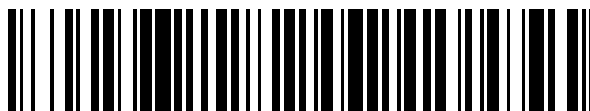


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 193**

51 Int. Cl.:

G01M 5/00 (2006.01)
F01D 5/12 (2006.01)
B64D 27/10 (2006.01)
F01D 5/14 (2006.01)
F01D 5/22 (2006.01)
F04D 29/32 (2006.01)
B64F 5/60 (2007.01)
F01D 21/00 (2006.01)
F01D 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2016 E 16191863 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3176560**

54 Título: **Procedimiento para la comprobación de una unidad de álabe móvil**

30 Prioridad:

04.12.2015 DE 102015224375

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

24.02.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DOPFER, MANFRED;
PERNLEITNER, MARTIN y
SCHÜTZ, GOTTFRIED**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 744 193 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

Procedimiento para la comprobación de una unidad de álabe móvil

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la comprobación de una unidad de álabe móvil de una turbina de gas, en particular una turbina de gas de avión, comprendiendo la unidad de álabe móvil una banda de cubierta exterior dispuesta de manera radialmente exterior, que está unida en unión de material, en particular en una pieza, a un álabe móvil situado a continuación radialmente hacia el interior, presentando el álabe móvil una sección de flujo con un lado de presión y con un lado de aspiración, así como con un borde delantero axial y con un borde trasero axial, que unen entre sí el lado de presión y el lado de aspiración.

10 En la presente solicitud, las indicaciones de dirección como "axial" o "axialmente", "radial" o "radialmente" y "periférico" o "periférica" deben entenderse en principio con relación al eje de máquina de la turbina de gas, siempre que del contexto no resulte explícitamente o implícitamente otra cosa. Del mismo modo, los términos "delante", "delantero" o "delantera" y "detrás", "trasero" o "trasera" deben entenderse con relación a la dirección de la corriente principal en la turbomáquina, siempre que del contexto no resulte explícitamente o implícitamente otra cosa.

15 Los procedimientos de comprobación para álabes móviles de una turbina de gas se emplean especialmente en la producción para el aseguramiento de la calidad, pero también en trabajos de mantenimiento y servicio. En este contexto, especialmente en el caso de las turbinas de gas de avión, se llevan a cabo en las unidades de álabe móvil las, así llamadas, mediciones de torsión previa (*pretwist*). Para poder llevar a cabo tales mediciones y comprobaciones han de preverse en la unidad de álabe móvil unas superficies de apoyo, que hacen posible posicionar con una referencia la unidad de álabe móvil en un dispositivo de medición correspondiente. Hasta ahora, tales superficies de apoyo se producían en la banda de cubierta exterior, en un lado axialmente trasero situado muy cerca del lado del borde trasero axial del álabe móvil. Correspondientemente, en tal puesta a disposición de una superficie de apoyo se ha presentado el problema de que al formar la superficie de apoyo se ha visto afectado el borde trasero, en particular se ha visto dañado. Los daños en el borde delantero o en el borde trasero del álabe móvil son por una parte costosos de reparar y por otra parte, si no se percibe el daño, un borde delantero o trasero dañado repercute desventajosamente en el rendimiento de la turbina de gas.

20 Por el documento US 2010/0288052 A1 se conoce un procedimiento de comprobación para tensiones en extremos de álabes móviles en virtud de fuerzas centrífugas.

El objetivo de la invención es evitar las desventajas anteriormente mencionadas.

Este objetivo se logra mediante los objetos de las reivindicaciones independientes.

30 El procedimiento comprende las etapas siguientes:

poner a disposición una unidad de álabe móvil;

35 mecanizar la banda de cubierta exterior en su lado axialmente delantero o axialmente trasero, seleccionándose para la mecanización el lado que presente la mayor distancia al borde delantero axial o borde trasero axial adyacente del álabe móvil, produciéndose mediante la mecanización del lado seleccionado una superficie de apoyo;

poner a disposición la unidad de álabe móvil con superficie de apoyo en un dispositivo de medición, en particular un dispositivo de medición para determinar una curvatura o torsión de la unidad de álabe móvil alrededor de un eje, en particular alrededor de un eje de rosca o un eje longitudinal del álabe móvil.

