



УКРАЇНА

(19) UA (11) 85539 (13) C2
(51) МПК (2009)
F01D 11/08
F01D 11/00
F16J 15/32

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) УЩІЛЬНЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТУРБИНИ ВИСОКОГО ТИСКУ ТУРБОМАШИНИ

1

(21) а200500250
(22) 11.01.2005
(24) 10.02.2009
(31) 0400213
(32) 12.01.2004
(33) FR
(46) 10.02.2009, Бюл.№ 3, 2009 р.
(72) ПЛОНА ДАНІЕЛЬ, ДЮССЕРР-ТЕЛЬМОН ГІ,
FR/FR
(73) СЕКМА
(56) SU 918557, 07.04.1982
SU 1716229 A1, 29.02.1992
UA 50001 C2, 15.10.2002
US 6059526, 09.05.2000
US 6352263 B1, 05.03.2002
EP 1018613 A2, 12.07.2000
US 5265412, 30.11.1993
US 6170831 B1, 09.06.2001
RU 2208190 C2, 10.07.2003
RU 2244131 C2, 10.01.2005
RU 2213895 C2, 10.10.2003
DE 19618475 A1, 13.11.1997
DE 19803502 A1, 12.08.1999
UA 58317 A, 15.07.2003
(57) 1. Ущільнювальний пристрій, встановлений між двома статичними частинами (2, 4) турбомашини для поділу двох порожнин (P1, P2) з різними тисками, який містить щіткове ущільнення (10), що утворене ущільнювальними еластичними волокнами, які щонайменше частково знаходяться в пазу (8) однієї з двох зазначених статичних частин (2), причому на кожному волокні є основна ділянка (10a) і друга ділянка (10b), які з'єднані вигнутою ділянкою (10c), і основна ділянка (10a) волокна щонайменше частково укладена у зазначеному пазу (8), а друга ділянка (10b) волокна має вільний кінець (14), що виступає з паза (8) так, щоб забезпечити щільне стикання з поверхнею, що ущільнюється, (16), другої статичної частини (4), який

2

відрізняється тим, що додатково містить вигнуту в перерізі гнучку прокладку (18), яка щонайменше частково охоплює основні ділянки (10a) волокон щіткового ущільнення (10) і має вільний кінець (20), який упирається одночасно у вільні кінці других ділянок (10b) волокон щіткового ущільнення (10) і в поверхню, що ущільнюється, (16), так, що вільні кінці (14) других ділянок (10b) волокон щіткового ущільнення (10) постійно стикаються з поверхнею, що ущільнюється, (16).

2. Пристрій за п. 1, який відрізняється тим, що гнучка прокладка (18) має вигнутий ω -подібний переріз.

3. Пристрій за п. 1 чи 2, який відрізняється тим, що вільний кінець (20) гнучкої прокладки (18), який упирається у вільні кінці (14) других ділянок (10b) волокон щіткового ущільнення (10) і в поверхню, що ущільнюється, (16), розташований з боку порожнини (P2), що має більш низький тиск.

4. Пристрій за кожним з пп. 1-3, який відрізняється тим, що додатково містить кільце (22), яке утримує основні ділянки (10a) волокон щіткового ущільнення (10) у пазу (8) статичної частини (2).

5. Пристрій за кожним з пп. 1-4, який відрізняється тим, що вигнуті ділянки (10c) волокон щіткового ущільнення (10) вигнуті з утворенням прямого кута, так що другі ділянки (10b) волокон щіткового ущільнення (10) розташовані, переважно, перпендикулярно до основних ділянок (10a) волокон щіткового ущільнення.

6. Пристрій за кожним з пп. 1-5, який відрізняється тим, що щіткове ущільнення (10) розташовано таким чином, що основні ділянки (10a) волокон розташовані, переважно, перпендикулярно до повздовжньої осі (X-X) турбомашини, а другі ділянки (10b) волокон розташовані, переважно, паралельно до зазначеної повздовжньої осі (X-X) турбомашини.

Дійсний винахід відноситься до області ущільнювальних пристроїв, які призначені для зменшення прохідного перерізу між різними порожни-

нами турбомашини, наприклад, у турбіні високого тиску.

