

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 918**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/30**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.05.2020 PCT/DE2020/000097**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.12.2020 WO20239151**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2020 E 20736246 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2024 EP 3976932**

54 Título: **Álabe móvil con contorno de pie de álabe con una sección recta provista en una sección de contorno cóncava**

30 Prioridad:

**24.05.2019 DE 102019207620**

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

**02.07.2024**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**PERNLEITNER, MARTIN;  
FRENO, DIETER;  
WITTIG, KLAUS;  
EICHLER, CHRISTIAN;  
FRIEDRICH, LUTZ y  
LINHARD, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 974 918 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

Álabe móvil con contorno de pie de álabe con una sección recta provista en una sección de contorno cóncava

## 5 Descripción

La presente invención se refiere a un álabe móvil para una turbina de gas, en particular, una turbina de gas aeronáutica, con una sección de álabe y con un pie de álabe que está unido a la sección de álabe, en donde el pie de álabe presenta un contorno de pie de álabe izquierdo y derecho, con respecto a una vista en sección transversal, en donde el contorno del pie de álabe, partiendo de un extremo inferior del pie de álabe presenta al menos dos secciones de contorno convexas y al menos dos secciones de contorno cóncavas, en donde, partiendo del extremo inferior a lo largo del contorno de pie de álabe entre una sección de contorno convexa y una sección de contorno cóncava contigua, se provee una sección de contorno como sección de flanco portante durante el funcionamiento y en donde, partiendo del extremo inferior a lo largo del contorno de pie de álabe, entre una sección de contorno cóncava y una sección de contorno convexa contigua, se provee una sección de contorno como sección de flanco no portante durante el funcionamiento.

Este tipo de álabes móviles se conocen, por ejemplo, del documento DE 10 2008 002942 A1 y su pie de álabe móvil o el contorno de pie de álabe se denomina también perfil de abeto. Cuando se monta un álabe móvil de este tipo en un disco de álabe móvil, el extremo inferior del pie de álabe se encuentra radialmente en el interior y las secciones de contorno siguen unas a otras radialmente desde el interior al exterior. El eje de simetría se corresponde a este respecto con la dirección radial.

Las indicaciones de dirección como “axial”, “radial” o “perimetral” deben entenderse por principio en relación con el eje de la máquina de la turbina de gas, a menos que, por el contexto, se desprenda explícita o implícitamente lo contrario.

Durante el funcionamiento se producen tensiones elevadas en el pie de álabe, en particular, en las zonas de contorno cóncavas. Asimismo, también pueden aparecer tensiones elevadas en las secciones de contorno de disco cóncavas, que sean complementarias a las secciones de contorno convexas de los correspondientes álabes móviles.

La invención se basa en el objetivo de indicar un álabe móvil y un disco de álabe móvil, en los que se puedan reducir las tensiones que se producen durante el funcionamiento.

Para resolver este objetivo, se indican un álabe móvil con las características de la reivindicación 1, un disco de álabe móvil con las características de la reivindicación 6 y una turbina de gas con un disco de álabe móvil de este tipo.

Por tanto, se propone un álabe móvil para una turbina de gas, en particular, para una turbina de gas aeronáutica con las características de la reivindicación 1.

La provisión de una sección recta de este tipo situada entre dos secciones de arco curvadas de forma convexa lleva a una reducción mensurable de las tensiones que se producen durante el funcionamiento. En particular, se podía demostrar que la tensión en el llamado fondo de entalladura de la sección de contorno cóncava se podía reducir hasta en un 10 % en comparación con una sección de contorno cóncava, formada por una sola sección de arco o por varias secciones de arco inmediatamente consecutivas con diferentes radios.

Según la invención, la transición de la primera sección de arco y/o de la segunda sección de arco a la sección recta es una transición de curvatura continua. Esto es particularmente ventajoso en términos de tensión, pero en términos técnicos de fabricación es relativamente complejo con el proceso de brochado habitual, ya que se requiere la fabricación de herramientas de brochado especiales. Sin embargo, tales transiciones se pueden lograr de forma relativamente sencilla mediante ECM (mecanizado electroquímico) y/o mecanizado por electroerosión por hilo (*WEDM, wire electro discharge machining*).

Para que las tensiones puedan distribuirse de forma óptima, la primera sección de arco puede presentar un primer radio mayor que la segunda sección de arco. Comenzando en el extremo inferior del pie de álabe, la primera sección de arco, la sección recta y la segunda sección de arco están dispuestas consecutivamente a lo largo del contorno del pie de álabe.

La sección recta puede presentar una longitud radial de hasta aproximadamente 20 milímetros, preferiblemente, de 0,1 a 1 milímetros.

La sección de flanco no portante, contigua a la sección recta de la sección de contorno cóncava en cuestión puede estar inclinada, en particular, en un ángulo de hasta 30 ° con respecto a una tangente a la dirección circunferencial que es ortogonal a la dirección radial y dirección axial. A este respecto, hay que tener en cuenta que la inclinación de la sección de flanco no portante con radios de la primera y segunda sección de arco, que por lo demás se mantienen siendo iguales, depende de la longitud de la sección recta.

