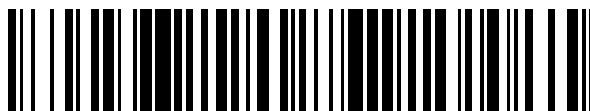


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 108**

51 Int. Cl.:

F01D 5/14 (2006.01)

B63H 1/26 (2006.01)

F01D 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2016 E 16201361 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2019 EP 3225781**

54 Título: **Canal de álabes, rejilla de álabes y turbomáquina**

30 Prioridad:

04.12.2015 DE 102015224376

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

07.05.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WOLFRUM, NINA;
BRETTSCHEIDER, MARKUS;
MAHLE, INGA;
SCHLEMMER, MARKUS y
PERNLEITNER, MARTIN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 759 108 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

Canal de álabes, rejilla de álabes y turbomáquina

La invención concierne a un canal de álabes de una turbomáquina según el preámbulo de la reivindicación 1, a una rejilla de álabes para una turbomáquina y a una turbomáquina. Un flujo de fluido conducido por un canal de flujo es desviado regularmente por un gradiente de presión lateral en dirección paralela a las paredes laterales. Dado que las capas de flujo próximas a la pared son desviadas más fuertemente debido a su pequeña velocidad que las capas de flujo alejadas de la pared, se forma un flujo secundario que se superpone a un flujo principal. Esto conduce a turbulencias y, entre otras cosas, a pérdidas de presión. Los flujos secundarios se presentan regularmente en rejillas de álabes de turbomáquinas tales como turbinas de gas y de vapor. Las rejillas de álabes consisten en una multiplicidad de álabes o palas de álabe yuxtapuestos en la dirección periférica de la turbomáquina, los cuales están dispuestos en un canal de flujo rotacionalmente simétrico, un llamado espacio anular, y entre los cuales está formado un respectivo canal de álabes en el que se producen flujos secundarios. Los canales de álabes están limitados siempre en la dirección periférica de la turbomáquina por un lado de expulsión y por un lado de aspiración de los álabes contiguos uno a otro. En la dirección radial de la turbomáquina los canales de álabes están limitados siempre por una pared lateral radialmente exterior o del lado de la carcasa y por una pared lateral radialmente interior o del lado del cubo. Las paredes laterales están formadas por una sección de carcasa estacionaria, una sección de rotor, unas placas de cubierta de álabe radialmente interiores y/o unas placas de cubierta de álabe radialmente exteriores. Para reducir los flujos secundarios se producen frecuentemente en las paredes laterales unos contorneados en forma de resaltos y/o depresiones.

Se conoce por el estado de la técnica una multiplicidad de los llamados contorneados de las paredes laterales. A modo de ejemplo, se citan las patentes o solicitudes de patente EP 2 487 329 B1, EP 2 787 172 A2 y EP 2 696 029 B1 de la solicitante. Asimismo, se conoce también la solicitud de patente FR2928174 A1.

El problema de la invención consiste en crear un canal de álabes de una turbomáquina con flujos secundarios reducidos, una rejilla de álabes para una turbomáquina con flujos secundarios reducidos y una turbomáquina con un rendimiento mejorado.

Este problema se resuelve por medio de un canal de álabes de una turbomáquina con las características de la reivindicación 1, una rejilla de álabes con las características de la reivindicación 10 2 y una turbomáquina con las características de la reivindicación 11.

Un canal de álabes de una turbomáquina según la invención está limitado en la dirección periférica de la turbomáquina por un lado de impulsión de una pala de álabe y por un lado de aspiración opuesto de una pala de álabe contigua. En la dirección radial de la máquina de cocina, el canal de álabes está limitado por dos paredes laterales opuestas. En la dirección axial de la turbomáquina se extiende el canal de álabes entre bordes de flujo de entrada y bordes de flujo de salida de las palas de álabe. Al menos una pared lateral está provista de contorneados locales, de los que al menos dos contorneados están configurados como resaltos y al menos dos contorneados están configurados como depresiones. Según la invención, entre los contorneados está formada una superficie en silla de montar que, durante una revolución, transiciona alternativamente hacia un resalto y hacia una depresión. Los resaltos están dispuestos sustancialmente en dirección periférica uno con respecto a otro y las depresiones están dispuestas sustancialmente en dirección axial una con respecto a otra. La depresión delantera está próxima al lado de aspiración y la depresión trasera está dispuesta en el lado de impulsión. En la zona de cruce de los contorneados se encuentra la superficie en silla de montar.

El término "resalto" significa una extensión local de una de las paredes laterales en dirección a la pared lateral opuesta. El término "depresión" significa una extensión local de una de las paredes laterales alejándose de la pared lateral opuesta.

