



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015153891, 15.12.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.12.2015

Дата регистрации:
11.04.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.12.2015

(45) Опубликовано: 11.04.2017 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

450000, Респ. Башкортостан, г. Уфа, ул. К.
Маркса, 12, УГАТУ, ОИС, Ефремовой В.П.

(72) Автор(ы):

**Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
Быбин Андрей Александрович (RU),
Даутов Станислав Сагитович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Уфимский
государственный авиационный технический
университет" (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 5635303 А, 03.06.1997. TW
593779 В, 21.06.2004. RU 2036247 С1,
27.05.1995. SU 1835129 А3, 27.08.1995.

**(54) СПОСОБ ЗАЩИТЫ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНОГО СПЛАВА ОТ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО
ОКИСЛЕНИЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к химической обработке поверхности конструкционных сплавов, а именно к защите интерметаллидных сплавов на основе алюминидов титана от высокотемпературного окисления, и может быть использовано для защиты лопаток турбины или компрессора, работающих при температурах до 800°C. Способ включает обработку изделий в растворе фосфорной или фосфористой кислоты путем погружения и сушку в воздушной атмосфере. Причем используют 5-молярный

раствор фосфорной или фосфористой кислоты, в котором изделия выдерживают в течение 23-25 часов, после чего промывают в воде и сушат при температуре 110-130°C в течение 2-4 часов. Изобретение обеспечивает увеличение стойкости интерметаллидного сплава на основе алюминида титана к высокотемпературному окислению до температуры 800°C за счет модифицирования поверхности фосфатами, снижающими скорость роста оксидной пленки, в частности оксида титана TiO₂. 1 табл., 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 615 963**⁽¹³⁾ **C1**

(51) Int. Cl.
C23C 22/07 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2015153891, 15.12.2015**

(24) Effective date for property rights:
15.12.2015

Registration date:
11.04.2017

Priority:

(22) Date of filing: **15.12.2015**

(45) Date of publication: **11.04.2017** Bull. № 11

Mail address:

**450000, Resp. Bashkortostan, g. Ufa, ul. K. Marksa,
12, UGATU, OIS, Efremovoj V.P.**

(72) Inventor(s):

**Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Bybin Andrej Aleksandrovich (RU),
Dautov Stanislav Sagitovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
professionalnogo obrazovaniya "Ufimskij
gosudarstvennyj aviatsionnyj tekhnicheskij
universitet" (RU)**

(54) **METHOD FOR INTERMETALLIC ALLOY PROTECTION AGAINST HIGH-TEMPERATURE OXIDATION**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: invention relates to protection of intermetallic alloys based on titanium aluminides against high temperature oxidation, and may be used to protect turbine or compressor blades operating at temperatures up to 800°C. The method comprises product treatment in a solution of phosphoric or phosphorous acid by immersion, and air drying. Moreover, a 5-molar solution of phosphoric or

phosphorous acid is used, wherein the product is held for 23-25 hours, then washed by water and dried at a temperature of 110-130°C for 2-4 hours.

EFFECT: increased resistance of the intermetallic alloy based on titanium aluminide oxidation to high temperatures of up to 800 degrees due to surface modification by phosphates, reducing the oxide film growth rate.

1 tbl, 1 ex

RU 2 615 963 C1

RU 2 615 963 C1

Изобретение относится к химической обработке поверхности конструкционных сплавов, а именно к способам защиты интерметаллидных сплавов на основе алюминидов титана от высокотемпературного окисления, и может быть использовано для защиты лопаток турбины или компрессора, работающих при температурах до 800°C.

