



УКРАЇНА

(19) UA (11) 96588 (13) C2

(51) МПК (2011.01)
F01D 25/24 (2006.01)
F01D 11/08 (2006.01)
F02C 7/28 (2006.01)
F02K 1/00
F16J 15/32 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) ДИНАМІЧНЕ ЩІТКОВЕ УЩІЛЬНЕННЯ, ТУРБІНА, ЯКА МІСТИТЬ ТАКЕ УЩІЛЬНЕННЯ, І ГАЗОТУР-
БІННИЙ ДВИГУН

1

(21) a200808590
(22) 27.06.2008
(24) 25.11.2011
(31) 07 56153
(32) 29.06.2007
(33) FR
(46) 25.11.2011, Бюл.№ 22, 2011 р.
(72) ПЛОНА ДАНІЕЛЬ ЖОРЖ, FR
(73) СНЕКМА, FR
(56) GB 2291939 A, 07.02.1996;
US 5794938 A, 18.08.1998;
EP 1559873 A2, 27.11.2004;
GB 2250790 A, 17.06.1992;
UA 50001 C2, 15.10.2002;
UA 46151 C2, 15.05.2002;
RU 2293237 C2, 10.02.2007;
RU 2303139 C2, 20.07.2007;
EP 0576316 A1, 29.12.1993;
DE 3907614 A1, 13.09.1990;
RU 2158864 C2, 10.11.2000;
EP 1517006 A1, 23.03.2005;
US 5400586 A, 28.05.1995;
DE 19527605 A1, 27.02.1997;
(57) 1. Щіткове ущільнення, утворене неметалеви-
ми щетинками, призначене для забезпечення не-
проникності зазору між ротором (18) і статором,
що містить кожух для щетинок (4), закріплений на
роторі або на статорі, при цьому кожух включає в
себе:
внутрішню оболонку (2), на яку намотані щетинки, і
зовнішню оболонку (10), яка оточує щетинки, при-
чому щетинки спрямовані радіально назовні від
ротора або статора,
вхідне кільце (6) і вихідне кільце (8), розміщені між
зовнішньою оболонкою (10) і щетинками (4), при-
чому вхідне і вихідне кільця включають в себе ви-
гнуту ділянку, що оточує щетинки, намотані на
внутрішню оболонку,
при цьому на щетинки діє, з одного боку, вхідний
тиск і, з іншого боку, вихідний тиск, причому вхід-
ний тиск перевищує вихідний тиск, яке відрізня-
ється тим, що щетинки (4) спираються на статор

2

або ротор (18) з нахилом з боку ущільнення з
меншим тиском, а саме вихідним тиском.
2. Щіткове ущільнення за п. 1, яке відрізняється
тим, що щетинки (4) нахилені в напрямку потоку на
кут α , що складає від 5° до 45° включно.
3. Щіткове ущільнення за п. 1, яке відрізняється
тим, що щетинки (4) нахилені в напрямку потоку на
кут α , що складає від 10° до 30° включно.
4. Щіткове ущільнення за п. 1, яке відрізняється
тим, що щетинки (4) вигнуті по радіусу, з тим, щоб
приймати вигнуту форму.
5. Щіткове ущільнення за п. 1, яке відрізняється
тим, що вхідне кільце і вихідне кільце утворюють
отвір між кінцем вигнутої частини вхідного кільця і
кінцем вигнутої частини вихідного кільця.
6. Щіткове ущільнення за п. 5, яке відрізняється
тим, що внутрішня оболонка має циліндричну фо-
рму і містить отвір, виконаний з можливістю спів-
падати з отвором, утвореним вхідним кільцем і
вихідним кільцем.
7. Щіткове ущільнення за п. 1, яке відрізняється
тим, що внутрішня оболонка (2) і зовнішня оболон-
ка (10) виконані С-подібної форми.
8. Щіткове ущільнення за п. 7, яке відрізняється
тим, що містить спіральну пружину (12), розміщену
в центрі внутрішньої оболонки (2).
9. Щіткове ущільнення за п. 1, яке відрізняється
тим, що вихідне кільце (8) містить зовнішню підпо-
рну арку (30).
10. Щіткове ущільнення за п. 1, яке відрізняється
тим, що воно встановлене на супорті (32), при
цьому згаданий супорт містить посадочне місце
(34), в якому встановлені кожух і стопорне кільце
(36) для іммобілізації кожуха в посадочному місці
(34).
11. Щіткове ущільнення за п. 10, яке відрізняєть-
ся тим, що вихідне кільце (8) виконане коротшим,
ніж супорт (32), при цьому супорт має дугу (38), на
яку спираються щетинки (4), щоб прийняти вигнуту
форму.
12. Щіткове ущільнення за п. 11, яке відрізняєть-
ся тим, що стопорне кільце (36) стискає кожух для