Gracias al contorneado de las paredes laterales según la invención se influye sobre un campo de presión estático en la al menos una pared lateral y en las palas de álabe contiguas una a otra de tal manera que se reduce un flujo secundario en el canal de álabes. Se reducen así las pérdidas de flujo y se mejora una afluencia de fluido a una fila de álabes siguiente. La superficie en silla de montar tiene un punto de inflexión que está situado radialmente por fuera, radialmente por dentro o a la altura de una sección no contorneada de la superficie de la pared lateral. En el caso de una función continuamente diferenciable, un punto es un punto de inflexión de silla de montar cuando el gradiente es en él igual a cero y no se presenta ningún extremo local. Los contorneados y, por tanto, la superficie en silla de montar pueden estar formados en la pared lateral radialmente interior, en la pared lateral radialmente exterior o en ambas paredes laterales.

Se ha comprobado ventajosamente que la superficie en silla de montar se encuentra en un intervalo de 30% a 70% de una extensión de canal axial.

En un ejemplo de realización especialmente preferido la superficie en silla de montar se encuentra en un intervalo de 40% a 60% de la extensión de canal axial. Se puede reducir así aún más el flujo secundario.

Preferiblemente, la superficie en silla de montar se encuentra en dirección periférica aproximadamente en el centro

entre las palas de álabe, lo que conduce a una reducción adicional del flujo secundario.

Se obtiene en vista en planta, es decir, con una dirección visual dirigida radialmente de fuera a dentro, una disposición cruciforme de los contorneados uno con respecto a otro.

5 Los resaltos y las depresiones pueden tener alturas y profundidades diferentes. Se puede influir así aún más sobre el flujo secundario.

En un ejemplo de realización uno de los resaltos se aplica con su máximo o su sección más alta al lado de impulsión y el otro resalto se aplica con su máximo al lado de aspiración.

10 El resalto del lado de impulsión puede empezar aguas arriba del resalto del lado de aspiración y el resalto del lado de aspiración puede determinar aguas abajo del resalto del lado de impulsión. Los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" se refieren de manera simplificada a la dirección de flujo de una corriente principal que recorre la turbomáquina a lo largo de la extensión de canal axial. En el caso de una multiplicidad de canales de álabes, circula por cada canal de álabes una fracción de la corriente principal que, después de pasar por los canales de álabes, se reúne de nuevo con las demás fracciones de la corriente principal para obtener dicha corriente principal. En los términos "aguas arriba" y "aguas abajo" no se tiene en cuenta una desviación propiamente dicha de la fracción de la corriente principal en la dirección periférica dentro del canal de álabes.

15 Las depresiones tienen preferiblemente en vista en planta una forma ovalada y están adosadas una a otra en dirección axial, discurriendo dichas depresiones con su respectivo eje longitudinal en dirección casi paralela a una sección opuesta de una línea de esqueleto de la pala de álabe formadora del lado de aspiración. De este modo, las depresiones tienen una orientación aproximada que corresponde a una fracción de la corriente principal en el canal de álabes desviada en dirección periférica. Por tanto, dichas depresiones son recorridas por el fluido en dirección longitudinal.

20 La depresión delantera puede comenzar aguas arriba del resalto del lado de impulsión y la depresión trasera puede terminar aguas abajo del resalto del lado de aspiración. En particular, la depresión delantera puede empezar aguas arriba de los bordes de flujo de entrada y, por tanto, fuera del canal de álabes. De este modo, ya antes de la entrada en el canal de álabes comienza a ejercerse influencias sobre la fracción de la corriente principal que circula por el canal de álabes.

25 Una rejilla de álabes preferida de una turbomáquina tiene una multiplicidad de canales de álabes según la invención. Gracias a esta medida se influye siempre sobre un campo de presión estático en los canales de álabes de la rejilla de álabes de tal manera que se reduzca un flujo secundario en la rejilla de álabes. Se reducen las pérdidas de flujo y se mejora una afluencia de fluido a una fila de álabes siguiente.

30 Una turbomáquina preferida tiene al menos una rejilla de álabes según la invención. Debido a los flujos secundarios reducidos, una turbomáquina de esta clase presenta un rendimiento mejorado en comparación con turbomáquinas dotadas de una rejilla de álabes convencional.

Otros ejemplos de realización ventajosos de la invención son objeto de reivindicaciones subordinadas adicionales.

35 En lo que sigue se explicará con más detalle un ejemplo de realización preferido de la invención ayudándose de una representación esquemática. La única figura 1 muestra en una vista en planta un corte a través de un canal de álabes de una turbomáquina según la invención.

