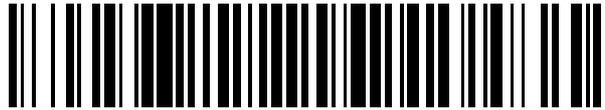


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 223**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/16** (2006.01)

**F01D 5/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.08.2013 PCT/EP2013/002362**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2014 WO14023425**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2013 E 13747356 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 2917495**

54 Título: **Una cascada de cuchillas para una turbomáquina**

30 Prioridad:

**10.08.2012 EP 12179979**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**07.04.2020**

73 Titular/es:

**MTU AERO ENGINES AG (100.0%)  
Dachauer Strasse 665  
80995 München, DE**

72 Inventor/es:

**FRISCHBIER, JÖRG**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 753 223 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Una cascada de cuchillas para una turbomáquina

La presente invención se refiere a una cascada de cuchillas, en particular una cascada fija o móvil, para una turbomáquina, en particular una turbomáquina de gas, así como una turbomáquina que tiene al menos una de tales cascadas.

Las cascadas de cuchillas conocidas se componen de una pluralidad de disposiciones de cuchillas, cada una de las cuales tiene una o múltiples cuchillas. Para aumentar la estabilidad de tal cascada de cuchillas y/o conducir un fluido de trabajo, se sabe colocar cubiertas en las puntas de las cuchillas, es decir, radialmente hacia afuera en las cuchillas móviles y radialmente hacia adentro en las cuchillas fijas, las cubiertas de las disposiciones adyacentes de la cuchilla están en contacto entre sí de manera sujeta.

En particular, en caso de pérdida de la sujeción de la cubierta, por ejemplo, después de un largo tiempo de operación o como resultado de un fallo, las cuchillas pueden volverse inestables y tambalearse, lo que resulta en un fallo por fatiga de las cuchillas. Esto se aplica en particular a las cuchillas hechas de una aleación de titanio y aluminio debido a sus menores densidades de material y construcciones de raíz específicas.

Se sabe por el documento de Gran Bretaña GB 252.701 B1 alternar las disposiciones de cuchillas primera y segunda con cubiertas, las cuchillas de las disposiciones de cuchillas adyacentes tienen diferentes estrechamientos y las cubiertas de las disposiciones de cuchillas adyacentes tienen diferentes grosores de pared, de modo que las disposiciones de cuchillas adyacentes tienen diferentes frecuencias naturales.

Para representar diferencias de frecuencia relativamente grandes, los espesores de pared radial tendrían que variar mucho. Esto, sin embargo, daría como resultado una superficie lateral del compuesto de la cubierta que varía mucho en la dirección radial, causando así desventajas dinámicas y/o relacionadas con el flujo. Además, el grosor de la pared radial influye solo ligeramente en el momento de inercia de la masa de las cubiertas con relación a la dirección radial. El documento de Gran Bretaña GB 252.701 B1 no tiene en cuenta la combinación de momento de inercia de masa y rigidez torsional, que en particular determina las frecuencias de torsión naturales, sino que se centra en las diferentes rigideces en la dirección circunferencial y, por lo tanto, en el acoplamiento de las disposiciones de cuchillas adyacentes.

Se conoce una cascada de cuchillas según la definición de la especie en la Reivindicación 1 a partir del propio documento EP 2 578 801 A1 del solicitante en el que las cubiertas de diferentes disposiciones de cuchillas tienen diferentes extensiones en la dirección circunferencial y/o axial.

Es el objeto de la presente invención proporcionar una cascada de cuchillas mejorada.

Para lograr este objeto, una cascada de cuchillas según la definición de la especie en la Reivindicación 1 se refina por sus características de caracterización. La reivindicación 6 protege una turbomáquina que tiene al menos una cascada de cuchillas de este tipo y las subreivindicaciones se refieren a refinamientos ventajosos.

Una cascada de cuchillas según la presente invención tiene varias disposiciones de primera cuchilla. La cascada de cuchillas puede ser, en particular, una cascada fija o móvil de un compresor o etapa de turbina de una turbina de gas.