(13) C2

(11) 96588

(19) UA

забезпечення шляхом деформації кожуха статичної непроникності між кожухом і посадочним місцем (34) для кожуха.

Винахід стосується динамічного щіткового ущільнення для забезпечення ущільнення між ротором і статором.

Щіткові ущільнення подібного типу використовуються, зокрема, для забезпечення ущільнення між оболонкою, що містить повітря, і оболонкою, що містить повітряно-масляну суміш, або ущільнення між двома оболонками, які містять повітря, компресорів високого і низького тисків і на рівні турбін високого і низького тисків.

Винахід стосується, зокрема, щіткового ущільнення, утвореного неметалевою щетиною, здатною забезпечити ущільнення повітряного зазору між ротором (18) і статором, який містить кожух (4) для щетини, розміщений між ротором і статором, причому щетина піддається, з одного боку, вхідному тиску, і, з іншого боку, вихідному тиску, при цьому вихідний тиск перевищує вихідний тиск.

Використовувані в цей час в цих цілях ущільнення є ущільненнями лабіринтного типу, що містять кільцеві зубці, які називаються «скибками», виконаними навпроти кільця з більш м'якого матеріалу, який називається стираним, і мають множинну обмежень по поперечному перерізу, що викликають втрату навантаження, і, отже, зменшення продуктивності. Таке ущільнення пропускає значну кількість повітря, і, отже, газотурбінний двигун споживає мастило, що призводить до збільшення вартості і, крім того, забруднює навколишнє середовище.

З патенту EP 1517006 відоме щіткове ущільнення, яке забезпечує непроникність порожнини для відбору повітря в кабінку. Ця порожнина, з одного боку, обмежена зовнішньою обичайкою компресора і кільцевою структурою, пов'язаною з обичайкою і, з іншого боку, зовнішнім картером решітки дифузора, при цьому зовнішній картер і зовнішній кожух картера двигуна пов'язані опорною стійкою. Ущільнення містить щетину, яка радіально спрямована назовні і спирається на внутрішню поверхню одиночного циліндричного рукава, розташованого окремо від кільцевої структури і оточуючого щіткову прокладку. Ущільнення такого типу забезпечує статичну непроникність, для якої проблеми зносу не розглядаються.

Відомо також з патенту US 5400586 самоустановлювальне щіткове ущільнення для камери газової турбіни. Газова турбіна містить камеру згорання, яка має на вихідному кінці проміжну деталь, відділену від сопла першого рівня. Непроникне ущільнення містить щетину, що знаходиться в контакті з герметичною обичайкою, яка робить непроникним простір між проміжною деталлю і соплом першого рівня. Ущільнення цього типу також є статичним, для якого проблеми зносу не ставляться.

Відомі також металеві щіткові ущільнення, які були об'єктом застосування в газотурбінних двигу-

нах з 50-х років. Важливою в цій технології є вимога використання підтримуючої арки для щетинок в місці найбільшого опору тиску (заднє кільце). Внаслідок цього є збільшення жорсткості щетини до тиску, який пропорційно прикладається, що може викликати підвищений знос щіток, якщо за таких умов зменшиться зазор. Найменший контакт з ротором викликає швидкий знос ущільнення і погіршення характеристик непроникності.

13. Турбіна або компресор газотурбінного двигуна, які **відрізняються** тим, що містять щіткове ущільнення за одним з пп. 1-12.

