



(51) МПК  
*C23C 14/50* (2006.01)  
*C23C 14/06* (2006.01)  
*C23C 14/34* (2006.01)  
*C23C 14/48* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*C23C 14/50 (2019.02); C23C 14/06 (2019.02); C23C 14/34 (2019.02); C23C 14/48 (2019.02)*

(21)(22) Заявка: 2018115619, 25.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 25.04.2018

Дата регистрации:  
 01.07.2019

Приоритет(ы):  
 (22) Дата подачи заявки: 25.04.2018

(45) Опубликовано: 01.07.2019 Бюл. № 19

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

(72) Автор(ы):  
 Смыслов Анатолий Михайлович (RU),  
 Дыбленко Юрий Михайлович (RU),  
 Мингажев Аскар Джамилевич (RU),  
 Гонтюров Василий Андреевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
 Общество с ограниченной ответственностью  
 Научно-производственное предприятие  
 "Уралавиаспецтехнология" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: RU 2226227 C1, 27.03.2004. US  
 20050005852 A1, 13.01.2005. RU 2380456 C1,  
 27.01.2010. JP 03232963 A, 16.10.1991. RU  
 2623534 C2, 27.06.2017. RU 2058427 C1,  
 20.04.1996. SU 1777391 A1, 10.04.1998. RU  
 2294395 C2, 27.02.2007.

(54) СПОСОБ НАНЕСЕНИЯ ЭРОЗИОННОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ЛОПАТКИ БЛИСКА  
 ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в авиационном двигателестроении и энергетическом турбостроении для защиты пера рабочих лопаток моноколеса компрессора ГТД из титановых сплавов от эрозионного разрушения. Способ включает упрочняющую обработку материала поверхностного слоя лопаток блиска виброабразивным шлифованием с последующим нанесением ионно-плазменного многослойного покрытия с заданным количеством пар слоев в виде слоя титана с металлом и слоя соединений титана с металлом и азотом. При нанесении

покрытия на блиск его вращают относительно его продольной оси и, одновременно, либо вращают относительно его поперечной оси, либо придают блиску колебательные движения относительно его поперечной оси, обеспечивающие нанесение покрытия на всю рабочую поверхность блиска. Техническим результатом заявленного изобретения является повышение стойкости лопаток блиска компрессора ГТД к эрозионному разрушению за счет обеспечения равномерного нанесения на них эрозионностойкого покрытия. 1 з.п. ф-лы.

RU 2 693 227 C1

RU 2 693 227 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C23C 14/50* (2006.01)  
*C23C 14/06* (2006.01)  
*C23C 14/34* (2006.01)  
*C23C 14/48* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*C23C 14/50 (2019.02); C23C 14/06 (2019.02); C23C 14/34 (2019.02); C23C 14/48 (2019.02)*

(21)(22) Application: **2018115619, 25.04.2018**

(24) Effective date for property rights:  
**25.04.2018**

Registration date:  
**01.07.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **25.04.2018**

(45) Date of publication: **01.07.2019** Bull. № 19

Mail address:

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

(72) Inventor(s):

**Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),  
Dyblenko Yuriy Mikhajlovich (RU),  
Mingazhev Askar Dzhamilovich (RU),  
Gontyurev Vasilij Andreevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

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

(54) **METHOD OF APPLYING EROSION-RESISTANT COATINGS ON BLISK BLIZZARDS OF GAS TURBINE ENGINE OF TITANIUM ALLOYS**

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to machine building and can be used in aircraft engine building and power turbine construction for protection of turbo engine working blades of GTE compressor from titanium alloys against erosion destruction. Proposed method comprises hardening treatment of blisk blades surface layer by vibro-abrasive grinding with subsequent application of ion-plasma multilayer coating with preset number of pairs of layers in form of titanium with metal layer and layer of titanium and metal and nitrogen compounds.

When coating is applied on blisk, it is rotated relative to its longitudinal axis and, at the same time, either rotated relative to its transverse axis or oscillations are imparted to blisk relative to its transverse axis, providing application of coating on the entire blisk working surface.

EFFECT: technical result of claimed invention is increased resistance of blades blisk compressor GTE to erosion destruction by providing uniform application of erosion-resistant coating on them.