La sección recta puede estar prevista en la primera sección de contorno cóncava, comenzando por el extremo inferior del pie de álabe. De esta manera, se reducen las tensiones que actúan durante el funcionamiento, en particular, en la parte radialmente interior del pie de álabe, que presenta la menor extensión en dirección circunferencial, debido a las dos secciones de contorno cóncavas simétricamente opuestas.

5 Para resolver el objetivo planteado anteriormente, se propone un disco de álabe móvil, en particular, con varios alojamientos de pie de álabe, con las características de la reivindicación 6.

10 Según una forma de realización, el disco de álabe móvil presenta secciones de contorno de disco cóncavas, que son complementarias en cada caso a una sección de contorno convexa de un contorno de pie de álabe del correspondiente álabe móvil, que puede ser un álabe móvil según la invención u otro álabe móvil, en donde al menos una de las secciones de contorno de disco cóncavas presenta una primera sección de arco de disco, una segunda sección de arco de disco y una sección recta de disco dispuesta entre las dos secciones de arco de disco.

15 La transición de la primera sección de arco de disco y/o de la segunda sección de arco de disco a la sección recta de disco es una transición de curvatura continua según la invención.

Según la invención, la primera sección de arco de disco también presenta un primer radio mayor que la segunda sección de arco de disco. Adicional o alternativamente, la sección recta de disco presenta una longitud radial según la invención de hasta aproximadamente 20 milímetros, preferiblemente, de 0,1 a 1 milímetros.

20 A este respecto, una sección de flanco del alojamiento de pie de álabe que está libre durante el funcionamiento y la sección de flanco no portante del pie de álabe dispuesta en dirección radial por encima de esta sección de flanco libre forman un ángulo de hasta 20 °. Este ángulo también puede verse influido por la elección de la longitud de la sección recta o depende de esta elección.

Finalmente, para resolver el objetivo presentado, también se propone una turbina de gas, en particular, una turbina de gas aeronáutica con un disco de álabe móvil de este tipo o con varios álabes móviles de este tipo.

30 La invención se describe a continuación a modo de ejemplo, con referencia a las figuras adjuntas, y sin que esta implique ninguna limitación.

La Figura 1 muestra una vista en perspectiva simplificada y esquemática de un álabe móvil con su pie de álabe móvil.

35 La Figura 2 muestra una representación en sección simplificada y esquemática del pie de álabe con su contorno de pie de álabe alojado en un alojamiento de pie de álabe de un disco de álabe móvil.

La Figura 3 muestra una ampliación del área III bordeada con líneas discontinuas en la figura 2.

40 La figura 1 muestra una vista en perspectiva simplificada y esquemática de un álabe 10 móvil para una turbina de gas, en particular, para una turbina de gas aeronáutica o para un motor aeronáutico. El álabe 10 móvil comprende una sección 12 de álabe. Por sección 12 de álabe se entiende aquella parte del álabe móvil alrededor de la cual fluye fluido durante el funcionamiento, en particular, gas caliente.

45 El álabe 10 móvil presenta por debajo o radialmente en el interior un pie 14 de álabe. El pie 14 de álabe presenta contornos 16 de pie de álabe que están configurados simétricamente con respecto a un eje de simetría radial y están configurados en dirección circunferencial a ambos lados del pie 14 de álabe. Entre el pie 14 de álabe y la sección 12 de álabe está dispuesta de manera habitual una cubierta 18 radialmente interior. Además, el álabe 10 móvil también comprende una cubierta 20 radialmente exterior.

50 La figura 2 muestra el pie 14 de álabe con su contorno 16 de pie de álabe en una vista en sección simplificada. En esta representación, el pie 14 de álabe está alojado en un alojamiento de pie 22 de álabe de un disco 24 de álabe móvil únicamente esbozado. En la figura 2, se muestra el eje SA de simetría del pie 14 de álabe que se extiende en dirección RR radial. El pie 16 de álabe presenta un contorno 16 de pie de álabe respectivamente izquierdo o derecho a cada lado del eje SA de simetría. El contorno 16 de pie de álabe discurre radialmente hacia fuera, partiendo de un extremo 26 inferior o radialmente interior del pie 14 de álabe. Incluso si el pie 14 de álabe en este ejemplo presenta contornos 16 de pie de álabe simétricos, esto no representa una restricción obligatoria. El contorno de pie de álabe izquierdo y el contorno de pie de álabe derecho tampoco pueden estar configurados simétricamente entre sí, por ejemplo, debido a radios diferentes de las secciones de flanco convexas/cóncavas.