14. Газотурбінний двигун, який **відрізняється** тим, що містить турбіну і/або компресор за п. 13.

Задачею даного винаходу є створення динамічного щіткового ущільнення, яке усуває недоліки відомих пристроїв. Ця задача вирішується за рахунок того, що щетинки спираються на статор або ротор з нахилом з боку ущільнення з малим тиском, тобто з боку вихідного тиску.

Завдяки такій характеристиці пружність щетинок, які забезпечують контактний тиск на ротор або статор, урівноважується аеродинамічною підйнятною силою, яка підіймає щетинки від їх контактної місця, результатом чого є мінімізація контактної тиску на ротор або статор. Таким чином, знос ущільнення є найменшим.

В оптимальному режимі існує невеликий зазор, через який проходить слабкий потік повітря, але мастило, що міститься в масляно-повітряній суміші (повітря з крапельками масла), утримується у вихідній частині ущільнення, таким чином мастильні втрати повністю виключені.

Щетинки нахилені в напрямку потоку на кут α , що складає від 5° до 45° , переважно між 10° і 30° .

У переважному варіанті здійснення кожух містить внутрішню оболонку, на яку намотана щетина, і зовнішню оболонку, яка оточує щетину.

Переважно, щоб щіткове ущільнення містило вхідне кільце і вихідне кільце, розміщене між зовнішньою оболонкою і щетиною.

Переважно, щоб внутрішня оболонка і зовнішня оболонка були виконані С-подібною формою.

Переважно також, щоб щіткове ущільнення містило спіральну пружину, розміщену в центрі внутрішньої оболонки, причому цю функцію може однаково виконати будь-яке еластичне кільце.

Переважно також, щоб вихідне кільце мало скошену кромку.

Переважно також, щоб щіткове ущільнення було встановлене на супорті, а згаданий супорт містив посадочне місце, в якому розміщений кожух для щетини і стопорне кільце для іммобілізації кожуха для щетини в посадочному місці.

Переважно також, щоб вихідне кільце було більш коротким, ніж супорт, а супорт мав форму дуги, на яку спираються щетинки, щоб прийняти викривлену форму.

Переважно також, щоб стопорне кільце змінювало кожух для того, щоб за допомогою деформації кожуха забезпечити статичну герметичність між кожухом і посадочним місцем для кожуха.

Винахід належить також до турбіни або компресора газотурбінного двигуна, які містять щіткове ущільнення відповідно до винаходу.

Нарешті, винахід стосується газотурбінного двигуна, що містить турбіну і/або компресор, забезпечені щітковим ущільненням, відповідно до винаходу.

Надалі винахід пояснюється нижченаведеним описом, який не є обмежувальним, з посиланнями на супроводжуючі креслення, на яких:

фіг. 1 зображує вигляд в аксонометрії щіткового ущільнення відповідно до винаходу;

фіг. 2 зображує схематичний вигляд в розрізі, який показує вигин щітки;

фіг. 3А детально представляє контактний тиск щетинок на ротор;

фіг. 3В детально представляє відхід щетинок від ротора;

фіг. 4 зображує криву, яка представляє рівень зносу в залежності від тиску щетинок на ротор;

фіг. 5 зображує варіант щіткового ущільнення, поданого на фіг. 1, що містить скошену кромку;

фіг. 6 зображує в аксонометрії вигляд ущільнення, розміщеного в посадочному місці;

фіг. 7 зображує варіант здійснення, в якому ущільнення містить заднє кільце і в якому посадочне місце містить дугу для підтримки щетинок.

На фіг. 1 щіткове ущільнення містить внутрішню оболонку 2 С-подібної форми, відкриту вгору. Щетинки 4, які створюють щітку, намотані на цю внутрішню оболонку. Щетинки утримуються на вході вхідним кільцем 6 і вихідним кільцем 8. Вхідне кільце 6 і вихідне кільце 8 утримуються на місці зовнішньою оболонкою 10 С-подібної форми, відкритою вниз. Крім того, всередині внутрішньої оболонки 2 розміщена спіральна пружина 12. Кут α складає від 5° до 45° і переважно від 10° до 30° .

