



(19) **UA** (11) **45 988** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **F 16J 15/34 A**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
УКРАИНЫ

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ УКРАИНЫ

(21), (22) Заявка: 97062837, 16.11.1994
(24) Дата начала действия патента: 15.05.2002
(46) Дата публикации: 15.05.2002
(86) Заявка РСТ:
РСТ/IB94/00379, 19941116

(72) Изобретатель:
Бондаренко Герман Андреевич, UA,
Федоренко Николай Дмитриевич, UA,
Павлюк Сергей Анатолиевич, UA,
Дейнека Александр Владимирович, UA,
Колесник Сергей Алексеевич, UA

(73) Патентовладелец:
ДРЕССЕР-РЭНД КОМПАНИ, US

(54) УПЛОТНЕНИЕ ВАЛА

(57) Реферат:

Изобретение относится к бесконтактному уплотнению вала, образованному между вращающимся уплотнительным кольцом (3) и невращающимся кольцевым уплотнительным элементом (1). Уплотнительный элемент (1) подпружинен в направлении уплотнительного кольца (3). Газ нагнетается в спиральные канавки (6), выполненные в уплотняющей поверхности (5) либо уплотнительного кольца (3), либо уплотнительного элемента (1) и проходящие от ее кромки, в процессе вращения уплотнительного кольца (3), и между уплотнительным элементом (1) и уплотнительным кольцом (3) образуется зазор (S). Каждая канавка разделена на два канала

посредством клиновидной перегородки (7), проходящей от торцевой стенки канавки (6). Во время изменения скорости вращающегося уплотнительного кольца (3) зазор (S) поддерживается за счет высокого давления у закрытого конца каналов. Перегородка (7) сконструирована для создания слабого сопротивления течению газа в каналах.

Официальный бюлетьень "Промышленная собственность". Книга 1 "Изобретения, полезные модели, топографии интегральных микросхем", 2002, N 5, 15.05.2002. Государственный департамент интеллектуальной собственности Министерства образования и науки Украины.



(19) **UA** (11) **45 988** (13) **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **F 16J 15/34 A**

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF
UKRAINE

STATE DEPARTMENT OF INTELLECTUAL
PROPERTY

(12) **DESCRIPTION OF PATENT OF UKRAINE FOR INVENTION**

(21), (22) Application: 97062837, 16.11.1994

(24) Effective date for property rights: 15.05.2002

(46) Publication date: 15.05.2002

(86) PCT application:
PCT/IB94/00379, 19941116

(72) Inventor:

Bondarenko German Andriiovych, UA,
Fedorenko Mykola Dmytrovych, UA,
Pavliuk Sergy Anatoliiovych, UA,
Deineka Olexandr Volodymyrovych, UA,
Kolesnyk Sergy Olexiiovych, UA

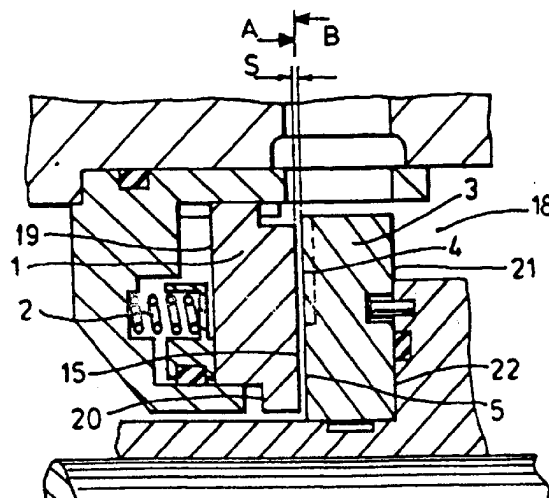
(73) Proprietor:

DRESSER RAND COMPANY, US

(54) **SHAFT SEALING**

(57) Abstract:

The invention relates to a non-contacting shaft seal formed between a rotating sealing ring (3) and a non-rotating circular sealing element (1). The sealing element (1) is spring-loaded towards the sealing ring (3). Gas is pumped into spiral grooves (6) formed in the sealing face (5) of either the sealing ring (3) or the sealing element (1) and extending from an edge thereof during rotation of the sealing ring (3) and a gap (S) is created between the sealing element (1) and the sealing ring (3) against the force of the spring. Each groove is divided into two channels by a wedge-shaped partition (7) extending from the end wall of the groove (6). During speed changes of the rotating scaling ring (3), the gap (S) is maintained by high pressure at the closed end of the channels. The partition (7) is designed to offer linie resistance to gas flow in the channel.



Official bulletin "Industrial property". Book
1 "Inventions, utility models, topographies of
integrated circuits", 2002, N 5, 15.05.2002.
State Department of Intellectual Property of the
Ministry of Education and Science of Ukraine.



(19) **UA** (11) **45 988** (13) **C2**
(51)МПК ⁷ **F 16J 15/34 A**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

(12) ОПИС ВІНАХОДУ ДО ПАТЕНТУ УКРАЇНИ

(21), (22) Дані стосовно заявки:
97062837, 16.11.1994

(24) Дата набуття чинності: 15.05.2002

(46) Публікація відомостей про видачу патенту
(деклараційного патенту): 15.05.2002

(86) Номер та дата подання міжнародної заявки
відповідно до договору РСТ:
РСТ/ІВ94/00379, 19941116

(72) Винахідник(и):

Бондаренко Герман Андрійович, UA,
Федоренко Микола Дмитрович, UA,
Павлюк Сергій Анатолійович, UA,
Дейнека Олександр Володимирович, UA,
Колесник Сергій Олексійович, UA

(73) Власник(и):

ДРЕССЕР-РЕНД КОМПАНІ, US

(54) УЩІЛЬНЕННЯ ВАЛА

(57) Реферат:

