

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011116363/02, 25.04.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
25.04.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 25.04.2011

(45) Опубликовано: 20.09.2012 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2353779 C2, 27.04.2009. US 4391089 A,
22.09.1981. US 5080934 A, 14.01.1992.
EP 1128100 A1, 29.08.2001. RU 2009147651 A,
21.12.2009.

Адрес для переписки:

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

(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) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОТОВОГО ЭЛЕМЕНТА 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. Способ включает спекание порошка прирабатываемого материала в два этапа: вначале спеканием формируют стержни заданной формы и размеров, оплавливают их поверхности до образования на каждом стержне оболочки, ориентируют стержни в пресс-форме перпендикулярно основанию формируемого элемента, а затем проводят формирование элемента уплотнения спеканием стержней до образования сплошного каркаса из оболочек

стержней при их соединении. В качестве порошка прирабатываемого материала используют механическую смесь с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180 мкм, из сплава 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. Способ позволяет получать элементы уплотнения с высокой прирабатываемостью, механической прочностью и износостойкостью. 24 з.п. ф-лы, 3 ил., 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: 2011116363/02, 25.04.2011

(24) Effective date for property rights:
25.04.2011

Priority:

(22) Date of filing: 25.04.2011

(45) Date of publication: 20.09.2012 Bull. 26

Mail address:

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

(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) METHOD OF FABRICATING CELLULAR ELEMENT OF TURBINE RUN-IN SEAL

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to machine building, particularly, to turbo machine flow section seals operated at higher temperatures and high-frequency oscillations. Proposed method comprises two stages: first, preset shape and size are sintered to fuse core surfaces unless coat is formed on every core. Cores are directed in mould perpendicular to core base and, then, sealing element is produced by sealing the cores to production of solid shells of cores in their jointing. Run-in material powder

represents mechanical mix with powder particle size of 15 mcm to 180 mcm of the following composition of alloy: Cr - 10.0 to 18.0%, Mo - 0.8 to 3.7%, Fe or Ti or Cu or combination thereof making the rest, or alloy containing: Cr - 18% to 34%; Al - 3% to 16%; Y - 0.2% to 0.7%; Ni making the rest, or alloy containing: Cr - 18% to 34%; Al - 3% to 16%; Y - 2% to 0.7%; Ni making the rest.

EFFECT: higher run-in properties, mechanical strength and wear resistance.

25 cl, 3 dwg, 1 ex

RU 2 4 6 1 4 4 6 C 1

RU 2 4 6 1 4 4 6 C 1

Изобретение относится к машиностроению, в частности к способам изготовления уплотнений 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 №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 Известен способ изготовления прирабатываемого уплотнения турбомашин [патент США №4291089] 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 прочностных свойств уплотнения.

Известен также способ изготовления прирабатываемого уплотнения турбомашин [патент США №4936745] путем его формирования в виде высокопористого
30 керамического слоя с пористостью от 20 до 35 об. %.

Недостатком известного уплотнения является низкая эрозионная стойкость и прочность.

Известен также способ изготовления уплотнения турбомашин с прирабатываемым покрытием на статоре турбомашин (патент РФ №2033527, кл. F01D 11/08, опубл.
35 20.04.1995). Уплотнение формируют путем соединения со статором слоя сотовой структуры. Однако гребешки на роторе при взаимодействии с сотовой структурой притупляются, что снижает герметичность уплотнения. Ячейки сотовой структуры могут иметь различные форму и размер площади поперечного сечения, глубину и
40 толщину стенок. Сотовая структура может быть выполнена из стальной жаростойкой фольги, или сверлением, прожигом, травлением или литьем. При значительной толщине стенок ячеек сот условия работы гребешков ужесточаются. Сильный износ гребешков так или иначе связан с необоснованно высокой прочностью материалов, используемых для производства сот, а также методов их изготовления, вызывающих
45 утолщение толщины стенок ячеек.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к заявляемому является способ изготовления элемента прирабатываемого уплотнения турбины, включающий спекание в вакууме или защитной среде в пресс-форме частиц
50 порошка прирабатываемого материала с легирующими добавками с образованием прирабатываемого элемента заданной формы и размеров [патент РФ №2039631, МПК B22F 3/10, Способ изготовления истираемого материала, 1995]. Однако наличие в элементе сотовой структуры, выполненной из прочного материала, ведет к износу

или повреждению гребешков. Известный способ изготовления уплотнения, предусматривает его выполнение в виде жестко соединенного со статором слоя сотовой структуры. При этом слой сотовой структуры может быть закреплен на элементе турбомашины методом сварки или пайки [например, патент РФ №2277637, МПК F01D 11/08, 2006 г.].