5 Одной из проблем, решаемых при конструировании газотурбинных двигателей, является высокий вес изделия, определяющий его удельную тягу. Основное направление снижения веса двигателя - это применение сверхлегких интерметаллидных материалов на основе алюминидов титана. Интерметаллидные сплавы на основе алюминидов титана благодаря низкому удельному весу (до 4 г/см³) могут быть использованы вместо 10 ряда никелевых и титановых сплавов для деталей газовоздушного тракта. Предельная рабочая температура интерметаллидных сплавов на основе алюминидов титана ограничена температурой хрупко-вязкого перехода в интервале 800...850°C, что обуславливает область их применения только для лопаток последних ступеней турбины низкого давления. При воздействии высоких температур на поверхности 15 интерметаллидного сплава на основе алюминидов титана формируются оксидные слои, обладающие невысокой когезионной и адгезионной прочностью и разрушающиеся при перепадах температуры и механическом воздействии. В связи с этим для повышения срока службы деталей из интерметаллидных сплавов на основе алюминидов титана при высокой температуре возникает необходимость защиты поверхности от 20 высокотемпературного окисления.

Известен способ получения анодно-оксидного покрытия на деталях из титановых сплавов [патент № РФ 2383664, С23D 11/26, 2006 г.], который включает в себя электрохимическую обработку при напряжении не менее 200 В в электролите, 25 содержащем, г/л: фосфорную кислоту 20-35, серную кислоту 365-385, молибденово-кислый натрий 2,5-12,0, вольфрамово-кислый натрий 3,5-16,5 и рениевую кислоту 2,5-12,5.

Известен способ нанесения ионно-плазменного покрытия на изделия из титановых сплавов [патент № РФ 2445407, С23С 28/00, С23С 14/24, 2007 г.], включающий 30 предварительную подготовку поверхности изделия, размещение в зоне обработки изделий и токопроводящего материала из титана, создание вакуума в зоне обработки, подачу отрицательного потенциала на изделие и отдельно на токопроводящий материал, возбуждение на токопроводящем материале дуги, горящей в парах этого материала с образованием плазмы, бомбардировку, очистку и нагрев поверхности изделия ионами 35 токопроводящего материала, диффузию и накопление ионов токопроводящего материала на поверхности изделия при температуре поверхности изделия ниже температуры разупрочнения материала изделия с получением слоя из токопроводящего материала, состоящего из чистого титана толщиной 5-10 мкм, после чего проводят 40 плазменно-электролитическую обработку изделий в электролите, содержащем, г/л: фосфорную кислоту 15-25, серную кислоту 365-385, молибденовокислый натрий 2,5-12,0, вольфрамовокислый натрий 3,5-16,5 и сернокислый цирконий 35-50, при плотности тока 5-50 А/дм² и напряжении 180-250 В.

Недостатками указанных способов является то, что предлагаемые покрытия защищают детали из титановых сплавов до температуры 800°C в течение короткого 45 времени (порядка 100 часов), что не удовлетворяет требованиям эксплуатации деталей из интерметаллидных сплавов на основе алюминидов титана. Другим недостатком являются ограниченные функциональные возможности, обусловленные применением указанных способов только для деталей из титановых сплавов с концентрацией алюминия до 8 масс. %.

Наиболее близким по технической сущности является способ защиты интерметаллидного сплава от высокотемпературного окисления [патент США №5635303, В22F 7/104, 1997 г.], который включает в себя этап нанесения на поверхность деталей из алюминидов с помощью кисти одного или нескольких слоев раствора, содержащего фосфорную или фосфористую кислоту, сушку при температуре 150°C и отжиг при температуре 500°C в воздушной атмосфере.

Недостатком прототипа является высокая трудоемкость вследствие необходимости проведения операции сушки и отжига после нанесения каждого слоя. Другим недостатком является невысокая точность толщины покрытия, являющаяся следствием ручного способа нанесения слоев с помощью кисти. Кроме того, при указанном способе нанесения защитного слоя не обеспечивается требуемая равномерность толщины слоя при обработке сложнопрофильных деталей, таких как лопатки турбины и компрессора.

Задачей, решаемой изобретением, является расширение функциональных возможностей и повышение надежности за счет обработки деталей из интерметаллидных сплавов.