1 cl

**RU 2 693 227 C1**

**RU 2 693 227 C1**

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в авиационном двигателестроении и энергетическом турбостроении для защиты пера рабочих лопаток моноколеса компрессора ГТД из титановых сплавов от эрозионного разрушения.

5 Известен способ вакуумного ионно-плазменного нанесения покрытий на подложку в среде инертного газа, включающий создание разности электрических потенциалов между подложкой и катодом и очистку поверхности подложки потоком ионов, снижение разности потенциалов и нанесение покрытия, проведение отжига покрытия путем  
10 повышения разности потенциалов, причем ионный поток и поток испаряемого материала, идущий от катода к подложке, экранируют, очистку проводят ионами инертного газа, после очистки экраны отводят и покрытие наносят в несколько этапов до получения требуемой толщины (Патент РФ 2192501, С23С 14/34, опубл.10.11.2002).

Известен способ нанесения ионно-плазменных покрытий на лопатки турбин, включающий последовательное осаждение в вакууме первого слоя из титана толщиной  
15 от 0,5 до 5,0 мкм, затем нанесение второго слоя нитрида титана толщиной 6 мкм (Патент РФ 2165475, МПК С23С 14/16, 30/00, С22С 19/05, 21/04, опубл. 20.04.2001).

Основным недостатком этого способа является обеспечение недостаточно высокой эрозионной стойкости поверхности лопатки. Кроме того, при увеличении толщины покрытия (или каждого из слоев покрытия) происходит снижение адгезионной и  
20 усталостной прочности деталей с покрытиями, что ухудшает их ресурс и надежность.

Рабочие лопатки компрессора ГТД и ГТУ, в процессе эксплуатации, подвергаются воздействиям значительных динамических и статических нагрузок, а также коррозионному и эрозионному разрушению. Исходя из предъявляемых к  
25 эксплуатационным свойствам требований, для изготовления лопаток компрессора газовых турбин применяются титановые сплавы, которые по сравнению с техническим титаном имеют более высокую прочность, в том числе и при высоких температурах, сохраняя при этом достаточно высокую пластичность и коррозионную стойкость (например, титановые сплавы марок ВТ6, ВТ8, ВТ18У, ВТ3-1, ВТ22 и др.)

Однако лопатки турбин из указанных сплавов обладают повышенной  
30 чувствительностью к концентраторам напряжения. Поэтому дефекты, образующиеся в процессе изготовления этих деталей, недопустимы, поскольку вызывают возникновение интенсивных процессов разрушения. Это вызывает проблемы при механической обработке поверхностей деталей турбомашин. В этой связи развитие способов получения высококачественных поверхностей деталей турбомашин является весьма актуальной  
35 задачей.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к заявляемому является способ нанесения эрозионностойких покрытий на лопатки блиска газотурбинного двигателя из титановых сплавов, включающий упрочняющую обработку  
40 пера лопатки с последующим нанесением ионно-плазменного многослойного покрытия в виде заданного количества пар слоев в виде слоя титана с металлом и слоя соединений титана с металлом и азотом (Патент РФ 2226227, МПК С23С 14/48, опубл. 27.03.2004).

Основным недостатком аналога является недостаточная надежность защиты от эрозионного разрушения. При этом повышение указанных свойств особенно важно для таких деталей из титановых сплавов, как компрессорные лопатки газотурбинных  
45 двигателей (ГТД). Кроме того, все вышеперечисленные способы не могут использоваться для нанесения равномерного покрытия на поверхность лопаток блиска.

Задачей настоящего изобретения является создание такого многослойного покрытия, которое было бы способно эффективно защищать блиски ГТД из титановых сплавов

от эрозионного износа в условиях воздействия газовых потоков, содержащих абразивные частицы.

Техническим результатом заявляемого способа является повышение стойкости лопаток блиска компрессора ГТД к эрозионному разрушению за счет обеспечения равномерного нанесения на них эрозионностойкого покрытия.