Щітка 4 утворена щетинками вуглецю діаметром приблизно 6 мкм. Товщина шару коливається від одного міліметра до чотирьох міліметрів в залежності від використання.

На фіг. 2 зображений монтаж ущільнення. Положенням 14 позначена вільна довжина щетинок, а положенням 16 позначена висота щетинок 4 під заднім кільцем, викривлених упором в статор 18. Кут щетинок відносно перпендикуляра до поверхні ротора 18 позначений буквою α . Радіус кривизни на їх кінцях позначений буквою ρ . Внутрішня оболонка 2, зовнішня оболонка 10, вхідне і вихідне кільця 6, 8 утворюють кожух. На фіг. 3А щетинки 4 спіраються на ротор 18. Щетинки 4 зазнають впливу вхідного тиску і вихідного тиску, різниця між якими утворює диференціальний тиск 20. Щетинки 4 чинять контактний тиск 22 на ротор 18. Цей контактний тиск 22 зменшується диференціальним тиском 20, який намагається підняти щетинки над ротором 18. У протиположному металевому щітковому ущільненню винахід не направлений на подолання тиску зовнішньої арки, яка підтискає щетин-

ку до заднього кільця. Більш того зазор від заднього кільця дозволяє щітці переміщуватися між ротором і кільцем.

Як показано на фіг. 3В, щетинки можуть підійматися від опори на статор 18. Існує, таким чином, невеликий зазор між кінцями щетинок і статором 18, що викликає витік в цей зазор. Даний винахід дозволяє регулювати величину витіку.

Після монтажу є відхилення щетинок під заднім кільцем 8. Аеродинамічні впливи, вільно виникаючи при функціонуванні по поверхні, можуть підняти щетинки над ротором при підвищеному диференціальному тиску. Характеристика проникності значно нижча 2,5 бар, однак з'являється знос, який зменшується з пониженням тиску. Пристосовують жорсткість на вигин щетинки до тиску, який треба герметизувати, таким чином, щоб зменшити при роботі нормальний контактний тиск і, отже, знос ущільнення.

На фіг. 4 зображена крива, яка представляє зміну рівня 26 зносу в залежності від тиску 28 щетинок на ротор. Як видно, рівень зносу залежить безпосередньо від тиску щетинок на ротор. При тиску щетинок, який дорівнює 100 %, рівень зносу є максимальним, потім рівень зносу зменшується разом із зменшенням тиску до досягнення мінімальних значень, коли тиск щетинок на ротор досягне мінімуму.

Резюмуючи, можна сказати, що ущільнення ефективні тільки при низькому тиску. Найбільш шкідливим для тривалості роботи контакту ротор/статор є сповільнення. Мала швидкість обертання має багато переваг при малому коефіцієнті зносу.

Фіг. 5 зображує варіант здійснення, в якому заднє кільце 8 містить зовнішню підпорну арку 30. Функцією цієї арки є зменшення нахилу щетинок 4 і зменшення зсуву щетинок. Крім того, на фіг. 5 видно, що щетинки мають різну довжину. Це виходить, зокрема, з того, що щетинки показані на фіг. 5 точками.

Фіг. 6 зображує спосіб кріплення кожуха щіткового ущільнення до супорта 32. Супорт містить посадочне місце, в яке встановлений кожух. Стопорне кільце 36 закріплює нерухомо кожух в посадочному місці 34. Відповідно до характеристики винаходу, стопорне кільце 36 розміщене так, щоб злегка сплюснути кожух, щоб зробити його овальним і притиснути його зовнішню частину 38 до поверхні 34 посадочного місця для забезпечення статичної герметичності між кожухом і посадочним місцем.

На фіг. 7 зображений варіант здійснення, в якому вихідне кільце 8 виконане укороченим. Посадочне місце 32 містить округлення 38, в якому розміщені щетинки 4. Функція округлення 38 та ж, що і у зовнішньої підпорної арки 30, поданої на фіг. 5. Воно призначене для полегшення нахилу вільних кінців щетинок.

