



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011117875/02, 03.05.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.05.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.05.2011

(43) Дата публикации заявки: 10.11.2012 Бюл. № 31

(45) Опубликовано: 20.06.2013 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 98159 U1, 10.10.2010. RU 2039631 C1, 20.07.1995. US 44936745 A, 20.06.1990. US 5080934 A, 14.01.1992. US 4291089 A, 22.09.1991.

Адрес для переписки:

450081, Республика Башкортостан, г.Уфа, ул.
Шота Руставели, 49, ООО "НПП
Вакууммаш", директору А.Ф. Егошиной

(72) Автор(ы):

Лисянский Александр Степанович (RU),
Смыслов Анатолий Михайлович (RU),
Смыслов Алексей Анатольевич (RU),
Мингажев Аскар Джамилевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Общество с ограниченной
ответственностью "Научно-
производственное предприятие Вакууммаш"
(RU)**(54) ЭЛЕМЕНТ ПРИРАБАТЫВАЕМОГО УПЛОТНЕНИЯ ТУРБИНЫ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к машиностроению, в частности к уплотнениям зазоров проточной части турбомашин, длительно работающих в условиях повышенных температур и высокочастотных вибраций. Элемент прирабатываемого уплотнения турбины выполнен из адгезионно соединенных между собой путем спекания частиц порошкового наполнителя, составляющего основу материала уплотнения, и порошковых добавок. При этом в качестве материала наполнителя использован сплав состава: Cr - от 10,0 до 18,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%, Fe или Ti или Cu или их комбинация - остальное или сплав состава: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%;

Ni - остальное, или сплав состава: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Co - от 16% до 30%; Ni - остальное, с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180 мкм, а в качестве порошковой добавки использованы гексагональный нитрид бора с размерами частиц порошка менее 1 мкм в количестве от 1,0% до 1,5% от общего объема материала уплотнения и фторид кальция с размерами частиц порошка от 1 мкм до 25 мкм в количестве от 6,0% до 8,0% от общего объема материала уплотнения. Материал элемента уплотнения имеет высокую прирабатываемость, механическую прочность и износостойкость. 14 з.п. ф-лы, 1 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
B22F 3/10 (2006.01)
F01D 11/08 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2011117875/02, 03.05.2011**

(24) Effective date for property rights:
03.05.2011

Priority:

(22) Date of filing: **03.05.2011**

(43) Application published: **10.11.2012 Bull. 31**

(45) Date of publication: **20.06.2013 Bull. 17**

Mail address:

**450081, Respublika Bashkortostan, g.Ufa, ul.
Shota Rustaveli, 49, OOO "NPP Vakuummash",
direktoru A.F. Egoshinoy**

(72) Inventor(s):

**Lisjanskij Aleksandr Stepanovich (RU),
Smyslov Anatolij Mikhajlovich (RU),
Smyslov Aleksej Anatol'evich (RU),
Mingazhev Askar Dzhamilevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'ju
"Nauchno-proizvodstvennoe predpriyatie
Vakuummash" (RU)**

(54) TURBINE WORN-IN SEAL ELEMENT

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to machine building, particularly, to seals of turbine flow channel clearances used in long-term operation at increased temperatures and high-frequency vibrations. Proposed element is made of powder filler particles fritted together to make seal base and powder additives. Note here that filler material represents the alloy of the following composition in wt %: Cr - 10.0-18.0, Mo - 0.8-3.7, Fe or Ti or Cu or brass or bronze or combination thereof making the rest and having the following composition: Cr - 18-

34; Al - 3-16; Y - 0.2-0.7, Ni making the rest, or from alloy of the following composition: Cr - 18-34; Al - 3-16; Y - 0.2-0.7; Co - 16-30; Ni making the rest with powder particle sizes varying from 15 mcm to 180 mcm. Note also that powder additive represents hexagonal boron nitride with powder particle size of less than 1 mcm in amount of 1.0-1.5% of total amount of seal material and calcium fluoride with particle size of 1 to 25 mcm in amount of 6.0-8.0% of total amount of seal material.