40 El canal de álabes 1 forma, por ejemplo, parte de una rejilla de álabes de una turbomáquina axial. La turbomáquina es preferiblemente un grupo motopropulsor de aviación, sin que quede limitada a éste. Por ejemplo, la turbomáquina puede ser también una turbina de gas estacionaria o un accionamiento propulsor de un buque. La rejilla de álabes forma una sección de un espacio anular de la turbomáquina que es recorrido por una corriente principal. Está constituida por una multiplicidad de canales de álabes 1 dispuestos en la dirección periférica u de la turbomáquina, cada uno de los cuales es recorrido por una fracción de la corriente principal. Las fracciones de la corriente principal se desvían en la dirección periférica u dentro de los canales de álabes 1 y, al sumarse, dan como resultado la corriente principal. La rejilla de álabes es preferiblemente una rejilla de álabes móviles que se encuentra preferiblemente en la zona de una turbina de baja presión. Por tanto, la corriente principal en el ejemplo de realización aquí mostrado es una mezcla gaseosa caliente que, considerado de manera simplificada, recorre la turbomáquina de izquierda a derecha en la dirección axial x dentro de la zona de la rejilla de álabes. Sin embargo, la invención se aplica también en turbomáquinas de construcción radial o de construcción diagonal. Los términos tales como "dirección axial o axialmente", "dirección periférica" y "dirección radial o radialmente" se refieren al eje de giro de un rotor de la turbomáquina y, por tanto, se refieren al eje central de la máquina. Dado que la rejilla de álabes forma parte del rotor de la máquina, los términos pueden transferirse directamente a la rejilla de álabes y, por tanto, al canal de álabes 1. Los términos tales como "aguas arriba", "aguas abajo", "delantero" o "trasero" se refieren de manera simplificada a la dirección de flujo aquí axial de la corriente principal a través de la turbomáquina en la zona de la rejilla de álabes.

55 El canal de álabes 1 está limitado en la dirección periférica u de la turbomáquina por un lado de impulsión 2 de una

5 pala de álabe 4 y por un lado de aspiración opuesto 6 de una pala de álabe contigua 8. En la dirección radial z de la turbomáquina el canal de álabes 1 está limitado por dos paredes laterales opuestas 10. Debido al trazado del corte y a la vista en planta de la figura 1 solamente es visible la pared lateral radialmente interior 10. En la dirección axial x de la turbomáquina el canal de álabes 1 está limitado por bordes de flujo de entrada 12, 14 y bordes de flujo de salida 16, 18 de las palas de álabe 4, 8. El canal de álabes 1 tiene aquí la extensión axial o la extensión de canal a entre los bordes de flujo de entrada 12, 14 y los bordes de flujo de salida 16, 18. La extensión de canal axial a es igual a la longitud de una cuerda axial de las palas de álabe 4, 8 y corresponde de manera simplificada a la dirección de flujo de la corriente principal a través de la turbomáquina.

10 Al menos la pared lateral 10, aquí radialmente interior, está provista de unos contorneados locales 20, 22, 24, 26. El término "local" significa que los contorneados requieren primordialmente tan solo una zona limitada de la superficie de la pared lateral 10, y esta pared lateral 10 puede presentar también secciones de superficie no contorneadas. Las "secciones de superficie no contorneadas" son secciones de superficie que siguen un trazado original de la pared lateral 10. El trazado original es un segmento de círculo, referido al eje de giro del rotor de la máquina. En el ejemplo de realización aquí mostrado están previstos cuatro contorneados 20, 22, 24, 26. Dos contorneados 20, 22 están configurados como resaltos y dos contorneados están configurados como depresiones 24, 26. El término "resalto" significa una extensión local radial de la pared radial 10 hacia dentro del espacio anular frente a una sección de superficie no contorneada de la pared lateral 10. El término "depresión" significa una extensión local de la pared lateral 10 alejándose radialmente del espacio anular frente a una sección de superficie no contorneada de la pared lateral 10.

20 Según la invención, entre los contorneados 20, 22, 24, 26 está formada una superficie 28 en silla de montar que, durante una revolución, transiciona alternativamente hacia un resalto 20, 22 y hacia una depresión 24, 26. En el ejemplo de realización mostrado la superficie 28 en silla de montar se encuentra en un intervalo de 0,3a a 0,7a o de 30% a 70% de la extensión de canal axial a, preferiblemente en un intervalo de 40% a 60% de la extensión de canal axial a. Por extensión de canal axial a se entiende aquí la distancia axial entre el borde delantero o borde de flujo de entrada de los álabes y sus bordes traseros o bordes de flujo de salida. Considerado en la dirección periférica u, la superficie 28 en silla de montar se encuentra aproximadamente centrada entre las palas de álabe 4, 8. La superficie 28 en silla de montar tiene un punto de inflexión SP que está radialmente por fuera, radialmente por dentro o a la altura de las secciones no contorneadas de la superficie de la pared lateral 10. En caso de una función continuamente diferenciable, un punto es un punto de inflexión de silla de montar cuando el gradiente en él es igual a cero y no se presenta ningún extremo local.