El número de primeras disposiciones de cuchillas puede ser una o más y tener un número par o impar de cuchillas en un refinamiento preferido. Las primeras disposiciones de cuchillas tienen cada una una serie de primeras cuchillas y una primera cubierta que está fijamente, en particular integralmente, conectada a las primeras cuchillas en un refinamiento preferido. Del mismo modo, la primera cubierta también puede estar conectada de forma desmontable a las primeras cuchillas. El número de primeras cuchillas puede ser uno o más y tener un número par o impar de cuchillas en un refinamiento preferido. En el lado que está radialmente opuesto a la primera cubierta, la o las primeras cuchillas preferiblemente tienen una plataforma de cuchilla que está fijamente, en particular integralmente, conectada a las cuchillas en un refinamiento preferido.

Por lo tanto, una disposición de cuchilla en el sentido de la presente invención se define en particular por una cubierta que está conectada a la o las cuchillas de la disposición de cuchilla. En el presente caso, se entiende que una cuchilla, en particular, significa una cuchilla que tiene un borde delantero que está sujeto a flujo entrante durante el funcionamiento y un borde trasero, así como un lado de succión y presión que conecta los bordes delantero y trasero y se usa para desviar el flujo. En particular, en un lado de la plataforma de la cuchilla opuesta a la cuchilla, puede situarse una raíz de la cuchilla para su fijación, en particular en un rotor o una carcasa.

Las cubiertas de las primeras disposiciones de cuchillas tienen cada una una primera extensión en la dirección circunferencial y axial, siendo estas primeras cubiertas preferiblemente al menos esencialmente anulares.

La cascada de cuchillas tiene una serie de segundas disposiciones de cuchillas. Este número de segundas disposiciones de cuchillas también puede ser una o más y tener un número par o impar de cuchillas en un

refinamiento preferido.

Las segundas disposiciones de cuchillas tienen cada una una serie de segundas cuchillas y una segunda cubierta que está fijamente, en particular integralmente, conectada a las segundas cuchillas en un refinamiento preferido. Del mismo modo, la segunda cubierta también puede estar conectada de forma desmontable a las segundas cuchillas.

5 El número de segundas cuchillas puede ser una o más y tener un número par o impar de cuchillas en un refinamiento preferido. En el lado que está radialmente opuesto a la segunda cubierta, la o las cuchillas preferiblemente tienen una plataforma de cuchilla que está fijamente, en particular integralmente, conectada a las cuchillas en un refinamiento preferido. Una segunda disposición de cuchillas se corresponde preferiblemente a una primera disposición de cuchillas, excepto por las diferencias explicadas a continuación.

10 La extensión en la dirección circunferencial y/o axial de las segundas cubiertas, que preferiblemente también son anulares, al menos esencialmente, es mayor que la extensión de las primeras cubiertas en esta dirección. En particular, las segundas cubiertas pueden tener voladizos más grandes en la dirección circunferencial que las primeras cubiertas. De manera adicional o alternativa, las segundas cubiertas pueden sobresalir en la dirección axial más allá de los bordes de las primeras cubiertas en uno o ambos lados.

15 Según la presente invención, una o más, preferiblemente todas, las primeras cuchillas de una o más, preferiblemente todas, las primeras disposiciones de cuchillas están diseñadas adicionalmente para ser más rígidas torsionalmente que una o más, preferiblemente todas, las segundas cuchillas de una o más, preferiblemente todas, las segundas disposiciones de cuchillas. Una primera cuchilla es en particular más rígida torsionalmente que una segunda cuchilla en el sentido de la presente invención si muestra poca torsión o giro cuando actúa sobre el mismo  
20 par en la dirección radial o alrededor de su eje de rosca, o, en otras palabras, cuando produce una mayor resistencia a la torsión cuando se somete a una torsión sobre la dirección radial o su eje de rosca.

