



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38805 (13) A

(51) 7 C22C14/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПЛАВ НА ОСНОВІ ТИТАНУ

(21) 2000105834

(22) 16.10.2000

(24) 15.05.2001

(33) UA

(46) 15.05.2001, Бюл. № 4, 2001 р.

(72) Івасишин Орест Михайлович, Марковський Павло Євгенович, Матвійчук Юрій Васильович, Замков Вадим Миколайович, Тригуб Микола Петрович

(73) Інститут металофізики Національної академії наук України

(57) Сплав на основі титану, що містить алюміній,

цироній та залізо, який відрізняється тим, що в нього додатково вводять марганець, а вказані компоненти беруть у співвідношенні (вагові %):

Компоненти	Ваг.%
Al	3,5-5,0
Zr	0,3-1,0
Fe	2,8-4,0
Mn	1,7-2,5
Ti	основа

Винахід відноситься до металургії титанових сплавів і може бути використаний для виготовлення високонавантажених деталей, що використовуються в різних галузях техніки, зокрема: авіаційному та космічному машинобудуванні, машинобудуванні для нафтової, газової, хімічної та харчової промисловості, тощо.

Відомий сплав на основі титану, який має в своєму складі (ваг. %):

Компоненти	Ваг.%
Al	2-5
Mo	2-7
Mn	0,5-1,5
Si	4-8
Ti	основа

(Ас. № 1601170, СРСР, МКВ С22 С 14/00, опубл. БИ 39-90, 23.10.1990).

Недоліком цього сплаву є відносно низький рівень характеристик міцності у термозміцненому стані внаслідок малого вмісту стабілізуючих бета-фазу елементів (молібдену та марганцю). Крім того, використання досить дорогого та дефіцитного легуючого елементу - молібдену робить сплав відносно дорогим, а введення великої кількості кремнію призводить до крихкості, внаслідок утворення крихких силіцидних фаз при довготривалій експлуатації при підвищених температурах.

Відомий сплав на основі титану, який містить (ваг. %):

Компоненти	Ваг.%
Al	5,5-6,5
Fe	1,5-2,2
Si	0,07-0,13
Ti	основа

(Патент 5342458, США, МКВ С22 С 14/00, опубл. ИСМ № 12, 1995).

Недоліком цього сплаву є низький рівень характеристик міцності, що є наслідком незначного вмісту бета легуючих елементів (1,5-2,2% Fe) і, через це, незначного ефекту зміцнення при термічній обробці.

Найбільш близьким до запропонованого є сплав на основі титану (Патент № 7385, Україна, МКВ С22 С 14/00, опубл. Бюл. № 3, 1995), який містить алюміній, ніобій, цирконій та залізо, а вказані компоненти взяті у співвідношенні (вагові %):

Компоненти	Ваг.%
Al	4,0-5,5
Nb	5,0-7,0
Zr	0,3-0,8
Fe	0,8-2,3
Ti	основа

Недоліком цього сплаву є невеликий вміст стабілізуючих бета фазу легуючих елементів (заліза та ніобія). Це робить малоефективним процес термічної обробки і, як наслідок, міцність сплаву у термообробленому стані невелика, внаслідок чого стає неможливим його використання в важконавантажених вузлах та виробках. Крім того, викорис-

(19) UA (11) 38805 (13) A

тання такого дуже дорогого та дефіцитного легуючого елементу, як ніобій, робить значною вартість сплаву.

Технічною задачею винаходу, який пропонується є створення сплаву на основі титану з високою міцністю (понад 1250 МПа) та пластичністю (δ не менше 6%) після зміцнювальної термічної обробки на основі дешевих та широко розповсюджених в Україні легуючих елементів.

Вищезазначена технічна задача вирішується за рахунок того, що в сплав на основі титану, який містить алюміній, цирконій та залізо, додатково вводять марганець, а вказані компоненти беруть у співвідношенні (у вагових %):

Компоненти	Ваг.%
Al	3,5-5,0
Zr	0,3-1,0
Fe	2,8-4,0
Mn	1,7-2,5
Ti	основа

Введення марганцю дозволяє за рахунок адитивного впливу другого стабілізуючого бета-фази легуючого елементу підвищити загальний рівень бета-стабілізаторів (заліза та марганцю) до рівня вище критичного, при якому під час гартування від температур однофазної бета області фіксується метастабільна бета-фаза, що робить технологію термічної обробки найбільш ефективною та при заключному старінні дозволяє досягти рівня міцних характеристик понад 1250 МПа при збереженні достатньої пластичності (δ не менше 6%). Поєднання двох легуючих елементів (заліза та марганцю) є більш ефективним, ніж введення еквівалентної кількості одного з цих елементів, завдяки їх різній дифузійній рухливості в твердому розчині титану, яка відповідає за процеси фіксації (при гартуванні) та розпаду (при старінні чи відпалі) метастабільних фаз.