В этой связи задачей настоящего изобретения является создание уплотнения, содержащего сотовую структуру, выполненную из монолитного материала, допускающего врезание в него выступов лопатки и снижающего их износ в процессе эксплуатации, что привело бы к дальнейшему повышению эффективности работы турбомашин.

Техническим результатом заявляемого изобретения является одновременное обеспечение высокой прирабатываемости, механической прочности и износостойкости уплотнения, а также снижение трудоемкости его изготовления по сравнению с существующими сотовыми уплотнениями.

Технический результат достигается тем, что в способ-изготовления сотового элемента прирабатываемого уплотнения турбины, включающий формирование элемента уплотнения заданной формы и размеров путем спекания в пресс-форме порошка прирабатываемого материала в вакууме или защитной среде, отличается тем, что спекание порошка прирабатываемого материала осуществляют по крайней мере в два этапа: вначале спеканием формируют стержни заданной формы и размеров, оплавливают их поверхности до образования на каждом стержне оболочки, ориентируют стержни перпендикулярно основанию формируемого элемента, а затем проводят формирование элемента уплотнения спеканием стержней до образования сплошного каркаса из оболочек стержней при их соединении, а в качестве порошка прирабатываемого материала используют механическую смесь с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180 мкм, из сплава 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.

Технический результат достигается также тем, что в способе изготовления сотового элемента прирабатываемого уплотнения турбины стержни формируют диаметром от 0,4 мм до 3,0 мм, высотой, обеспечивающей формирование заданной высоты прирабатываемого элемента.

Технический результат достигается также тем, что в способе изготовления сотового элемента прирабатываемого уплотнения турбины прирабатываемый материал дополнительно содержит: порошковый гексагональный нитрид бора в количестве от 0,5 до 10,0% от смеси, причем размеры частиц порошка гексагонального нитрида бора составляют менее 1 мкм и/или прирабатываемый материал дополнительно содержит, вес. %: от 0,4 до 3 BaSO₄ и/или прирабатываемый материал дополнительно содержит, вес. %: 0,04 до 0,3 углерода.

Технический результат достигается также тем, что в способе изготовления сотового элемента прирабатываемого уплотнения турбины спекание в вакууме или защитной среде проводят при температуре от 950 до 1250°C, в качестве защитной среды используют CO и/или CO₂ или спекание проводят в вакууме не хуже 10⁻² мм рт.ст.

Технический результат достигается также тем, что в способе изготовления сотового элемента прирабатываемого уплотнения турбины элементы выполняют в виде брусков, размерами и формой обеспечивающими при их соединении в кольцо формирование полного торцевого уплотнения турбомашины, причем размеры

элемента могут быть выбраны из диапазона: 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 или 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.

Технический результат достигается также тем, что в способе изготовления сотового элемента прирабатываемого уплотнения турбины выполняют сплошной каркас из оболочек стержней с объемной долей ко всему объему элемента от 10 до 50%, а в его поперечном сечении основание элемента выполняют в виде трапеции, а его верхнюю часть в виде прямоугольника.

Технический результат достигается также тем, что в способе изготовления сотового элемента прирабатываемого уплотнения турбины формирование стержней спеканием проводят в многоместной пресс-форме, а оплавление поверхности стержней проводят газопламенным или плазменным методом.

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 уплотнении объясняется, в частности, тем, что сплошной каркас, образованный спеканием между собой стержнями с оплавленными поверхностями, обладает достаточно высокой прочностью, позволяющей удерживать внутри каркаса наполнитель, образованный также спеканием частиц порошка между собой, но с гораздо более низкой адгезионной прочностью. Такое функциональное разделение прирабатываемого элемента на прирабатываемую (порошковый наполнитель с меньшей адгезией частиц) и несущую части (сплошной каркас, сформированный из спеченных оболочек стержней) существенно увеличивает прочностные характеристики уплотнительного элемента.

Изобретение иллюстрируется чертежом, на котором на фигуре 1 представлен стержень с оплавленной оболочкой; на фиг.2 - стержни перед спеканием; на фигуре 3 - фрагмент готового элемента уплотнения с сотовой структурой после спекания.

