



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 47085

(13) A

(51) B C21D9/00,9/08

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

## (54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ МІДІ

1

2

(21) 2001075120

(22) 18 07 2001

(24) 17 06 2002

(46) 17 06 2002, Бюл. № 6, 2002 р.

(72) Ніщик Олександр Павлович, Руденко  
Олександр Ігоревич(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ"(57) Спосіб термічної обробки міді з вмістом кисню  
у вигляді своїх окислів, що включає нагрівання у  
водневмісному середовищі при температурі, не  
нижчій від 400°C, який відрізняється тим, що час  
термічної обробки  $T$  (годин) вибирають  
від

$$\tau_1 = \frac{3,4941 \times 10^9}{T^3} - \frac{0,9190 \times 10^6}{T^2} - \frac{4,9162 \times 10^3}{T} + 2,7291$$

до

$$\tau_2 = \frac{81,734 \times 10^9}{T^3} - \frac{217,280 \times 10^6}{T^2} - \frac{199,710 \times 10^3}{T} + 62,501,$$

а концентрацію водню  $C_{H_2}$  (%) підтримують на  
рівні  $(4644,4 / T - 4,901) C_{H_2} - 10$ 

де

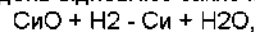
 $T$  - температура нагрівання, яку вибирають в  
інтервалі 673-1198 К (400-925°C)

Винахід відноситься до галузі теплотехніки, а  
більш конкретно - до технології виготовлення  
теплообмінних поверхонь і може бути  
використаний в дослідному і серійному  
виробництві теплових труб, поверхонь нагріву або  
конденсації, на яких відбуваються процеси  
фазового переходу теплоносія, а саме рідина -  
пара або пара - рідина, для потреб промислової  
енергетики, космічної техніки, хімічної  
промисловості, суднобудування, електроніки.

Відомий спосіб термічної обробки міді, яка  
містить кисень у вигляді домішок, при температурі  
500°C та вище в середовищі водню. В результаті  
взаємодії водню з киснем, який зв'язаний в  
малостійкі, відновлювані воднем окисли,  
утворюються заповнені паром води пори. При  
деяких значеннях температури і часу обробки межі  
зерен металу розпушуються, в них з'являються  
мікронесуцільності, які надалі розвиваються в  
пори (див книгу Колачев Б. А. Водородная  
хрупкость цветных металлов - М. Металлургия,  
1966, стор 48, 66).

До недоліків цього способу відноситься  
незначеність температурно-часових режимів  
утворення пор, а також режими збереження  
системи пор, що могли б використовуватися як  
пористий матеріал.

Як прототип обраний спосіб термічної обробки  
міді, яка містить кисень у вигляді своїх окислів, в  
атмосфері водню при температурі вище 400°C.  
Водень відновлює закис міді відповідно реакції



а утворювана водяна пара створює внутрішній  
тиск і в кінцевому підсумку, за рахунок проявлення  
"водневої хвороби", приводить до утворення  
пористої структури шляхом розтріскування металу  
по межах зерен (див книгу Л. С. Мороз, Б. Б.  
Чечулин Водородная хрупкость металлов - М.  
Металлургия, 1967, стор 122).

Недоліком цього способу є те, що не у всіх  
випадках процес відновлення окислів міді  
супроводжується утворенням тріщин, які в  
сукупності утворюють пористу структуру, що  
розвиває поверхню теплообміну і може складати  
пористу структуру теплових труб, поверхонь  
нагріву або конденсації, тощо. Крім того, при  
високій температурі обробки уже утворені дефекти  
мажуть "заліковуватися" і, в результаті, не  
досягається збільшення площі теплообміну  
внаслідок відсутності зв'язку між такими  
температурою та часом термічної обробки, коли  
ефект "водневої хвороби" проявляється та  
закріплюється у вигляді пористої структури.

В основу винаходу поставлено задачу

(13) A

(11) 47085

(19) UA

створення способу термічної обробки міді, в якому нова послідовність та температурно-часові режими проведення операцій дозволили б сформувати розвинену теплообмінну поверхню із стабільною пористою структурою та забезпечити її великий ресурс роботи в середовищі низькотемпературних теплоносів

Поставлена задача вирішується за рахунок того, що в способі термічної обробки міді з вмістом кисню у вигляді своїх окислів, що включає нагрівання у водневмісному середовищі при температурі, не нижчій від 400°C, час обробки  $\tau$  (годин) вибирають

$$\tau_1 = \frac{3,4941 \cdot 10^9}{T^3} - \frac{0,9190 \cdot 10^6}{T^2} - \frac{4,9162 \cdot 10^3}{T} + 2,7291$$