Технический результат - увеличение стойкости интерметаллидного сплава на основе алюминидов титана к высокотемпературному окислению до температуры 800°C путем модифицирования поверхности фосфатами, снижающими скорость роста оксидной пленки, в частности оксида титана TiO₂.

Поставленная задача решается, а технический результат достигается тем, что в способе защиты интерметаллидного сплава от высокотемпературного окисления, включающем обработку изделий в растворе фосфорной или фосфористой кислот и сушку в воздушной атмосфере, в отличие от прототипа обработку проводят путем погружения изделия в 5-молярный раствор, при этом длительность выдержки в растворе выбирают из диапазона 23-25 часов, с последующей промывкой в воде и сушкой при температуре 110-130°C в течение 2-4 часов.

Пример конкретной реализации

Образцы из интерметаллидного сплава на основе алюминидов титана марки TNM-B1 после предварительной подготовки поверхности шлифованием до Ra 0,8 промывают и подвергают химической обработке путем выдержки образцов в растворе 85%-ой фосфорной кислоты 5-молярном в течение 24 часа с последующей промывкой в воде и сушкой при температуре 110°C в течение 2 часов.

Обработанные указанным способом образцы были подвергнуты сравнительным испытаниям на стойкость к высокотемпературному окислению при температуре 800°C на базе 8 ч и 500 часов. Результаты испытаний представлены в таблице. Для сравнения в таблице приведены результаты аналогичных испытаний образцов, обработанных в соответствии со способом, указанным в прототипе.

Оценку стойкости к высокотемпературному окислению проводили по гравиметрической методике - образцы взвешивали после обработки до начала испытаний и после окончания заданного времени выдержки. Полученные изменения массы образцов с учетом их площади прямо пропорциональны толщине коррозионного слоя, сформировавшегося на поверхности в процессе выдержки при высокой температуре. Увеличение стойкости q к высокотемпературному окислению определяли по формуле:

$$q = \frac{\Delta m_0 - \Delta m_1}{\Delta m_0} \times 100\%$$

Δm_0 - удельное изменение массы образца в исходном состоянии, г/м²;

Δm_t - удельное изменение массы образца после испытаний в течение времени t , г/м²;

Таблица

Вид обработки	Длительность испытаний, ч	Удельный привес, г/м ²	Увеличение стойкости к высокотемпературному окислению (относительно материала без обработки)
Без обработки	8	2,1	-
По прототипу	8	1,8	14%
По предлагаемому способу	8	1,3	38%
Без обработки	500	15,7	-
По предлагаемому способу	500	8,6	45%

Из приведенных в таблице результатов видно, что предлагаемый способ позволяет увеличить стойкость сплава к высокотемпературному окислению на 38% при длительности испытаний 8 часов по сравнению с прототипом, который увеличивает стойкость сплава на 14% состоянием сплава без обработки при той же длительности выдержки. Кроме того, при длительности испытаний 500 часов предлагаемый способ позволяет увеличить стойкость исследуемого сплава к высокотемпературному окислению на 45%.

Предложенный способ может быть использован для увеличения стойкости лопаток компрессора и турбины из интерметаллидного сплава на основе алюминидов титана, работающих при температуре до 800°C к высокотемпературному окислению. Повышение надежности и расширение функциональных возможностей достигается путем модифицирования поверхности фосфатами, снижающими скорость роста оксидной пленки, в частности оксида титана TiO₂.

(57) Формула изобретения

Способ защиты изделий из интерметаллидного сплава на основе алюминидов титана от высокотемпературного окисления, включающий обработку изделий в растворе фосфорной или фосфористой кислоты путем погружения и сушку в воздушной атмосфере, отличающийся тем, что используют 5-молярный раствор фосфорной или фосфористой кислоты, изделия в котором выдерживают в течение 23-25 часов, после чего промывают в воде и сушат при температуре 110-130°C в течение 2-4 часов.