40 Mediante el procedimiento propuesto pueden mecanizarse en cada caso óptimamente unidades de álabe móvil para un determinado tipo de turbina de gas, con el fin de poder producir una superficie de apoyo para una medición subsiguiente, en particular una medición de torsión previa, siendo posible minimizar el riesgo de dañar el borde delantero o el borde trasero del álabe móvil.

45 Con respecto a la elección del lado axial de la banda de cubierta exterior, se prefiere que la superficie de apoyo se produzca en el lado axialmente delantero de la banda de cubierta exterior. Por regla general, un saliente axial de la banda de cubierta exterior en el lado delantero axial es mayor que el saliente axial en el lado trasero axial, de manera que al producir una superficie de apoyo en el lado delantero axial de la banda de cubierta exterior puede minimizarse el riesgo de dañar el álabe móvil, en particular su borde delantero.

La mecanización de la banda de cubierta exterior se lleva a cabo preferiblemente mediante un procedimiento por arranque de virutas, en particular un fresado o un rectificad.

50 Como perfeccionamiento, se propone que la mecanización de la banda de cubierta exterior se lleve a cabo de manera que la superficie de apoyo presente en dirección axial una distancia al borde delantero axial del álabe móvil. En otras palabras, un saliente axial de la banda de cubierta exterior con respecto al borde delantero o al borde trasero del álabe móvil se elimina sólo parcialmente, de manera que pueda reducirse aún más el riesgo de dañar el álabe móvil.

Además, se propone que el lado no seleccionado de la banda de cubierta exterior permanezca sin mecanizar. En el caso preferido de producir la superficie de apoyo en el lado delantero axial de la banda de cubierta exterior, el lado axialmente trasero de la banda de cubierta exterior permanece sin mecanizar. En particular, la unidad de álabe móvil, por regla general fundida, puede presentar su superficie de fundición original en el lado no mecanizado de la banda de cubierta exterior.

5 El procedimiento puede emplearse en la producción de una turbina de gas y/o en el mantenimiento de una turbina de gas.

10 El objetivo indicado anteriormente se logra además mediante una unidad de álabe móvil con una banda de cubierta exterior dispuesta de manera radialmente exterior, que está unida en unión de material, en particular en una pieza, a un álabe móvil situado a continuación radialmente hacia el interior, en donde el álabe móvil presenta una sección de flujo con un lado de presión y con un lado de aspiración, así como con un borde delantero axial y con un borde trasero axial, que unen entre sí el lado de presión y el lado de aspiración, presentando la banda de cubierta exterior, en su lado axialmente delantero o axialmente trasero, una superficie de apoyo producida mediante una mecanización por arranque de virutas, estando la superficie de apoyo formada en el lado que presenta la mayor distancia a un borde delantero axial o borde trasero axial adyacente del álabe móvil.

15 En este contexto, se prefiere que la superficie de apoyo esté formada en el lado axialmente delantero de la banda de cubierta exterior.

20 Como perfeccionamiento, se propone que el álabe móvil esté interiormente en dirección radial unido a una sección de raíz, en particular unido en unión de material, estando la sección de raíz preferiblemente configurada como raíz de abeto y estando la sección de raíz preparada para unir la unidad de álabe móvil a un disco de rotor de la turbina de gas, en particular mediante unión geométrica.

25 La invención se refiere además también a una turbina de gas, en particular una turbina de gas de avión, con al menos una etapa de compresor y al menos una etapa de turbina, en donde la etapa de turbina presenta un rotor de turbina con varias unidades de álabe móvil dispuestas una junto a otra en la dirección periférica y en donde la etapa de compresor presenta un rotor de compresor con varias unidades de álabe móvil dispuestas una junto a otra en la dirección periférica, caracterizada por que el rotor de turbina y/o el rotor de compresor comprenden al menos una unidad de álabe móvil que presenta una de las características anteriormente mencionadas.

