



(51) МПК
F01D 11/02 (2006.01)
F16J 15/16 (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009141457/02, 09.11.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 09.11.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.11.2009

(43) Дата публикации заявки: 20.05.2011 Бюл. № 14

(45) Опубликовано: 20.12.2011 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2039631 C1, 20.07.1995. RU 2220181 C1, 27.12.2003. RU 2296866 C2, 10.04.2007. RU 2086777 C1, 10.08.1997. SU 1372133 A1, 07.02.1988. SU 1391250 A1, 15.09.1992. SU 568773 A, 15.09.1977. Под редакцией В.И. Куманина «Толковый металлургический словарь». Основные термины. - М.: Русский язык, 1980, с.336.

Адрес для переписки:

450081, г.Уфа, а/я 20, ООО "НПП
 Вакууммаш"

(72) Автор(ы):

**Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
 Смыслов Алексей Анатольевич (RU),
 Смыслова Марина Константиновна (RU),
 Бердин Валерий Кузьмич (RU),
 Мингажев Аскар Джамилевич (RU),
 Лисянский Александр Степанович (RU),
 Котельников Геннадий Петрович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Общество с Ограниченной
 Ответственностью "Научно-
 производственное предприятие Вакууммаш"
 (RU)**

(54) МАТЕРИАЛ ПРИРАБАТЫВАЕМОГО УПЛОТНЕНИЯ ТУРБОМАШИНЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, в частности к уплотнениям зазоров проточной части турбомашин, длительно работающих в условиях повышенных температур и высокочастотных вибраций. Материал прирабатываемого уплотнения турбомашин содержит частицы порошкового наполнителя, адгезионно соединенные между собой в монолитный материал. Адгезионная прочность соединения частиц наполнителя составляет величину от 20 до 100% прочности частиц. Адгезионная прочность частиц в зоне контакта уплотнения с лопаткой в процессе

эксплуатации составляет от 0,5 до 12% от прочности соединения частиц наполнителя. В качестве наполнителя использован металлический порошок с размерами частиц от 15 до 180 мкм состава: Cr - от 10,0 до 16,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%, Fe - остальное. Указанная величина адгезионной прочности частиц в зоне контакта обеспечивается ударно-температурным воздействием, возникающим в результате импульсного контакта частицы с контртелом. Материал уплотнения дополнительно содержит компоненты, снижающие коэффициент трения в зоне контакта. 18 з.п. ф-лы, 1 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
F01D 11/02 (2006.01)
F16J 15/16 (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2009141457/02, 09.11.2009**

(24) Effective date for property rights:
09.11.2009

Priority:

(22) Date of filing: **09.11.2009**

(43) Application published: **20.05.2011 Bull. 14**

(45) Date of publication: **20.12.2011 Bull. 35**

Mail address:

450081, g.Ufa, a/ja 20, OOO "NPP Vakuummash"

(72) Inventor(s):

**Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Smyslov Aleksej Anatol'evich (RU),
Smyslova Marina Konstantinovna (RU),
Berdin Valerij Kuz'mich (RU),
Mingazhev Askar Dzhamilevich (RU),
Lisjanskij Aleksandr Stepanovich (RU),
Kotel'nikov Gennadij Petrovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s Ogranichennoj Otvetstvennost'ju
"Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie
Vakuummash" (RU)**

(54) MATERIAL FOR RUN-IN PACKING OF TURBO-MACHINE

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: material for run-in packing of turbo-machine contains particles of powder filler, adhesively interconnected into monolith material. Adhesive strength of filler connection corresponds to a value from 20 to 100% of particles strength. Adhesive strength of particles in a zone of contact of a packing with a blade during operation is from 0.5 to 12% of strength of connection of filler particles. As filler there is used metal powder with

dimension of particles from 15 to 180 mcm of composition: Cr - from 10.0 to 16.0%, Mo - from 0.8 to 3.7%, Fe- the rest. The said value of adhesion strength of particles in the contact zone is facilitated with impact-temperature effect occurring as result of pulse contact of a particle with an opposite body.

EFFECT: reduced coefficient of friction in contact zone.