Ущільнювальні пристрої, які знаходяться в гарячих зонах турбомашини, працюють в умовах

(13) C2
(11) 85539
(19) UA

значних змін величини зазорів, які призводять до загального відносного зсуву корпусів і до термічних деформацій. Зокрема, якщо одна з частин турбомашини, які ущільнюються, як, наприклад, ряди вихідних направляючих лопаток турбіни високого тиску, розділяється на сектори, область дії ущільнювального пристрою не є неперервною, і ущільнення, які не розділені на сектори, виявляються неефективними.

Розроблено різні типи ущільнень, які забезпечують герметичність гарячих зон турбомашин. Наприклад, з патентних документів US 4781388, US 5480162 і US 6170831 відомі так звані щіткові ущільнення, які утворені відрізками, наприклад, металевої щетини (дроту), які з одного кінця впаяні чи вставлені в гнізда, причому їхні вільні кінці дотикаються до поверхні області, яка ущільнюється. Подібні щіткові ущільнення дозволяють, таким чином, адаптуватися до змін величини зазору, які мають місце в зоні ущільнювального пристрою. Щетина щіткового ущільнення в цій конструкції може адаптуватися до деформованих поверхонь і до розривів (відсутності неперервності) області, яка ущільнюється.

У статичних умовах, при малих відносних зсувах області, яка ущільнюється, застосовують відомі щіткові ущільнення, щетина яких орієнтована в радіальному чи осьовому напрямку. При наявності ж значних відносних зсувів більш ефективно використання проміжної конструкції з вигнутою щетиною щіткового ущільнення, як описано в патентному документі US 6059526, оскільки таке виконання дозволяє забезпечити згинання щетини на великій довжині.

Проте, використання щіткових ущільнень у статичних умовах пов'язане з деякими незручностями. Результуюча проникненість щетини, яка утворює такі ущільнення, занадто велика для забезпечення ефективного ущільнення. Це твердження, зокрема, справедливе для випадку металевої щетини, діаметр щетинок (волокон) якої має перевищувати 75мкм, щоб забезпечити збереження необхідних механічних властивостей в умовах різниці тисків, які впливають на ущільнення.

Щіткові ущільнення з вигнутою щетиною також не є цілком задовільними. Зокрема, їх результуюча проникненість занадто висока для забезпечення повної герметичності області, яка ущільнюється. Крім того, якщо поверхня, яка ущільнюється, містить розриви і/чи деформації, які породжені, зокрема, радіальними і/чи осьовими відносними зсувами елементів області турбомашини, яка ущільнюється, щіткові ущільнення з вигнутою щетиною не можуть адаптуватися до різних випадкових геометричних шорсткостей, що призводить до виникнення під щітками значних зон витоків.

Задача, на рішення якої спрямований дійсний винахід, полягає в усуненні недоліків відомих рішень, які описані вище, і в розробці ущільнювального пристрою який забезпечує відносно невисоку результуючу проникненість і здатного адаптуватися до розривів і/чи деформацій поверхні, яка ущільнюється.

Для рішення поставленої задачі пропонується ущільнювальний пристрій, який розташований між

двома статичними частинами турбомашини з метою поділу двох порожнин з різними тисками. Пристрій за винаходом містить щіткове ущільнення, яке утворене ущільнювальними еластичними волокнами (щетинками), які щонайменше частково знаходяться в пазу однієї з двох статичних частин. При цьому в кожного волокна є основна ділянка і друга ділянка, які з'єднані вигнутою ділянкою. Основна ділянка кожного волокна щонайменше частково укладена в паз, а друга ділянка волокна має вільний кінець, який виступає з паза так, щоб забезпечити щільне стикання з поверхнею другої статичної частини, яка ущільнюється. Пристрій за винаходом характеризується тим, що додатково містить вигнуту в перерізі гнучку прокладку, яка щонайменше частково охоплює основні ділянки волокон щіткового ущільнення. У гнучкій прокладці є вільний кінець, який упирається одночасно у вільні кінці других ділянок волокон щіткового ущільнення й у поверхню, яка ущільнюється. У результаті вільні кінці других ділянок волокон щіткового ущільнення постійно стикаються з поверхнею, яка ущільнюється.