EFFECT: high conformability, strength and wear resistance.

14 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 турбины, выполненное из
35 адгезионно соединенных между собой путем спекания частиц порошкового наполнителя, составляющего основу материала уплотнения, и порошковых добавок [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 состава Cr-Fe-Nb-
40 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, 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 одновременное обеспечение высокой прирабатываемости, механической прочности и износостойкости материала уплотнения, а также снижение трудоемкости его изготовления.

Технический результат достигается тем, что элемент прирабатываемого уплотнения турбины, выполненный из адгезионно соединенных между собой путем спекания частиц порошкового наполнителя, составляющего основу материала уплотнения, и порошковых добавок, в отличие от прототипа, элемент выполнен в виде бруска с размерами и формой, обеспечивающими при кольцевом соединении формирование полного торцевого уплотнения турбины, а в качестве материала наполнителя использован материал состава: Cr - от 10,0 до 18,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%, Fe или Ti или Cu или их комбинации - остальное, или из сплава состава: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Ni - остальное, или из сплава состава: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Co - от 16% до 30%; Ni - остальное, с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180 мкм, а в качестве порошковой добавки использованы гексагональный нитрид бора с размерами частиц порошка менее 1 мкм в количестве от 1,0% до 1,5% от общего объема материала уплотнения и фторид кальция с размерами частиц порошка от 1 мкм до 25 мкм в количестве от 6,0% до 8,0% от общего объема материала уплотнения.

Технический результат достигается также тем, что элемент прирабатываемого уплотнения турбины, дополнительно в качестве добавки содержит: от 0,4% до 3% BaSO₄ в виде порошка, размерами частиц от 1 мкм до 25 мкм и/или от 0,4% до 3% углерода и/или Ca в пределах от 0,01 до 0,2%.

Технический результат достигается также тем, что элемент прирабатываемого уплотнения турбины выполнен спеканием в защитной среде при температуре от 950°C до 1250°C, причем в качестве защитной среды использован либо вакуум, либо одна из следующих газовых сред: либо среда аммиака, либо среда смеси аргона и аммиака, либо среда смеси водорода и азота, либо среда смеси водорода, аргона и азота, а в качестве смеси водорода и азота использована смесь в объемных %, состава: водород - от 65 до 75%, атомарный азот - от 2 до 5%, остальное азот, а в качестве смеси водорода, аргона и азота использована смесь, в объемных %, состава: водород - от 65 до 75%, атомарный азот - от 2 до 5%, остальное аргон.

Технический результат достигается также тем, что элементы уплотнения выполняют в виде брусков, размерами и формой, обеспечивающими, при их соединении в кольцо, формирование полного торцевого уплотнения турбомашин, при этом размеры элемента составляют: длина от 20 мм до 700 мм, ширина от 10 мм до 70 мм, высота от 5 мм до 50 мм и радиус кривизны по длине элемента, по его притираемой поверхности от 200 мм до 2500 мм, причем он выполнен в виде бруска, поперечное сечение которого имеет основание в виде трапеции и верхнюю часть в виде прямоугольника.

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 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, составляющей 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.

