



(51) МПК
B82B 3/00 (2006.01)
C23C 14/48 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/24 (2006.01)
C23C 14/58 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B82B 3/00 (2019.08); *C23C 14/48* (2019.08); *C23C 14/06* (2019.08); *C23C 14/24* (2019.08); *C23C 30/00* (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2018121012, 06.06.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 06.06.2018

Дата регистрации:
 08.10.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 06.06.2018

(45) Опубликовано: 08.10.2019 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

450027, Респ. Башкортостан, г. Уфа, ул.
 Трамвайная, 5, корп. 1, ООО "НПП
 "Уралавиаспецтехнология", Смыслову А.А.

(72) Автор(ы):

Настека Вадим Викторович (RU),
 Семенова Ирина Петровна (RU),
 Большаков Борис Олегович (RU),
 Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
 Криони Николай Константинович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной ответственностью
 "Научно-производственное предприятие
 "Уралавиаспецтехнология" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 2116378 C1, 27.07.1998. SU
 1642786 A1, 30.09.1994. RU 2479669 C2,
 20.04.2013. RU 2533223 C1, 20.11.2014. RU
 2390578 C2, 27.05.2010. RU 2403316 C2,
 10.11.2010. EP 605196 A1, 06.07.1994. US 5876860
 A, 02.03.1999. EP 264654 A, 27.04.1988. JP
 2001348655 A, 18.12.2001.

(54) СПОСОБ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ ИЗ СПЛАВА НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ
 (ВАРИАНТЫ)

(57) Реферат:

Изобретение относится к способу упрочняющей обработки детали из сплава на основе никеля. Технический результат состоит в повышении выносливости и циклической долговечности детали. Способ включает бомбардировку поверхностного слоя ионами по двум вариантам. По первому варианту бомбардировку поверхностного слоя производят имплантацией в него ионов La при энергии от 35 до 40 кэВ, дозой от $8,0 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ до $1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. По второму варианту бомбардировку поверхностного слоя производят имплантацией в него ионов Yb при энергии от 32 до 38 кэВ,

дозой от $9,0 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ до $1,7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$. Перед ионной имплантацией производят электролитно-плазменное полирование поверхности детали при напряжении 260-320 В, в электролите: 4-8% водный раствор сульфата аммония при температуре 60-80°C. После ионной имплантации производят отжиг в вакууме при температуре от 740°C до 960°C в течение от 1,8 до 2,2 часа. В качестве сплава на никелевой основе используют сплав, содержащий, вес. %: 10,5-11,7 Co; 15,2-15,8 Cr; 4,9-5,3 W; 1,83-1,96 Mo; 0,15-0,25 Nb; 2,5-3,2 Al; 4,2-4,8 Ti; 0,05-0,06 C; 0,25-0,3 Hf; 0,8-0,09 V; 0,03-0,05 Zr, остальное - никель. 2 н. и 1 з.п. ф-лы, 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B82B 3/00 (2006.01)
C23C 14/48 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)
C23C 14/24 (2006.01)
C23C 14/58 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

B82B 3/00 (2019.08); *C23C 14/48* (2019.08); *C23C 14/06* (2019.08); *C23C 14/24* (2019.08); *C23C 30/00* (2019.08)

(21)(22) Application: **2018121012, 06.06.2018**(24) Effective date for property rights:
06.06.2018Registration date:
08.10.2019

Priority:

(22) Date of filing: **06.06.2018**(45) Date of publication: **08.10.2019 Bull. № 28**

Mail address:

**450027, Resp. Bashkortostan, g. Ufa, ul.
Tramvajnaya, 5, korp. 1, OOO "NPP
"Uralaviaspetstekhnologiya", Smyslovu A.A.**

(72) Inventor(s):

**Nasteka Vadim Viktorovich (RU),
Semenova Irina Petrovna (RU),
Bolshakov Boris Olegovich (RU),
Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Krioni Nikolaj Konstantinovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennostyu
"Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie
"Uralaviaspetstekhnologiya" (RU)**

(54) **METHOD OF NICKEL-BASED ALLOY PART REINFORCING TREATMENT (VERSIONS)**

(57) Abstract:

FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: invention relates to a nickel-based alloy part hardening treatment method. Method involves bombardment of surface layer with ions in two versions. According to the first version, the surface layer is bombarded by implanting La ions therein at energy from 35 to 40 keV, with dose of $8.0 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ up to $1.6 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$. According to the second version, the surface layer is bombarded by implantation of Yb ions at energy from 32 to 38 keV, dose from $9.0 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ up to $1.7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$. Before ion implantation

electrolytic-plasma polishing of part surface is carried out at voltage 260–320 V, in electrolyte: 4–8 % aqueous ammonium sulphate solution at temperature of 60–80 °C. After ion implantation annealing is performed in vacuum at temperature of 740 °C to 960 °C for 1.8 to 2.2 hours. Nickel-base alloy is an alloy containing the following, wt%: 10.5–11.7 Co; 15.2–15.8 Cr; 4.9–5.3 W; 1.83–1.96 Mo; 0.15–0.25 Nb; 2.5–3.2 Al; 4.2–4.8 Ti; 0.05–0.06 C; 0.25–0.3 Hf; 0.8–0.09 B; 0.03–0.05 Zr, the rest is nickel.