На фигурах 1, 2 и 3 обозначено: 1 - стержень с оболочкой; 2 - внешняя оплавленная оболочка стержня; 3 - спеченный порошок наполнителя в стержне; 4 - пакет стержней перед спеканием; 5 - каркас, полученный соединением оплавленных оболочек стержней после спекания; 6 - готовый элемент уплотнения; 7 - верхняя часть элемента в виде прямоугольника; 8 - основание элемента в виде трапеции.

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.).

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 -40% до 50%, от 70 мкм до 140 мкм - 10% до 20%, более 140 мкм - остальное. Исходный порошковый материал дополнительно содержал гексагональный нитрид бора (BN) размерами частиц порошка менее 1 мкм в количестве: 0,5%;1,0%; 5,0%; 7,0%; 10,0%. Кроме того, были использованы порошковые материалы вышеуказанных составов с дополнительными добавками следующих компонентов: 1) С - 0,01%; 0,03%, 2) BaSO₄: 0,4%; 1,2%; 3%. 3) углерод: 0,04%; 0,3%. Исходный порошковый материал дополнительно содержал гексагональный нитрид бора (BN) размерами частиц порошка менее 1 мкм в количестве: 0,5%; 1,0%; 5,0%; 7,0%; 10,0%. Размеры частиц составляли величины: 15 мкм; 30 мкм; 63 мкм; 100 мкм; 160 мкм; 180 мкм.

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.

Диаметр стержней составлял от 0,4 до 3,0 мм.

Элемент сотового прирабатываемого уплотнения 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 не хуже 10⁻² мм рт.ст., а другой части - при той же температуре в среде газа: 1) СО; 2) СО₂; 3) смеси газов СО и СО₂ в соотношениях объемных процентов: 10%: 90%; 25%: 75%; 10%: 90%; 50%: 50%; 75%: 25%; 90%: 10%. Давление прессования при изготовлении стержней составляло 10 кгс/мм²; 15 кгс/мм²; 25 кгс/мм². Оплавление стержней производили газопламенным и плазменным методом. Давление прессования при изготовлении заготовок прирабатываемого уплотнения из стержней для всех вариантов было равным: 40 кгс/мм²; 50 кгс/мм²; 60 кгс/мм²; 70 кгс/мм².

Механические свойства полученного материала составили: твердость НВ от 141 до 148;

$\sigma_b=29,2...38,1$ кгс/мм²; $\sigma_{T,}=17,2...26,1$ кгс/мм²; ударная вязкость 1,18...1,59 кгм/см².

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

Таким образом, элемент сотового прирабатываемого уплотнения турбины, включающий следующие признаки: формирование элемента уплотнения заданной формы и размеров путем спекания в пресс-форме порошка прирабатываемого материала в вакууме или защитной среде; спекание порошка прирабатываемого материала осуществляют по крайней мере в два этапа: вначале спеканием формируют стержни заданной формы и размеров, оплавливают их поверхности до образования на каждом стержне оболочки, ориентируют стержни перпендикулярно основанию формируемого элемента, а затем проводят формирование элемента уплотнения спеканием стержней до образования сплошного каркаса из оболочек стержней при их соединении; в качестве порошка прирабатываемого материала используют механическую смесь с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180 мкм; из сплава

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; стержни формируют диаметром от 0,4 мм до 3,0 мм, высотой, обеспечивающей формирование заданной высоты прирабатываемого элемента; прирабатываемый материал дополнительно содержит: порошковый гексагональный нитрид бора в количестве от 0,5% до 10,0% от смеси; размеры частиц порошка гексагонального нитрида бора составляют менее 1 мкм; прирабатываемый материал дополнительно содержит, вес. %: от 0,4 до 3 BaSO₄; прирабатываемый материал дополнительно содержит, вес. %: 0,04 до 0,3 углерода; спекание в вакууме или защитной среде проводят при температуре от 950°C до 1250°C, в качестве защитной среды используют CO и/или CO₂ или спекание проводят в вакууме не хуже 10⁻² мм рт.ст.; элементы выполняют в виде брусков, размерами и формой обеспечивающими при их соединении в кольцо формирование полного торцевого уплотнения турбомашин; размеры 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; 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; выполняют сплошной каркас из оболочек стержней с объемной долей ко всему объему элемента от 10% до 50%, а в его поперечном сечении основание элемента выполняют в виде трапеции, а его верхнюю часть в виде прямоугольника; формирование стержней спеканием проводят в многоместной пресс-форме, а оплавление поверхности стержней проводят газопламенным или плазменным методом - позволяет достичь поставленного в изобретении технического результата - одновременного обеспечения высокой прирабатываемости, механической прочности и износостойкости уплотнения, а также снижения трудоемкости его изготовления по сравнению с существующими сотовыми уплотнениями.

