



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2004100105/06, 12.03.2002

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.03.2002

(30) Конвенционный приоритет:
06.06.2001 US 09/875,764

(43) Дата публикации заявки: 27.05.2005

(45) Опубликовано: 27.01.2007 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: US 5997248 A, 07.12.1999. US 5780116
A, 14.07.1998. SU 1749494 A1, 23.07.1992. SU
1184976 A, 15.10.1985. SU 603755 A,
25.04.1978. US 4936745 A, 26.06.1990.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу:
06.01.2004

(86) Заявка РСТ:
US 02/09029 (12.03.2002)

(87) Публикация РСТ:
WO 02/099254 (12.12.2002)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Г.Б. Егоровой, рег.№ 513

(72) Автор(ы):

ГОВАРД Питер (US),
ШАНКАР Рави (US),
ФЕНТОН Ричард (US)

(73) Патентообладатель(и):

ХРОМЭЛЛОЙ ГЭЗ ТЕРБАЙН КОРПОРЕЙШН
(US)

(54) ИСТИРАЕМАЯ УПЛОТНИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

(57) Реферат:

Истираемая уплотнительная система газотурбинного двигателя содержит составное уплотнение и взаимодействующую с ним лопатку турбины. Лопатка турбины имеет оконечную часть, содержащую кубические абразивные частицы нитрида бора для введения в контакт с составным уплотнением для создания уплотнения. Составное уплотнение, имеющее основу из суперсплава,

связующее покрытие из $MCrAlY$ на поверхности основы, имеющее шероховатость поверхности больше 300 Ra, в котором М выбрано из группы, состоящей из Co, Ni или Ni и Co, и пористый керамический истираемый уплотнительный материал на связующем покрытии, имеющий пористость от 5 до 15 об.%. Изобретение направлено на повышение эрозионной стойкости уплотнительной системы. 10 з.п. ф-лы.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: 2004100105/06, 12.03.2002

(24) Effective date for property rights: 12.03.2002

(30) Priority:
06.06.2001 US 09/875,764

(43) Application published: 27.05.2005

(45) Date of publication: 27.01.2007 Bull. 3

(85) Commencement of national phase: 06.01.2004

(86) PCT application:
US 02/09029 (12.03.2002)(87) PCT publication:
WO 02/099254 (12.12.2002)

Mail address:
129010, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i
Partnery", pat.pov. G.B. Egorovoj, reg.№ 513

(72) Inventor(s):

GOVARD Piter (US),
ShANKAR Ravi (US),
FENTON Richard (US)

(73) Proprietor(s):

KhROMEhLLOJ GEhZ TERBAJN KORPOREJShN
(US)

(54) ABRADABLE SEALING SYSTEM

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering; gas-turbine engines.

SUBSTANCE: proposed abradable sealing system of gas-turbine engine has sectional seal and turbine blade engaging with seal. End part of turbine blade has cubical abrasive particles of boron nitride for bringing into contact with sectional seal to create sealing. Sectional seal

with base made of superalloy, binding coating of MCrAlY on surface of base, with surface roughness exceeding 300 Ra, in which M is chosen from group consisting of Co, Ni or Ni and Co and porous ceramic abradable sealing material on binding coating, porosity from 5 to 15 vol %.

EFFECT: increased erosion strength of sealing system.

11 cl

Предпосылки изобретения

Настоящее изобретение относится к истираемой уплотнительной системе и, более конкретно, к использованию составного уплотнения с повышенной эрозионной стойкостью.

Эффективность современных газотурбинных двигателей зависит от непроницаемости уплотнения между вращающимися компонентами (лопатками) и стационарными компонентами (кожухом) в вентиляторе, компрессоре и турбине. Это уплотнение создается посредством предоставления возможности лопаткам прорезать (истирать) канавку в истираемом уплотнительном материале, что предотвращает утечку существенного количества воздуха за край лопатки. Традиционно материалы для уплотнения турбин изготавливали из плетеных металлических волокон или спеченных металлических частиц, припаянных на месте. Хотя эти материалы истираются вследствие высокой внутренней пористости и низкой прочности, их стойкость к эрозии под воздействием твердых частиц низка, что приводит к быстрой потере материала. Эта потеря материала ухудшает уплотнение и эффективность двигателя быстро снижается. В качестве уплотнительных материалов в самых современных двигателях используют термически напыленные покрытия, которые выполняют ту же функцию, что и плетеные истираемые уплотнения, но которые легче наносятся и легче заменяются, когда двигатель ремонтируют.