EFFECT: increased endurance and cyclic durability of the part.

3 cl, 1 ex

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в энергетическом турбостроении для защитно-упрочняющей обработки пера рабочих лопаток из сплавов на основе никеля для повышения выносливости и циклической долговечности деталей.

5 Известен способ обработки поверхности лопатки турбины теплового двигателя, включающий удаление отработанного слоя потоком ионов плазмы тугоплавких материалов с последующей термообработкой (А.С. СССР №1832132, МПК С23С 14/02, 1993).

Однако известный способ очистки поверхности (А.С. СССР №1832132, МПК С23С 10 14/02, 1993) потоком ионов плазмы инертного газа не предусматривает последующее ионно-имплантационное модифицирование, что не позволяет обеспечить комплекс необходимых повышенных эксплуатационных характеристик (выносливости, длительной прочности) деталей из сплавов на основе никеля.

Известен также способ модификации поверхности жаропрочных сплавов 15 включающий ионную очистку поверхности пучком ионов азота, ионную имплантацию и стабилизирующий отжиг (Патент РФ №20007501, МПК С23С 14/48, 1994).

Основным недостатком этого способа являются невысокие эксплуатационные обработанных характеристики деталей.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к 20 заявляемому является способ ионно-имплантационной обработки деталей, включающий ионную очистку ионами аргона и ионно-имплантационную обработку поверхности детали ионами азота (патент РФ №2116378, МПК С23С 14/48, 1998 г.; а также А.С. СССР №1642786, МПК С23С 14/48, Способ ионной имплантации. Оpubл. 30.09.1994.). При этом, обработка поверхности осуществляется путем имплантации ионного пучка 25 с плотностью мощности $1 \cdot 10^3$ Вт/см² с предварительным облучением поверхности импульсным ионным пучком с плотностью мощности $5 \cdot 10^6$ - 10^8 Вт/см² и удельной энергией в импульсе 0,5-10 Дж/см².

Основным недостатком известного способа являются невысокие эксплуатационные 30 характеристики деталей (предела выносливости, циклической долговечности). Это связано с недостаточно рациональными вариантами обработки поверхности деталей из сплавов на никелевой основе при использовании методов ионно-имплантационного воздействия. При этом повышение указанных характеристик особенно важно для таких 35 деталей из сплавов на никелевой основе как лопатки газотурбинных двигателей (ГТД) и установок (ГТУ).

Задачей настоящего изобретения является создание такого поверхностного слоя материала детали, который позволил бы обеспечить повышенные эксплуатационные характеристики деталей из сплавов на никелевой основе.

Техническим результатом заявляемого способа является повышение 40 эксплуатационных характеристик деталей из сплавов на никелевой основе за счет использования комплексной обработки поверхности деталей.

Технический результат достигается вариантами способа упрочняющей обработки детали из сплава на никелевой основе путем бомбардировки поверхностного слоя ионами.

45 В отличие от прототипа по первому варианту бомбардировку поверхностного слоя производят имплантацией в него или ионов La при энергии от 35 до 40 кэВ, дозой от $8,0 \cdot 10^{16}$ см⁻² до $1,6 \cdot 10^{17}$ см⁻² с последующим отжигом в вакууме при температуре от 740°С до 960°С в течение от 1,8 до 2,2 часа, а перед ионной имплантацией производят

электролитно-плазменное полирование поверхности детали при напряжении 260-320 В, в электролите: 4-8% водный раствор сульфата аммония при температуре 60-80°C, а в качестве сплава на никелевой основе используют сплав, содержащий, в весовых %: 10,5-11,7% Со; 15,2-15,8% Сr; 4,9-5,3% W; 1,83-1,96% Мо; 0,15-0,25% Nb; 2,5-3,2% Al; 4,2-4,8% Ti; 0,05-0,06% С; 0,25-0,3% Hf; 0,8-0,09%В; 0,03-0,05% Zr, остальное - никель.