Dado que una frecuencia de torsión es en particular una función del cociente de rigidez de torsión y momento de inercia, es particularmente posible que una frecuencia de torsión natural de las primeras disposiciones de cuchillas se coloque más lejos de una frecuencia de torsión natural de las segundas disposiciones de cuchillas, en el que las  
25 segundas cuchillas, que a su vez son menos rígidas torsionalmente, se combinan con las segundas cubiertas, que son más grandes en la dirección circunferencial y/o axial, o en consecuencia con mayores momentos de inercia de masa, combinando de acuerdo con la presente invención las primeras cuchillas, que son más rígidas torsionalmente, y las primeras cubiertas, que son más cortas en la dirección circunferencial y/o axial y que determinan decisivamente su momento de inercia de masa con respecto a la dirección radial. De manera adicional o alternativa, se pueden  
30 determinar otras frecuencias naturales, en particular las frecuencias naturales de flexión y/o acoplamiento.

En una realización, la extensión en la dirección radial de las primeras cubiertas puede diferir adicionalmente de la extensión en la dirección radial de las segundas cubiertas, en particular ser más pequeña que la extensión en la dirección radial de las segundas cubiertas. En otra realización, se puede proporcionar una superficie lateral externa radialmente constante o anular en una cascada en movimiento, y se puede proporcionar una superficie lateral  
35 interna radialmente constante o anular en una cascada estacionaria.

Además de una segunda disposición de cuchillas cuyas segundas cubiertas tienen extensiones más grandes que las primeras cubiertas de las primeras disposiciones de cuchillas y cuyas segundas cuchillas están diseñadas para ser menos rígidas torsionalmente, al menos parcialmente, que las primeras cuchillas, la cascada de cuchillas puede tener una o múltiples otras disposiciones de cuchillas cuyas otras cubiertas tienen una extensión en la dirección  
40 circunferencial, axial y/o radial que difiere de la extensión correspondiente de la primera y/o la segunda disposición de cuchillas y/o cuyas cuchillas están diseñadas para ser más rígidas o menos rígidas torsionalmente que la primera y/o la segunda cuchilla. En particular, se pueden proporcionar varias primeras disposiciones de cuchillas, una cantidad idéntica o diferente de segundas disposiciones de cuchillas, y preferiblemente una cantidad idéntica o diferente de otras terceras disposiciones de cuchillas. Además, se puede proporcionar un número idéntico o  
45 diferente de otras cuartas disposiciones de cuchillas diferentes, se puede proporcionar una cantidad idéntica o diferente de otras quintas disposiciones de cuchillas diferentes, etc. Aquí, extensiones de cubiertas en la circunferencial, axial, y/o la dirección radial y/o la rigidez torsional de otras o diferentes disposiciones de cuchillas pueden diferir entre sí y/o de las extensiones de la primera y/o segunda disposiciones de cuchillas. En otra realización, la cascada de cuchillas en contraste incluye primera y segunda disposiciones de cuchillas o tiene solo  
50 dos disposiciones de cuchillas diferentes.

La rigidez torsional de una cuchilla es en particular una función de su material. En una realización, las cuchillas que son más rígidas torsionalmente están hechas de un material que tiene un mayor módulo de corte ( $G$  [N/m<sup>2</sup>]) que las cuchillas que son menos rígidas torsionalmente. En un refinamiento, el módulo de corte de una o múltiples, preferiblemente todas, en particular primeras, cuchillas que son más rígidas torsionalmente es mayor en al menos  
55 10%, en particular en al menos 15%, y preferiblemente en al menos 20% que el módulo de corte de una o múltiples, preferiblemente todas, en particular segundas, cuchillas que son menos rígidas torsionalmente. En una realización, una o múltiples, preferiblemente todas, las cuchillas de la cascada de cuchillas están hechas de uno o diferentes aleaciones de titanio-aluminio.