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

Формула изобретения

1. Способ изготовления сотового элемента прирабатываемого уплотнения турбины, включающий формирование элемента уплотнения заданной формы и размеров путем спекания в пресс-форме порошка прирабатываемого материала в вакууме или защитной среде, отличающийся тем, что спекание порошка прирабатываемого материала осуществляют, по крайней мере, в два этапа: вначале спеканием формируют стержни заданной формы и размеров, оплавливают их поверхности до образования на каждом стержне оболочки, ориентируют стержни перпендикулярно основанию формируемого элемента, а затем проводят формирование элемента уплотнения спеканием стержней до образования сплошного каркаса из оболочек стержней при их соединении, а в качестве порошка прирабатываемого материала используют механическую смесь с размерами частиц порошка от 15 мкм до 180 мкм, из сплава 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.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что стержни формируют диаметром от 0,4 мм до 3,0 мм, высотой, обеспечивающей формирование заданной высоты
5 прирабатываемого элемента.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что прирабатываемый материал дополнительно содержит порошковый гексагональный нитрид бора в количестве от 0,5% до 10,0% от смеси, причем размеры частиц порошка гексагонального нитрида
10 бора составляют менее 1 мкм.

4. Способ по п.2, отличающийся тем, что прирабатываемый материал дополнительно содержит порошковый гексагональный нитрид бора в количестве от 0,5% до 10,0% от смеси, причем размеры частиц порошка гексагонального нитрида
15 бора составляют менее 1 мкм.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что прирабатываемый материал дополнительно содержит, вес.%: от 0,4 до 3 BaSO₄.

6. Способ по п.2, отличающийся тем, что прирабатываемый материал дополнительно содержит, вес.%: от 0,4 до 3 BaSO₄.

7. Способ по п.3, отличающийся тем, что прирабатываемый материал дополнительно содержит, вес.%: от 0,4 до 3 BaSO₄.

8. Способ по п.4, отличающийся тем, что прирабатываемый материал дополнительно содержит, вес.%: от 0,4 до 3 BaSO₄.

9. Способ по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что прирабатываемый материал дополнительно содержит, вес.%: от 0,04 до 0,3 углерода.

10. Способ по любому из пп.1-8, отличающийся тем, что спекание в вакууме или защитной среде проводят при температуре от 950°C до 1250°C.

11. Способ по п.9, отличающийся тем, что спекание в вакууме или защитной среде
30 проводят при температуре от 950°C до 1250°C.

12. Способ по любому из пп.1-8, 11, отличающийся тем, что в качестве защитной среды используют CO и/или CO₂.

13. Способ по п.10, отличающийся тем, что в качестве защитной среды используют
35 CO и/или CO₂.

14. Способ по п.10, отличающийся тем, что спекание проводят в вакууме не хуже 10⁻² мм рт.ст.

15. Способ по любому из пп.1-8, 11, 13, 14, отличающийся тем, что элементы выполняют в виде брусков с размерами и формой, обеспечивающими при их
40 соединении в кольцо формирование полного торцевого уплотнения турбомашин.

16. Способ по п.9, отличающийся тем, что элементы выполняют в виде брусков с размерами и формой, обеспечивающими при их соединении в кольцо формирование полного торцевого уплотнения турбомашин.

17. Способ по п.10, отличающийся тем, что элементы выполняют в виде брусков с
45 размерами и формой, обеспечивающими при их соединении в кольцо формирование полного торцевого уплотнения турбомашин.

18. Способ по п.10, отличающийся тем, что выполняют элементы в виде брусков с размерами и формой, обеспечивающими при их соединении в кольцо формирование
50 полного торцевого уплотнения турбомашин, причем размеры элемента выбирают из диапазона: 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.

19. Способ по п.15, отличающийся тем, что 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.

5 20. Способ по любому из пп.1-8, 11, 13, 14, 16-19, отличающийся тем, что выполняют сплошной каркас из оболочек стержней с объемной долей ко всему объему элемента от 10% до 50%.

21. Способ по любому из пп.1-8, 11, 13, 14, 16-19, отличающийся тем, что формируют элемент, имеющий в поперечном сечении основание, выполненное в виде трапеции, а верхнюю часть - в виде прямоугольника.