A continuación se describe la invención a modo de ejemplo y de forma no restrictiva haciendo referencia a las figuras adjuntas.

30 La Figura 1 muestra, en una representación esquemática simplificada, una parte de una unidad de álabe móvil con una banda de cubierta radialmente exterior y con un álabe móvil. La Figura 2 muestra una representación en perspectiva esquemática simplificada de un borde trasero axial de un álabe móvil, estando el borde trasero dañado.

35 La Figura 1 muestra, en una vista superior desde la dirección periférica, una unidad 10 de álabe móvil con un álabe móvil 12 y con una banda 14 de cubierta exterior que está unida al álabe móvil 12 y dispuesta exteriormente en dirección radial RR. El álabe móvil 12 presenta un perfil de flujo con un lado de aspiración, que no es visible en la representación elegida, y con un lado 16 de presión. El lado de aspiración y el lado 16 de presión están unidos entre sí mediante un borde delantero axial 18 y un borde trasero axial 20.

40 El borde delantero 18 y el borde trasero 20 se convierten en 22 y en 24 en la banda 14 de cubierta exterior, en particular en un lado delantero 26 y un lado trasero 28 respectivos, sobresaliendo la banda 14 de cubierta exterior con su lado delantero 26 o su lado trasero 28 en dirección axial AR un poco del borde delantero 18 o del borde trasero 20, lo que está indicado mediante las dos líneas de distancia AB1 y AB2. En la representación puede verse que la distancia AB1 es mayor que la distancia AB2. Para preparar la unidad 10 de álabe móvil para una medición que se haya de llevar a cabo por ejemplo en el marco de trabajos de mantenimiento o para el aseguramiento de la calidad en la producción, en particular para una, así llamada, medición de torsión previa, se elimina algo de material en el lado de la banda 14 de cubierta exterior que presente la mayor distancia al borde del álabe móvil 12 adyacente al mismo, con el fin de producir una superficie 30 de apoyo o de referencia preferiblemente plana. En la representación de la Figura 1, la superficie 30 de apoyo se indica con una línea de puntos a cierta distancia del lado delantero 26. Hay que señalar que, por motivos de representación, la representación de la superficie 30 de apoyo está representada a una distancia clara del lado delantero 26, aunque la remoción de material en el lado delantero 26 para producir una superficie 30 de apoyo en realidad puede estar en un intervalo de (sub)milímetros. La superficie 30 de apoyo misma producida mediante un procedimiento por arranque de virutas (remoción de material en el lado delantero 26) sigue presentando una distancia al borde delantero 18 del álabe móvil 12 que es algo menor que la distancia AB1, pero que por regla general sigue siendo mayor que la distancia AB2. Con LA se indica un eje longitudinal de la unidad 10 de álabe móvil.

55 La Figura 2 muestra una perspectiva parcial esquemática simplificada del borde trasero 20 de una unidad 10 de álabe móvil tras una mecanización, hasta ahora conocida, del lado trasero 28 de la banda 14 de cubierta exterior, habiéndose elegido la dirección visual en dirección axial AR de acuerdo aproximadamente con la flecha II de la Figura 1. Mediante una remoción de material en el lado trasero 28 se ha producido una superficie 30a de apoyo, habiéndose dañado también el borde trasero 20 del álabe móvil 12 en su zona superior en dirección radial RR. El daño en el borde trasero

20 puede verse mediante el escalón 32 indicado en la zona 24 de transición, rodeada con un círculo de trazos, entre el borde trasero 20 y el lado trasero 28. Tal daño no deseado en el borde trasero 20 puede ocurrir en la práctica, en un álabe conocido, ya al rectificar el lado trasero 28 de la banda 14 de cubierta exterior, concretamente en particular cuando las tolerancias de fabricación se han sumado de forma desafortunada durante la producción del álabe móvil, por regla general fundido.