Использование порошков для термического напыления для формирования истираемых уплотнений известно и описано в патенте США №4291089. Такие порошки используют для формирования покрытия на основе для получения истираемого уплотнения, то есть покрытия, которое уплотняет пространство между основой и примыкающей поверхностью, движущейся относительно нее, и которое истирается до контролируемой степени за счет относительного движения основы и примыкающей поверхности. Такое уплотнение первоначально формируют посредством термического напыления порошка на основу для формирования покрытия немного большей толщины, чем промежуток между основой и примыкающей поверхностью, таким образом, что покрытие истирается при относительном движении между основой и примыкающей поверхностью до немного меньшей толщины, соответствующей промежутку между основой и примыкающей поверхностью таким образом, чтобы между ними обеспечивалось эффективное уплотнение. Такие уплотнения используют, например, с лопатками турбины или компрессора газотурбинных двигателей, таких как авиационные, для обеспечения уплотнения между лопатками и корпусом турбины или компрессора.

Одной из проблем создания пригодного истираемого уплотнения является получение термически напыленного покрытия, которое, с одной стороны, имеет достаточную структурную прочность, которая, тем не менее, достаточно низка для обеспечения истираемости, и которое, с другой стороны, имеет достаточно высокую стойкость к эрозии от воздействия твердых частиц, сталкивающихся с истираемым уплотнительным покрытием при использовании. Например, в случае с лопатками газовой турбины или компрессора уплотнительное покрытие подвергается ударам абразивных частиц, увлекаемых воздухом и засасываемых двигателем.

Истираемое керамическое уплотнение показано в патенте США №4936745, который предлагает пористый керамический истираемый слой, имеющий пористость от около 20 до 35 об.%; однако высокая пористость вызывает сниженную эрозионную стойкость, что является недостатком при работе в жестких условиях, существующих в турбине высокого давления.

Краткое описание изобретения

Коротко говоря, настоящее изобретение обеспечивает получение системы истираемого уплотнения газотурбинного двигателя, содержащей составное уплотнение и взаимодействующую с ним лопатку турбины. Лопатка турбины имеет оконечную часть, содержащую кубические абразивные частицы нитрида бора для введения в контакт с составным уплотнением для обеспечения уплотнения. Составное уплотнение имеет основу из суперсплава, имеющую нанесенное на нее связующее покрытие из MCrAlY с шероховатостью поверхности, составляющей, по меньшей мере, 300 Ra, и пористый

керамический истираемый уплотнительный материал на связующем покрытии, имеющий пористость, составляющую от 5 до 15 об. %.

Подробное описание изобретения

Получена истираемая уплотнительная система для газотурбинных двигателей,

5 обладающая повышенной эрозионной стойкостью и одновременно все же обеспечивающая эффективное уплотнение между лопаткой турбины и стационарным компонентом. Система уплотнения содержит составное уплотнение и лопатку турбины, которая взаимодействует с составным уплотнением для прорезания дорожки в составном уплотнении для создания уплотнения. Лопатка турбины является вращающимся элементом, имеющим абразивную
10 оконечную часть, расположенную с обеспечением трения о стационарное истираемое составное уплотнение таким образом, что абразивная оконечная часть врежется в истираемую поверхность составного уплотнения.

Лопатка турбины имеет оконечную часть, которая содержит кубические абразивные частицы нитрида бора (CBN) для того, чтобы она врезалась в поверхность составного
15 уплотнения. Кубические абразивные частицы нитрида бора высокоэффективны для прорезания истираемого уплотнительного материала. Оконечная часть, содержащая кубические абразивные частицы нитрида бора, может быть получена улавливающим покрытием в стойкой к окислению металлической матрице. Может использоваться способ, описанный в патенте США №5935407, который включен сюда в качестве ссылочного
20 материала, согласно которому связующее покрытие наносят на основу оконечности лопатки турбины при помощи плазменного напыления под низким давлением, затем заделывают в связующее покрытие абразивные частицы путем улавливающего покрытия в металлической матрице. Этот способ предпочтителен благодаря повышенной прочности связи абразивного покрытия с оконечностью лопатки турбины.