від

$$\tau_2 = \frac{81,734 \cdot 10^9}{T^3} - \frac{217,280 \cdot 10^6}{T^2} + \frac{199,710 \cdot 10^3}{T} - 62,501$$

до

а концентрацію водню  $C_{H_2}$  (%) підтримують на рівні

$$(4644,4 / T - 4,901) C_{H_2} - 10$$

де  $T$  - температура нагрівання, яку вибирають в інтервалі 673 - 1198 K (400 - 925°C)

Нагрівання міді з вмістом кисню у вигляді своїх окислів (мідь марок М1, М5) (див книгу Л С Мороз, Б Б Чечулин Водородная хрупкость металлов - М Металлургия, 1967, стор 128 - "чистая по кислороду медь к водородной хрупкости не склонна") при температурі від 400°C (673K) (див книгу Л С Мороз, Б Б Чечулин Водородная хрупкость металлов - М Металлургия, 1967, стор 122 - "медь, содержащая кислород в виде своих окислов охрупчивается в атмосфере водорода с температуры 400°C") до 925°C (1198 K) (див статтю В А Дымченко, А П Попович Водородная болезнь спеченной меди - Порошковая металлургия, 1983, №5, стор 25 - 28) в водневмісному середовищі при концентрації водню від 100% при температурі 400°C (див книгу Л С Мороз, Б Б Чечулин Водородная хрупкость металлов - М Металлургия, 1967, стор 122) до 0,5% при температурі вище 973K (див, книгу Б А Колпачев Водородная хрупкость цветных металлов - М Металлургия, 1966, стор 236) та менше 0,5% (приблизно 0,1%) при температурі 1198K (925°C), причому час термічної обробки вибирають в залежності від температури термічної обробки

$$\tau_1 = \frac{3,4941 \cdot 10^9}{T^3} - \frac{0,9190 \cdot 10^6}{T^2} - \frac{4,9162 \cdot 10^3}{T} + 2,7291$$

від

$$\tau_2 = \frac{81,734 \cdot 10^9}{T^3} - \frac{217,280 \cdot 10^6}{T^2} + \frac{199,710 \cdot 10^3}{T} - 62,501$$

до

при концентрації водню в воденьмісному середовищі

$$(4644,4 / T - 4,901) C_{H_2} - 10,$$

дозволяє отримати розвинену теплообмінну поверхню із стабільною пористою структурою на міді. Вибрані режими температури обробки (від 400 до 925°C або від 673 до 1198K) одночасно з

відповідним часом обробки  $\tau_2 \geq \tau \geq \tau_1$  дозволяють не допустити "заліковування" системи тріщин і пор, що складають розвинену пористу структуру на теплообмінній поверхні

Технічна суть пропонованого способу пояснюється кресленням (Фіг)

На (Фіг) показано поверхню теплообміну 1, на сторонах 2 і 3 якої розміщена система пор та тріщин 4, що складає розвинену пористу структуру на поверхні 1

При реалізації способу виготовлену з міді, наприклад марки М1, поверхню 1 знежирюють по відомій технології (див, наприклад, книгу Черепний Н В Основы очистки, обезгаживания и откачки в вакуумной технике - М Советское радио, 1987 - 408с) і завантажують в муфельну піч. Визначають концентрацію водню в муфелі відповідно співвідношенню

$$(4644,4 / T - 4,901) C_{H_2} - 10$$

в залежності від вибраної в інтервалі 673 - 1198K температури нагрівання при термічній обробці. Наприклад, для  $T$  - 673K розрахункова величина  $C_{H_2}$  - 100%, а для температури  $T$  - 1198K величина  $C_{H_2}$  - 0,0946  $\approx$  0,1%. Для температур, величини яких знаходяться між значеннями від 673 до 1198 K концентрація водню буде знаходитися в інтервалі 0,1 - 100%. Наприклад, для  $T$  - 973K величина  $C_{H_2}$  - 0,745  $\approx$  0,8%, для  $T$  - 773K величина  $C_{H_2}$  - 12,8%, а для  $T$  - 723K величина  $C_{H_2}$  - 33,3%. Заповнюють муфель воднем (при вибраній температурі нагрівання  $T$  - 673K) або сумішшю водню з повітрям, наприклад  $C_{H_2}$  - 12,8% при  $T$  - 773K