35 Los dos resaltos 20, 22 están dispuestos sustancialmente en la dirección periférica u uno con respecto a otro y las dos depresiones 24, 26 están dispuestas sustancialmente en la dirección axial x una con respecto a otra. Se obtiene de este modo en la vista en planta mostrada una disposición cruciforme de los contorneados 20, 22, 24, 26, en la que, durante una revolución, una depresión 24, 26 sigue alternadamente a un resalto 20, 22, y viceversa. En la zona de cruce de los contorneados 20, 22, 24, 26 se encuentra la superficie 28 en silla de montar. En principio, los resaltos 20, 22 pueden tener alturas diferentes o iguales y las depresiones 24, 26 pueden tener profundidades diferentes o iguales.

40 El resalto 20 está dispuesto en el lado de impulsión y el otro resalto 22 está dispuesto en el lado de aspiración. El resalto 20 del lado de impulsión comienza aguas abajo de los bordes de flujo de entrada 12, 14 y aguas arriba del resalto 22 del lado de aspiración. El resalto 20 del lado de impulsión transiciona en toda su altura hacia el lado de impulsión 2 y, por tanto, se aplica directamente al lado de impulsión 2 con su máximo 30 o con su sección más alta.

El resalto 22 del lado de aspiración termina aguas abajo del resalto 20 del lado de impulsión. Se encuentra aquí en un intervalo de 30% a 70% de la extensión de canal axial a. Transiciona en toda su altura radial hacia el lado de aspiración 6 y, por tanto, se aplica directamente al lado de aspiración 6 con su máximo 32.

45 La depresión 24, aquí delantera, está dispuesta lejos del lado de impulsión 2 y cerca del lado de aspiración 6, pero está distanciada de éste por medio de una sección de superficie 34 al menos sustancialmente no contorneada. Considerado en la dirección periférica u, la depresión 26, aquí trasera, está dispuesta lejos del lado de aspiración 6 y cerca del lado de impulsión 2. La depresión trasera 26 se aplica directamente al lado de impulsión 2 con su zona de desembocadura 36. La depresión delantera 24 comienza aguas arriba de los bordes de flujo de entrada 12, 14 y, por tanto, fuera del canal de álabes 1. Termina con la superficie 28 en silla de montar. La depresión trasera 26 comienza con la superficie 28 en silla de montar y termina aguas arriba de los bordes de flujo de salida 16, 18 y, por tanto, dentro del canal de álabes 1.

55 En la vista en planta mostrada las depresiones 24, 26 son de forma ovalada, estando adosada una a otra con sus ejes longitudinales 38, 40 en la dirección axial x. Las depresiones 24, 26 discurren con sus ejes longitudinales 38, 40 en dirección casi paralela a una sección opuesta de una línea de esqueleto 42 de la pala de álabe 8 formadora del lado de aspiración. Gracias a esta orientación las depresiones 24, 26 están orientadas en dirección a la fracción de la corriente principal desviada en el canal de álabes 1 y son recorridas longitudinalmente por esta fracción. Sus zonas de desembocadura 36, 44 tienen aproximadamente un mismo tamaño de su superficie. Sus mínimos 46, 48 o sus secciones más profundas tienen también aproximadamente un mismo tamaño de su superficie.

5 Se ha divulgado un canal de álabes de una turbomáquina que está limitado en la dirección periférica de la turbomáquina por un lado de impulsión de una pala de álabe y por un lado de aspiración opuesto de una pala de álabe contigua, que está limitado en la dirección radial de la turbomáquina por dos paredes laterales opuestas y que se extiende en la dirección axial de la turbomáquina entre unos bordes de flujo de entrada y unos bordes de flujo de salida de las palas de álabe, estando al menos una de las paredes laterales provista de unos contorneados locales, de los que al menos dos contorneados están configurados como resaltos y al menos dos contorneados están configurados como depresiones, estando formada entre los contorneados una superficie en silla de montar que, durante una revolución, transiciona alternativamente hacia un resalto y hacia una depresión, y se han divulgado también una rejilla de álabes con tales canales de álabes y una turbomáquina con tal rejilla de álabes.