Однако, для реализации описанного механизма прирабатываемости уплотнения необходимо обеспечить ряд условий. К этим условиям относятся: осуществление спекания в пресс-форме частиц порошка прирабатываемого материала с образованием элемента уплотнения заданной формы и размеров; использование в качестве прирабатываемого материала материала состава, в вес. %: Cr - от 10,0 до 18,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%, Fe или Ti или Cu или их комбинации - остальное, или из сплава состава, в вес. %: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Ni - остальное, или из сплава состава, в вес. %: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Co - от 16% до 30%; Ni - остальное, с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180 мкм в механической смеси с порошковым, с размерами частиц порошка менее 1 мкм, гексагональным нитридом бора - BN в количестве от 1,0% до 1,5% от общего объема смеси и фторидом кальция - CaF₂, с размерами частиц порошка от 1 мкм до 25 мкм, в количестве от 6,0% до 8,0% от общего объема смеси. При этом важное значение имеют также условия получения прирабатываемого уплотнения, как осуществление спекания частиц порошка прирабатываемого материала в защитной среде при температуре от 1100 до 1200°C, а в качестве защитной среды использован либо вакуум, либо одна из следующих газовых сред: либо среда аммиака, либо среда смеси аргона и аммиака, либо среда смеси водорода и азота, либо среда смеси водорода, аргона и азота. Причем в качестве смеси водорода и азота использована смесь в объемных %, состава: водород - от 65 до 75%, атомарный азот - от 2 до 5%, остальное азот, а в качестве смеси водорода, аргона и азота использована смесь, в объемных %, состава: водород - от 65 до 75%, атомарный азот - от 2 до 5%, остальное аргон. Кроме того, функциональные свойства уплотнения могут регулироваться использованием следующих добавок в механическую смесь: BaSO₄ от 0,4% до 3% от общего объема смеси, в виде порошка, размерами частиц от 1 мкм до 25 мкм и/или Ca от 0,01 до 0,2% от общего объема смеси, в виде порошка, размерами частиц от 1 мкм до 25 мкм, выполнение элементов уплотнения в виде брусков, размерами и формой, обеспечивающими, при их соединении в кольцо, формирование полного торцевого

уплотнения турбомашин при размерах элемента: длина от 20 мм до 700 мм, ширина от 10 мм до 70 мм, высота от 5 мм до 50 мм и радиус кривизны по длине элемента, по его притираемой поверхности от 200 мм до 2500 мм; выполнение в его поперечном сечении основания элемента в виде трапеции, а его верхней части в виде

5

прямоугольника.

Пример. В качестве материалов для получения элемента прирабатываемого уплотнения использовался металлический порошок следующих составов: 1) [Cr - 9,0%, Mo - 0,6%, Fe - остальное] - неудовлетворительный результат (Н.Р.); 2) [Cr - 10,0%, Mo - от 0,8%, Fe - остальное] - удовлетворительный результат (У.Р.); 3) [Cr - 14,3%, Mo - 2,6%, Fe - остальное] - (У.Р.); 4) [Cr - 18,0%, Mo - 3,7%, Fe - остальное] - (У.Р.); 5) [Cr - 8,0%, Mo - 0,7%, Ti - остальное] - (Н.Р.); 6) [Cr - 10,0%, Mo - от 0,8%, Ti - остальное] - (У.Р.); 7) [Cr - 14,3%, Mo - 2,6%, Ti - остальное] - (У.Р.); 8) [Cr - 18,0%, Mo - 3,7%, Ti - остальное] - (У.Р.); 9) [Cr - 9,0%, Mo - 0,7%, Cu - остальное] - (Н.Р.); 10) [Cr - 10,0%, Mo - от 0,8%, Cu - остальное] - (У.Р.); 11) [Cr - 15,2%, Mo - 2,4%, Cu - остальное] - (У.Р.); 12) [Cr - 18,0%, Mo - 3,7%, Cu - остальное] - (У.Р.); 13) [Cr - от 16%; Al - 2,5%; Y - от 0,1%; Ni - остальное] - (Н.Р.); 14) [Cr - от 18%; Al - 3%; Y - 0,2%; Ni - остальное] - (У.Р.); 15) [Cr - 34%; Al - 16%; Y - 0,7%; Ni - остальное] - (У.Р.); 16) [Cr - 16%; Al - от 2%; Y - 0,1%; Co - 14%; Ni - остальное] - (Н.Р.); 17) Cr - 18%; Al - 3%; Y - 0,2%; Co - 16%; Ni - остальное] - (У.Р.); 18) Cr - 34%; Al - 16%; Y - 0,7%; Co 30%; Ni - остальное] - (У.Р.).