La rigidez torsional de una cuchilla es, además, una función en particular de su geometría, en particular su momento

de inercia geométrico (polar). En una realización, las cuchillas que son más rígidas torsionalmente pueden tener, en consecuencia, en sección o en toda su altura un momento geométrico de inercia mayor (polar) que las cuchillas que son menos rígidas torsionalmente. Dado que los perfiles de la cuchilla deben cumplir en particular con los requisitos aerodinámicos, su momento geométrico de inercia, en particular en el caso de perfiles de cuchilla congruentes o contornos, puede verse influenciado en particular por el espesor máximo predefinido del perfil. En una realización, las cuchillas que son más rígidas torsionalmente en consecuencia tienen un grosor de perfil máximo mayor que las cuchillas que son menos rígidas torsionalmente, en un refinamiento ventajoso un grosor de perfil máximo de una o múltiples, preferiblemente todas, en particular primeras, cuchillas que son más rígidas torsionalmente es mayor en al menos un 10%, en particular en al menos un 15%, y preferiblemente en al menos un 20%, que un espesor de perfil máximo de una o múltiples, preferiblemente todas, en particular segundas, cuchillas que son menos rígidas torsionalmente.

Un espesor de perfil máximo en el sentido de la presente invención puede ser, en particular, el espesor de pared máximo de una cuchilla a una altura radial o una sección transversal de perfil, siendo variable el espesor de pared de un borde frontal sobre el espesor de pared máximo hacia el borde trasero. De manera similar, un grosor de perfil máximo en el sentido de la presente invención puede ser en particular el grosor de pared máximo completo de la cuchilla en toda su altura o para todas las secciones transversales de perfil. En una realización, las primeras cuchillas que son más rígidas torsionalmente tienen un grosor de perfil máximo mayor al menos a una altura radial que las segundas cuchillas a la misma altura que son menos rígidas torsionalmente, en un refinamiento ventajoso como un grosor de perfil máximo de uno o más múltiples, preferiblemente todas, las primeras cuchillas, que son más rígidas torsionalmente, siendo mayores en al menos un 10%, en particular en al menos un 15%, y preferiblemente en al menos un 20%, que un grosor de perfil máximo de uno o múltiples, preferiblemente todas, las segundas cuchillas, que son menos rígidas torsionalmente. En una realización, las primeras cuchillas que son más rígidas torsionalmente adicionalmente o alternativamente tienen un grosor de perfil máximo mayor (absoluto), visto en general o sobre su altura total, que las segundas cuchillas a la misma altura que son menos rígidas torsionalmente, en un refinamiento ventajoso dicho espesor máximo de perfil de una o múltiples, preferiblemente todas las primeras cuchillas, que son más rígidas torsionalmente, siendo mayores en al menos 10%, en particular en al menos 15%, y preferiblemente en al menos 20%, que dicho perfil máximo espesor de una o múltiples, preferiblemente todas, segundas cuchillas, que son menos rígidas torsionalmente. En otras palabras, un valor máximo de todos los espesores de pared de una primera cuchilla, que es más rígido torsionalmente, es mayor en una realización que un valor máximo de todos los espesores de pared de una segunda cuchilla, que es menos rígido torsionalmente, en particular por al menos 10%, en particular en al menos 15%, y preferiblemente en al menos 20%.

En una realización, las cubiertas de una o múltiples disposiciones de cuchillas, preferiblemente todas, son simétricas a las cuchillas de esta disposición de cuchillas en la dirección circunferencial y/o axial. En particular, se entiende que una simetría en la dirección axial significa que las cubiertas o cuchillas sobresalen en ambos lados en la dirección axial en el mismo valor absoluto, y una simetría en la dirección circunferencial se entiende en consecuencia que las cubiertas o cuchillas sobresalen en la dirección circunferencial por el mismo valor absoluto. Del mismo modo, las cubiertas de una o múltiples disposiciones de cuchillas, preferiblemente todas, también pueden ser simétricas a las cuchillas de esta disposición de cuchillas en la dirección circunferencial y/o axial. En particular, las cubiertas pueden desplazarse en relación con las cuchillas de las disposiciones de cuchilla en la dirección circunferencial y/o axial o voladizo en ambos lados de la disposición de cuchilla por diferentes valores absolutos.