В отличие от прототипа по второму варианту бомбардировку поверхностного слоя производят имплантацией в него или ионов Yb при энергии от 32 до 38 кэВ, дозой от $9,0 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ до $1,7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ с последующим отжигом в вакууме при температуре от 740°C до 960°C в течение от 1,8 до 2,2 часа, а перед ионной имплантацией производят электролитно-плазменное полирование поверхности детали при напряжении 260-320 В, в электролите: 4-8% водный раствор сульфата аммония при температуре 60-80°C, а в качестве сплава на никелевой основе используют сплав, содержащий, в весовых %: 10,5-11,7% Со; 15,2-15,8% Сr; 4,9-5,3% W; 1,83-1,96% Мо; 0,15-0,25% Nb; 2,5-3,2% Al; 4,2-4,8% Ti; 0,05-0,06% С; 0,25-0,3% Hf; 0,8-0,09%В; 0,03-0,05% Zr, остальное - никель.

Кроме того, по всем вариантам способа возможен следующий дополнительный прием: использование в качестве детали турбинной лопатки.

Пример. Для оценки эксплуатационных свойств лопаток турбин из никелевых сплавов были проведены следующие испытания. Образцы из сплавов на никелевой основе, были подвергнуты ионно-имплантационной обработке как по способу- прототипу (патент РФ №2116378, МПК С23С 14/48, 1998 г.), согласно приведенным в способе-прототипе условиям и режимам обработки, так и по предлагаемому способу. Образцы деталей (лопаток турбин) были изготовлены из сплава на никелевой основе ЧС88У ВИ (сплава на никелевой основе, содержащий, в весовых %: 10,5-11,7% Со; 15,2-15,8% Сr; 4,9-5,3% W; 1,83-1,96% Мо; 0,15-0,25% Nb; 2,5-3,2% Al; 4,2-4,8% Ti; 0,05-0,06% С; 0,25-0,3% Hf; 0,8-0,09%В; 0,03-0,05% Zr, остальное - никель). Режимы и условия обработки деталей по способу-прототипу были следующие: имплантация ионов La; имплантация ионов Yb; энергия ионов от 35 до 40 кэВ, дозой от $8,0 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ до $1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$.

Условия обработки по предлагаемому способу. (Удовлетворительным результатом (У.Р.) считался результат, в котором прочностные характеристики испытываемых деталей из сплава на никелевой основе, обработанные по предлагаемому способу превышали аналогичные характеристики деталей, обработанных по способу-прототипу не менее чем на 6%.)

По первому варианту:

Электролитно-плазменное полирование поверхности детали:

- напряжение: 240 В- Н.Р. (Неудовлетворительный результат), 260 В- У.Р., 280 В- У.Р., 300 В- У.Р., 320 В- У.Р., 340 В- Н.Р.

- электролит: водный раствор сульфата аммония, концентрацией: 2,5%- Н. Р., 4%- У.Р., 6%- У.Р., 8%- У.Р., 10%- Н.Р.

- температура: 60-80°C, 50°C- Н.Р., 60°C- У.Р., 70°C- У.Р., 80°C- У.Р., 90°C- Н.Р.

Режимы имплантации ионов La:

- энергия ионов: 33 кэВ - Н.Р., 35 кэВ - У.Р., 37 кэВ - У.Р., 40 кэВ - У.Р., 43 кэВ - Н.Р.

- доза: $7,6 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ - Н.Р., $8,0 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ - У.Р., $1,1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ - У.Р., $1,6 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ - У.Р., $1,8 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ - Н.Р.

- величина тока: 20 мкА/см², 30 мкА/см², 40 мкА/см²,

Режимы постимплантационного отжига в вакууме:

- температура от 740°C до 960°C 720°C- Н.Р., 740°C- У.Р., 800°C- У.Р., 840°C- У.Р., 900°C- У.Р., 960°C- У.Р., 980°C- Н.Р.

- время отжига, в течение от 1,8 до 2,2 часа. 1,6 час- Н.Р., 1,8 час- У.Р., 2,0 час- У.Р., 2,2 час- У.Р., 2,4 час- Н.Р.

По второму варианту:

Электролитно-плазменное полирование поверхности детали:

5 - напряжение: 240 В- Н.Р. (Неудовлетворительный результат), 260 В- У.Р., 280 В- У.Р., 300 В- У.Р., 320 В- У.Р., 340 В- Н.Р.

- электролит: водный раствор сульфата аммония, концентрацией: 2,5%- Н. Р., 4%- У.Р., 6%- У.Р., 8%- У.Р., 10%- Н.Р.

- температура: 60-80°C, 50°C- Н.Р., 60°C- У.Р., 70°C- У.Р., 80°C- У.Р., 90°C- Н.Р.