10 **Lista de símbolos de referencia**

- 1 Canal de álabes
- 2 Lado de impulsión
- 4 Pala de álabe
- 6 Lado de aspiración
- 15 8 Pala de álabe
- 10 Pared lateral
- 12 Borde de flujo de entrada
- 14 Borde de flujo de entrada
- 16 Borde de flujo de salida
- 20 18 Borde de flujo de salida
- 20 Contorneado / resalto del lado de impulsión
- 22 Contorneado / resalto del lado de aspiración
- 24 Contorneado / depresión del lado de aspiración
- 26 Contorneado / depresión del lado de impulsión
- 25 28 Superficie en silla de montar
- 30 Máximo / sección más alta
- 32 Máximo / sección más alta
- 34 Sección de superficie no contorneada
- 36 Zona de desembocadura
- 30 38 Eje longitudinal
- 40 Eje longitudinal
- 42 Línea de esqueleto
- 44 Zona de desembocadura
- 46 Mínimo / sección más profunda
- 35 48 Mínimo / sección más profunda
- a Extensión de canal axial
- SP Punto de inflexión de silla de montar
- u Dirección periférica de la turbomáquina
- x Dirección axial de la turbomáquina / dirección de flujo de una corriente principal
- 40 z Dirección radial de la turbomáquina

REIVINDICACIONES

- 5 1. Canal de álabes (1) de una turbomáquina que está limitado en la dirección periférica (u) de la turbomáquina por un lado de impulsión (2) de una pala de álabe (4) y por un lado de aspiración opuesto (6) de una pala de álabe contigua (8), que está limitado en la dirección radial (z) de la turbomáquina por dos paredes laterales opuestas (10) y cuya extensión en la dirección axial (x) de la turbomáquina está limitada por bordes de flujo de entrada (12, 14) y bordes de flujo de salida (16, 18) de las palas de álabe (4, 8), en el que al menos una de las paredes laterales (10) está provista de contorneados locales (20, 22, 24, 26), de los que al menos dos contorneados están configurados como resaltos (20, 22) y al menos dos contorneados están configurados como depresiones (24, 26), en el que está formada entre los contorneados (20, 22, 24, 26) una superficie (28) en silla de montar que, durante una revolución, transiciona alternativamente hacia un resalto (20, 22) y hacia una depresión (24, 26), y en el que los resaltos (20, 22) están dispuestos sustancialmente en la dirección periférica (u) uno con respecto a otro y las depresiones (24, 26) están dispuestas sustancialmente en la dirección axial (x) una con respecto a otra, caracterizado por que la depresión delantera (24) está dispuesta cerca del lado de aspiración (6) y la depresión trasera (26) está dispuesta en el lado de impulsión, encontrándose la superficie (28) en silla de montar en la zona de cruce de los contorneados (20, 22, 24, 26).
- 10 2. Canal de álabes según la reivindicación 1, en el que la superficie (28) en silla de montar se encuentra en un intervalo de 30% a 70% de una extensión de canal axial (a).
- 15 3. Canal de álabes según la reivindicación 1, en el que la superficie (28) en silla de montar se encuentra en un intervalo de 40% a 60% de una extensión de canal axial (a).
- 20 4. Canal de álabes según la reivindicación 1, 2 o 3, en el que la superficie (28) en silla de montar se encuentra en dirección periférica aproximadamente centrada entre las palas de álabe (4, 8).
- 25 5. Canal de álabes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los resaltos (20, 22) tienen alturas diferentes y/o las depresiones (24, 26) tienen profundidades diferentes.
6. Canal de álabes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el resalto (20) se aplica con su máximo (30) al lado de impulsión (2) y el otro resalto (22) se aplica con su máximo (32) al lado de aspiración (6).
7. Canal de álabes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el resalto (20) del lado de impulsión comienza aguas arriba del resalto (22) del lado de aspiración y el resalto (22) del lado de aspiración termina aguas abajo del resalto (20) del lado de impulsión.
- 30 8. Canal de álabes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las depresiones (24, 26) están adosadas una a otra en la dirección axial (a), discurrendo dichas depresiones con su respectivo eje longitudinal (38, 40) en dirección casi paralela a la línea del esqueleto (42) de la pala de álabe (8) formadora del lado de aspiración.
9. Canal de álabes según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la depresión delantera (24) comienza aguas arriba del resalto (20) del lado de impulsión y la depresión trasera (26) termina aguas abajo del resalto (22) del lado de aspiración.
- 35 10. Rejilla de álabes de una turbomáquina con una multiplicidad de canales de álabes (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
11. Turbomáquina con al menos una rejilla de álabes según la reivindicación 10.

Fig. 1