Para evitar tales daños en un borde delantero 18 o en un borde trasero 20 de un álabe móvil, se propone el procedimiento aquí presentado, en el que la remoción de material debe realizarse en el lado de la banda de cubierta exterior que presente la mayor distancia a su borde de álabe móvil adyacente. El procedimiento propuesto se desvía de la práctica existente hasta ahora de prever la superficie de apoyo siempre en el mismo lado, por regla general el lado trasero 28 de la banda 14 de cubierta exterior de la unidad 10 de álabe móvil.

En el procedimiento propuesto puede ponerse a disposición una unidad 10 de álabe móvil. Esto puede realizarse por ejemplo en la producción en calidad de nueva tras la fundición de la unidad de álabe móvil. En la unidad 10 de álabe móvil producida en calidad de nueva y puesta a disposición se determina qué lado 26, 28 de la banda 14 de cubierta exterior presenta la mayor distancia al borde 18, 20 correspondiente del álabe móvil. En el lado, en la Figura 1 el lado delantero 26, que presente la mayor distancia (AB1) se forma entonces la superficie 30 de apoyo, en particular mediante un procedimiento por arranque de virutas, como un fresado o un rectificado. Produciendo la superficie 30 de apoyo se prepara la unidad 10 de álabe móvil para pruebas o exámenes ulteriores en un dispositivo de medición, estando el dispositivo de medición en particular preparado para determinar una curvatura o una torsión del álabe móvil 10 alrededor de un eje determinado, como por ejemplo el eje de rosca o el eje longitudinal. En este contexto, la superficie 30 de apoyo está configurada como superficie plana y no presenta ninguna deformación, depósito o similares formados debido al funcionamiento, de manera que mediante la superficie 30 de apoyo pueden llevarse a cabo las mediciones necesarias en la unidad 10 de álabe móvil o en el álabe móvil 12.

Como alternativa, la puesta a disposición de una unidad 10 de álabe móvil puede realizarse por ejemplo también desmontando con fines de mantenimiento una corona de álabes móviles de una etapa de turbina o de un etapa de compresor de una turbina de gas, en particular una turbina de gas de avión, y desmontando las distintas unidades de álabe móvil. En estas unidades de álabe móvil, por regla general ya están previstas unas superficies de apoyo o referencia correspondientes. Entonces, las unidades de álabe móvil utilizadas se preparan para pruebas o exámenes ulteriores en un dispositivo de medición. Esto puede comprender en particular la etapa siguiente: una limpieza y en caso dado una comprobación o una mecanización ulterior de la superficie de apoyo. Sin embargo, no en todos los casos es necesaria una limpieza o una mecanización ulterior de la superficie de apoyo. Como ya se ha mencionado anteriormente para una unidad de álabe móvil producida en calidad de nueva, el dispositivo de medición está preparado en particular para determinar una curvatura o una torsión del álabe móvil 10 alrededor de un eje determinado, como por ejemplo el eje de rosca o el eje longitudinal. En este contexto puede determinarse en particular si debido al funcionamiento de la turbina de gas ha aparecido una pérdida de torsión (*twist*) en una unidad de álabe móvil examinada. En este contexto, la superficie 30 de apoyo está configurada preferiblemente como superficie plana, de manera que mediante la superficie 30 de apoyo pueden llevarse a cabo las mediciones necesarias en la unidad 10 de álabe móvil o en el álabe móvil 12. En particular, tras una limpieza o una eventual mecanización ulterior, la superficie 30 de apoyo no presenta ninguna deformación, depósito o similares formados debido al funcionamiento.

En el marco de los trabajos de mantenimiento también es imaginable que se dejen las superficies de apoyo ya existentes, por ejemplo en el lado trasero de la banda de cubierta exterior de la unidad de álabe móvil, y se cree una nueva superficie de apoyo o referencia según el procedimiento propuesto, en particular en el lado delantero de la banda de cubierta exterior.