Винахід стосується безконтактного ущільнення валу, утвореного між ущільнювальним кільцем (3), що обертається, і кільцевим ущільнювальним елементом (1), що не обертається. Ущільнювальний елемент (1) підпружинений у напрямі ущільнювального кільця (3). Газ нагнітається у спіральні канавки (6), виконані в ущільнювальній поверхні (5) ущільнювального кільця (3), або ущільнювального елемента (1), які проходять від її краю, у процесі обертання

ущільнювального кільця (3), і між ущільнювальним елементом (1) і ущільнювальним кільцем (3) утворюється зазор (S). Кожна канавка розділена на два канали за допомогою клиноподібної перегородки (7), що проходить від торцевої стінки канавки(6). Під час зміни швидкості обертання ущільнювального кільця (3) зазор (S) підтримується за рахунок високого тиску на закритих кінцях каналів. Перегородка (7) призначена для створення слабкого опору протіканню газу в каналах.

Опис винаходу

Изобретение относится к бесконтактному уплотнению вала для вращающихся валов, которые могут быть использованы в турбомашинах.

Бесконтактные уплотнения вала имеют преимущества перед уплотнениями, в которых уплотняющие поверхности контактируют друг с другом, благодаря снижению износа и более низкой генерации тепла. В статье, озаглавленной "Fundamentals of Spiral Groove Non-contacting Face Seals" Гэбриэла и П. Ральфа в журнале Journal of American Society of Lubrication Engineers" Volume 35, 7, pages 367 - 375, статье "Improved Performance of Film-Riding Gas Seals Through Enhancement of Hydrodynamic Effects" Джозефа Седи в журнале Transactions of the American Society of Lubrication Engineers" Volume 23, 1, pages 35 - 44, описана технология бесконтактного уплотнения и конструктивные критерии, введенные в настоящее описание для справки.

В патенте США 4,212,475 описано уплотнение вала турбомшины, содержащее спирально заложенный уплотняющий элемент и вращающееся уплотнительное кольцо, одна торцевая грань которого имеет уплотняющую наружную поверхность и множество спиральных канавок. Канавки образованы двумя поперечными горизонтальными дугами, соединенными одной третью круга, которая является границей между канавками, и уплотняющая поверхность образована четырьмя выступами: два выступа на границе с уплотняющей поверхностью и два выступа на входных торцевых поверхностях вращающегося кольца или кольцевого элемента, которые могут быть выполнены на наружной или внутренней кромке одного из упомянутых колец. В этом случае ширина уплотняющей зоны (перемычки) и ширина всей торцевой поверхности кольца определяются согласно формуле:

$$\frac{GD-ID}{OD-ID} = 0,5 - 0,8,$$

если канавка выполнена от наружной кромки вращающегося кольца или кольцевого элемента, и

$$\frac{OD-GD}{OD-ID} = 0,5 - 0,8,$$

если канавка выполнена от внутренней кромки одного из колец, где OD - наружный диаметр, ID - внутренний диаметр, GD - диаметр круга, определяемый границей канавок и уплотняющей поверхности.

Образование канавок обусловлено необходимостью предотвращения износа торцевых поверхностей элемента и кольца, который происходит из-за трения их друг о друга. При вращении кольца газ, передаваемый из камеры, улавливается или захватывается в канавках и вынужден двигаться в направлении к центру. В процессе вращения газ в канавках сжимается, его давление возрастает, и создается сила, действующая на элемент и способствующая образованию зазора между торцевыми поверхностями кольцевого элемента и кольца. Эти сила и зазор являются примерно постоянными в условиях, когда режим работы компрессора является постоянным и гарантированы номинальные скорость вращения вала и давление в зазоре. В переходных условиях, когда, например, скорость вращения снижается и давление газа внутри камеры остается высоким, равновесие сил, действующих на кольцо и элемент снаружи и внутри зазора, нарушается. В это время заявитель мог наблюдать деформацию, трение торцевых поверхностей кольца и элемента друг о друга, их изнашивание и повреждение. Изменение режима работы приводит к возрастанию вибрации ротора, угловым осцилляциям вращающегося уплотнительного кольца, которые ведут к износу уплотняющих торцевых поверхностей и повреждению уплотнения. Поэтому недостатком упомянутого уплотнения вала является низкая надежность при работе в неустановившихся переходных условиях вследствие нестабильности зазора между уплотняющими торцевыми поверхностями кольца и элемента (неустойчивости и нестабильности слоя рабочей среды в зазоре).

В российском авторском свидетельстве 1,535,122 описано уплотнение вала из подпружиненного кольцевого уплотнительного элемента и вращающегося уплотнительного кольца, при этом одна торцевая поверхность уплотнительного кольца является уплотняющей поверхностью с множеством спиральных канавок, выполненных в ней с разделительными перегородками. Разделительные перегородки в каждой спиральной канавке имеют, по существу, форму прямоугольного утолщения или вздутия. Утолщение или вздутие разделяет каждую канавку на две полости, оканчивающиеся тупыми выступами. Разделительные перегородки выполнены заодно с уплотняющей поверхностью и заподлицо с торцевой поверхностью кольца. Эти перегородки предназначены для усовершенствования или улучшения течения газа в канавках по сравнению с канавками с кольцевыми выступами, и, следовательно для стабилизации радиального слоя рабочей среды внутри торцевого зазора.

Однако уплотнения вала с перегородками такого типа предусматривают нестабильность газового слоя при переходных неустановившихся условиях, например, в процессе запуска, выключений и остановок или изменения скорости двигателя. Это ведет к нарушению стабильности радиального слоя рабочей среды у торца зазора при неустановившихся переходных условиях; (например, при запуске или выключении), и это приводит к деформации и вибрации кольца и элемента и, следовательно, к локальному истиранию торцевых поверхностей элемента и повреждению уплотнения.

