1$ , тобто при виборі температури нагрівання  $t_1$  в означених межах: (325-540)°C відповідний йому час нагрівання в вакуумі знаходять, користуючись виразом для обчислення  $\tau_1$ . Наприклад, для  $t_1 = 410^\circ\text{C}$  після проведення необхідних обчислень отримуємо  $\tau_1 = 75$  хвилин. В випадку використання в якості матеріалу теплової труби алюмінію або його сплаву, до складу яких не входить магній, в піч додатково вводять в зону відпалювання тонкий лист чи фольгу з сплаву, що має в своєму складі магній (типу АМг) з площею листа 2-3 квадратних дециметри. В процесі нагрівання в вакуумі видаляються розчинені в алюмінії гази, пухкі окисли алюмінію та магнію, що утворюються в результаті відновлення алюмінію з його окислів парою магнію, інші забруднення, а також заліковуються структурні дефекти (дислокації, вакансії), які завжди присутні на поверхні металу і негативно впливають на ресурс теплової труби. Після нагрівання в вакуумі та послідовного охолодження до температури навколишнього середовища корпус 1 і торцеві заглушки 6 і 9 розмішують в контейнері, де обробляють їх киплячою дистильованою водою на протязі не менше 2 годин або перегрітою парою з температурою 120-150°C на протязі  $\tau_2$  від 15 (найбільший час обробки - відповідає  $t_2 = 120^\circ\text{C}$ ) до 2 (найменший час обробки - відповідає  $t_2 = 150^\circ\text{C}$ ) хвилин відповідно вибраній температурі обробки  $t_2$ . При виборі іншого температурного режиму обробки  $t_2$  перегрітою парою в межах (120-150)°C відповідний йому час обробки те знаходять, користуючись виразом для обчислення  $\tau_2$ . Наприклад, для  $t_2 = 132^\circ\text{C}$  після проведення необхідних обчислень маємо  $\tau_2 = 6$  хвилин. При цьому отримують однорідну, щільну, рівномірну по товщині, надійно скріплену з поверхнею алюмінію плівку беміту.

Виготовлені теплові труби з алюмінію марки АМг5 по пропонованому способу - всього 16 штук - див. таблицю.

Таблица

№№ п/п тепл. труб	Середо- вище об- робки	Тем- пера- тура обро- бки, °С	Час обро- бки, хви- лин	Кількість утворе- ного во- дню, кг
1	Дисти- льована вода	100	15	$8,9 \times 10^{-7}$
2			30	$8,37 \times 10^{-7}$
3			60	$8,13 \times 10^{-7}$
4			120	$2,30 \times 10^{-7}$
5			180	$2,12 \times 10^{-7}$
6			240	$2,02 \times 10^{-7}$
7			300	$2,00 \times 10^{-7}$
8	Перегрі- та пара	120	2	$8,75 \times 10^{-7}$
9			5	$8,44 \times 10^{-7}$
10			10	$6,89 \times 10^{-7}$
11			15	$2,08 \times 10^{-7}$
12	Перегрі- та пара	150	20	$2,01 \times 10^{-7}$
13			1	$6,62 \times 10^{-7}$
14			2	$2,10 \times 10^{-7}$
15			5	$2,06 \times 10^{-7}$
16	немає	немає	немає	$9,81 \times 10^{-7}$

Попередньо корпуси 1 та торцеві заглушки 6 і 9 (див. фіг. 1, 2, 3) нагрівались в вакуумі при температурі  $t_1=540^\circ\text{C}$  на протязі 20 хвилин. Після послідовного охолодження до температури навколишнього середовища корпуси 1 та торцеві заглушки 6 і 9 розмішували в контейнерах, де їх обробляли дистильованою водою при температурі  $100^\circ\text{C}$  (теплові труби NN 1-7), перегрітою парою при температурі  $120^\circ\text{C}$  (теплові труби NN 8-12) та перегрітою парою при температурі  $150^\circ\text{C}$  (теплові труби NN 13-15). Корпус та торцеві заглушки контрольної теплової труби N 16 не нагрівались в вакуумі і не проходили обробку киплячою водою чи перегрітою парою. Після проведення всіх операцій способом були зібрані теплові труби, заповнені дистильованою водою в якості теплоносія і встановлені на експериментальному стенді, де пропрацювали по 1300 годин при температурі  $180 \pm 2^\circ\text{C}$ . Після цього були виміряні кількості водню, яри утворився в теплових трубах. Отримані експериментальні дані приведені в таблиці.