При вмісті заліза менше 2,8 ваг.% при гартуванні замість метастабільної бета-фази фіксується малолегований мартенсит, який при наступному старінні розпадається з утворенням відносно крупнорозмірної ($\alpha+\beta$)-суміші, внаслідок чого не досягається рівень міцності, вищий за 1050-1100 МПа.

При вмісті заліза вище 4,0 ваг. % фактично не досягається подальше підвищення міцності, але при цьому утворюються крихкі інтерметаліди, перш за все - титан-залізо, що призводить до небезпечного зниження характеристик пластичності (δ менше 2 %).

При вмісті марганцю менше 1,7 ваг.% при гартуванні замість метастабільної бета-фази фіксується малолегований мартенсит, який при наступному старінні розпадається з утворенням відносно крупнорозмірної ($\alpha+\beta$)-суміші, внаслідок чого не досягається рівень міцності, вищий за 1050-1100 МПа.

При вмісті марганцю вище 2,5 ваг. % фактично не досягається подальше підвищення міцності, але при цьому утворюються крихкі інтерметаліди, що призводить до небезпечного зниження характеристик пластичності (δ менше 2 %).

При вмісті алюмінію менше 3,5 % альфа-фаза має недостатнє твердо-розчинне зміцнення, внаслідок чого, навіть при високій концентрації бета стабілізуючих легуючих елементів, максимальна міцність сплаву після термічної обробки не перевищує 1000-1050 МПа.

При вмісті алюмінію вище 5,0 % в умовах високого вмісту бета-стабілізаторів (заліза та марганцю) при наступному старінні утворюються крихкі алюмініди титану ($TiAl$ та Ti_3Al), що катастрофічно знижує пластичність сплаву (δ стає меншою 1%).

Цирконій вводиться до сплаву як нейтральний твердорозчинно-зміцнюючий елемент, який, завдяки деякому спотворенню кристалічної ґратки, сприяє підвищенню характеристик міцності і при цьому зберігає характеристики пластичності. Крім того, цей елемент ефективно підвищує температурні межі використання титанових сплавів. При вмісті менше 0,3 % цирконій не оказує помітного впливу на характеристики міцності.

При вмісті цирконію більше 1,0% росту характеристик міцності не спостерігається.

Приклад. Були виплавлені та надалі оброблені за нижченаведеними режимами зливки сплавів зі складом, що відповідає середньому та крайнім значенням, які пропонуються, а також вище та нижче запропонованого діапазону, і сплаву-прототипу (див. таблицю 1).

Таблиця 1

Хімічний склад виплавлених сплавів

№№ сплаву	Вміст легуючих елементів	Хімічний склад, ваг. %					
		Al	Fe	Mn	Zr	Nb	Ti
1	нижче мінімального	3,0	2,0	1,2	0,2	-	основа
2	мінімальний	3,5	2,8	1,7	0,3	-	основа
3	середній	4,0	3,0	2,0	0,5	-	основа
4	середній	4,5	3,5	2,3	0,6	-	основа
5	максимальний	5,0	4,0	2,5	1,0	-	основа
6	вище максимального	5,2	4,3	2,8	1,3	-	основа
7	прототип	4,5	2,0	-	0,6	6,0	основа

Зливи всіх сплавів були піддані термомеханічній обробці - прокатці з загальним ступенем деформації 70% при температурі 800-850°C з наступним відпалом при температурі 800°C протягом 2 годин, для формування однорідної глобулярної мікроструктури. Як наступну зміцнюючу

термічну обробку було використано обробку за наступним режимом: пічне нагрівання 880°C з витримкою 0,5 години, гартування в воду та старіння 550°C, 8 годин. Результати механічних випробувань зразків сплавів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Механічні властивості сплавів після ТМО та термічної обробки

№ сплаву	Механічні властивості			
	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
1	965	1035	10,4	26,3
2	1210	1275	9,3	28,5
3	1240	1290	8,2	25,2
4	1254	1290	8,1	24,5
5	1238	1285	7,6	21,7
6	1235	1255	1,5	5,2
7	980	995	10,1	24,5

Як видно з наведених у таблиці даних при вмісті легуючих елементів меншому ніж той, що пропонується, сплав у термозміцненому стані має низьку міцність (сплав № 1). Приблизно такий же низький рівень міцності має і сплав-прототип (сплав № 7). Перевищення вмісту легуючих елементів призводить до небезпечного зниження характеристик пластичності (сплав № 6). В той же

час запропонований сплав на основі титану після термічної обробки забезпечує високі, понад 1250 МПа, характеристики міцності при достатньо високому рівні характеристик пластичності.

Запропонований сплав може бути реалізований як у лабораторних, так і в промислових умовах.

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