Технический результат достигается тем, что в способе нанесения эрозионностойких покрытий на лопатки блиска газотурбинного двигателя из титановых сплавов, включающем упрочняющую обработку материала поверхностного слоя лопаток блиска с последующим нанесением ионно-плазменного многослойного покрытия с заданным количеством пар слоев в виде слоя титана с ванадием и слоя соединений титана с ванадием и азотом, при вращении блиска относительно его продольной оси и, одновременно, либо вращении относительно его поперечной оси, либо придания блиску колебательных движений относительно его поперечной оси, обеспечивающих нанесение покрытия на всю рабочую поверхность блиска, в отличие от прототипа упрочняющую обработку материала поверхностного слоя лопаток блиска проводят виброабразивным шлифованием, а нанесение титана и ванадия производят одновременно с двух электродуговых испарителей для титана и двух электродуговых испарителей для ванадия, попарно расположенных друг против друга, а при нанесении покрытия используют соотношение титана к ванадию, вес. %: V от 30 до 45, остальное - Ti, причем слой титана с ванадием наносят толщиной от 0,2 мкм до 0,3 мкм, а слой соединений титана с ванадием и азотом наносят толщиной от 1,1 мкм до 2,2 мкм при общей толщине многослойного покрытия от 5,0 мкм до 9,0 мкм.

Кроме того возможно использование следующих дополнительных приема: нанесение слоев соединений титана с ванадием осуществляют в режиме ассистирования ионами аргона, а слоев соединений титана с ванадием и азотом осуществляют в режиме ассистирования ионами азота.

Для оценки эрозионной стойкости лопаток блиска были проведены следующие испытания. На образцы из титановых сплавов марок ВТ6, ВТ8, ВТ8 м, ВТ41, ВТ18у, ВТ31, ВТ9, ВТ22, ВТ25у были нанесены покрытия как по способу-прототипу (патент РФ 2226227, МПК С23С 14/48, опубл. 27.03.2004), согласно приведенным в способе-прототипе условиям и режимам нанесения, так и покрытия по предлагаемому способу. В качестве упрочняющей обработки лопаток блиска применялась виброабразивное шлифование.

Режимы нанесения покрытия по предлагаемому способу.

Нанесение слоев соединений титана с ванадием осуществляли: с четырех, одновременно работающих отдельных электродуговых испарителей. Расположение испарителей - периферийное, с обеих сторон блиска, с чередованием электродугового испарителя из ванадия с испарителем из титана. Электродуговые испарители располагались в периферийной части цилиндрической рабочей камеры ионно-плазменной установки. Блиск, по первому варианту вращался одновременно вокруг собственной продольной оси и поперечной оси, по второму варианту вращался вокруг собственной продольной оси с совершением колебательных движений. Поперечная ось совпадала по ориентации с вертикальной осью цилиндрической рабочей камеры установки. Скорость вращения блиска относительно собственной оси составляла от 8 до 10 об/мин, относительно поперечной оси от 3 до 5 об/мин. Колебательные движения составляли по 30° по обе стороны от вертикали, при от 3 до 5 колебаний в минуту. Нанесение слоев соединений титана с ванадием осуществляли в режиме ассистирования ионами аргона, а слоев соединений титана с ванадием и азотом осуществляют в режиме

ассистирования ионами азота.

Толщина слоя титана с ванадием: 0,1 мкм – неудовлетворительный результат (Н.Р.); 0,2 мкм – удовлетворительный результат (У.Р.); 0,3 мкм (У.Р.); 0,5 мкм (Н.Р.). Толщина слоя соединений титана с ванадием и азотом: 0,9 мкм (Н.Р.); 1,1 мкм (У.Р.); 1,5 мкм (У.Р.); 2,2 мкм (У.Р.); 2,5 мкм (Н.Р.). Общая толщина покрытия : 4,0 мкм (Н.Р.); 5,0 мкм (У.Р.); 7,0 мкм (У.Р.); 9,0 мкм (У.Р.); 11,0 мкм (Н.Р.).

Толщина покрытия, нанесенного по предлагаемому способу составляла от 5 мкм до 9 мкм, покрытия-прототипа от 0 мкм (в затененных зонах) до 9 мкм.

