



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014123937/02, 10.06.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.06.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.06.2014

(45) Опубликовано: 27.08.2015 Бюл. № 24

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2169782 C1, 27.06.2001. RU 2169204 C1, 20.06.2001. RU 2441097 C1, 27.01.2012. US 2004/0045644 A1, 11.03.2004. US 4067734 A, 10.01.1978

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ,
центр интеллектуальной собственности, Марк
Татьяне Владимировне

(72) Автор(ы):

Демаков Сергей Леонидович (RU),
Гадеев Дмитрий Вадимович (RU),
Илларионов Анатолий Геннадьевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Уральский
федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

**(54) СПОСОБ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ
ВЫСОКОПРОЧНОГО ТИТАНОВОГО СПЛАВА**

(57) Реферат:

Настоящее изобретение относится к областям металлургии, а именно к способам термической обработки высоколегированных псевдо-β титановых сплавов. Способ термической обработки крупногабаритных изделий из высокопрочного титанового сплава, содержащего, мас. %: 4,0...6,3 алюминия, 4,5...5,9 ванадия, 4,5...5,9 молибдена, 2,0...3,6 хрома, 0...5 циркония, 0...6 олова, 0...0,5 кремния, титан и неизбежные примеси - остальное, включает охлаждение со скоростью $V_1 < 3^\circ\text{C}/\text{мин}$ из однофазной β-области до температуры $T_1 < 370^\circ\text{C}$

и последующее старение при температуре $T_2 = 370...600^\circ\text{C}$ в течение 1...12 часов. После старения дополнительно осуществляют нагрев и обработку сплава в интервале температур $T_3 = T_2...T_\beta$ в течение 1...12 часов, охлаждение со скоростью $V_2 > V_1$ до температуры T_4 , которая не выше температуры T_2 , и последующее повторное старение в интервале температур T_2 в течение 1...12 часов. Обеспечивается повышение прочности и ударной вязкости. 1 з.п. ф-лы, 1 ил., 1 табл., 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C22C 14/00 (2006.01)
C22F 1/18 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2014123937/02, 10.06.2014**

(24) Effective date for property rights:
10.06.2014

Priority:

(22) Date of filing: **10.06.2014**

(45) Date of publication: **27.08.2015** Bull. № 24

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU, tsentr
intellektual'noj sobstvennosti, Marks Tat'jane
Vladimirovne**

(72) Inventor(s):

**Demakov Sergej Leonidovich (RU),
Gadeev Dmitrij Vadimovich (RU),
Illarionov Anatolij Gennad'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**

(54) **METHOD OF HEAT TREATMENT OF LARGE-SIZE PRODUCTS FROM HIGH-STRENGTH TITANIUM ALLOY**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: method of heat treatment of large-size products from high-strength titanium alloy containing wt %: 4.0...6.3 of aluminium, 4.5...5.9 of vanadium, 4.5...5.9 of molybdenum, 2.0...3.6 of chrome, 0...5 of zirconium, 0...6 of stannum, 0...0.5 of silicon, titanium and inevitable impurity - the rest, includes cooling with $V_1 < 3^\circ\text{C}/\text{min}$ of single-phase β -area up to the temperature $T_1 < 370^\circ\text{C}$ and the subsequent

aging at the temperature $T_2 = 370 \dots 600^\circ\text{C}$ during 1...12 hours. After aging the additional heating and processing of alloy in the range $T_3 = T_2 \dots T_\beta$ within 1...12 hours, cooling at the speed $V_2 > V_1$ up to the temperature T_4 which isn't higher than T_2 temperature, and the subsequent repeated aging in the range of the temperatures T_2 within 1...12 hours.

EFFECT: increase of strength and impact viscosity.
2 cl, 1 dwg, 1 tbl, 1 ex

RU 2 561 567 C 1

RU 2 561 567 C 1

Настоящее изобретение относится к областям металлургии сплавов на основе титана и машиностроения, а именно описывает способы термической обработки высоколегированных псевдо- β титановых сплавов. Данное изобретение может быть использовано для повышения комплекса механических свойств высоколегированных псевдо- β титановых сплавов.

Сплавы на основе титана являются одним из важнейших конструкционных материалов и с каждым годом расширяются области их использования. Ответственные сферы применения этих (аэрокосмическая техника, судостроение и т.д.) сплавов требуют улучшения механических и эксплуатационных свойств за счет оптимизации их фазового и структурного состояния методами термического и термомеханического воздействия.

В настоящее время известен способ термической обработки крупногабаритных изделий из титановых сплавов Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr [1] и Ti-5Al-5Mo-5V-3Cr-Zr [2], который заключается в нагреве до температуры $(T_{\beta}-(30...70))^{\circ}\text{C}$, выдержке при этой температуре в течение 2...5 ч, последующем охлаждении на воздухе или в воде и старении при температуре 540...600 $^{\circ}\text{C}$ в течение 8...16 ч. Недостатком данного способа является недостаточный уровень прочности и энергоемкости разрушения, по сравнению с другими техническими решениями.

