

Винахід відноситься до металургії та металознавства титанових сплавів, а саме до термообробки литих і деформованих переважно великогабаритних напівфабрикатів з  $\alpha$ - та  $\alpha+\beta$  - титанових сплавів і може бути використаний в машинобудівній, ракетній, суднобудівній, хімічній промисловості, тощо.

Відомий спосіб подрібнення зернової структури зливоків з титанового сплаву /1/, в якому заготовку кують при температурі  $\beta$ -перетворення або вищій, охолоджують, потім відпалюють при температурі, нижче на 10-20°C за температуру  $\beta$ -перетворення протягом 4-36 годин, охолоджують у повітрі. До недоліків способу відноситься наявність операції гарячої обробки тиском, що робить неможливим його застосування до литих деталей; окрім того тривалий відпал (до 36 годин) при високій температурі, вищій за 900°C для більшості титанових сплавів, потребує великих витрат енергії, може викликати суттєве газонасичення і, відповідно, втрати металу та зниження його властивостей.

Відомий спосіб термічної обробки титанових  $\beta$ -сплавів /2/ в якому з метою зменшення розміру зерна та усунення текстури метал нагрівають при 950-1050°C протягом часу, необхідного для первинної рекристалізації (0,25-5,0 годин у залежності від температури нагріву), охолоджують у воді. Недоліком способу є його обмежена застосовність. Спосіб не може бути використано для  $\alpha$ - та  $\alpha+\beta$  - титанових сплавів, тому що охолодження у воді в цьому випадку викликає формування великогочастих мартенситних фаз, які окрижують метал. Окрім того, витримка при температурах вище за 1000°C може привести до початку збиральної рекристалізації, тобто до росту зерна.

Найбільш близьким по технічній суті до способу, що заявляється, є спосіб термічної обробки титанових сплавів /3/, переважно тонкостінних напівфабрикатів, який складається з нагріву до температури на 10-20°C вище за температуру закінчення поліморфного перетворення, витримки протягом 5-90 хвилин, охолодження у повітрі. Недоліком способу є нерегламентованість швидкості нагріву, що може викликати неодноразове поліморфне перетворення в об'ємі напівфабрикату та виникнення різнозернистості.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення способу термічної обробки, що забезпечить підвищення міцності і ударної в'язкості за рахунок подрібнення зерна, підвищення ступеню дисперсності та однорідності структури.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі термічної обробки, який включає нагрів до температури на 10-20°C вище за температуру закінчення поліморфного перетворення та витримку в межах від 5 до 90 хвилин, сплав нагрівають до температури витримки зі швидкістю 3,5-4,5град/хв., та після витримки охолоджують до температури на 250-350°C нижче за температуру закінчення поліморфного перетворення, витримують 10-60 хвилин, охолоджують у повітрі. Регламентування швидкості охолодження забезпечує одночасність досягнення сплавом температури витримки і перебігу  $\alpha+\beta \rightarrow \beta$ -перетворення у всьому об'ємі напівфабрикату, що дозволяє уникнути формування різнозернистості під час обробки в однофазній області. В процесі витримки при температурі двофазної області границі дрібних  $\beta$ -зерен, що утворилися, фіксуються тонкими прошарками  $\alpha$ -фази. Суттєвий ступінь переохолодження (250-350°C) викликає зародження  $\alpha$ -фази водночас на великій кількості центрів, у відповідності до принципу розмірної та структурної відповідності колонії  $\alpha$ -пластин ростуть під певними кутами одна до одної, формується дрібнозерниста однорідна дисперсна структура типу корзинового переплетіння. Все це забезпечує підвищення міцності та ударної в'язкості як ливарних, так і деформованих титанових сплавів.