25 Составное уплотнение имеет истираемое уплотнение, связанное с основой из суперсплава. Обычно основой является корпус турбины или компрессора или прикрепленная к нему облицовка, при этом суперсплавом является суперсплав на основе кобальта или никеля. Для связывания истираемого уплотнительного материала с основой на поверхность основы наносят связующий слой, имеющий шероховатость поверхности, составляющую более 300 Ra; предпочтительно - более 350 Ra. Связующим покрытием является $MCrAlY$, в котором М - это Со и/или Ni, который может быть модифицирован Pt и/или диффузионным алюминидным покрытием. Повышенная устойчивость к воздействию окружающей среды истираемого материала, скомбинированная с увеличенной режущей способностью кубических абразивных частиц нитрида бора в оконечности лопатки,
35 обеспечивает выполнение увеличенной прорези в составном уплотнении. Повышенная шероховатость поверхности связующего покрытия обеспечивает повышенную прочность связи, необходимую для крепления истираемого материала. Связующее покрытие может наноситься посредством плазменного напыления либо при низком давлении, либо при атмосферном до толщины около 4-15 мил, предпочтительно - около 5-10 мил. Для
40 достижения шероховатости поверхности покрытие из $MCrAlY$ наносят плазменным напылением при размере частиц, составляющем до около 150 мкм. Связующее покрытие подвергают термической обработке для диффузионного связывания либо перед нанесением керамики, либо после при температуре около 1900-2050°F в течение 2-5 часов, в типичном варианте - при температуре 1975°F в течение 4 часов.

45 На связующее покрытие наносят пористый керамический истираемый уплотнительный материал, имеющий пористость от около 5 до 15 об. %, предпочтительно - 10-15 об. %. Сниженный уровень пористости этого материала обеспечивает повышенную стойкость к воздействию окружающей среды, увеличивающую полезный срок службы газотурбинного двигателя.

50 Повышенная эффективность резки кубическими абразивными частицами нитрида бора, расположенными в оконечности, в комбинации с повышенной силой связи связующего покрытия обеспечивает получение эффективной уплотнительной системы с увеличенным сроком службы.

Керамическим истираемым уплотнительным материалом является двуокись циркония, стабилизированная 6-9% окиси иттрия. Для создания пористости керамический материал наносят посредством плазменного напыления с летучим веществом, предпочтительно - со сложным полиэфиром. Для получения пористости в пределах от 5 до 15% керамические частицы размером менее чем около 200 мкм, предпочтительно - около 20-125 мкм, могут быть смешаны с до 1,5 вес.%, предпочтительно - около 1-1,5 вес.% сложного полиэфира, имеющего размер частиц от 45 до 125 мкм. Затем смесь наносят посредством плазменного напыления до получения толщины от около 10 до 80 мил, предпочтительно - 20-40 мил. При необходимости сложный полиэфир удаляют посредством нагрева до температуры выше 1300°F; однако было обнаружено, что большая часть сложного полиэфира уже удаляется в процессе плазменного напыления и наличие оставшегося сложного полиэфира может быть допустимо в системе.

Пример

На оконечность лопатки турбины была нанесена абразивная часть оконечности с использованием способа, описанного в патенте США №5935407, согласно которому сначала на оконечность лопатки турбины было нанесено посредством плазменного напыления при низком давлении связующее покрытие из CoNiCrAlY до получения толщины 4 мил, затем были нанесены улавливающим покрытием кубические абразивные частицы нитрида бора при помощи никелирования, после чего следовало никелирование с раствором, содержащим тонкие частицы CoCrAlHf, до получения толщины 5 мил. После гомогенизирующей термической обработки при 1975°F в течение 4 часов оконечность лопатки была алюминизирована посредством процесса в газовой фазе.