Lista de símbolos de referencia

- 10 Unidad de álabe móvil
- 12 Álabe móvil
- 14 Banda de cubierta exterior
- 16 Lado de presión
- 18 Borde delantero
- 20 Borde trasero
- 22 Zona de transición
- 24 Zona de transición
- 26 Lado delantero
- 28 Lado trasero

	30	Superficie de apoyo
	30a	Superficie de apoyo
	32	Escalón
	AB1	Distancia
5	AB2	Distancia
	AR	Dirección axial
	RR	Dirección radial
	UR	Dirección periférica
	LA	Eje longitudinal de la unidad 10 de álabe móvil

10

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la comprobación de una unidad (10) de álabe móvil de una turbina de gas, comprendiendo la unidad (10) de álabe móvil una banda (14) de cubierta exterior dispuesta de manera radialmente exterior, que está unida en unión de material a un álabe móvil (12) situado a continuación radialmente hacia el interior, presentando el álabe móvil (12) una sección de flujo con un lado (16) de presión y con un lado de aspiración, así como con un borde delantero axial (18) y con un borde trasero axial (20), que unen entre sí el lado (16) de presión y el lado de aspiración, comprendiendo el procedimiento la etapa siguiente:
- 5 poner a disposición una unidad (10) de álabe móvil;
- caracterizado por las etapas:
- 10 mecanizar la banda (14) de cubierta exterior en su lado axialmente delantero o axialmente trasero (26, 28), seleccionándose para la mecanización el lado (26, 28) que presente la mayor distancia (AB1, AB2) al borde delantero axial (18) o borde trasero axial (20) adyacente del álabe móvil (10), produciéndose mediante la mecanización del lado (26) seleccionado una superficie (30) de apoyo de tal manera que la unidad de álabe móvil puede posicionarse con una referencia en un dispositivo de medición;
- 15 posicionar la unidad (10) de álabe móvil con la superficie (30) de apoyo en un dispositivo de medición, que está preparado para determinar una curvatura o torsión de la unidad (10) de álabe móvil alrededor de su eje de rosca o de su eje longitudinal (LA).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la superficie (30) de apoyo se produce en el lado axialmente delantero (26) de la banda (14) de cubierta exterior.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1, en donde la mecanización de la banda (14) de cubierta exterior se lleva a cabo mediante un procedimiento por arranque de virutas, en particular un fresado o un rectificado.
4. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en donde la mecanización de la banda (14) de cubierta exterior se lleva a cabo de tal manera que la superficie (30) de apoyo presenta en la dirección axial (AR) una distancia al borde delantero axial (18) del álabe móvil (12).
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el lado (28) no seleccionado de la banda (14) de cubierta exterior permanece sin mecanizar.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, empleándose éste en la producción de una turbina de gas y/o en el mantenimiento de una turbina de gas.
- 30 7. Unidad de álabe móvil con una banda (14) de cubierta exterior dispuesta de manera radialmente exterior, que está unida en unión de material a un álabe móvil (12) situado a continuación radialmente hacia el interior, en donde el álabe móvil (12) presenta una sección de flujo con un lado (16) de presión y con un lado de aspiración, así como con un borde delantero axial (18) y con un borde trasero axial (20), que unen entre sí el lado (16) de presión y el lado de aspiración, caracterizada por que la banda (14) de cubierta exterior presenta, en su lado axialmente delantero o axialmente trasero (26, 28), una superficie (30) de apoyo producida mediante una mecanización por arranque de virutas, de tal manera que la unidad de álabe móvil puede posicionarse con una referencia en un dispositivo de medición, estando la superficie (30) de apoyo formada en el lado (26) que presenta la mayor distancia (AB1, AB2) a un borde delantero axial (18) o borde trasero axial (20) adyacente del álabe móvil (12).
- 35 8. Unidad de álabe móvil según la reivindicación 7, caracterizada por que la superficie (30) de apoyo está formada en el lado axialmente delantero (26) de la banda (14) de cubierta exterior.
- 40 9. Unidad de álabe móvil según la reivindicación 7 u 8, caracterizada por que el álabe móvil (12) está interiormente en dirección radial unido a una sección de raíz, en particular unido en unión de material, estando la sección de raíz preferiblemente configurada como raíz de abeto y estando la sección de raíz preparada para unir la unidad de álabe móvil a un disco de rotor de la turbina de gas.
- 45 10. Turbina de gas, en particular turbina de gas de avión, con al menos una etapa de compresor y al menos una etapa de turbina, en donde la etapa de turbina presenta un rotor de turbina con varias unidades de álabe móvil dispuestas una junto a otra en la dirección periférica y en donde la etapa de compresor presenta un rotor de compresor con varias unidades de álabe móvil dispuestas una junto a otra en la dirección periférica, caracterizada por que el rotor de turbina y/o el rotor de compresor comprenden al menos una unidad (10) de álabe móvil según las reivindicaciones 7 a 9.