В патенте EP-A-0 595 437 описано бесконтактное газовое уплотнение с треугольной геометрией канавок. Вид канавок обеспечивает двунаправленную работу уплотнения.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение стабильного радиального слоя рабочей среды у

торцевого зазора при различных режимах работы, включая неуставившиеся переходные условия, для обеспечения стабильной работы турбомашини посредством улучшения формы канавок. Рабочей средой обычно является газ.

Поставленная задача решается тем, что создано уплотнение вала, описанное в п. 1. Предпочтительно, перегородки спрофилированы таким образом, чтобы образовывать только направленные под острым углом поверхности для течения газа, вследствие этого вызывая только слабый разрыв газового потока.

Настоящее изобретение предусматривает перегородки, которые обеспечивают ровное течение газа вокруг перегородки и/или в каналах. Поэтому обеспечивается заметное улучшение стабильности газового слоя, особенно при неуставившихся переходных условиях, в сравнении с прямоугольными перегородками, известными из уровня техники. Авторы настоящего изобретения теоретически предположили, что известные перегородки действуют в качестве препятствий течению газа в канавках вследствие тупой поверхности, создаваемой перегородкой. Следовательно, перегородки вызывают турбулентность в газовом потоке и действуют как препятствие газовому потоку и посредством этого снижают стабильность газового слоя, особенно, при неуставившихся переходных условиях.

Перегородки могут иметь любую пригодную форму, но предпочтительнее, разделительные перегородки выполнены в форме клина, например, образованного посредством пересечения дуг, соединяющих пары противоположащих выступов.

Согласно предпочтительным вариантам изобретения уплотнение должно иметь следующие характеристики. Наружный диаметр уплотнительного кольца обозначен как DH , внутренний диаметр обозначен DO . В случае, когда перегородки проходят от наружной кромки уплотнительного кольца, диаметр окружности DK , на которой расположены выступы клиновой перегородки, и диаметр окружности DB , которая является границей между канавками и уплотняющей поверхностью, определяются согласно формуле:

$$\frac{DK - DB}{DH - DB} = 0,2 - 0,8,$$

Ширина уплотняющей поверхности и вся торцевая лицевая поверхность уплотнительного кольца определяется по следующей формуле:

$$\frac{DB - DO}{DH - DO} = 0,3 - 0,8,$$

когда канавки проходят от наружной кромки уплотнительного кольца, и

$$\frac{DH - DK}{DB - DO} = 0,2 - 0,8,$$

и ширина уплотняющей поверхности и всей торцевой поверхности уплотнительного кольца:

$$\frac{DH - DB}{DH - DO} = 0,3 - 0,5,$$

в случае, когда канавки выполнены от внутренней кромки кольцевого элемента, где

DH - диаметр наружной кромки уплотнительного кольца;

DK - диаметр круга, на которой расположены выступы клиновых перегородок в канавках;

DB - диаметр окружности, которая является границей между канавками и уплотняющей поверхностью;

DO - внутренний диаметр уплотняющего кольца.

Кроме того, дуги, образующие боковые кромки канавок, могут быть выполнены с радиусом R . R равен половине наружного диаметра DH уплотнительного кольца в случае, когда канавки выполнены от наружного диаметра. R равен половине внутреннего диаметра DO в случае, когда канавки выполнены от внутренней кромки кольца. R измеряется от точки на окружности, диаметр которой связан с наружным диаметром DH следующей зависимостью:

$$\frac{D}{DH} = 0,25 - 0,4,$$

где D является диаметром окружности, на которой расположены центры радиусов боковых кромок канавок.

Кроме того, или альтернативно, наружный диаметр поверхности уплотнительного элемента, противоположной спиральным канавкам в уплотнительном кольце, может иметь радиальные направляющие прорезы. Направляющие прорезы образованы под острым углом к противоположащей торцевой поверхности с целью снижения потерь на входе давления газа, поступающего в спиральные канавки.

Радиальные направляющие прорезы на наружной торцевой поверхности без канавок и элемента, и уплотнения, выполненные под острым углом к плоскости торцевой поверхности, обеспечивают снижение потерь давления на входе, снижение температуры и снижение потерь энергии. Эти прорезы способствуют исключению завихрения потока на входе в торцевом зазоре и увеличению стабильности течения газа в уплотняющем зазоре S и, следовательно, поддержанию постоянного уплотняющего зазора S .

Длина уплотняющего зазора между кольцевым элементом и вращающимся кольцом поддерживается равенством газового и статического усилий, воздействующих на уплотняющий торец в зазоре, а также усилий, воздействующих на наружную поверхность уплотнительного кольцевого элемента и вращающегося кольца, воздействий пружины (или другого смещающего средства) и газового усилия и силы динамического равновесия,

полученных в результате воздействия спиральных канавок на рабочую среду. Конечно, зазор S может изменяться в зависимости от конкретной установки с последующим изменением ширины уплотняющей поверхности и/или длины канавок.

При неустановившихся переходных условиях, обусловленных изменением рабочего режима компрессора, например, при запуске или выключении, острые углы, образованные перегородкой на внутреннем диаметре канавки обеспечить зоны высокого давления, поддерживаемого в рабочем зазоре S. Регулировка плотности газовой пленки, т. е. зависимость от режима работы газа, может осуществляться путем изменения угла перегородки в канавке. В результате этого может быть создано базовое давление, которое создает усилие, поддерживающее постоянным размер уплотняющего зазора при смещении элемента. Это регулирует ослабление вибрации и деформацию путем поддержания равновесия сил в процессе изменения режима работы. Это приводит к тому, что торцевые поверхности остаются, по существу, параллельными, снижая таким образом их износ.