Также известен способ термической обработки псевдо- β -титановых сплавов BASCA (англ. «Beta Annealing, Slow Cooling, Aging») [4, 5], включающий охлаждение со скоростью менее 3 $^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ из однофазной β -области до температуры ниже 370 $^{\circ}\text{C}$ и последующее старение при температуре 370...600 $^{\circ}\text{C}$ в течение 1...12 часов. Указанное техническое решение, как наиболее близкое к заявленному техническому решению, принято в качестве прототипа.

Технической задачей предлагаемого изобретения является повышение уровня прочности и энергоемкости разрушения высоколегированного псевдо- β сплава, содержащего 4,0...6,3 мас.% алюминия, 4,5...5,9 мас.% ванадия, 4,5...5,9 мас.% молибдена, 2,0...3,6 мас.% хрома, 0...5 мас.% циркония, 0...6 мас.% олова, 0...0,5 мас.% кремния, титан и неизбежные примеси - остальное.

Для решения указанной технической задачи предложен способ термической обработки крупногабаритных изделий и полуфабрикатов:

1. Способ термической обработки крупногабаритных изделий из высокопрочного титанового сплава, содержащего 4,0...6,3 мас.% алюминия, 4,5...5,9 мас.% ванадия, 4,5...5,9 мас.% молибдена, 2,0...3,6 мас.% хрома, 0...5 мас.% циркония, 0...6 мас.% олова, 0...0,5 мас.% кремния, титан и неизбежные примеси - остальное, включающий охлаждение со скоростью $V_1 < 3^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ из однофазной β -области до температуры $T_1 < 370^{\circ}\text{C}$ и последующее старение при температуре $T_2 = 370...600^{\circ}\text{C}$ в течение 1...12 часов, отличающийся тем, что после старения дополнительно осуществляют нагрев и обработку сплава в интервале температур $T_3 = T_2...T_{\beta}$ в течение 1...12 часов, охлаждение со скоростью $V_2 > V_1$ до температуры T_4 , которая не выше температуры T_2 , и последующее повторное старение в интервале температур T_2 в течение 1...12 часов, где V_1 - скорость первого охлаждения, V_2 - скорость второго охлаждения, T_1 - температура окончания замедленного охлаждения, T_2 - температурный интервал старения, T_3 - температурный интервал высокотемпературного отжига, T_{β} - температура полного полиморфного превращения.

2. Способ по п. 1. отличающийся тем, что обработку в интервале температур $T_3 = T_2...T_{\beta}$ проводят в две стадии, при температурах T_5 и T_6 , причем температуру T_5

выбирают из диапазона 750...770°C, а температуру назначают из соотношения $T_6 = T_5 + 10 \dots 20^\circ\text{C}$, где T_5 - температура первой стадии высокотемпературного отжига, T_6 - температура второй стадии высокотемпературного отжига.

Пример.

Это техническое решение подтверждено исследованиями сплава VST5553, содержащего 4,98 мас.% Al, 5,41 мас.% Mo, 5,45 мас.% V, 2,94 мас.% Cr, титан и примеси - остальное. Температура полного полиморфного превращения T_β исследуемой плавки сплава, определенная методом пробных закалок, составляла 848°C.

Обрабатываемый образец сплава нагревался в термической печи в однофазную β -область и выдерживался при температуре нагрева в течение 1 ч для полного перехода структуры в однофазное состояние. После изотермической выдержки в однофазной области образец охлаждался с печью до комнатной температуры, после чего нагревался до температуры $T_2 = 600^\circ\text{C}$ и выдерживался при данной температуре в течение 6 ч. После выдержки образец нагревался до температуры $T_5 = T_\beta - 90^\circ\text{C} = 770^\circ\text{C}$ и выдерживался при этой температуре в течение 3 ч с последующим нагревом до температуры $T_6 = T_5 + 20^\circ\text{C} = 790^\circ\text{C}$ и выдержкой в течение 3 ч. После выдержки при температуре T_6 исследуемый образец охлаждался на воздухе до температуры $T_2 = 600^\circ\text{C}$ и осуществлялось его старение в течение 6 ч с последующим неконтролируемым охлаждением на воздухе.

После проведения термической обработки по описанному режиму проводилось механическое удаление газонасыщенного слоя толщиной 2,5...3,5 мм, подготовка образцов для механических испытаний на ударный изгиб (с U-образным надрезом) и испытаний на замедленное разрушение (образец с V-образным надрезом, скорость деформации в режиме 3-точечного изгиба 1...1,5 мм/мин).

Технический результат: заметное повышение энергоемкости разрушения (ударной вязкости) KCU и пластичности сплава γ , а также некоторое возрастание уровня прочности σ при испытаниях на замедленное разрушение в режиме 3-точечного изгиба (фиг. 1, табл. 1).