17 cl, 1 dwg, 1 ex

Изобретение относится к машиностроению, в частности к уплотнениям зазоров проточной части турбомашин, длительно работающих в условиях повышенных температур и высокочастотных вибраций.

5 Эффективность работы газотурбинных двигателей и установок, а также паровых турбин зависит от герметичности уплотнения между вращающимися лопатками и внутренней поверхностью корпуса в вентиляторе, компрессоре и турбине. Одним из основных видов подобных уплотнений являются истираемые уплотнения, герметичность которых обеспечивается за счет прорезания выступами на торцах
10 лопаток канавок в истираемом уплотнительном материале. Материалы для уплотнения турбин выполняют, например, используя плетеные металлические волокна, соты [патент США № 5080934, МПК F01D 11/08, 427/271, 1991] или спеченные металлические частицы. Приработка этих материалов происходит за счет его высокой пористости и его низкой прочности. Последнее обуславливает невысокую
15 эрозионную стойкость уплотнительных материалов, что приводит к быстрому износу уплотнения. В качестве прирабатываемых уплотнений в современных двигателях и установках используют также газотермические покрытия, имеющие, по сравнению с вышеописанными материалами, меньшую трудоемкость изготовления.

20 Известен материал прирабатываемого уплотнения турбомашин [патент США №4291089], получаемый методом газотермического напыления порошкового материала. При этом материал уплотнения формируется в виде покрытия, которое наносится непосредственно на кольцевой элемент корпуса турбомашин в зону уплотнения между корпусом и лопаткой.

25 Недостатком известного материала является невозможность одновременного обеспечения высокой прирабатываемости и износостойкости покрытия.

Известен также материал прирабатываемого уплотнения турбомашин [патент США №4936745], выполненный в виде высокопористого керамического слоя с
30 пористостью от 20 до 35 объемных %.

Недостатком известного материала является низкая эрозионная стойкость и прочность.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к заявляемому является материал прирабатываемого уплотнения турбомашин,
35 содержащий частицы порошкового наполнителя, адгезионно соединенные между собой в монолитный материал [патент РФ №2039631, МПК B22F 3/10, Способ изготовления истираемого материала, 1995]. При этом материал уплотнения содержит заполненный в сотовые ячейки и спеченный в вакууме или защитной среде
40 гранулированный порошковый материал состава Cr-Fe-NB-C-Ni.

Известный материал прирабатываемого уплотнения турбомашин [патент РФ №2039631, МПК B22F 3/10, Способ изготовления истираемого материала, 1995] используется для уплотнения, которое выполнено в виде жестко соединенного со
45 статором слоя сотовой структуры. При соприкосновении выступов на торце лопатки с сотовой структурой острые кромки гребешков притупляются, что приводит к снижению эффективности уплотнения. При этом слой сотовой структуры может быть закреплен на элементе турбомашин методом сварки или пайки [например, патент РФ №2277637, МПК F01D 11/08, 2006 г.].

50 Процесс изготовления и прикрепления сотовой структуры достаточно сложен, трудоемок, а также связан с большими временными затратами. При этом сотовая структура может быть соединена как с кольцевым элементом турбомашин, так и с отдельными, образующими кольцо вставками [например, патент РФ 2287063,

МПК F01D 11/08, 2006 г.].

Недостатками прототипа являются невозможность одновременного обеспечения высокой прирабатываемости, механической прочности и износостойкости материала уплотнения, а также необходимости использования сотовых ячеек.

В этой связи использование уплотнения, не содержащего слоя сотовой структуры, а выполненного из монолитного материала допускающими врезание в него выступов лопатки и снижающими их износ в процессе эксплуатации, привело бы к дальнейшему повышению эффективности работы турбомашин.

Техническим результатом заявляемого изобретения является обеспечение высокой прирабатываемости, механической прочности и износостойкости материала уплотнения, а также снижения трудоемкости его изготовления.

Технический результат достигается тем, что материал прирабатываемого уплотнения турбомашин, содержащий частицы порошкового наполнителя, адгезионно соединенные между собой в монолитный материал, в отличие от прототипа, адгезионная прочность соединения частиц наполнителя составляет величину от 20 до 100% прочности частиц, а адгезионная прочность частиц в зоне контакта уплотнения с лопаткой в процессе эксплуатации составляет от 0,5 до 12% от прочности соединения частиц наполнителя, причем в качестве наполнителя используется металлический порошок с размерами частиц от 15 до 180 мкм состава: Cr - от 10,0 до 16,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%, Fe - остальное.