Клиновидная разделительная перегородка, образующая острый угол, направленный внутрь канавки для встречи поступающего газа, обеспечивает улучшение аэродинамики движения рабочей среды к одному или другому углу канавки.

Взаимозависимость диаметров

$$\frac{DK - DB}{DH - DB} = 0,2 - 0,8,$$

$$\frac{DB - BK}{DB - DO} = 0,2 - 0,8,$$

обеспечивает в описываемой установке оптимальное течение газа в канавке.

Зависимость

$$\frac{DB - DO}{DH - DO} = 0,3 - 0,5,$$

$$\frac{DH - DB}{DH - DO} = 0,3 - 0,5,$$

обеспечивает точную калибровку и измерение спиральных канавок для получения усилия, необходимого для создания оптимального зазора S между торцевыми лицевыми уплотняющими поверхностями вращающегося элемента и уплотнительный элемент, где:

DH - наружный диаметр уплотнительного элемента;

DK - диаметр окружности, на которой расположены клиновидные выступы (перегородки) канавок;

DB - диаметр окружности, которая является границей между канавками и уплотняющей поверхностью;

DO - внутренний диаметр кольца.

Для дополнительного улучшения аэродинамики в канавках дуги, образующие боковые кромки канавок, имеют радиус R. R равен либо половине наружного диаметра кольца в случае, когда канавки выполнены от наружной кромки кольца DH, или половине внутреннего диаметра DO, когда канавки выполнены от внутренней кромки кольца. Центры дуг расположены на окружности, диаметр которой связан с наружным диаметром кольца следующей зависимостью

$$\frac{D}{DH} = 0,25 - 0,4,$$

где D - диаметр, на котором расположен центр радиуса боковых кромок канавок.

В вышеописанных вариантах зависимости могут быть определены экспериментальным путем. В описанных вариантах ограниченные диапазоны дают наибольшее улучшение стабильности уплотнения.

Таким образом, с помощью описанных выше средств уплотнение вала обеспечивает стабильный слой рабочей среды с внутренней стороны торца при различных режимах работы турбомшины, включая неустановившиеся условия.

Спиральные канавки, предпочтительнее, могут быть выполнены в не вращающемся уплотнительном элементе, а не во вращающемся уплотнительном кольце. Это может потребовать изменения размеров канавок для обеспечения зазора S вследствие уменьшенного потока среды в канавках.

Небольшие объемы, связанные с оконечностью каждого канала, в которые текущая среда нагнетается при неустановившихся переходных условиях, обеспечивают зоны высокого давления, которое поддерживает расстояние между вращающимся уплотнительным кольцом и не вращающимся уплотнительным элементом.

Форма канавки и стенок перегородки сконструирована таким образом, чтобы заставить течь текучую среду для поддержания необходимого давления.

Далее будет описан предпочтительный вариант настоящего изобретения со ссылкой на приложенные чертежи, где:

фиг.1 изображает вид уплотнения в продольном сечении;

фиг.2 - сечение по А-А на фиг.1 с канавками, выполненными на наружном диаметре кольца;

фиг.3 - сечение по А-А на фиг.1 с канавками, выполненными на внутреннем диаметре кольца;

фиг.4 - сечение по В-В на фиг.1;

фиг.5 - сечение по С-С на фиг.4;
 фиг.6 - схематическую карту распределения сил давления, работающих на уплотнения;
 фиг.7 - в увеличенном виде части уплотнительного кольца по фиг.2;
 фиг.8 - разрез по А-А на фиг.7 (не в масштабе), и
 фиг.9 - разрез по В-В на фиг.7 (не в масштабе).

Изобретение предусматривает уплотнение вала, содержащее кольцевой уплотнительный элемент 1 с прижимной пружиной 2 и вращающееся кольцо 3. Торцевая поверхность 4 кольца 3 имеет уплотняющую поверхность 5 и множество спиральных канавок 6, проходящих от ее внутренней или наружной периферии под углом винтовой линии. Таким образом канавки 6 имеют разделительную перегородку, выполненную заодно с уплотняющей лицевой поверхностью и заподлицо с торцевой поверхностью 4. Перегородка 7 выполнена в форме клина 7, образованного посредством пересечения вспомогательных дуг 8 и 9, соединяющих пары противоположных выступов 10 и 11, 12 и 13, расположенных на входном конце канавок и диаметра круга, который является границей канавок и уплотняющей поверхности 5, образующей два острых угла в выступах 10 и 13 на границе между канавками 6 и уплотняющей поверхностью 5, а также острый угол 14, направленный внутрь канавок 6.

Канавки могут отходить как от боковой поверхности наружного диаметра DH кольца 3, так и от боковой стороны ее внутреннего диаметра DO . Мелкие канавки 6 (смотри фиг.2) выполнены в поверхности уплотнительного кольца 6 обращенной к уплотнительному элементу 1. Дно канавок по ширине поперечного сечения является плоским (смотри фигуры 7, 8 и 9 изображающие сечения А-А и В-В) и проходят по углу винтовой линии радиально внутрь от одного конца, открытого к наружной периферии кольца до направленных внутрь заостренных концов у выступов 10 и 13 (снова смотри фиг.2). Выступы 10, 13 расположены с интервалом по радиусу наружу от внутренней периферии кольца, оставляют радиальную секцию поверхности 5 кольца (зона перемычки), в которой нет канавок. Направление спирали канавок в этом случае противоположно направлению вращения вала.

Наружный диаметр DH вращающегося кольца 3, диаметр DK окружности, на которой размещены выступы клинов (перегородок) 7, диаметр DB окружности, которая является границей между канавками 6 и уплотняющей поверхностью 5, внутренний диаметр DO уплотнительного кольца 3 связаны в соответствии с формулой:

$$\frac{DK - DB}{DH - DB} = 0,2 - 0,8,$$

если канавки 6 выполнены от наружной кромки уплотнительного кольца, или

$$\frac{DB - DK}{DB - DO} = 0,2 - 0,8,$$

если канавки 6 выполнены от внутренней кромки уплотнительного кольца.