En una realización, dos o más, en particular todas, las disposiciones de cuchillas tienen el mismo número de cuchillas y en un refinamiento preferido, tienen exactamente una cuchilla cada una. Como se explicó anteriormente, una segunda y/u otra disposición (diferente) de cuchilla corresponde preferiblemente a la primera disposición de cuchilla, excepto por la extensión de las cubiertas.

En una realización, la primera y la segunda, y posiblemente otras disposiciones de cuchilla, se distribuyen cíclicamente sobre la circunferencia. Si la cascada de cuchillas tiene una serie de disposiciones de cuchilla primera y solo una segunda, estas se distribuyen alternativamente sobre la circunferencia. Si la cascada de cuchillas tiene varias primeras, varias segundas y varias otras, terceras disposiciones de cuchillas, estas pueden distribuirse sobre la circunferencia en el caso de una distribución cíclica aproximadamente en la siguiente secuencia: primera disposición de cuchilla - segunda disposición de cuchilla - tercera disposición de cuchilla - primera disposición de cuchilla o en la siguiente secuencia: primera disposición de cuchilla - segunda disposición de cuchilla - primera disposición de cuchilla - tercera disposición de cuchilla - primera disposición de cuchilla.

En una realización, las cubiertas de disposiciones de cuchillas adyacentes tienen superficies de contacto complementarias, en particular no planas, que se enfrentan entre sí. Las superficies de contacto pueden, en particular, tener la forma de una onda. Debido al hecho de que diferentes cubiertas están diseñadas de manera diferente, se puede garantizar una distribución predefinida de las disposiciones de la cuchilla durante el montaje.

En una realización preferida, las cubiertas de al menos una disposición de cuchilla tienen uno o múltiples huecos o cavidades, las cubiertas de al menos otra disposición de cuchilla no tienen ningún rebaje. Además o alternativamente, los protectores de al menos otra disposición de cuchillas pueden tener un número, configuración y/o forma diferente de rebajes. De esta manera, las frecuencias naturales de las disposiciones de la cuchilla pueden

interferirse adicionalmente.

Otras características y ventajas resultan de las reivindicaciones subordinadas y las realizaciones ejemplares.

La figura 1 muestra de manera parcial esquemáticamente una sección en ángulo de una parte de una cascada de cuchillas según una realización de la presente invención.

5 La figura 1 muestra una sección en ángulo de una parte de una cascada móvil de una turbina según una realización de la presente invención. La cascada móvil está compuesta alternativamente por primeras disposiciones 120 de  
10 cuchillas y segundas disposiciones 220 de cuchillas. Cada disposición de cuchillas tiene una plataforma de cuchillas, cuchillas 100 y 200 móviles que están integralmente conectadas a sus respectivas plataformas de cuchillas y cubiertas 10 y 20 que están integralmente conectadas a sus respectivas cuchillas móviles. Las cubiertas 10, 20 adyacentes tienen superficies de contacto complementarias en forma de onda que se enfrentan entre sí.

Las primeras cubiertas 10 de las primeras disposiciones 120 de cuchillas, cada una de las cuales tiene una cuchilla 100, tienen en la dirección circunferencial (vertical en la Figura 1) una primera extensión T1 y están situadas simétricamente a las cuchillas 100 en la dirección circunferencial y axial (horizontal en la Figura 1), es decir, tienen el mismo voladizo o solapamiento negativo o compensación.

15 Las segundas cubiertas 20 de las segundas disposiciones 220 de cuchillas también están situadas simétricamente a las cuchillas 200 en la dirección circunferencial y axial y tienen una segunda extensión T2 en la dirección circunferencial que es más grande que la extensión T1. Sin embargo, en la dirección axial y radial, las cubiertas 10, 20 tienen cada una la misma extensión, de modo que, por un lado, se logra una superficie lateral anular homogénea del compuesto de la cubierta, y por otro lado, se logra una interferencia con las frecuencias naturales de las  
20 disposiciones 120, 220 de cuchillas adyacentes.

