



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 53076

(13) A

(51) 7 C22F1/18

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ  
НА ВИНАХІДВИДАЄТЬСЯ ПІД  
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ  
ВЛАСНИКА  
ПАТЕНТУ

## (54) СПОСІБ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

1

2

(21) 2002021598

(22) 26 02 2002

(24) 15 01 2003

(46) 15 01 2003, Бюл. № 1, 2003 р.

(72) Шаповалова Оксана Михайлівна, Маркова  
Ірина Анатоліївна, Сусленкова Світлана Василівна(73) ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ(57) Спосіб термічної обробки титанових сплавів,  
переважно тонкостінних напівфабрикатів, який

включає нагрівання до температури, що на 10 - 20°C перевищує температуру закінчення поліморфного перетворення, витримку та охолодження на повтрі, який відрізняється тим, що титанові сплави витримують в межах від 5 до 90 хвилин, час витримки збільшують зі зростанням ступеня легуваності сплаву та визначають рентгенографічно на загартованих зразках-свідках за часом стабілізації фазового складу

Винахід відноситься до металургії та металознавства титанових сплавів, а саме, до термообробки переважно тонкостінних напівфабрикатів, наприклад, листових, і може бути використаний для підвищення однорідності складу та структури металу і стабілізації властивостей заготовок у машинобудівній, ракетній, суднобудівній промисловості, тощо

Відомий спосіб термічної обробки цирконієвого та титанового сплаву [1] в якому з метою збільшення міцності сплав нагрівають до температур  $\beta$ -області в присутності інгібітору проти окиснення з наступним загартуванням в охолоджуючому середовищі. До недоліків способу відноситься не регламентованість температури витримки в  $\beta$ -області, що може привести до значного зростання зерна, крім того, загартування двофазних титанових сплавів від температури  $\beta$ -області може викликати формування крупногочастого мартенситу та зниження кінцевих властивостей.

Відомий спосіб термічної обробки титанових сплавів з пластинчастою структурою [2], який складається з загартування від температури на 10 - 50°C вище за температуру закінчення поліморфного перетворення, та термоциклічної обробки з нагрівом зі швидкістю 1 - 100°C до температури на 10 - 40°C та охолодженням на 100 - 300°C нижче за температуру закінчення поліморфного перетворення, витримки при кожній температурі 5 - 120 хвилин. Підвищення однорідності складу та структури забезпечило зростання пластичності та удар-

ної в'язкості. До недоліків цього способу відноситься технічна складність, багатоопераційність, досить великий загальний час перебування сплаву при високій температурі, що може викликати суттєве газонасичення, та знизити позитивний ефект даного способу, особливо для тонкостінних напівфабрикатів.

Найбільш близьким по технічній суті до способу, що заявляється, є спосіб термічної обробки титанових сплавів [3], переважно листових заготовок, із сплавів системи Ti-Al-V, в якому нагрів ведуть до температури на 10 - 20°C вище за температуру закінчення поліморфного перетворення, витримують 10 - 20 хвилин, охолоджують на повтрі.

Цей спосіб запропоновано для відносно малолегуваних сплавів та напівфабрикатів малої товщини, переважно листів. В цьому випадку при термообробці за вказаними режимами процеси усунення текстури, мікронапружень, подрібнення зерна, підвищення однорідності складу та структури встигають розвинути та завершитися. Для більш легуваних сплавів при зазначеному часі витримки формування металу, однорідного за хімічним складом, фазовим складом та структурою не досягається.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу термічної обробки титанових сплавів шляхом оптимізації часу витримки сплавів різного ступеню легуваності, що забезпечує підвищення однорідності структури, розподілу легуючих елементів, усунення текстури, різнозернистос-

(13) A

(11) 53076

(19) UA

ті, подрібнення зерна та, в кінцевому результаті, стабілізацію механічних властивостей. Проходження структурних і фазових перетворень та пов'язаних з ними дифузійних процесів у більш легуваних сплавах з великою кількістю легуючих елементів потребує збільшення часу витримки, проте слід оптимізувати його так, щоб уникнути збиральної рекристалізації та мінімізувати негативний вплив газонасичення, яке також запезить від складу та кількості легуючих елементів. У способі, що пропонується, заготовки з титанових сплавів витримують в межах 5 - 90 хвилин, час витримки збільшують зі зростанням ступеню легуваності сплаву. Для кожного сплаву час витримки визначають рентгенографічно на загартованих зразках-свідках за часом стабілізації фазового складу.

