



УКРАЇНА

(19) UA (11) 31147 (13) U  
(51) МПК (2006)  
C21D 1/78МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ  
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ

1

2

(21) u200713717

(22) 07.12.2007

(24) 25.03.2008

(46) 25.03.2008, Бюл.№ 6, 2008 рік

(72) ФЕДІРКО ВІКТОР МИКОЛАЙОВИЧ, UA,  
ПОГРЕЛЮК ІРИНА МИКОЛАЇВНА, UA,  
КРАВЧИШИН ТАРАС МИРОНОВИЧ, UA(73) ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Г.В.  
КАРПЕНКА НАН УКРАЇНИ, UA

(56)

(57) 1. Спосіб термічної обробки титанового  
сплаву, згідно з яким проводять ступінчасту

обробку, а саме, перший ступінь - нагрів та ізотермічна витримка, другий ступінь - охолодження з пічкою до 500 °С, витримка 0,5 год., охолодження на повітрі, який **відрізняється** тим, що ступінчасту обробку проводять у розрідженому потоці азоту при тиску газу 1-10 Па і швидкості натікання  $7 \times 10^{-2} - 7 \times 10^{-4} \text{ Па} \times \text{с}^{-1}$ .

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що витримка на етапі першого ступеня обробки становить 4-6 год. за температури 800-830 °С.

Корисна модель відноситься до кольорової металургії, а саме до обробки деталей з титанових сплавів, що застосовуються в аерокосмічній промисловості, машинобудуванні, медицині.

Відомий спосіб термічної обробки титанового сплаву, наприклад ВТ6, згідно якого проводять ступінчасту обробку, а саме, перша ступінь - нагрів та ізотермічна витримка, друга ступінь - охолодження з пічкою до 500 °С, витримка 0,5 год., охолодження на повітрі [1]. В результаті такого способу обробки забезпечується оптимальне поєднання міцніших і пластичних характеристик сплаву.

Недоліком відомого способу є те, що обробка проводиться в середовищі повітря і не забезпечує достатнього поверхневого зміцнення сплаву, а, відтак, не дозволяє використовувати деталі після такої обробки у вузлах тертя механізмів і машин (при контактних навантаженнях).

В основу корисної моделі поставлене завдання створення способу термічної обробки, в якому використання нового середовища ступінчастої обробки дозволить підвищити зносотривкість титанового сплаву за рахунок регламентованого зміцненого поверхневого шару при збереженні оптимального поєднання рівня міцності і пластичності його матриці.

В основі корисної моделі лежать відомі факти про те, що створення на поверхні титанових сплавів тонкої ( $\leq 1 \text{ мкм}$ ) нітридної плівки, в основному, на базі  $\text{Ti}_2\text{N}$ , з високою якістю поверхні при рівні поверхневого зміцнення  $\geq 6 \text{ ГПа}$  дозволяє

суттєво збільшити опір зносу [2]. Умови для формування такої плівки створюються при азотуванні в розрідженому потоці азоту при тиску 0,1-10 Па і швидкості натікання  $7 \times 10^{-2} - 7 \times 10^{-4} \text{ Па} \times \text{с}^{-1}$ ) [3]. У цьому випадку лімітуючими стають процеси, пов'язані з підводом азоту до зони реакції газ-метал. Це дозволяє контролювати максимальну концентрацію азоту на поверхні титану і, таким чином, гальмувати нітридоутворення.

Поставлене завдання вирішується тим, що у способі обробки титанового сплаву, згідно якого проводять ступінчасту обробку, а саме - перша ступінь - нагрів та ізотермічна витримка, друга ступінь - охолодження з пічкою до 500 °С, витримка 0,5 год., охолодження на повітрі, ступінчасту обробку проводять у розрідженому потоці азоту. Використання запропонованого способу обробки в середовищі азоту (тиск азоту 1-10 Па, швидкість натікання  $7 \times 10^{-2} - 7 \times 10^{-4} \text{ Па} \times \text{с}^{-1}$ ) забезпечує формування тонкої ( $\leq 1 \text{ мкм}$ ) нітридної плівки на базі  $\text{Ti}_2\text{N}$  на поверхні, при рівні поверхневого зміцнення  $\geq 6 \text{ ГПа}$ . Крім цього такий спосіб призводить до формування під плівкою шару ( $\geq 50 \text{ мкм}$ ) твердого розчину азоту в титані, який є необхідною структурною складовою з точки зору триботехніки. Проведення обробки поза вказаним інтервалом газодинамічних параметрів азоту не забезпечує необхідних результатів приповерхневого зміцнення. Зокрема, збільшення тиску азоту, як і швидкості його натікання в систему збільшує товщину нітридної плівки (вище 1 мкм) та збільшує відсоток у ній мононітриду  $\text{TiN}$ ,