В результаті проведених досліджень достовірно встановлено наступне:

1) при обробці корпусу та торцевих заглушок теплових труб дистильованою водою починаючи з часу обробки 120 хвилин (теплова труба N 4) кількість утвореного водню суттєво зменшується (в 3,5 рази в порівнянні з часом обробки 60 хвилин (теплова труба N 3) і при збільшенні часу обробки вже практично не змінюється (теплові труби NN 5, 6, 7);

2) при обробці корпусу та торцевих заглушок теплових труб перегрітою парою з температурою

$120^\circ\text{C}$ , починаючи з часу обробки 15 хвилин (теплова труба N 11), кількість утвореного при роботі водню суттєво зменшується в порівнянні з часом обробки 10 хвилин (теплова труба N 10), а саме в 3,3 рази і при подальшому збільшенні часу обробки майже не змінюється (теплова труба N 12);

3) при обробці корпусу та торцевих заглушок теплових труб перегрітою парою з температурою  $150^\circ\text{C}$ , починаючи з часу обробки 2 хвилини (теплова труба N 14), кількість утвореного водню суттєво зменшується в порівнянні з часом обробки 1 хвилини (теплова труба N 13), а саме в 3,2 рази і при подальшому збільшенні часу обробки практично не змінюється (теплова труба N 15);

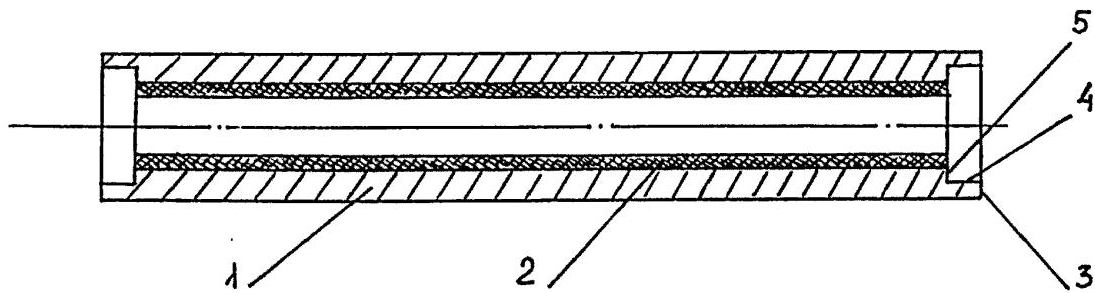
4) в контрольній тепловій трубі (N 16) при роботі утворювалась значно більша кількість водню в порівнянні з тепловими трубами, корпуси і торцеві заглушки яких нагрівались в вакуумі та були оброблені водою при  $100^\circ\text{C}$  або перегрітою парою при температурі  $120^\circ\text{C}$  чи  $150^\circ\text{C}$  (для теплових труб NN 4, 11 та 14, час обробки яких відповідав режимам, що заявляються) - відповідно в 4,3, 4,7 та 4,7 рази;

5) вимірювання товщини плівки беміту показали, що захисну роль плівка починає виконувати при її товщині більше  $5 \times 10^{-7}$  м; для теплових труб з незначними кількостями утвореного водню товщини плівки беміту: N 4 – 5,  $10^{-7}$  м, N 5 –  $5,6 \times 10^{-7}$  м, N 6 –  $5,9 \times 10^{-7}$  м, N 7 –  $6,1 \times 10^{-7}$  м, N 11 –  $5,2 \times 10^{-7}$  м, N 12 –  $5,7 \times 10^{-7}$  м, N 14 –  $5,5 \times 10^{-7}$  м, N 15 –  $8,2 \times 10^{-7}$  м; для теплових труб з великими кількостями утвореного водню це: N 1 –  $1,7 \times 10^{-7}$  м, N 2 –  $2,9 \times 10^{-7}$  м, N 3 –  $3,2 \times 10^{-7}$  м, N 8 –  $2,3 \times 10^{-7}$  м, N 9 –  $3,2 \times 10^{-7}$  м, N 10 –  $4,3 \times 10^{-7}$  м, N 13 –  $2,8 \times 10^{-7}$  м.

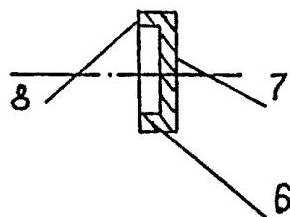
Таким чином, вказані операції та режими їх проведення забезпечують отримання надійної захисної окисної плівки як на внутрішній, так і на зовнішній поверхні теплових труб і тим самим дозволяють реалізувати задачу пропонованого технічного рішення.

Пропонований винахід дозволяє, в порівнянні з прототипом, пригнітити виділення газу, що не конденсується, при використанні води в якості теплоносія в процесі функціонування теплової труби з алюмінію та його сплавів, а також знизити витрати на виготовлення теплових труб за рахунок використання недорогих недефіцитних матеріалів.

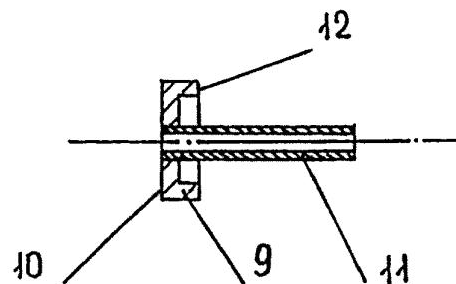
Пригнічення виділення газу, що не конденсується (водню), в способі, що заявляється, досягається за рахунок того, що в результаті проведення технологічних операцій відповідно режимам, що заявляються, отримують високі захисні характеристики окисної плівки, що складається з беміту. Зниження витрат на виготовлення досягається за рахунок виключення необхідності використання в процесі виготовлення дефіцитного і дороговартісного паладію.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

---

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 60x84 1/8.  
Обсяг \_\_\_\_\_ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. \_\_\_\_\_

---

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

---