Аналізують характеристики інтерференційних ліній, розташованих в інтервалі кутів  $2\theta = 32 - 38$  град,  $2\theta = 52 - 60$  град.

Приклад 1 Зразки сплаву ВТ6С (Ti-5Al-4V,  $\Sigma$  легуючих елементів 9%), вирізані з листу товщиною 10мм, нагрівали до температури 940°C (температура завершення поліморфного перетворення для цього сплаву - 930°C), витримували та охолоджували на повітрі. Час витримки оптимізували за результатами рентгенографічного аналізу загартованих зразків, він склав 10 хвилин. Дані механічних випробувань після термообробки за оптимальним режимом та, для порівняння, після витримки протягом іншого часу наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Режим термічної обробки	Механічні властивості					
	$\sigma_B$ , МПа	$\Delta\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\Delta\delta$ , %	$\Psi$ , %	$\Delta\Psi$ , %
Вихідний	906 - 957	45	7,8 - 11,4	3,6	24,4 - 35,3	10,9
Т/о за прототипом	870 - 910	40	12 - 14	2,0	37,0 - 42,0	5
940°C, 5хв	870 - 885	15	11,0 - 12,6	1,6	34,2 - 37,5	3,3
940°C, 10хв	870 - 885	15	11,0 - 12,4	1,4	36,0 - 37,5	2,5
940°C, 30хв	870 - 890	20	11,0 - 12,6	1,6	34,0 - 37,5	3,5
940°C, 3хв	870 - 930	60	11,0 - 12,8	1,8	34,0 - 38,0	4,0
940°C, 100хв	850 - 960	110	8,0 - 14,0	6,0	21,0 - 29,0	8,0

#### Приклад 2

Зразки сплаву ВТ23 (Ti-6Al-4V-2Mo-0,9Fe-1,1Cr, Легуючих елементів 14,4%), вирізані з великогабаритної штамповки нагрівали до температури 950°C, (температура завершення поліморфного перетворення для цього сплаву - 930°C), витримували та охолоджували на повітрі. Час ви-

тримки оптимізували за результатами рентгенографічного аналізу загартованих зразків, він склав 60 хвилин. Дані механічних випробувань після термообробки за оптимальним режимом та для порівняння після витримки протягом іншого часу наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Режим термічної обробки	Механічні властивості					
	$\sigma_B$ , МПа	$\Delta\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\Delta\delta$ , %	$\Psi$ , %	$\Delta\Psi$ , %
Вихідний	1060 - 1140	80	11,0 - 17,5	6,5	45,0 - 55,0	10,0
Т/о за прототипом	1110 - 1240	130	8,0 - 12,8	4,8	42,0 - 49,0	9,0
950°C, 5хв	1140 - 1230	90	8,4 - 12,0	3,6	40,0 - 48,0	8,0
950°C, 60хв	1230 - 1260	30	8,8 - 11,2	2,4	44,0 - 48,0	4,0
950°C, 90хв	1100 - 1195	95	6,0 - 10,0	4,0	40,0 - 45,0	5,0
950°C, 3хв	1090 - 1250	140	6,0 - 12,0	6,0	40,0 - 48,0	8,0
950°C, 100хв	1080 - 1200	120	6,0 - 8,9	2,9	32,0 - 44,0	12,0

Запропонований спосіб забезпечує підвищення однорідності структури, розподілу легуючих елементів, усунення текстури, різнозернистості, подрібнення зерна та, в кінцевому результаті, стабілізацію механічних властивостей.

#### ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1 Заявка Японії 54-74216, МКВ С22F1/18 / Кобе Секосе Термічна обробка цирконієвого та титанового сплаву / Опубл 14 06 1979

2 А С СССР 1014974, МКИ С22F1/18 / Кайбышев О А, Лутфуллин Р Я, Салищев Г А и др. Способ обработки титановых сплавов с пластинчатой структурой // Опубл 20 04 1983

3 а с СССР 1544528, МКИ С22F1/18 / Шаповалова О М, Суспенкова С В, Маркова И А и др. Способ термической обработки титановых сплавов // Опубл 23 02 1990