(13) U

(11) 31147

(19) UA

зменшує товщину підшару твердого розчину (нижче 50мкм), що негативно впливає на опір зносу. Зменшення тиску азоту, як і швидкості його натікання не забезпечують достатнього рівня поверхневого зміцнення.

Згідно з корисною моделлю температура на етапі першої ступені становить 800-830°C, а ізотермічна витримка 4-6год. Проведення обробки на етапі першої ступені поза вказаним температурно-часовим інтервалом є неефективним з огляду на зменшення товщини нітридної плівки та рівня поверхневого зміцнення (менше 4год та нижче 800°C), а також відсутніх структурних змін у титановій матриці, що викликає різке зниження її механічних характеристик (більше 6 год та вище 830°C).

Приклад

Обробку проводять на зразках титанового сплаву BT6. Безпосередньо перед обробкою механічно поліровані зразки ( $R_a=0,4\text{мкм}$ ) промивають у бензині, ацетоні, спирті і висушують. Обробку здійснюють за пропонованим способом у розрідженому потоці азоту технічної чистоти (ГОСТ 9293-74). Перед подачею в реакційний простір печі азот вивільняють від кисню та волог, пропускаючи через капсулу з силікагелем і нагріту на 50°C вище температури насичення титанову стружку. Через кожні 3-4 відпали для відновлення ефективності системи очистки азоту силікагель відпалюють при 180°C протягом 3-4год, а титанову стружку замінюють на нову.

У результаті обробки на поверхні титанового сплаву BT6 формується тонка ( $\leq 1\text{мкм}$ ) нітридна плівка (в основному,  $\text{Ti}_2\text{N}$ ) при рівні поверхневого зміцнення 7,3-8,5ГПа, що відокремлена від матриці шаром (65-70мкм) твердого розчину азоту в титані.

Як видно з таблиці, використання пропонованого способу обробки титанового сплаву BT6 сприяє регламентованому поверхневому зміцненню при збереженні оптимального поєднання міцнісних і пластичних характеристик титанової матриці. Пропонований спосіб обробки забезпечує високу зносотривкість сплаву. Триботехнічні дослідження проводили на серійній установці СМЦ-2 за схемою спряження диск (BT6) - колодка (сталь У8) у дизельному мастилі M14B2 на базі 3км при питомому навантаженні 1, 2, 3, 4МПа і швидкості обертання 0,6м/с. Дослідження показали, що обробка сплаву BT6 за відомим способом не забезпечує належного рівня антифрикційних характеристик. При навантаженні 0,2МПа вже після 2хв. ковзання у парі сплав BT6 після відомого способу обробки - сталь відбувається задир. Поряд з цим, інтенсивність зношування обробленого за пропонованим режимом диску зі сплаву BT6 при навантаженні 4МПа складає 0,00003г; коефіцієнт тертя 0,15.

Таблиця

Характеристики титанового сплаву BT6

Спосіб обробки	Поверхнева мікротвердість	Тимчасовий опір	Пластичність ( $\delta$ ), %
----------------	---------------------------	-----------------	------------------------------

	$(H_{0,48}^n/H_{0,96}^n)$ , ГПа	руйнуванню ( $\sigma_B$ ), МПа	
відомий	4,5/4,4	936	7,7
пропонований	8,5/6,6	924	8,4

Список використаної літератури:

1. Братухин А.Г., Колачев Б.А., Садков В.В. и др. Технология производства титановых самолетных конструкций. - М.: Машиностроение, 1995. - 448с.
2. Федірко В.М., Погрелюк І.М. Азотування титану та його сплавів. - Київ: Наукова думка, 1995. - 220с.
3. Погрелюк І.М. Шляхи інтенсифікації термодифузійного насичення титанових сплавів у молекулярному азоті // Фізико-хімічна механіка матеріалів. -1999. - №1. - С.61-70