Частина гнучкої прокладки, яка упирається у вільні кінці волокон щіткового ущільнення, дозволяє утримувати ці вільні кінці волокон у постійному стиканні з поверхнею, яка ущільнюється. Крім того, частина гнучкої прокладки, яка упирається в поверхню, яка ущільнюється, підвищує результуючу герметичність ущільнювального пристрою. Далі, гнучкість цієї прокладки дозволяє компенсувати радіальні і/чи осьові відносні зсуви статичних частин таким чином, що ущільнювальний пристрій адаптується до різних випадкових геометричних неоднорідностей (шорсткостей) поверхні, яка ущільнюється.

Згідно з однією з корисних особливостей винаходу гнучка прокладка має, переважно, відповідний вигнутий переріз.

Згідно з іншою корисною особливістю винаходу вільний кінець гнучкої прокладки, яка упирається у вільні кінці других ділянок волокон щіткового ущільнення і у поверхню, яка ущільнюється, розташований з боку порожнини, яка має більш низький тиск.

Згідно з ще однією своєю корисною особливістю пристрій за винаходом містить кільце, яке утримує основні ділянки волокон щіткового ущільнення в пазу статичної частини.

Короткий опис креслень

Інші властивості й переваги дійсного винаходу стануть зрозумілі з нижченаведеного опису, який містить посилання на додані креслення, що ілюструють один з прикладів здійснення винаходу, не накладаючи будь-яких обмежень. На кресленнях:

- Фіг.1 зображує в осьовому перерізі ущільнювальний пристрій за винаходом, який встановлено в пазу нерухомої частини турбомашини;

- Фіг.2 зображує в осьовому перерізі частину турбомашини, яка обладнана ущільнювальним пристроєм за Фіг.1;

- Фіг.3 ілюструє деформацію ущільнювального пристрою за Фіг.1 при наявності розриву в поверхні, яка ущільнюється.

Здійснення винаходу

На Фіг.1-3 представлено в осьовому перерізі ущільнювальний пристрій за одним з варіантів здійснення винаходу. Цифрами 2 і 4 на цих кресленнях позначені відповідно перша і друга статичні частини турбомашини, яка має повздовжню ось Х-Х. Ці дві статичні частини 2 і 4 можуть, наприклад, бути елементами турбіни високого тиску турбомашини. Термін "статичні" припускає, що ці частини вважаються нерухомими, але можуть, проте, мати радіальні і/чи осьові відносні зсуви.

Ущільнювальний пристрій 6 розташований в пазу 8 першої статичної частини 2 турбомашини. В іншому варіанті ущільнювальний пристрій може бути розташований в пазу другої статичної частини 4. Пристрій 6 дозволяє забезпечити герметичне ущільнення між двома порожнинами Р1 і Р2 турбомашини, причому, як приклад, тиск у порожнині Р2 може бути нижче, ніж тиск у порожнині Р1.

Ущільнювальний пристрій 6 містить щіткове ущільнення 10, яке містить щетину з волокон чи відрізків дроту. Щетинки можуть бути виготовлені шляхом скручування волокон з металу чи композитного матеріалу. Один з кінців 12 кожного волокна (щетинки) звичайно закріплений навколо осі Y, наприклад, методом припаювання. Протилежні кінці 14 волокон вільні і щільно стикаються з поверхнею, яка ущільнюється, 16 другої статичної частини 4 турбомашини.

Точніше, кожне волокно щіткового ущільнення 10, яке виконане таким чином містить першу (основну) ділянку 10а і другу ділянку 10b, які з'єднані вигнутою ділянкою 10с. Основні ділянки 10а волокон щонайменше частково знаходяться в пазу 8 першої статичної частини 2 турбомашини, а другі ділянки 10b волокон виступають назовні з цього паза таким чином, щоб забезпечити щільне стикання їх вільних кінців 14 з поверхнею, яка ущільнюється, 16.