A la altura radial de la sección en ángulo de la Figura 1, las primeras cuchillas tienen un grosor de perfil máximo mayor t1 que las segundas cuchillas que tienen un grosor de perfil máximo más pequeño t2 a esta altura radial. Dado que las cuchillas tienen su grosor máximo de pared en general a esta altura radial, las primeras cuchillas también tienen un mayor grosor de perfil general, es decir, con referencia a toda la altura de la cuchilla, que las  
25 segundas cuchillas. En otras palabras, t1, t2 representan valores máximos tanto en la dirección radial (perpendicular en el plano de dibujo de la Figura 1) como en la dirección axial o de flujo (de izquierda a derecha en la Figura 1). De esta manera, las primeras cuchillas están diseñadas para ser más rígidas torsionalmente que las segundas cuchillas, que están fabricadas con una aleación de titanio y aluminio, al igual que las primeras cuchillas.

Debido a la mayor extensión T2 en la dirección circunferencial, las segundas cubiertas de las segundas  
30 disposiciones de cuchillas tienen un mayor momento de inercia de masa alrededor de la dirección radial (perpendicular en el plano de dibujo de la Figura 1) que las primeras cubiertas de las primeras disposiciones de cuchillas. Por otro lado, las primeras cuchillas están diseñadas para ser más rígidas torsionalmente que las segundas cuchillas. Debido a esta combinación, es ventajosamente posible, en particular, separar las frecuencias de torsión de la primera y la segunda disposiciones de cuchillas.

35 Lista de numerales de referencia

- 10 primera cubierta
- 20 segunda cubierta
- 100 primera cuchilla móvil
- 200 segunda cuchilla móvil
- 40 120 primera disposición de cuchilla
- 220 segunda disposición de cuchilla

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una cascada de cuchillas para una turbomáquina, en particular una turbina de gas, que tiene una serie de primeras disposiciones (120) de cuchillas, cada una de las cuales tiene al menos una primera cuchilla (100) y una primera cubierta (10) que tiene una primera extensión (T1) en el dirección circunferencial y/o axial, y cada una con una serie de segundas disposiciones (220) de cuchillas, cada una con al menos una segunda cuchilla (200) y una segunda cubierta (20) que tiene una segunda extensión (T2) en la misma dirección que es más grande que la primera extensión, caracterizada porque al menos una de las primeras cuchillas está diseñada para ser más rígida torsionalmente que al menos una de las segundas cuchillas.
- 10 2. La cascada de cuchillas según la reivindicación anterior, caracterizada porque una primera cuchilla que es más rígida torsionalmente tiene un mayor grosor de perfil máximo y/o está hecha de un material que tiene un módulo de corte mayor que una segunda cuchilla que es menos rígida torsionalmente.
- 15 3. La cascada de cuchillas según la reivindicación anterior, caracterizada porque un grosor (t1) de perfil máximo de una primera cuchilla que es más rígido torsionalmente es mayor que un grosor (t2) de perfil máximo de una segunda cuchilla que es menos rígido torsionalmente por al menos 10%, en particular al menos 15%, y preferiblemente al menos 20%, y/o el módulo de corte de una primera cuchilla que es más rígido torsionalmente es mayor que el módulo de corte de una segunda cuchilla que es menos rígido torsionalmente al menos 10%, en particular al menos 15%, y preferiblemente al menos 20%.
- 20 4. La cascada de cuchillas según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque al menos dos, en particular todas, de las disposiciones de cuchillas tienen el mismo número de cuchillas, en particular exactamente una cuchilla.
5. La cascada de cuchillas según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la primera y la segunda disposiciones de cuchillas se distribuyen cíclicamente sobre la circunferencia.
- 25 6. Una turbomáquina, en particular una turbina de gas, que tiene al menos una cascada móvil y/o fija como se menciona en una de las reivindicaciones anteriores.

Fig. 1