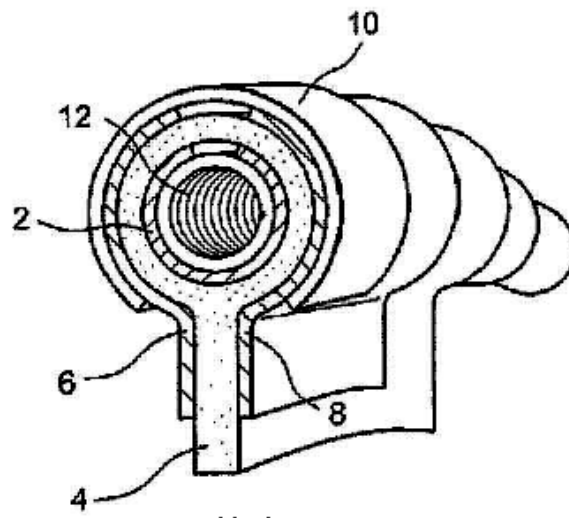


Fig. 1

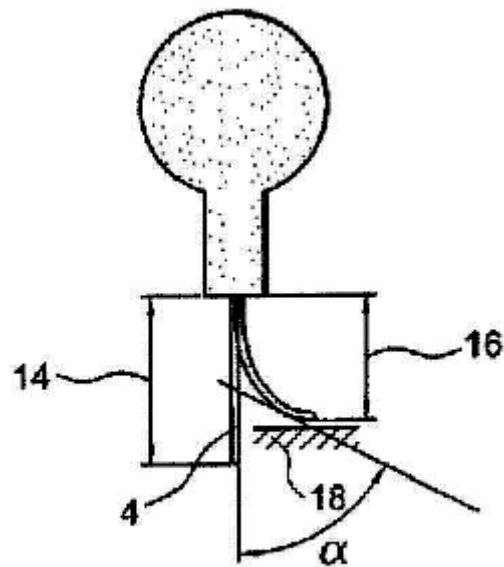


Fig. 2

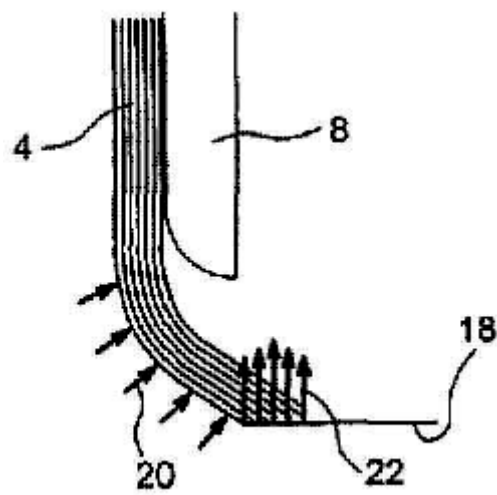


Fig. 3A

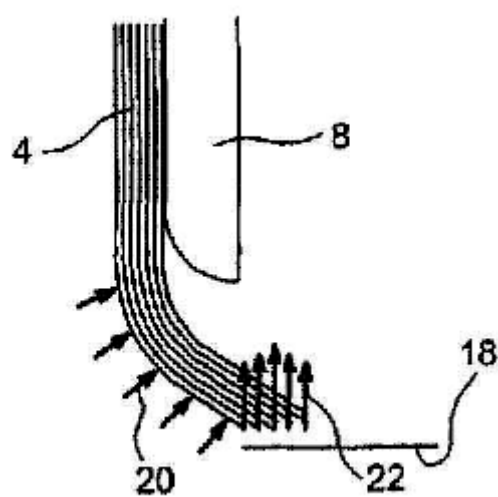


Fig. 3B