Технический результат достигается также тем, что в материале прирабатываемого уплотнения турбомашин величина адгезионной прочности частиц в зоне контакта уплотнения с лопаткой обеспечивается ударно-температурным воздействием, возникающим в процессе эксплуатации.

Технический результат достигается также тем, что материал прирабатываемого уплотнения турбомашин дополнительно содержит компоненты, снижающие коэффициент трения в зоне контакта.

Технический результат достигается также тем, что материал прирабатываемого уплотнения турбомашин дополнительно содержит: Ca в пределах от 0,01 до 0,2%; CaF₂ в количестве от 4 до 11%; BN в количестве от 4 до 11%; BN+BaSO₄ в количестве от 4 до 14%.

Технический результат достигается также тем, что материал прирабатываемого уплотнения турбомашин выполнен спеканием в вакууме или защитной среде.

Исследованиями авторов было установлено, что в определенных условиях возможно создание материала для уплотнений, обладающего, с одной стороны, достаточно высокими механической прочностью и износостойкостью, позволяющими изготавливать из него элементы уплотнений, не разрушающиеся в условиях эксплуатации, а с другой - обладать высокой прирабатываемостью. Совмещение высокой механической прочности и прирабатываемости в разработанном материале для уплотнений объясняется, в частности, тем, что адгезионная прочность частиц наполнителя, образующего материал, весьма высока, тогда как в результате мгновенного ударного-теплового воздействия в условиях эксплуатации уплотнения на отдельную частицу наполнителя кинетическая энергия удара переходит в тепловую энергию. В результате этого адгезионная прочность на границе между рассматриваемой частицей и контактирующими с ней частицами наполнителя резко снижается, и в результате удара происходит отрыв рассматриваемой частицы. В целом же процесс прирабатываемости уплотнения складывается из совокупности единичных процессов отрыва частиц наполнителя в результате снижения адгезионной прочности

на границе между частицами в рабочей зоне уплотнения в процессе эксплуатации. Кроме того, отрыв и унос частицы приводит к отводу излишней теплоты из зоны приработки и не позволяет нагреваться основной массе материала. Таким образом реализуется совмещение адгезионной прочности соединения частиц наполнителя, составляющей величину от 20 до 100% от прочности частиц и адгезионной прочности частиц в рабочей зоне уплотнения (зоне контакта уплотнения с лопаткой) в процессе эксплуатации, которая составляет от 0,5 до 12% от прочности соединения частиц наполнителя. В связи с дискретным характером взаимодействия системы «уплотнение-лопатка», практически после приработки происходит их безконтактное взаимодействие. Однако для реализации описанного механизма прирабатываемости уплотнения необходимо обеспечить ряд условий. К этим условиям относятся: соотношение адгезионной прочности соединения частиц наполнителя должна составлять величину от 20 до 100% прочности частиц; адгезионная прочность частиц в зоне контакта уплотнения с лопаткой в процессе эксплуатации должна составлять от 0,5 до 12% от прочности частиц наполнителя; размеры частиц наполнителя должны составлять величину от 15 мкм до 180 мкм; в качестве материала наполнителя использоваться металлический порошок состава: Cr - от 10,0 до 16,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%, Fe - остальное.