Ширина уплотняющей поверхности 5 и ширина внутренней торцевой поверхности кольца 3 со спиральными канавками 6 связаны следующей формулой:

$$\frac{DB - DO}{DH - DO} = 0,3 - 0,5,$$

если канавки 6 выполнены от торца наружной кромки наружного диаметра кольца, и

$$\frac{DH - DB}{DH - DO} = 0,3 - 0,5,$$

если канавки 6 проходят от внутренней кромки кольца 3, где

DH - наружный диаметр кольца 3 или элемента 1, имеющего канавки 6;

DK - диаметр окружности, на которой расположены выступы клинов (перегородок) 7 и канавки;

DB - диаметр окружности, которая является границей канавок 6 и уплотняющей поверхности 5;

DO - внутренний диаметр кольца 3 или элемента 1.

Если канавки 6 выполнены от наружной кромки уплотняющей поверхности, поперечные дуги, соединяющие выступы 10, 12 и 13, 11 канавок 6, образованные от торца наружного диаметра кольца 3, могут быть выполнены с радиусом R , который равен половине величины наружного диаметра DH кольца 3.

Если канавки 6 проходят от внутренней кромки уплотняющей поверхности, поперечные дуги могут быть выполнены с радиусом R , который равен половине величины внутреннего диаметра кольца 3.

В обоих случаях центр окружности с радиусом R дуг, расположен на диаметре, который определяется в соответствии с формулой:

$$\frac{D}{DH} = 0,25 - 0,4,$$

где D - диаметр окружности, на которой установлен центр дуг с радиусом R боковых кромок канавок.

В дополнение или альтернативно наружный диаметр торцевой поверхности 15, т. е. на торцевой поверхности кольцевого уплотнительного элемента 1, не имеющей спиральных канавок 6, имеет радиальные направляющие прорезы 16, выполненные под острым углом к торцевой поверхности 15. Кольцевой уплотнительный элемент 1 и вращающееся кольцо 3 размещены в камере 18 вала 17 и имеют наружные поверхности 19, 20, 21 и 22.

Рабочий (уплотняющий) зазор S образован между торцевыми поверхностями кольца 3 и уплотнительного элемента 1.

Изобретение предусматривает уплотнение вала, работающее следующим образом. При работе турбомашин рабочей среде, например переносимый газ, перемещается к камере 18 над вращающимся кольцом 3 и уплотнительным элементом 1. При вращении вала 17 переносимый газ движется через направляющие прорези 16 и спиральные канавки 6, в которых, двигаясь в направлении к центру и наталкиваясь на уплотняющую поверхность 5, газ сжимается, и его давление возрастает. В процессе работы газ, нагнетаемый до более высокого давления, течет по радиусу внутрь вдоль канавок, достигая максимального давления у кончиков выступов 10, 13 канавок. Более высокое давление воздействует на пружину 2, открывающую небольшую щель или зазор S (см. фиг.1) между уплотнительным элементом 1 и кольцом 3. Просачивание газа через зазор происходит с низкой проектной скоростью (смотри упомянутые выше статьи). Когда вал 17 не вращается, пружина 2 побуждает подвижный элемент 1 уплотнения закрывать зазоры. В настоящей конструкции уплотнение не является двунаправленным, и разделяющее уплотнение давление не создается в обоих направлениях вращения вала. Однако эта же самая технология может быть использована для двунаправленных уплотнений.

Соответственно, форма канавок может быть приспособлена к определению размера зазора S, который обычно равен нескольким микронам. Величина уплотняющего торцевого зазора поддерживается посредством уравнивания газового и статического усилий, воздействующих на уплотняющие торцевые поверхности 4 и 15 и наружные поверхности 19, 20, 21 и 22 элемента 1 и кольцо 3, а также усилия спирали и усилий газа и динамического равновесия, полученных в результате воздействия спиральных канавок на рабочую среду.

В конструкции уплотнения давления, развиваемое в зазоре S, уравнивается давлением, существующих у обратной стороны закрепленного элемента уплотнения 1 (показано в виде кривой давления слева от закрепленного уплотнительного элемента). Радиальное размещение 0-кольца RA (обычно называемого вспомогательным уплотнением) определяет область обратной стороны, которая подвержена воздействию системы давления. Диаметр, на котором помещено вспомогательное уплотнение, является "равновесным диаметром" уплотнения.

При изменении режима работы, например, при запуске или выключении, в рабочем зазоре в углах канавок у выступов 10 и 13 будет создаваться заданное давление, регулирующее плотность газовой пленки в зазоре. При высокой скорости вращения (при постоянном перепаде давления на уплотнении и в рабочем зазоре S) газ, который должен сжиматься, движется вдоль стенки, соединяющей выступы 12 и 10, и будет сжиматься внутри угла у выступа 10.

При работе в переходных неустановившихся режимах в процессе запуска или выключения компрессора при максимальном давлении газ, по существу, перемещается вдоль стенки, соединяющей выступы 13 и 11, благодаря низкой окружной скорости вращающегося кольца 3 и сжимается в угле выступа 13.

Таким образом, при изменении режимов работы узел уплотнения будет иметь более широкий диапазон устойчивой работы без трения рабочих поверхностей при низких оборотах вращения вала по сравнению с другими формами канавок.

При аксиальном взаимном отклонении уплотнительного элемента 1 и вращающегося уплотнительного кольца 3, например, при осевой вибрации, величина уплотняющего зазора S будет изменяться. Увеличение уплотняющего зазора приводит к увеличению радиальной компоненты газа в зазоре. При этом газ будет сжиматься в угле 13.