Затем было подготовлено составное уплотнение посредством нанесения связующего покрытия из CoNiCrAlY на пробные образцы из суперсплава Hastelloy X размером 4 дюйма на 1,4 дюйма при помощи плазменного напыления при низком давлении частиц CoNiCrAlY, представляющих смесь частиц с размерами в пределах от 45 до 90 мкм и от 20 до 38 мкм, до получения толщины 7 мил и с получением шероховатости поверхности в пределах от 360 до 400 Ra. Пористый керамический истираемый уплотнительный материал был подготовлен посредством смешивания 98,75 вес.% стабилизированной окисью иттрия двуокиси циркония с размерами частиц от 22 до 125 мкм с 1,25 вес.% частиц сложного полиэфира с размерами частиц от 45 до 125 мкм, что обеспечило получение керамического материала с пористостью 12,5%. Этот уплотнительный материал был нанесен на пробные образцы со связующим покрытием при помощи плазменного напыления.

Пробные образцы с истираемым уплотнительным материалом были испытаны на истирание в высокотемпературной установке для испытания истиранием с использованием лопаток с оконечностями с кубическими абразивными частицами нитрида бора, при этом установка была настроена на заданную глубину прорезания, составляющую 20 мил. Отличная истираемость была продемонстрирована при следующих параметрах испытаний:

Температура при испытании	Скорость движения оконечности	Темп врезания	Глубина канавки
1832°F	1150 фут/сек	5 мкм/сек	17,5 мил
2192°F	1345 фут/сек	5 мкм/сек	17,5 мил

Были проведены дополнительные испытания с заданной глубиной прорезания, составляющей 20 мил.

Один образец был испытан с составным уплотнением (связующее покрытие плюс керамическое верхнее покрытие с пористостью 12,5%), подвергнутое диффузионной термической обработке при температуре 1975°F в течение 4 часов, после нанесения керамического покрытия.

Испытания показали следующие результаты:

Температура при испытании	Скорость движения оконечности	Темп врезания	Глубина канавки
1832°F	1150 фут/сек	5 мкм/сек	12,8 мил

Также были испытаны образцы с различными уровнями пористости, показавшие следующие результаты:

Пористость керамики	Температура при испытании	Скорость движения оконечности	Темп врезания	Глубина канавки
10%	1832°F	1150 фут/сек	5 мкм/сек	19,4 мил
15%	1832°F	1150 фут/сек	5 мкм/сек	18,0 мил
10%	2192°F	1345 фут/сек	5 мкм/сек	21,5 мил
15%	2192°F	1345 фут/сек	5 мкм/сек	18,0 мил

5

В ходе всех испытаний оконечность лопатки не продемонстрировала заметного износа.

Формула изобретения

10 1. Истираемая уплотнительная система газотурбинного двигателя, содержащая составное уплотнение и взаимодействующую с ним лопатку турбины, лопатку турбины, имеющую оконечную часть, содержащую кубические абразивные частицы нитрида бора для введения в контакт с составным уплотнением для создания уплотнения, составное уплотнение, имеющее основу из суперсплава, связующее покрытие из MCrAlY на поверхности основы, имеющее шероховатость поверхности больше 300 Ra, в котором
15 выбрано из группы, состоящей из Co, Ni или Ni и Co, и пористый керамический истираемый уплотнительный материал на связующем покрытии, имеющий пористость от 5 до 15 об. %.

2. Система по п.1, в которой связующее покрытие имеет шероховатость поверхности больше 350 Ra.

20 3. Система по п.2, в которой связующее покрытие нанесено посредством плазменного напыления.

4. Система по п.3, в которой пористым керамическим истираемым уплотнительным материалом является двуокись циркония, стабилизированная 6-9% окиси иттрия.

5. Система по п.3, в которой связующее покрытие имеет толщину от 4 до 15 мил.

25 6. Система по п.4, в которой истираемый пористый керамический материал имеет толщину от 10 до 80 мил.

7. Система по п.2, в которой кубические частицы нитрида бора в оконечной части прикреплены к оконечности лопатки увлекающим покрытием в стойкой к окислению металлической матрице.

30 8. Система по п.6, в которой пористый керамический истираемый уплотнительный материал имеет пористость от 10 до 15 об. %.

9. Система по п.6, в которой керамический материал нанесен посредством плазменного напыления совместно с летучим веществом.

35 10. Система по п.9, в которой керамический материал имеет размер частиц менее 200 мкм.

11. Система по п.10, в которой летучим веществом является сложный полиэфир, имеющий размер частиц от около 20 до 125 мкм, содержащийся в количестве около 1-1,5 вес. % от количества керамического истираемого уплотнительного материала.

40

45

50