10 Режимы имплантации ионов Yb:

- энергия ионов: 30 кэВ - Н.Р., 32 кэВ - У.Р., 37 кэВ - У.Р., 38 кэВ - У.Р., 40 кэВ - Н.Р.

- доза: $8,4 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ - Н.Р., $9,0 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$ - У.Р., $1,1 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ - У.Р., $1,7 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ - У.Р., $1,9 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-2}$ - Н.Р.

15 - величина тока: 20 мкА/см², 30 мкА/см², 40 мкА/см²,

Режимы постимплантационного отжига в вакууме:

- температура от 740°C до 960°C 720°C- Н.Р., 740°C- У.Р., 800°C- У.Р., 840°C- У.Р., 900°C- У.Р., 960°C- У.Р., 980°C- Н.Р.

20 - время отжига, в течение от 1,8 до 2,2 часа. 1,6 час- Н.Р., 1,8 час- У.Р., 2,0 час- У.Р., 2,2 час- У.Р., 2,4 час- Н.Р.

В результате проведенных испытаний на жаропрочность были получены следующие результаты: длительная прочность лопаток из никелевого сплава ЧС88У ВИ в среднем по сравнению с прототипом составляет:

1) При температуре 600°C, нагрузке 1000 МПа составляет:

25 прототип: 360-380 час;

по предлагаемому техническому решению: 490-510 час;

2) При температуре 800°C, нагрузке 500 МПа составляет:

прототип: 410-430 час;

по предлагаемому техническому решению: 520-540 час;

30 3) При температуре 900°C, нагрузке 250 МПа составляет:

прототип: 360-370 час;

по предлагаемому техническому решению: 410-420 час.

35 Предел выносливости образцов из никелевого сплава ЧС88У ВИ, обработанных по предлагаемому способу превышает аналогичные показатели, полученные по способу-прототипу в среднем на 6,7% - 8,4%. (для Yb увеличение на 6% - 7,7%, для La увеличение на 6,9% - 8,7%).

Увеличению микротвердости поверхности образцов из никелевого сплава ЧС88У ВИ, обработанных по предлагаемому способу превышает микротвердость поверхности образцов, полученных по способу-прототипу в среднем на 57-62%.

40 Таким образом, предложенный способ упрочняющей обработки детали из сплава на никелевой основе позволяет повысить их эксплуатационные характеристики за счет использования комплексной обработки поверхности деталей.

(57) Формула изобретения

45 1. Способ упрочняющей обработки детали из сплава на никелевой основе, включающий ионную бомбардировку поверхностного слоя ионами, отличающийся тем, что используют сплав на никелевой основе, содержащий, вес. %: 10,5-11,7 Со; 15,2-15,8 Сг; 4,9-5,3 W; 1,83-1,96 Мо; 0,15-0,25 Nb; 2,5-3,2 Al; 4,2-4,8 Ti; 0,05-0,06 С; 0,25-0,3

Hf; 0,8-0,09 В; 0,03-0,05 Zr, остальное - никель, при этом перед ионной имплантацией осуществляют электролитно-плазменное полирование поверхности детали при напряжении 260-320 В в электролите: 4-8% водный раствор сульфата аммония при температуре 60-80°C, причем бомбардировку поверхностного слоя осуществляют имплантацией в него ионов La при энергии от 35 до 40 кэВ, дозой от $8,0 \cdot 10^{16}$ см⁻² до $1,6 \cdot 10^{17}$ см⁻² с последующим отжигом в вакууме при температуре от 740°C до 960°C в течение от 1,8 до 2,2 часа.

2. Способ упрочняющей обработки детали из сплава на никелевой основе, включающий ионную бомбардировку поверхностного слоя, отличающийся тем, что используют сплав на никелевой основе, содержащий, вес. %: 10,5-11,7 Со; 15,2-15,8 Сг; 4,9-5,3 W; 1,83-1,96 Мо; 0,15-0,25 Nb; 2,5-3,2 Al; 4,2-4,8 Ti; 0,05-0,06 С; 0,25-0,3 Hf; 0,8-0,09 В; 0,03-0,05 Zr, остальное - никель, при этом перед ионной имплантацией осуществляют электролитно-плазменное полирование поверхности детали при напряжении 260-320 В, в электролите: 4-8% водный раствор сульфата аммония при температуре 60-80°C, причем бомбардировку поверхностного слоя осуществляют имплантацией в него ионов Yb при энергии от 32 до 38 кэВ, дозой от $9,0 \cdot 10^{16}$ см⁻² до $1,7 \cdot 10^{17}$ см⁻² с последующим отжигом в вакууме при температуре от 740°C до 960°C в течение от 1,8 до 2,2 часа.

3. Способ по любому из пп. 1, 2, отличающийся тем, что в качестве детали используют турбинную лопатку.