Згідно з дійсним винаходом ущільнювальний пристрій 6 додатково містить виготовлену, наприклад, з металу гнучку прокладку 18, яка вигнута в перерізі і яка щонайменше частково охоплює основні ділянки 10а волокон щіткового ущільнення 10 і має вільний кінець 20, який упирається одночасно у вільні кінці 14 других ділянок 10b волокон щіткового ущільнення 10 і в поверхню, яка ущільнюється, 16.

Таким чином, вільний кінець 20 прокладки 18 дозволяє утримувати вільні кінці 14 других ділянок 10b волокон щетини в постійному стиканні з поверхнею, яка ущільнюється, 16. Крім того, оскільки вільний кінець 20 прокладки 18 знаходиться в стиканні з поверхнею, яка ущільнюється, 16, це підвищує результуючу герметичність ущільнювального пристрою 6.

В кращому варіанті передбачено також утримуюче кільце 22, яке дозволяє утримувати основні ділянки 10а волокон щіткового ущільнення 10 у пазу 8 першої статичної частини 2. Це утримуюче кільце 22 закріплене в канавці паза 8 першої статичної частини 2. Також може бути передбачено С-подібний обід 24 щонайменше такий, що частково охоплює закріплені кінці 12 волокон щіткового ущільнення 10 і утримується в пазу 8 завдяки наявності утримуючого кільця 22.

Згідно з однією з корисних особливостей винаходу гнучка прокладка 18 має ω -подібний поперечний переріз. Перший пелюсток 26 цієї букви омега щонайменше частково охоплює закріплені кінці 12 волокон щіткового ущільнення 10.

Перший пелюсток 26 продовжується всередину паза 8 першою віткою 28, ділянка 28а якої прилягає до зовнішніх країв основних ділянок 10а волокон щіткового ущільнення 10. Для забезпечення деякої аксіальної гнучкості волокон щіткового ущільнення 10 при взаємодії ущільнювального пристрою 6 з розривами в поверхні, яка ущільнюється, 16 в осьовому напрямку друга ділянка 28b першої вітки 28 не стикається з основними ділянками 10а волокон щіткового ущільнення 10, відходячи, таким чином, від цих ділянок волокон з утворенням заднього зазору J1.

Перший пелюсток 26 продовжується зовні паза 8 другою віткою 30, ділянка 30а якої також прилягає до зовнішніх країв основних ділянок 10а волокон щіткового ущільнення 10. Аналогічним чином, для забезпечення деякої аксіальної гнучкості волокон щіткового ущільнення 16 інша ділянка 30b другої вітки 30 не стикається з основними ділянками 10а волокон щіткового ущільнення 10.

Гнучка ω -подібна прокладка 18 містить другий пелюсток 32. Цей другий пелюсток 32 притискається в радіальному напрямку до утримуючого кільця 22, яке закріплено в пазу 8 першої статичної частини 2. Другий пелюсток 32 продовжується усередину паза 8 третьою віткою 34, яка з'єднана з другою віткою 30. Другий пелюсток 32 продовжується зовні паза 8 четвертою віткою 36, вільний кінець 20 якої упирається одночасно у вільні кінці 14 других ділянок 10b волокон щіткового ущільнення 10 і в поверхню, що ущільнюється, 16. Крім того, між цим вільним кінцем 20 і третьою віткою 34 мається передній зазор J2.

Згідно з іншою корисною особливістю винаходу цей вільний кінець 20 гнучкої прокладки 18 (який також є вільним кінцем четвертої вітки 36) розташований з боку порожнини Р2, яка має більш низький тиск.

Таким чином, гнучка прокладка 18, а точніше, її вільний кінець 20 дозволяє запобігти радіальному вигинанню вільних кінців 14 других ділянок 10b волокон щіткового ущільнення 10 у напрямку порожнини Р2 під впливом різниці тисків у порожнинах Р1 і Р2. Таке радіальне вигинання вільних кінців других ділянок волокон щіткового ущільнення могло б викликати "відлипання" щетини щіткового ущільнення, яка перестала б стикатися з поверхнею, яка ущільнюється. Це призвело б до підвищення результуючої проникненості ущільнювального пристрою.