10

15

20

25

30

35

Размеры частиц составляли величины: 10 мкм; 30 мкм; 63 мкм; 100 мкм; 160 мкм; 180 мкм. Наилучшие результаты при содержании фракций порошка размерами: менее 40 мкм - от 30% до 40%, от 40 мкм до 70 мкм - от 40% до 50%, от 70 мкм до 140 мкм - от 10% до 20%, более 140 мкм - остальное. Механическая смесь из металлического порошка состава, в вес.%: Cr - от 10,0 до 18,0%, Mo - от 0,8 до 3,7%, Fe или Ti или Cu или их комбинации - остальное, или из сплава состава, в вес.%: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Ni - остальное, или из сплава состава, в вес.%: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Co - от 16% до 30%; Ni - остальное, содержала гексагональный нитрид бора (BN) размерами частиц порошка менее 1 мкм в количестве: 0,5% - (Н.Р.); 1,0% - (У.Р.); 1,5% - (У.Р.) - (Н.Р.) и фторид кальция - CaF₂, с размерами частиц порошка от 1 мкм до 25 мкм, в количестве от общего объема смеси: 5% - (Н.Р.); 6,0% - (У.Р.); 8,0% - (У.Р.); 9% - (Н.Р.). Кроме того, были использованы порошковые материалы вышеуказанных составов с дополнительными добавками следующих компонентов: 1) BaSO₄: 0,4%; 1,2%; 3%. 2) углерод: 0,4%; 0,8%; 2,1%; 3%. 3) Ca: 0,01%; 0,2%.

40

Размеры сотового элемента прирабатываемого уплотнения составляли: длина: 20 мм; 50 мм; 100 мм; 200 мм; 500 мм; 700 мм; ширина: 10 мм; 20 мм; 40 мм; 70 мм; высота: 5 мм; 10 мм; 30 мм; 50 мм; радиус кривизны по длине элемента, по его притираемой поверхности: 200 мм; 400 мм; 1200 мм; 2300 мм; 2500 мм.

45

50

Элемент прирабатываемого уплотнения был изготовлен спеканием в вакууме, при остаточном давлении в камере не хуже 10⁻² мм рт.ст., а также в газовых средах смеси водорода и азота состава: водород 55% - (Н.Р.); 65% - (У.Р.); 70% - (У.Р.); 75% - (У.Р.); 85% - (Н.Р.); атомарный азот: 0,5% - (Н.Р.); 2% - (У.Р.); 4% - (У.Р.); 5% - (У.Р.); 7% - (Н.Р.), остальное - азот и газовых смесях водорода, аргона и азота состава: водород - 55% - (Н.Р.); 65% - (У.Р.); 70% - (У.Р.); 75% - (У.Р.); 85% - (Н.Р.); атомарный азот: 0,5% - (Н.Р.); 2% - (У.Р.); 4% - (У.Р.); 5% - (У.Р.); 7% - (Н.Р.), остальное аргон. Спекание заготовок производилось при температуре от 1100 до 1200°C, [(от 1100°C до 1200°C)±100°C], в электропечи ОКБ 8086. Давление прессования при изготовлении

заготовок прирабатываемого уплотнения было равным: 40 кгс/мм²; 50 кгс/мм²; 60 кгс/мм²; 70 кгс/мм². Механические свойства полученного материала составили: твердость НВ от 139 до 147; $\sigma_{в}=29,1...37,2$ кгс/мм²; $\sigma_{т}=17,1...25,8$ кгс/мм²; ударная вязкость 1,16...1,57 кгм/см². Результаты испытаний образцов уплотнений из разработанного материала в условиях эксплуатации показали сочетание высоких прочностных характеристик уплотнений, с хорошей прирабатываемостью.

