



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2 425 984** (13) **C1**

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

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009141455/02, 09.11.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.11.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.11.2009

(45) Опубликовано: 10.08.2011 Бюл. № 22

(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 1391250 A1, 15.09.1992. SU 568773 A, 15.09.1977. Толковый металлургический словарь. Основные термины. /Под ред. В.И. Куманина. - М.: Русский язык, 1980, с.336.

Адрес для переписки:

450081, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул.
Шота Руставели, 49, Ю.К. Евграфовой

(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) ПРИРАБАТЫВАЕМОЕ УПЛОТНЕНИЕ ТУРБОМАШИНЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, в частности к уплотнениям зазоров проточной части турбомашин, длительно работающих в условиях повышенных температур и высокочастотных вибраций. Прирабатываемое уплотнение турбомашин выполнено из адгезионно соединенных между собой частиц порошкового наполнителя состава: Сг - от 10,0 до 16,0%, Мо - от 0,8 до 3,7%, Fe - остальное, с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180

мкм. Материал уплотнения содержит также добавки: нитрид бора в количестве от 4% до 11%, Са в пределах от 0,01 до 0,2%, СаF₂ в количестве от 4 до 11%, BN+BaSO₄ в количестве от 4 до 14%. Уплотнение получают спеканием в вакууме или защитной среде или газотермическим напылением. Материал уплотнения может также содержать Са в пределах от 0,01 до 0,2% или содержит СаF₂ в количестве от 4 до 11%. 6 з.п. ф-лы, 1 ил.

RU 2 4 2 5 9 8 4 C 1

RU 2 4 2 5 9 8 4 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(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: **2009141455/02, 09.11.2009**

(24) Effective date for property rights:
09.11.2009

Priority:

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

(45) Date of publication: **10.08.2011 Bull. 22**

Mail address:

**450081, Respublika Bashkortostan, g.Ufa, ul.
Shota Rustaveli, 49, Ju.K. Evgrafovoj**

(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) RUN-IN PACKING OF TURBO-MACHINE

(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: run-in packing of turbo-machine is made of adhesion-interconnected particles of powder filler of composition: Cr - from 10.0 to 16.0 %, Mo - from 0.8 to 3.7 %, Fe - the rest with dimension of particles of powder from 15 mcm to 180 mcm. Material of packing also contains additives: boron nitride at amount from 4 % to 11 %, Ca within ranges from 0.01 to 0.2 % CaF₂, at amount from 4 to 11 %, BN+BaSO₄ at amount from

4 to 14 %. Packing is fabricated by sintering in vacuum or protective medium or by gas-thermal sputtering. Material of packing can also contain Ca within ranges from 0.01 to 0.2 % or contains CaF₂ at amount from 4 to 11 %.

EFFECT: packing gaps in air-gas channels of turbo-machines operating under conditions of high temperature and high frequency vibrations for long time.

7 cl, 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. Уплотнения турбин выполняют, например, используя плетеные металлические волокна, соты [патент США N 5080934, МПК F01D 11/08, 427/271, 1991] или спеченные металлические частицы. Приработка этих уплотнений происходит за счет его высокой пористости и его низкой прочности. Последнее обуславливает невысокую эрозионную стойкость
15 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 Известно прирабатываемое уплотнение турбомашин [патент США №4291089], получаемое методом газотермического напыления порошкового материала. При этом уплотнение формируется в виде покрытия, которое наносится непосредственно на кольцевой элемент корпуса турбомашин в зону уплотнения между корпусом и лопаткой.

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

Известно также прирабатываемое уплотнение турбомашин [патент США №4936745], выполненное в виде высокопористого керамического слоя с пористостью
30 от 20 до 35 объемных %.

Недостатком известного уплотнения является низкая эрозионная стойкость и прочность.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к заявляемому является прирабатываемое уплотнение турбомашин, выполненное из
35 частиц порошкового наполнителя, адгезионно соединенных между собой в монолитный материал [патент РФ №2039631, МПК B22F 3/10, Способ изготовления истираемого материала, 1995]. При этом уплотнение включает заполненный в сотовые ячейки и спеченный в вакууме или защитной среде гранулированный порошок
40 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 лопатке 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, допускающего врезание в него выступов лопатки и снижающего 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 прирабатываемое уплотнение турбомашин, выполненное из частиц порошкового наполнителя, адгезионно соединенных между собой в монолитный материал, в отличие от прототипа в качестве наполнителя состоит из металлического порошка состава: Cr - от 10,0 до 16,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%), Fe - остальное, а размеры частиц наполнителя составляют от 15 мкм до 180 мкм.

Технический результат достигается также тем, что прирабатываемое уплотнение дополнительно содержит Ca в пределах от 0,01 до 0,2%; дополнительно содержит CaF_2 в количестве от 4 до 11%; дополнительно содержит BN в количестве от 4 до 11%; дополнительно содержит $\text{BN}+\text{BaSO}_4$ в количестве от 4 до 14%; материал выполнен спеканием в вакууме или защитной среде или медотом газотермического напыления.

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 - обладающего 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 ударно-теплового воздействия в условиях эксплуатации уплотнения на отдельную частицу наполнителя кинетическая энергия удара переходит в тепловую энергию. В результате этого адгезионная прочность на границе рассматриваемой частицы резко снижается, и в результате удара происходит его отрыв. В целом же процесс прирабатываемости уплотнения складывается из совокупности единичных процессов отрыва частиц наполнителя в результате снижения адгезионной прочности на границе каждой частицы. 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, составляющее величину от 20 до 100% прочности частиц, и локальной адгезионной прочности соединения частиц в зоне контакта с контр-телом от 0,5 до 3% от прочности частиц наполнителя. В связи с дискретным характером взаимодействия системы «уплотнение-лопатка» практически после приработки происходит их бесконтактное взаимодействие.

Однако для реализации описанного механизма прирабатываемости уплотнения необходимо обеспечить ряд условий. К этим условиям относятся: соотношение адгезионной прочности соединения частиц наполнителя должно составлять величину от 20 до 100% прочности частиц; локальная адгезионная прочность частиц в зоне

контакта с контр-телом - от 0,5 до 12% от прочности частиц наполнителя; размеры частиц наполнителя должны составлять величину от 15 мкм до 180 мкм.

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 составляли 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; КС=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 фотографии шлифа (см. чертеж) представлен 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. Прирабатываемое уплотнение турбомашины, выполненное из частиц порошкового наполнителя, адгезионно соединенных между собой в монолитный материал, отличающееся тем, что в качестве наполнителя используется металлический порошок состава: Cr от 10,0 до 16,0%, Mo от 0,8 до 3,7%, Fe остальное, а размеры частиц порошка наполнителя составляют от 15 до 180 мкм.
2. Прирабатываемое уплотнение по п.1, отличающееся тем, что выполнено спеканием в вакууме или защитной среде.
3. Прирабатываемое уплотнение по п.1, отличающееся тем, что получено газотермическим нанесением на элемент турбомашины.
4. Прирабатываемое уплотнение по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что дополнительно содержит Ca в пределах от 0,01 до 0,2%.
5. Прирабатываемое уплотнение по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что дополнительно содержит CaF₂ в количестве от 4 до 11%.
6. Прирабатываемое уплотнение по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что дополнительно содержит BN в количестве от 4 до 11%.
7. Прирабатываемое уплотнение по любому из пп.1 и 2, отличающееся тем, что дополнительно содержит BN+BaSO₄ в количестве от 4 до 14%.