Таблица 1. Механические свойства сплава после обработки по промышленному и экспериментальному режимам

Режим обработки	KCU, МДж/м ²	σ , МПа	γ , %
Прототип	0,49	1650	3
Предложенный (770-3ч-790-3ч-печь- 600-6ч)	0,55	2230	11

Источники информации:

1. Тетюхин В.В., Захаров Ю.И., Левин И.В. Сплав на основе титана и способ термической обработки крупногабаритных полуфабрикатов из этого сплав. Патент РФ №2169782, 2000.

2. Тетюхин В.В., Захаров Ю.И., Левин И.В. Сплав на основе титана и способ термической обработки крупногабаритных полуфабрикатов из этого сплав. Патент РФ №2169204, 2000.

3. Briggs R.D. Tough, high-strength titanium alloys; methods of heat treating titanium alloys.

Патент США №7785429, 2010.

4. Briggs R.D. Tough, high-strength titanium alloys; methods of heat treating titanium alloys.
Патент США №8262819, 2012.

Формула изобретения

5

1. Способ термической обработки крупногабаритных изделий из высокопрочного титанового сплава, содержащего 4,0...6,3 мас.% алюминия, 4,5...5,9 мас.% ванадия, 4,5...5,9 мас.% молибдена, 2,0...3,6 мас.% хрома, 0...5 мас.% циркония, 0...6 мас.% олова, 0...0,5 мас.% кремния, титан и неизбежные примеси - остальное, включающий
10 охлаждение со скоростью $V_1 < 3^\circ\text{C}/\text{мин}$ из однофазной β -области до температуры $T_1 < 370^\circ\text{C}$ и последующее старение при температуре $T_2 = 370...600^\circ\text{C}$ в течение 1...12 часов, отличающийся тем, что после старения дополнительно осуществляют нагрев и обработку сплава в интервале температур $T_3 = T_2...T_\beta$ в течение 1...12 часов, охлаждение
15 со скоростью $V_2 > V_1$ до температуры T_4 , которая не выше температуры T_2 , и последующее повторное старение в интервале температур T_2 в течение 1...12 часов, где V_1 - скорость первого охлаждения, V_2 - скорость второго охлаждения, T_1 - температура окончания замедленного охлаждения, T_2 - температурный интервал старения, T_3 - температурный интервал высокотемпературного отжига, T_β - температура
20 полного полиморфного превращения.

20

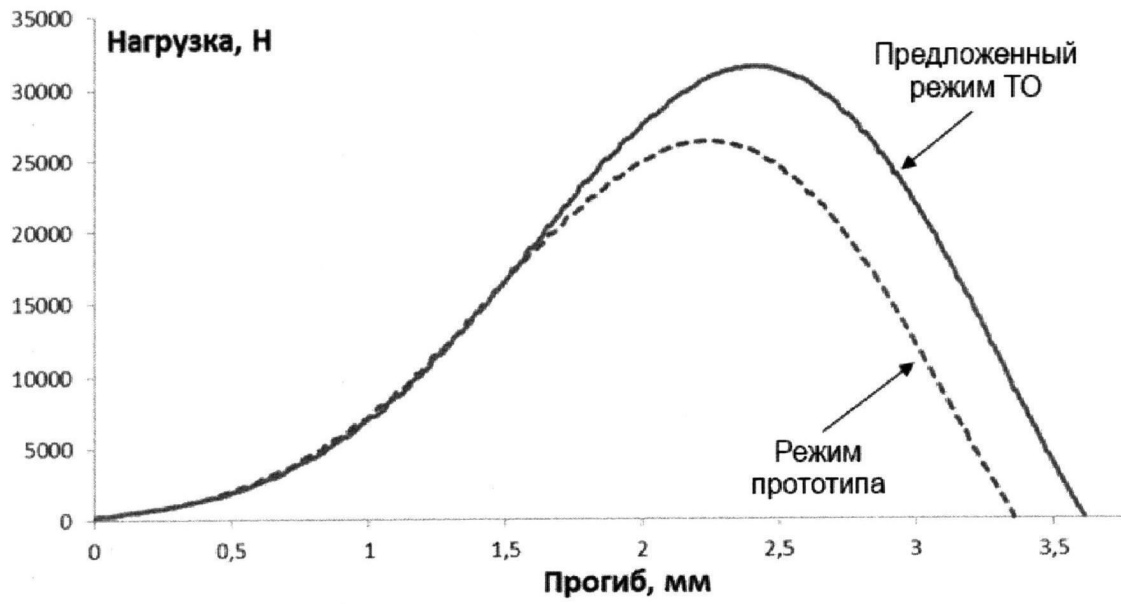
2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что обработку в интервале температур $T_3 = T_2...T_\beta$ проводят в две стадии, при температурах T_5 и T_6 , причем температуру T_5 выбирают из диапазона $750...770^\circ\text{C}$, а температуру T_6 назначают из соотношения
25 $T_6 = T_5 + 10...20^\circ\text{C}$, где T_5 - температура первой стадии высокотемпературного отжига, T_6 - температура второй стадии высокотемпературного отжига.

30

35

40

45



Фиг. 1