Пример. В качестве основы для получения материала для прирабатываемого уплотнения использовался металлический порошок составов: 1) Cr - 10,0%, Mo - от 0,8%, Fe - остальное; 2) Cr - 14,3%, Mo - 2,6%, Fe - остальное; 3) Cr - 16,0%, Mo - 3,7%, Fe - остальное. Размеры частиц наполнителя составляют величины: 15 мкм; 30 мкм; 63 мкм; 100 мкм; 160 мкм; 180 мкм. Исходный порошковый материал дополнительно содержал следующие компоненты: 1) Ca - 0,01%; 0,1%; 0,2%; 2) CaF₂ - 4%; 8%; 11%; 3) BN 4%; 6%; 11%; 4) (BN+BaSO₄) - 4%; 9%; 14%; материал был изготовлен спеканием в вакууме и защитной среде. Спекание одной части заготовок проводили при температуре 1200±100°С в вакуумной электропечи ОКБ 8086 при остаточном давлении в камере менее 10⁻² мм рт.ст., а другой части - при той же температуре в среде осушенного диссоциированного аммиака, в засыпке из обожженного тонкомолотого глинозема. Давление прессования при изготовлении заготовок для всех вариантов было одинаковым и принято равным 70 кгс/мм². Механические свойства полученного материала составили: твердость НВ от 137 до 146; $\sigma_b=27,6...36,6$ кгс/мм²; $\sigma_t=17,4...24,4$ кгс/мм²; ударная вязкость $K_c=1,18...1,58$ кгм/см².

Результаты испытаний образцов уплотнений из разработанного материала в условиях эксплуатации показали сочетание высоких прочностных характеристик уплотнений, с их хорошей прирабатываемостью.

На чертеже представлена фотография шлифа: внешний вид уплотнения после испытаний (1 - материал прирабатываемого уплотнения; 2 - паз, образованный в результате процесса приработки системы «уплотнение - лопатка»; 3 - поверхность, образованная в результате приработки уплотнения).

Формула изобретения

1. Материал прирабатываемого уплотнения турбомашин, содержащий частицы порошкового наполнителя, адгезионно соединенные между собой в монолитный материал, отличающийся тем, что адгезионная прочность соединения частиц наполнителя составляет величину от 20 до 100% прочности частиц, а адгезионная прочность частиц в зоне контакта уплотнения с лопаткой в процессе эксплуатации

составляет от 0,5 до 12% от прочности соединения частиц наполнителя, причем в качестве наполнителя использован металлический порошок с размерами частиц от 15 до 180 мкм состава: Cr - от 10,0 до 16,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%, Fe - остальное.

5 2. Материал по п.1, отличающийся тем, что величина адгезионной прочности частиц в зоне контакта уплотнения с лопаткой обеспечивается ударно-температурным воздействием, возникающим в процессе эксплуатации.

3. Материал по п.1, отличающийся тем, что он дополнительно содержит компоненты, снижающие коэффициент трения в зоне контакта.

10 4. Материал по п.2, отличающийся тем, что он дополнительно содержит компоненты, снижающие коэффициент трения в зоне контакта.

5. Материал по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что он дополнительно содержит Ca в пределах от 0,01 до 0,2%.

15 6. Материал по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что он дополнительно содержит CaF_2 в количестве от 4 до 11%.

7. Материал по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что он дополнительно содержит BN в количестве от 4 до 11%.

20 8. Материал по п.5, отличающийся тем, что он дополнительно содержит BN в количестве от 4 до 11%.

9. Материал по п.6, отличающийся тем, что он дополнительно содержит BN в количестве от 4 до 11%.

10. Материал по п.7, отличающийся тем, что он дополнительно содержит BN в количестве от 4 до 11%.

25 11. Материал по любому из пп.1-4, отличающийся тем, что он дополнительно содержит $\text{BN}+\text{BaSO}_4$ в количестве от 4 до 14%.

12. Материал по п.5, отличающийся тем, что он дополнительно содержит $\text{BN}+\text{BaSO}_4$ в количестве от 4 до 14%.

30 13. Материал по п.6, отличающийся тем, что он дополнительно содержит $\text{BN}+\text{BaSO}_4$ в количестве от 4 до 14%.

14. Материал по п.7, отличающийся тем, что он дополнительно содержит $\text{BN}+\text{BaSO}_4$ в количестве от 4 до 14%.

35 15. Материал по любому из пп.1-4, 8-10, 12-14, отличающийся тем, что он выполнен спеканием в вакууме или защитной среде.

16. Материал по п.5, отличающийся тем, что он выполнен спеканием в вакууме или защитной среде.

40 17. Материал по п.6, отличающийся тем, что он выполнен спеканием в вакууме или защитной среде.

18. Материал по п.7, отличающийся тем, что он выполнен спеканием в вакууме или защитной среде.

45 19. Материал по п.11, отличающийся тем, что он выполнен спеканием в вакууме или защитной среде.