Fig. 1

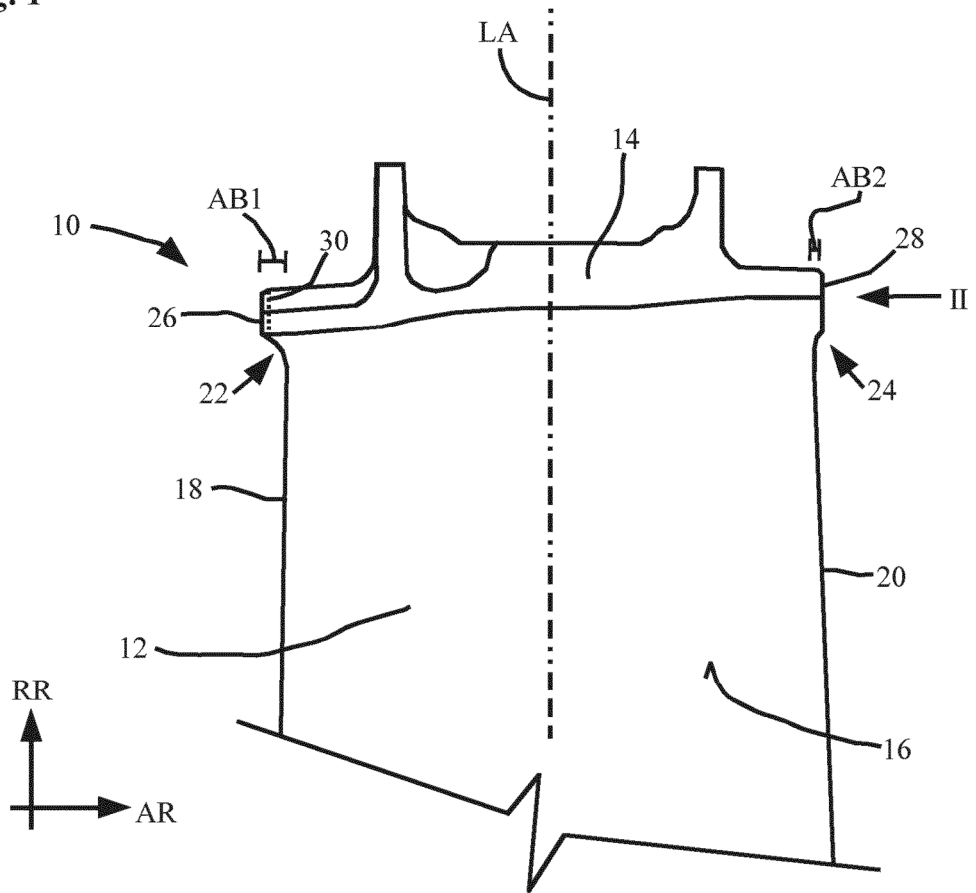


Fig. 2