Згідно з ще однією корисною особливістю винаходу вигнуті ділянки 10с волокон щіткового ущільнення 10 вигнуті з утворенням прямого кута так, що другі ділянки 10b волокон щіткового ущільнення розташовані, переважно, перпендикулярно до основних ділянок 10а.

Також згідно з корисною особливістю винаходу щіткове ущільнення 10 розташоване таким чином, що основні ділянки 10а його волокон розташовані, переважно, перпендикулярно до повздовжньої осі

X-X турбомашини, а другі ділянки 10b його волокон розташовані, переважно, паралельно до тієї ж поздовжньої осі X-X.

Нижче наведено короткий опис принципів роботи ущільнювального пристрою за винаходом, які впливають очевидним чином з вищенаведеного опису.

Ущільнювальний пристрій 6 зображено на Фіг.1 таким, що знаходиться у вільному стані, тобто під час відсутності встановленої другої статичної частини турбомашини. У цій конфігурації вільний кінець 20 гнучкої прокладки 18 щільно стикається з вільними кінцями 14 других ділянок 10b волокон щіткового ущільнення 10. Крім того, вільний кінець 20 гнучкої прокладки 18 злепка виступає в осьовому напрямку за вільні кінці 14 других ділянок 10b волокон.

Коли другу статичну частину 4 турбомашини притискають в осьовому напрямку до першої статичної частини 2 турбомашини (конфігурація, яка відповідає нормальному стану - Фіг.2), гнучка прокладка 18, а точніше, її четверта вітка 36, піддається аксіальній деформації таким чином, що передній зазор $J2'$ зменшується в порівнянні з конфігурацією ущільнювального пристрою у вільному стані ($J2' < J2$).

Аналогічним чином основні ділянки 10a волокон щіткового ущільнення 10 піддаються аксіальній деформації усередину паза 8, яка призводить до зменшення заднього зазору $J1'$ ($J1' < J1$). Слід зазначити, що в такий спосіб гнучка прокладка 18 притискається до поверхні, яка ущільнюється, 16 своїм вільним кінцем 20, що сприяє підвищенню результуючої герметичності ущільнювального пристрою 6.

Крім того, притиснення прокладки 18 до поверхні, яка ущільнюється, 16 дозволяє утримувати ущільнювальний пристрій 6 у стиканні з поверх-

нею, яка ущільнюється, 16, зокрема, при наявності на останній розривів і/чи деформацій. Ця конфігурація зображена на Фіг.3.

На цій фігурі зображено ущільнювальний пристрій 6 при наявності в поверхні, яка ущільнюється, 16 аксіального розриву, представленого зазором $J3$. Такий розрив $J3$ може виникнути внаслідок відносного радіального зсуву першої і другої статичних частин 2, 4 турбомашини. Він також може бути викликаний наявністю значних термічних деформацій однієї з цих двох статичних частин 2,4.

У цьому випадку вільні кінці 14 волокон щіткового ущільнення 10 залишаються в щільному зіткненні з поверхнею, яка ущільнюється, 16. Це забезпечується гнучкістю волокон щіткового ущільнення, основні ділянки 10a яких піддаються легкій деформації в напрямку виходу з паза 8 у порівнянні з їх нормальною робочою конфігурацією (Фіг.2). Таким чином, задній зазор $J1''$ знову збільшується в порівнянні з нормальною робочою конфігурацією ($J1'' > J1'$).

Гнучкість прокладки 18 дозволяє пристрою, що ущільнює, 6 повертатися в нормальне робоче положення (Фіг.2) при зникненні аксіального розриву поверхні, яка ущільнюється, 16. Відразу після зникнення аксіального розриву основні ділянки 10a волокон щіткового ущільнення 10 внаслідок своєї пружності знову приймають свою вихідну форму (Фіг.2).

В результаті ущільнювальний пристрій 6 за винаходом точно адаптується до різних деформацій і/чи розривів, які можуть виникнути на поверхні, яка ущільнюється, 16. Вільні кінці 14 волокон щіткового ущільнення 10 знаходяться в постійному стиканні з поверхнею, яка ущільнюється, забезпечуючи гарне ущільнення між двома статичними частинами турбомашини.