22. Способ по п.15, отличающийся тем, что формируют элемент, имеющий в поперечном сечении основание, выполненное в виде трапеции, а верхнюю часть - в виде прямоугольника.

15 23. Способ по любому из пп.1-8, 11, 13, 14, 16-19, отличающийся тем, что формирование стержней спеканием проводят в многоместной пресс-форме, а оплавление поверхности стержней проводят газопламенным или плазменным методом.

24. Способ по п.10, отличающийся тем, что формирование стержней спеканием проводят в многоместной пресс-форме, а оплавление поверхности стержней проводят газопламенным или плазменным методом.

25 25. Способ по п.15, отличающийся тем, что формирование стержней спеканием проводят в многоместной пресс-форме, а оплавление поверхности стержней проводят газопламенным или плазменным методом.

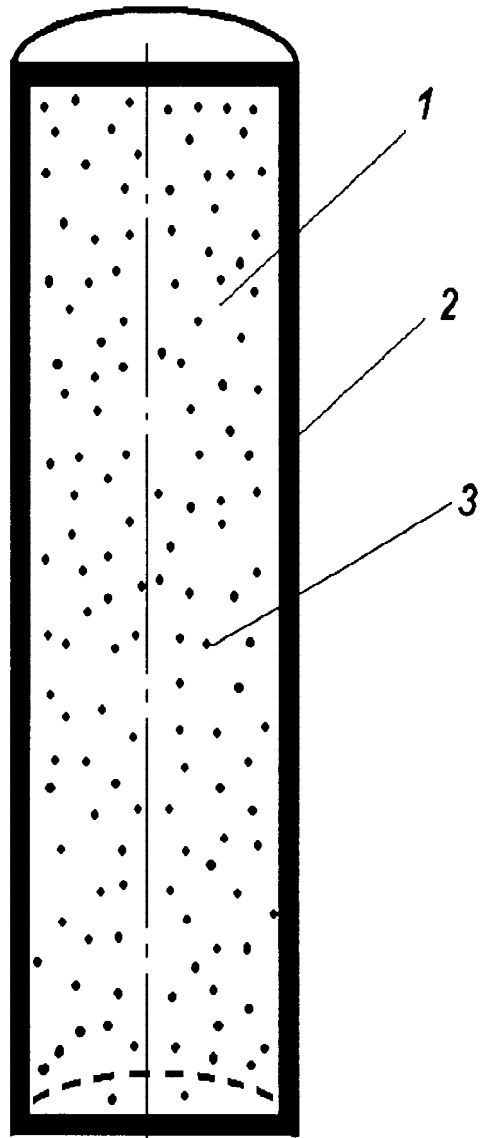
30

35

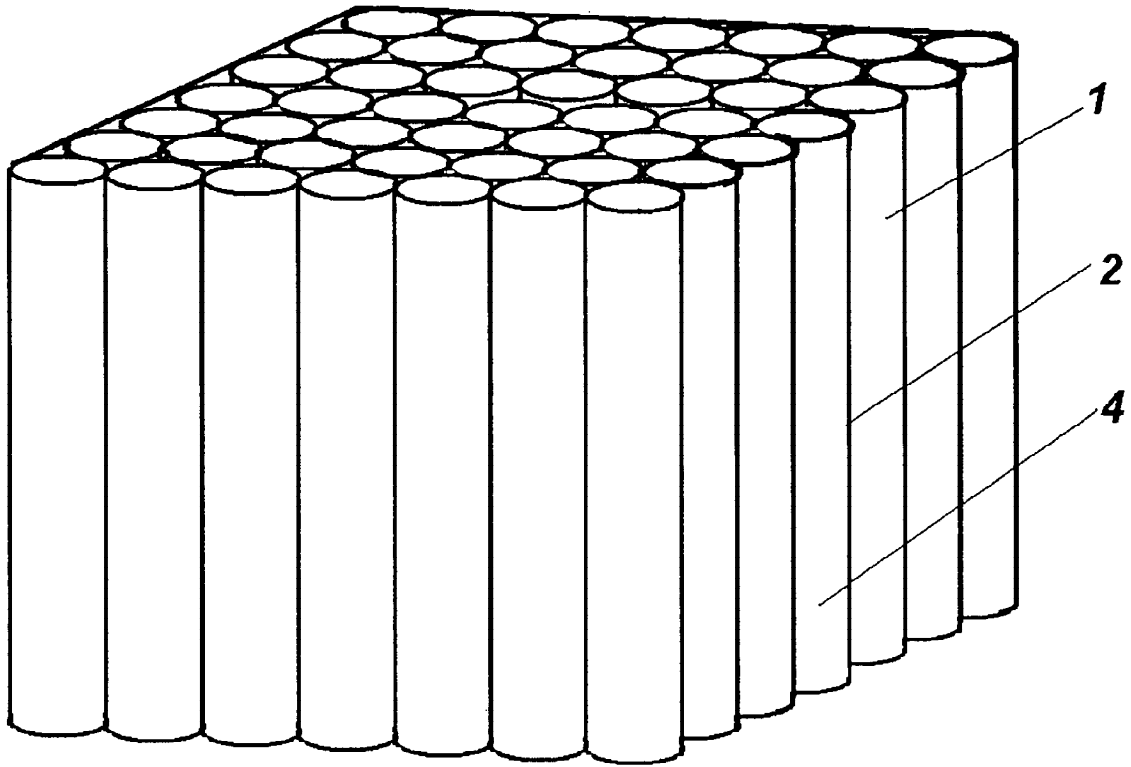
40

45

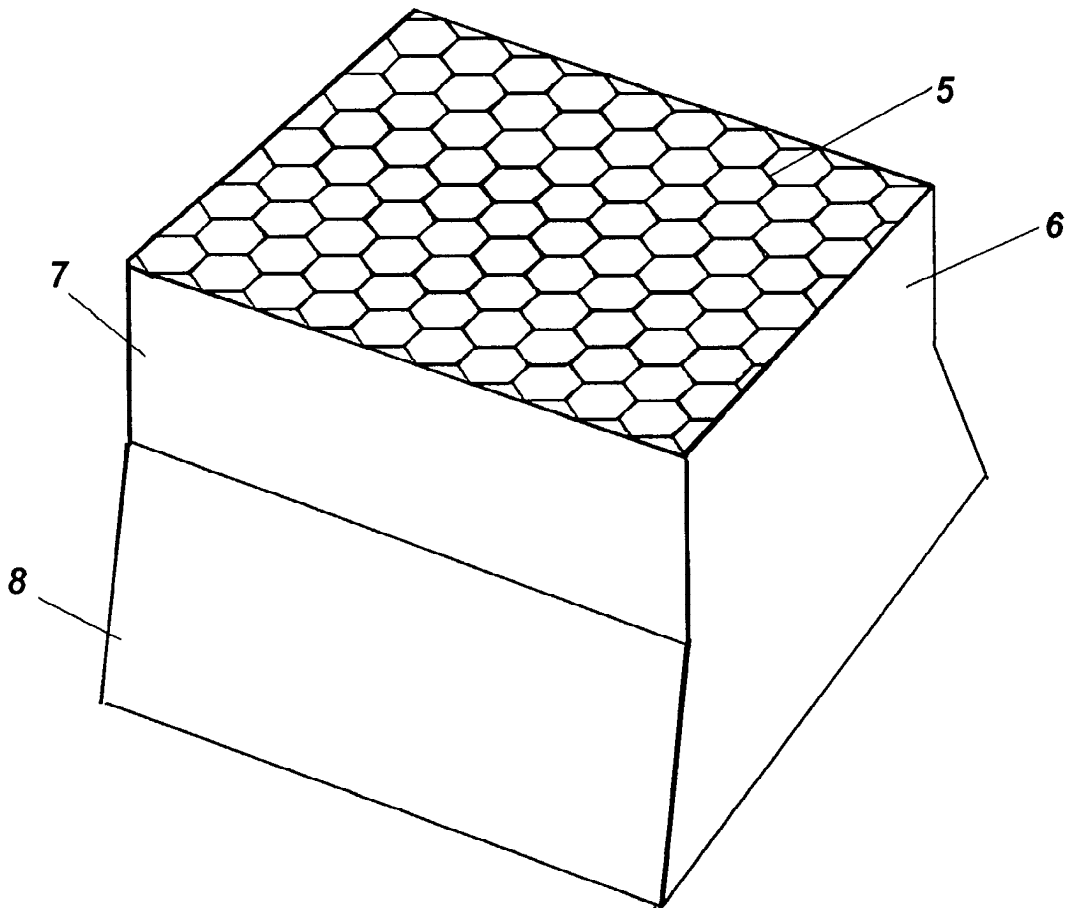
50



Фиг. 1



Фиг.2



Фиг.3