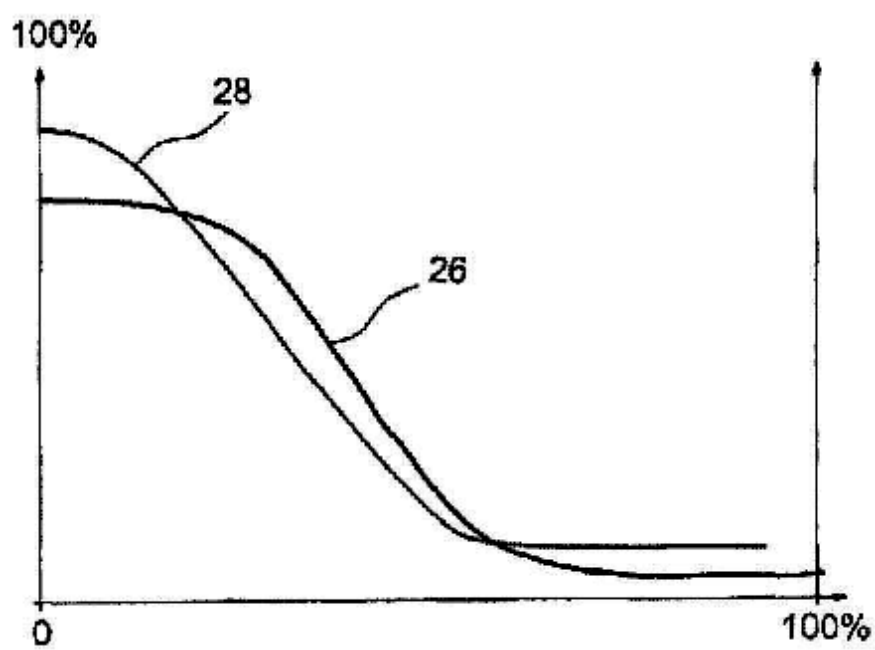


Fig. 4

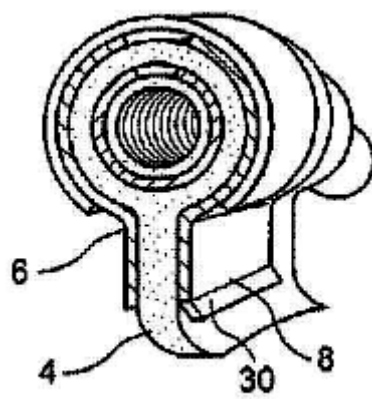
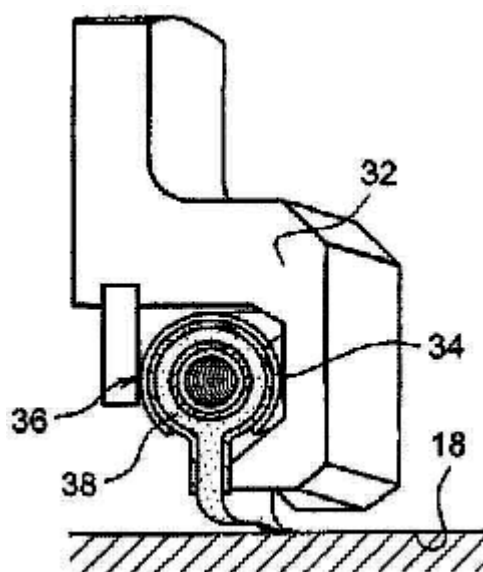
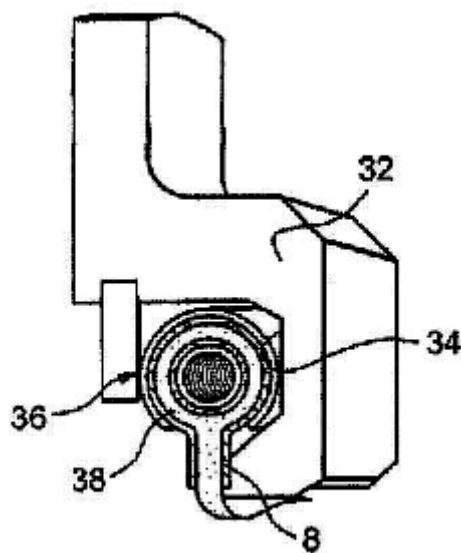


Fig. 5



Фиг. 6



Фиг. 7