Формула изобретения

1. Элемент прирабатываемого уплотнения турбины, выполненное из адгезионно соединенных между собой путем спекания частиц порошкового наполнителя, составляющего основу материала уплотнения и порошковых добавок, отличающийся тем, что он выполнен в виде бруска с размерами и формой, обеспечивающими при кольцевом соединении формирование полного торцевого уплотнения турбины, а в качестве материала наполнителя использован сплав состава: Cr - от 10,0% до 18,0%, Mo - от 0,8% до 3,7%, Fe, или Ti, или Cu, или их комбинация - остальное, или сплав состава: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Ni - остальное, или сплав состава: Cr - от 18% до 34%; Al - от 3% до 16%; Y - от 0,2% до 0,7%; Co - от 16% до 30%; Ni - остальное, с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180 мкм, а в качестве порошковой добавки использованы гексагональный нитрид бора с размерами частиц порошка менее 1 мкм в количестве от 1,0% до 1,5% от общего объема материала уплотнения и фторид кальция с размерами частиц порошка от 1 мкм до 25 мкм в количестве от 6,0% до 8,0% от общего объема материала уплотнения.
2. Элемент по п.1, отличающийся тем, что в качестве порошковой добавки он дополнительно содержит от 0,4% до 3% BaSO₄ с размерами частиц от 1 мкм до 25 мкм.
3. Элемент по п.1, отличающийся тем, что в качестве порошковой добавки он дополнительно содержит от 0,4% до 3% углерода.
4. Элемент по любому из пп.1-3, отличающийся тем, что он выполнен спеканием в защитной среде при температуре от 950°С до 1250°С, причем в качестве защитной среды использован либо вакуум, либо одна из следующих газовых сред: либо среда аммиака, либо среда смеси аргона и аммиака, либо среда смеси водорода и азота, либо среда смеси водорода, аргона и азота.
5. Элемент по п.4, отличающийся тем, что в качестве смеси водорода и азота использована смесь, об.%, состава: водород - от 65% до 75%, атомарный азот - от 2% до 5%, остальное азот, а в качестве смеси водорода, аргона и азота использована смесь, об.%, состава: водород - от 65% до 75%, атомарный азот - от 2% до 5%, остальное аргон.
6. Элемент по любому из пп.1-3, 5, отличающийся тем, что он дополнительно в качестве добавки содержит Ca в пределах от 0,01% до 0,2%.
7. Элемент по п.4, отличающийся тем, что он дополнительно в качестве добавки содержит Ca в пределах от 0,01% до 0,2%.
8. Элемент по любому из пп.1-3, 5, 7, отличающийся тем, что он выполнен в виде бруска, размеры и форма которого обеспечивают при соединении элементов в кольцо, формирование полного торцевого уплотнения турбомашин.
9. Элемент по п.4, отличающийся тем, что он выполнен в виде бруска, размеры и форма которого обеспечивают при соединении элементов в кольцо формирование полного торцевого уплотнения турбомашин.
10. Элемент по п.6, отличающийся тем, что он выполнен в виде бруска, размеры и форма которого обеспечивают при соединении элементов в кольцо формирование

полного торцевого уплотнения турбомашин.

11. Элемент по п.8, отличающийся тем, что его размеры составляют: длина от 20 мм до 700 мм, ширина от 10 мм до 70 мм, высота от 5 мм до 50 мм и радиус кривизны по длине элемента, по его притираемой поверхности от 200 мм до 2500 мм.

5 12. Элемент по любому из пп.9 и 10, отличающийся тем, что его размеры составляют: длина от 20 мм до 700 мм, ширина от 10 мм до 70 мм, высота от 5 мм до 50 мм и радиус кривизны по длине элемента, по его притираемой поверхности от 200 мм до 2500 мм.

10 13. Элемент по п.8, отличающийся тем, что он выполнен в виде бруска, поперечное сечение которого имеет основание в виде трапеции и верхнюю часть в виде прямоугольника.

15 14. Элемент по любому из пп.9-11, отличающийся тем, что он выполнен в виде бруска, поперечное сечение которого имеет основание в виде трапеции и верхнюю часть в виде прямоугольника.

15 15. Элемент по п.12, отличающийся тем, что он выполнен в виде бруска, поперечное сечение которого имеет основание в виде трапеции и верхнюю часть в виде прямоугольника.

20

25

30

35

40

45

50