Далі визначають інтервал часу термічної обробки в залежності від вибраної температури нагрівання. Наприклад, для  $T$  - 673 інтервал часу обробки становить від  $\tau_1$  - 4,86год (4год 50хв) до  $\tau_2$  - 22,66год (22год 40хв). Для  $T$  - 1198K цей інтервал становить  $\tau_1$  - 0,017год (1хв),  $\tau_2$  - 0,346год (20хв). Для  $T$  - 773K  $\tau_1$  - 2,4год (2год 24хв),  $\tau_2$  - 9,181год (9год 11хв). Для  $T$  - 723K  $\tau_1$  - 3,417год (3год 25хв),  $\tau_2$  - 14,324год (14год 19хв). Тобто, ефект буде отриманий для кожної з вибраних температур при часовій витримці, що змінюється відповідно

для $T$ - 673K	від $\tau_1$ - 4год 50хв,
для $T$ - 1198K	від $\tau_1$ - 1хв
для $T$ - 773K	від $\tau_1$ - 2год 24хв
для $T$ - 723K	від $\tau_1$ - 3год 25хв

Інтервал часу термічної обробки визначається по формулам

$$\tau_1 = \frac{3,4941 \cdot 10^9}{T^3} - \frac{0,9190 \cdot 10^6}{T^2} - \frac{4,9162 \cdot 10^3}{T} + 2,7291$$

$$\tau_2 = \frac{81,734 \cdot 10^9}{T^3} - \frac{217,280 \cdot 10^6}{T^2} + \frac{199,710 \cdot 10^3}{T} - 62,501$$

Після охолодження печі до кімнатної температури виймають з неї муфель та дістають з нього поверхню 1 з отриманою пористою

структурою

В результаті здійснення способу отримують розвинену теплообмінну поверхню із стабільною пористою структурою

Вказані операції та режими їх проведення забезпечують одержання розвиненої теплообмінної поверхні із стабільною пористою структурою. Приклади здійснення способу приведені в таблиці. В якості конструкційного матеріалу при проведенні дослідів використовувалась мідь марок М1 і М3.

Дослідження проводились при п'яти робочих температурах, що знаходяться в визначеному температурному діапазоні 673 ÷ 198К (режими N2 ÷ 6), а також при температурі, трохи нижчій від мінімальної (Т - 653К - режим N1) та дещо вищій від максимальної (Т - 1273К - режим N7). Концентрація водню в муфелі підтримувалась на постійному рівні та відповідала величинам, розрахованим по співвідношенню  $(4644,4 / T - 4,901) C_{H_2} - 10$

Таблиця

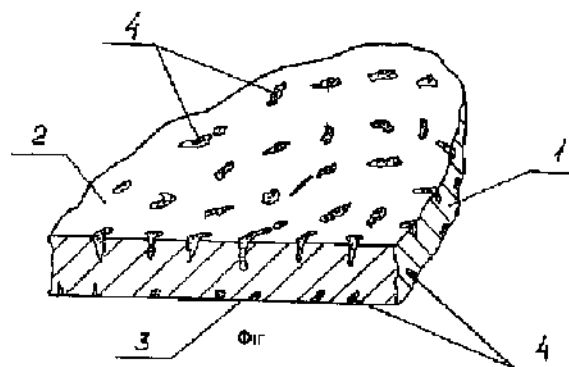
№№п / п	Температура термічної обробки	Час, год	Концентрація водню, %						
			100	33,7	4,1	0,84	0,25	0,1	0,05
1	653	5,0	0	-	-	-	-	-	-
		15,0	0	-	-	-	-	-	-
		24,0	0	-	-	-	-	-	-
2	723	2,5	-	сл	-	-	-	-	-
		5,0	-	-	-	-	-	-	-
		14,0	-	-	-	-	-	-	-
3	843	1,5	-	-	+	-	-	-	-
		3,0	-	-	+	-	-	-	-
		6,0	-	-	3	-	-	-	-
4	963	0,4	-	-	-	сл	-	-	-
		1,5	-	-	-	+	-	-	-
		3,0	-	-	-	3	-	-	-
5	1063	0,2	-	-	-	-	+	-	-
		0,8	-	-	-	-	+	-	-
		1,5	-	-	-	-	3	-	-
6	1188	0,04	-	-	-	-	-	+	-
		0,1	-	-	-	-	-	+	-
		1,0	-	-	-	-	-	3	-
7	1273	0,05	-	-	-	-	-	0	0
		0,1	-	-	-	-	-	0	0
		0,8	-	-	-	-	-	0	0

дефектів поверхні,

-- досліді не проводились

Позначення в таблиці  
0 - відсутність помітних змін поверхні,  
сл - поява видимих дефектів поверхні (тріщини, впадини),  
+ - стійкий стан утворених дефектів поверхні,  
3 - зникання (зарощування) та зливання

Як показує аналіз даних таблиці, тільки здійснення способу по запропонованим режимам дозволяє сформувати розвинену теплообмінну поверхню із стабільною пористою структурою



---

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