Уменьшение уплотняющего зазора S приводит к увеличению окружной компоненты скорости газового потока в зазоре. Газ будет сжиматься в угле у выступа 10.

Таким образом, изобретение предусматривает форму спиральных канавок 6, которая значительно снижает осевую вибрацию и вызывает ее затухание. При этом рабочие поверхности уплотняющего зазора не контактируют.

Уплотнение вала имеет способность самоориентации, когда происходят угловые отклонения уплотнительного элемента 1 относительно вращающегося кольца 3. При возникновении угловой деформации или перекашивания (т. е. происходит увеличение уплотняющего радиального зазора S на одной стороне и уменьшение его на другой стороне). Как описано выше, настоящее уплотнение обеспечивает уравнивание сил в уплотняющем зазоре S и посредством этого уменьшает угловое перекашивание, т. е. обеспечивает угловую стабилизацию узла уплотнения.

Как видно из чертежей, в любом из вариантов, различные круги и окружности являются концентрическими, и центры лежат на оси вращения вращающегося кольца 3.

Формула винаходу

1. Уплотнение вала, содержащее уплотнительный элемент, обращенный к торцевой поверхности вращающегося уплотнительного кольца, причем на обращенных друг к другу уплотняющей поверхности вращающегося уплотнительного кольца или уплотняющей поверхности уплотнительного элемента выполнено множество распределенных по окружности спирально направленных канавок, проходящих от кромки уплотняющей поверхности к границе, проходящей по окружности, соосной уплотнительному кольцу и отделяющей часть уплотняющей поверхности, не имеющую спирально направленную канавку, причем в каждой такой канавке выполнена разделительная перегородка, проходящая от границы и формирующая в канавке два

канала, отличающееся тем, что разделительная перегородка образована двумя разделительными стенками, пересекающимися одна с другой с образованием острого угла между ними и обеспечением минимального разрыва потока текучей среды в спирально направленной канавке, при этом стенки разделительной перегородки проходят, одна - от точки пересечения боковой стенки спирально направленной канавки и границы, а другая - от точки пересечения второй боковой стенки спирально направленной канавки и границы, до их пересечения в общей точке.

2. Уплотнение вала по п. 1, отличающееся тем, что стенки разделительной перегородки и/или боковые стенки канавки выполнены изогнутыми.

3. Уплотнение вала по любому из пп. 1-2, отличающееся тем, что наружная кромка уплотнительного вращающегося кольца выполнена в виде круга с диаметром DH , внутренняя кромка вращающегося уплотнительного кольца выполнена в виде круга с диаметром DO , в каждой спирально направленной канавке пересечение разделительных стенок разделительной перегородки расположено на окружности с диаметром DK , и в каждой спирально направленной канавке пересечение разделительных стенок разделительной перегородки и боковых стенок спирально направленной канавки расположено на окружности с диаметром DB , которые связаны либо формулой:

$$\frac{DK - DB}{DH - DB} = 0,2 - 0,8$$

в случае, когда спирально направленные канавки выполнены от наружной кромки уплотняющей поверхности уплотнительного элемента, либо формулой:

$$\frac{DB - DK}{DB - DO} = 0,2 - 0,8$$

в случае, когда спирально направленные канавки выполнены от кромки внутреннего диаметра вращающегося уплотнительного кольца или уплотнительного элемента.

4. Уплотнение вала по п. 3, отличающееся тем, что ширина уплотняющей поверхности и ширина всей торцевой поверхности вращающегося уплотнительного кольца или уплотнительного элемента определяются либо формулой:

$$\frac{DB - DO}{DH - DO} = 0,3 - 0,5$$

если спирально направленные канавки выполнены от наружной кромки уплотняющей поверхности уплотнительного элемента, либо формулой:

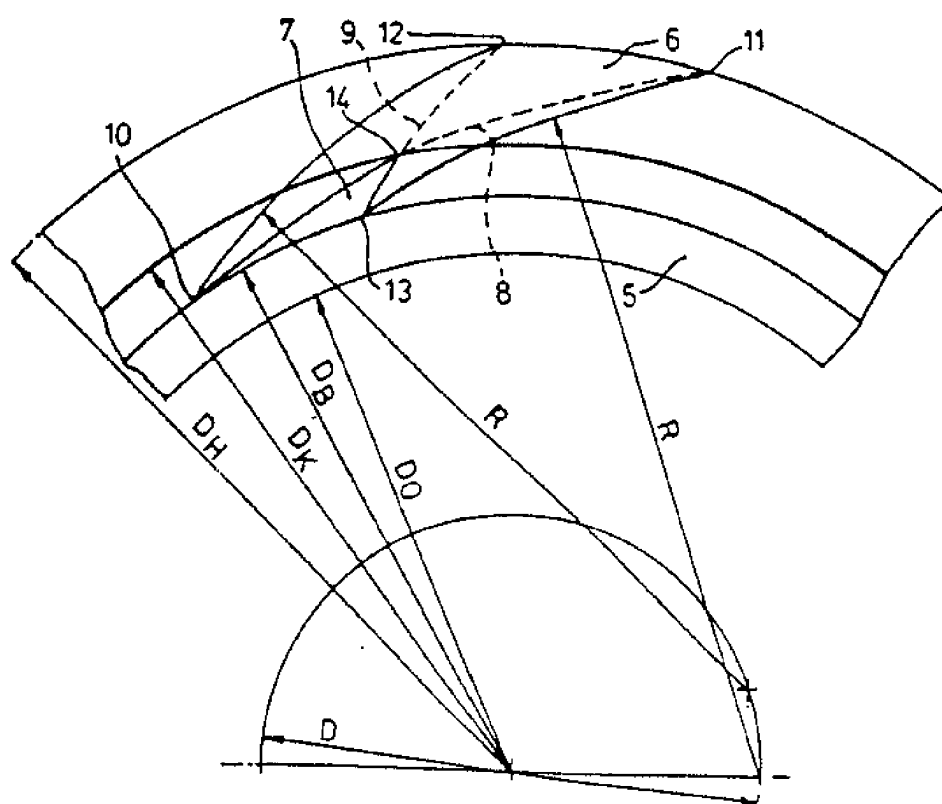
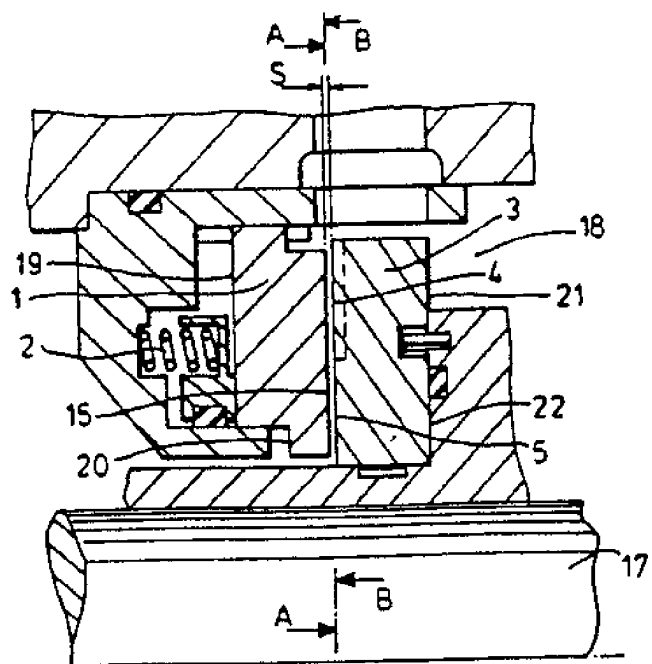
$$\frac{DH - DB}{DH - DO} = 0,3 - 0,5$$

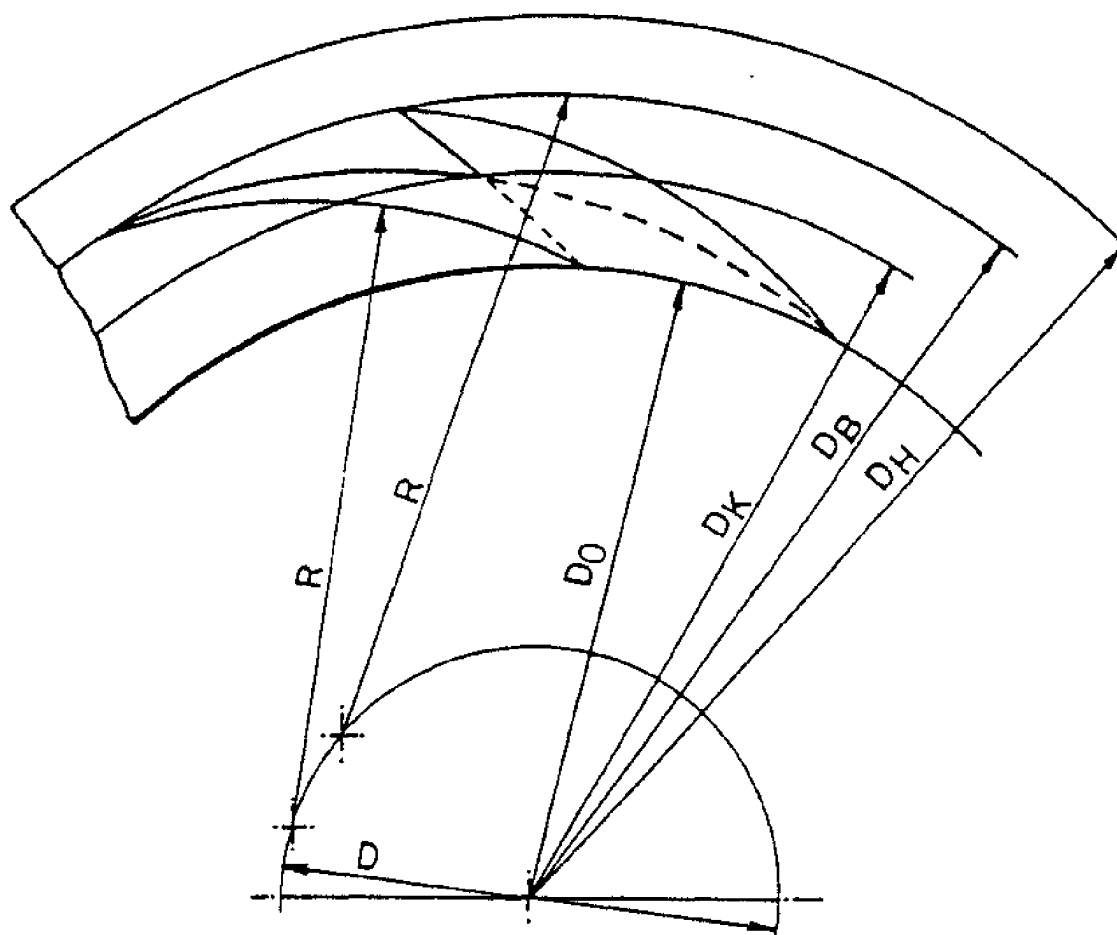
если спирально направленные канавки выполнены от внутренней кромки уплотняющей поверхности уплотнительного элемента.