Эрозионная стойкость поверхности образцов исследовалась по методике ЦИАМ (Технический отчет ЦИАМ Экспериментальное исследование износостойкости вакуумных ионно-плазменных покрытий в запыленном потоке воздуха 10790, 1987. - 37 с.) на пескоструйной установке 12Г-53 струйно-эжекторного типа. Для обдува использовался молотый кварцевый песок с плотностью  $\rho=2650 \text{ кг/м}^3$ , твердость  $HV=12000 \text{ МПа}$ . Обдув производился при скорости воздушно-абразивного потока 195-210 м/с, температура потока 265-311 К, давление в приемной камере 0,115-0,122 МПа, время воздействия - 120 с, концентрация абразива в потоке до 2-3 г/м<sup>3</sup>. Результаты испытания показали, что эрозионная стойкость покрытий, полученных по предлагаемому способу, увеличилась по сравнению с покрытием-прототипом приблизительно в 6...7 раз.

Таким образом, проведенные сравнительные испытания показали, что применение в способе нанесения эрозионностойких покрытий на лопатки блиска газотурбинного двигателя из титановых сплавов следующих приемов: включающем упрочняющую обработку материала поверхностного слоя лопаток блиска с последующим нанесением ионно-плазменного многослойного покрытия с заданным количеством пар слоев в виде слоя титана с металлом и слоя соединений титана с металлом и азотом; при нанесении покрытия на блиск его одновременное вращение относительно его продольной оси и его поперечной оси с приданием блиску колебательных движений относительно его поперечной оси, обеспечивающих нанесение покрытия на всю рабочую поверхность блиска; использование в качестве металла в слоях титана с металлом и в слоях соединений титана с металлом и азотом ванадия; производство нанесения титана и ванадия одновременно с двух электродуговых испарителей для титана и двух электродуговых испарителей для ванадия, попарно расположенных по разные стороны от блиска, а также использование следующих дополнительных приемов: при нанесении покрытия используют соотношение титана к ванадию, вес. %: V от 30 до 45, остальное - Ti, причем слой титана с ванадием наносят толщиной от 0,2 мкм до 0,3 мкм, а слой соединений титана с ванадием и азотом наносят толщиной от 1,1 мкм до 2,2 мкм при общей толщине многослойного покрытия от 5,0 мкм до 9,0 мкм; нанесение слоев соединений титана с ванадием осуществляют в режиме ассистирования ионами аргона, а слоев соединений титана с ванадием и азотом осуществляют в режиме ассистирования ионами азота, позволяют достичь технического результата заявляемого изобретения - повысить стойкость лопаток блиска компрессора ГТД к эрозионному разрушению за счет обеспечения равномерного нанесения на них эрозионностойкого покрытия.

#### (57) Формула изобретения

1. Способ нанесения эрозионностойких покрытий на лопатки блиска газотурбинного двигателя из титановых сплавов, включающий упрочняющую обработку материала поверхностного слоя лопаток блиска с последующим нанесением ионно-плазменного многослойного покрытия с заданным количеством пар слоев в виде слоя титана с ванадием и слоя соединений титана с ванадием и азотом, отличающийся тем, что при

нанесении покрытия на блиск его вращают относительно его продольной оси и, одновременно, либо вращают относительно его поперечной оси, либо придают блиску колебательные движения относительно его поперечной оси, обеспечивающие нанесение покрытия на всю рабочую поверхность блиска, причем нанесение титана и ванадия производят одновременно с двух электродуговых испарителей для титана и двух электродуговых испарителей для ванадия, попарно расположенных друг напротив друга, при этом упрочняющую обработку материала поверхностного слоя лопаток блиска проводят виброабразивным шлифованием, а при нанесении покрытия используют соотношение титана к ванадию, вес. %: V от 30 до 45, остальное - Ti, причем слой титана с ванадием наносят толщиной от 0,2 мкм до 0,3 мкм, а слой соединений титана с ванадием и азотом наносят толщиной от 1,1 мкм до 2,2 мкм при общей толщине многослойного покрытия от 5,0 мкм до 9,0 мкм.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что нанесение слоев соединений титана с ванадием осуществляют в режиме ассистирования ионами аргона, а слоев соединений титана с ванадием и азотом осуществляют в режиме ассистирования ионами азота.

20

25

30

35

40

45