#### Приклад 1

Зразки сплаву BT3-1 (Ti-6,5 Al-2Mo-1,5Cr-0,5Fe-0,3Si), вирізані з великогабаритного напівфабрикату, нагрівали зі швидкістю ( $V_n$ ) 4град/хв., до температури 980°C (температура закінчення поліморфного перетворення для цього сплаву - 970°C), витримували 15 хвилин, охолоджували до температури 670°C, витримували 30 хвилин, охолоджували у повітрі. Дані механічних випробувань після термічної обробки за оптимальним режимом та для порівняння за режимами з іншими параметрами наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Режим термообробки	Механічні властивості	
	$\sigma_b$ , МПа	KCU, МДж/м <sup>2</sup>
1	2	3
Вихідний	1020-1040	0,2-0,25
Т/о за прототипом	1080-1100	0,21-0,28
$V_n=4$ град/хв., 980°C, 15хв.→670°C, 30хв.	1150-1180	0,35-0,40
$V_n=4,5$ град/хв., 980°C, 15хв.→720°C, 60хв.	1090-1120	0,26-0,3
$V_n=3,5$ град/хв., 980°C, 15хв.→620°C, 10хв.	1100-1150	0,28-0,31
$V_n=5$ град/хв., 980°C, 15хв.→730°C, 70хв.	1030-1060	0,25-0,29
$V_n=3$ град/хв., 980°C, 15хв.→600°C, 5хв.	1070-1090	0,22-0,25

#### Приклад 2

Зразки ливарного сплаву ЛТС (Ti-5Al-2Mo-16,5Zr), вирізані з великогабаритної відливки, нагрівали зі швидкістю 4град/хв. до температури 950°C (температура завершення поліморфного перетворення 930°C), витримували 30хв., охолоджували до 630°C, витримували 30хв., охолоджували у повітрі. Дані механічних випробувань після термічної обробки за оптимальним режимом та для порівняння за режимами з іншими параметрами наведено у таблиці 2.

Таблиця 2

Режим термообробки	Механічні властивості	
	$\sigma_b$ , МПа	KCU, МДж/м <sup>2</sup>

Вихідний	1030-1060	0,22-0,25
Т/о за прототипом	1060-1100	0,23-0,27
$V_n=4\text{град/хв.}, 950^\circ\text{C}, 30\text{хв.}\rightarrow 630^\circ\text{C}, 30\text{хв.}$	1130-1160	0,34-4,0
$V_n=4,5\text{град/хв.}, 950^\circ\text{C}, 30\text{хв.}\rightarrow 680^\circ\text{C}, 60\text{хв.}$	1130-1150	0,28-0,32
$V_n=3,5\text{град/хв.}, 980^\circ\text{C}, 15\text{хв.}\rightarrow 580^\circ\text{C}, 10\text{хв.}$	1100-1130	0,30-0,35
$V_n=5\text{град/хв.}, 980^\circ\text{C}, 15\text{хв.}\rightarrow 700^\circ\text{C}, 70\text{хв.}$	1070-1100	0,25-0,27
$V_n=3\text{град/хв.}, 980^\circ\text{C}, 15\text{хв.}\rightarrow 560^\circ\text{C}, 5\text{хв.}$	1080-1100	0,23-0,27

Запропонований спосіб забезпечує подрібнення зерна, підвищення ступеню дисперсності та однорідності структури та, в кінцевому результаті, підвищення міцності та ударної в'язкості.

Джерела інформації:

1. Патент США 5032189 МКИ С22F1/18. /Способ измельчения зернистой структура слитка из титанового сплава, обработанного на  $\beta$ -фазу// Оpubл. ИЗР №3, вып.48, 1993.

1. Ас. СССР 529869 МКИ С22F1/18. /Петров В.А. Способ термообработки титановых  $\beta$ -сплавов. // Оpubл. 15.02.1978.

3. Деклараційний патент України 53076 А МКВ С22F1/18. /Шаповалова О.М., Маркова І.А., Сусленкова С.В. Спосіб термічної обробки титанових сплавів. /Оpubл. 15.01.2003.