5. Уплотнение вала по любому из пп. 1-4, отличающееся тем, что каждая боковая стенка каждой спирально направленной канавки проходит по дуге с радиусом R , где R равно либо (а) половине наружного диаметра DH уплотняющей поверхности уплотнительного элемента, когда канавка проходит от наружной кромки его уплотняющей поверхности, или (б) половине внутреннего диаметра уплотняющей поверхности уплотнительного элемента, когда канавка проходит от внутренней кромки его уплотняющей поверхности, при этом центры дуг лежат на окружности с диаметром D , связанным с наружным диаметром DH уплотняющей поверхности уплотнительного элемента формулой:

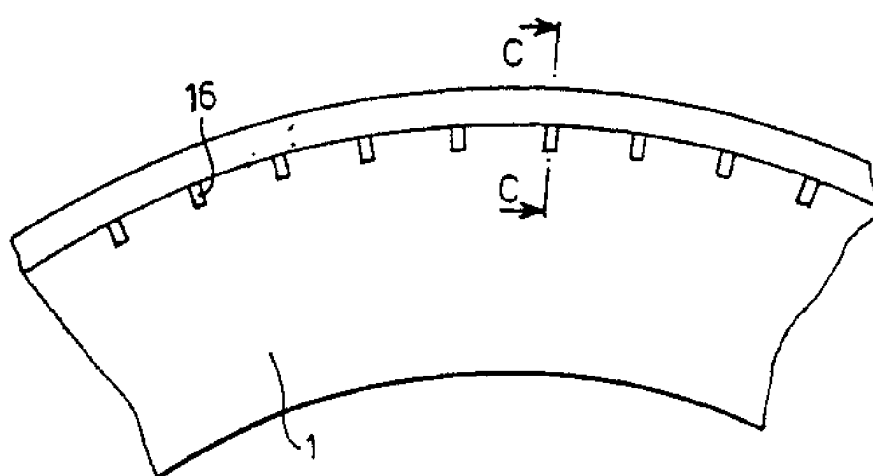
$$\frac{D}{DH} = 0,25 - 0,4$$

6. Уплотнение вала по любому из пп. 1-5, отличающееся тем, что уплотняющая поверхность либо уплотнительного элемента, либо вращающегося уплотнительного кольца, не имеющая спирально направленных канавок, содержит радиальные направляющие прорези, при этом нижняя стенка каждой радиальной направляющей прорези проходит от внутренней или наружной кромки уплотняющей поверхности под острым углом к ней.





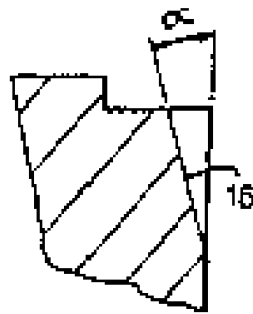
ФИГ. 3



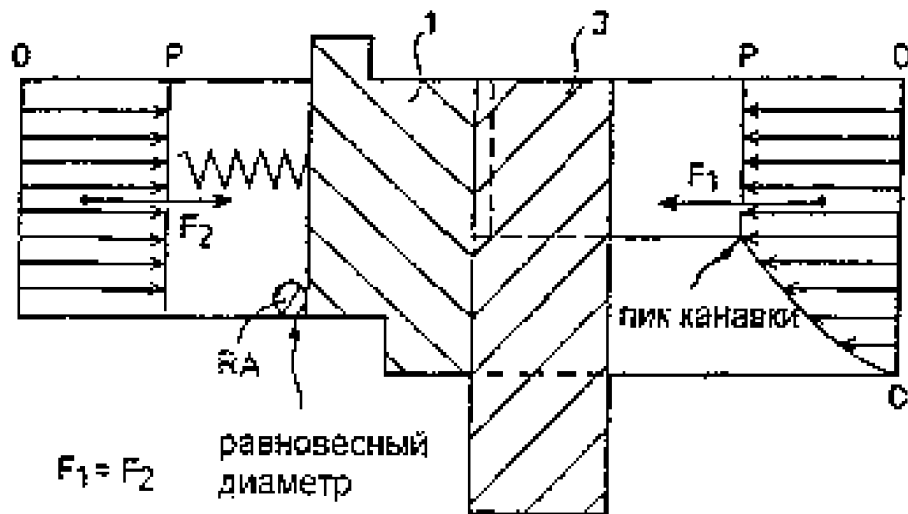
ФИГ. 4

U A 4 5 9 8 8 C 2

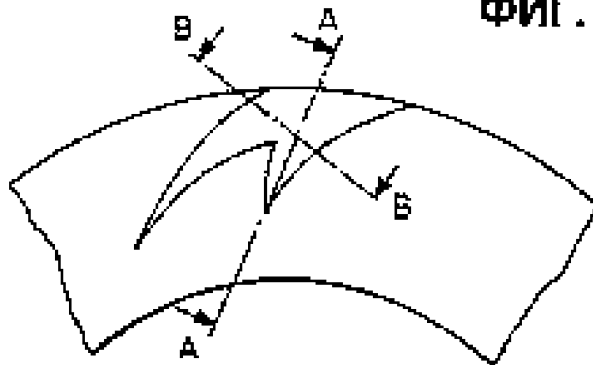
U A 4 5 9 8 8 C 2



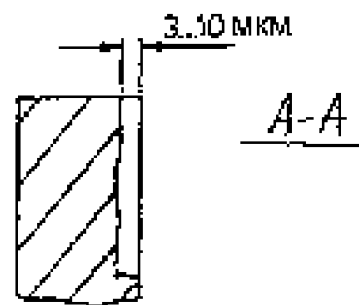
ФИГ. 5



ФИГ. 6



ФИГ. 7



ФИГ. 8

B-B



ФИГ. 9

Офіційний бюлетень "Промислова власність". Книга 1 "Винаходи, корисні моделі, топографії інтегральних мікросхем", 2002, N 5, 15.05.2002. Державний департамент інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України.