60 El contorno 16 de pie de álabe comprende dos secciones 28a, 28b de contorno convexas y dos secciones 30a, 30b de contorno cóncavas. Entre la sección 28a de contorno convexa y la sección 30a de contorno cóncava está configurada una sección 32a de flanco portante, por ejemplo, como sección recta, en este caso a modo de ejemplo. Entre la sección 28b de contorno convexa y la sección 30b de contorno cóncava está configurada otra sección 32b de flanco portante. Entre la sección 30a de contorno cóncava y la sección 28b de contorno convexa está configurada una sección 34a de flanco no portante. La expresiones portante o no portante se refieren a este respecto al caso del

funcionamiento de una turbina de gas. Durante el funcionamiento de la turbina de gas, el álabe 10 móvil o el pie 14 de álabe móvil se mueve radialmente hacia fuera debido a las fuerzas centrífugas que actúan. De manera correspondiente, las secciones 32a, 32b de flanco portantes entran en contacto con las correspondientes secciones 36a, 36b rectas portantes, que están configuradas en el alojamiento 22 de pie de álabe del disco 24 de álabe móvil. Además, este estado de funcionamiento también se muestra en las figuras 2 y 3.

Para reducir las tensiones que actúan sobre el pie de álabe durante el funcionamiento, la sección 30a de contorno cóncava presenta una primera sección 38 de arco y una segunda sección 40 de arco. Entre las dos secciones 38, 40 de arco, está configurada una sección 42 recta. La sección 42 recta presenta una longitud designada con GL en la figura 3. Esta longitud GL es en particular de hasta 20 milímetros, preferiblemente, de 0,1 a 1 milímetros. La primera sección 38 de arco presenta un radio B1 y la segunda sección 40 de arco presenta un radio B2. El radio B1 es a este respecto mayor que el radio B2. La sección 42 recta conecta las dos secciones 38, 40 de arco esencialmente en paralelo a la dirección RR radial.

La sección 34a de flanco no portante está dispuesta inclinada y forma con la tangente TG a la dirección UR circunferencial un ángulo  $\alpha$  de hasta 30°. Además, entre la sección 34a de flanco no portante y una sección 44a recta no portante del alojamiento 22 de pie de álabe se forma un ángulo  $\gamma$  de hasta 20°. El ángulo  $\beta$  que se forma entre la llamada línea SK de esqueleto y la sección 42 recta es de aproximadamente 0° a 20°, preferiblemente, de aproximadamente 12° a 18°.

La longitud GL de la sección 42 recta puede elegirse, en particular, de modo que los ángulos mencionados anteriormente no sean mayores que los valores ya mencionados. El ángulo puede ser a este respecto de 0° a 30°. La longitud GL de la sección 42 recta influye así en la inclinación de la sección 34a de flanco no portante. En particular, la inclinación o el ángulo se reducen cuanto mayor es la longitud GL.

Al proveer las secciones 42 rectas, se pueden reducir tensiones, en particular, en una zona radialmente interior del pie 14 de álabe, en la que el pie 14 de álabe presenta una extensión mínima en la dirección UR circunferencial entre las secciones 28a de contorno cóncavas. Esto significa que se puede contrarrestar mejor el desgaste o la fatiga del material en esta zona radialmente interior del pie 14 de álabe.

La presente invención también comprende un disco de álabe móvil que, de manera similar al álabe móvil según la invención, presenta una sección recta de disco (no mostrada en los dibujos) adecuada para reducir la tensión en el disco de álabe móvil, pero que no es se muestra en detalle con referencia a los dibujos.

Lista de referencias

	10	Álabe móvil
5	12	Sección de álabe
	14	Pie de álabe
	16	Contorno de pie de álabe
10	18	Cubierta interior
	20	Cubierta exterior
15	22	Alojamiento de pie de álabe
	24	Disco de álabe móvil
	26	Extremo inferior
20	28a,b	Sección de contorno convexa
	30a,b	Sección de contorno cóncava
25	32a,b	Sección de flanco portante
	34a	Sección de flanco no portante
	36a,b	Sección recta portante
30	38	Primera sección de arco
	40	Segunda sección de arco
35	42	Sección recta
	44a	Sección recta no portante
	AR	Dirección axial
40	GL	Longitud de la sección recta
	RR	Dirección radial
45	SA	Eje de simetría
	SK	Línea de esqueleto
	TG	Tangente
50	UR	Dirección perimetral

REIVINDICACIONES

1.     Álabe (10) móvil para una turbina de gas, en particular, una turbina de gas aeronáutica, con  
5           una sección (12) de álabe y  
un pie (14) de álabe que está conectado a la sección (12) de álabe, en donde el pie (14) de álabe presenta un contorno (16) de pie de álabe izquierdo y derecho con respecto a una vista en sección transversal,  
10           en donde el contorno (16) de pie de álabe, comenzando por un extremo (26) inferior del pie (14) de álabe, presenta al menos dos secciones (28a, 28b) de contorno convexas y al menos dos secciones (30a, 30b) de contorno cóncavas,  
15           en donde, comenzando por el extremo (26) inferior a lo largo del contorno (16) de pie de álabe, entre una sección (28a, 28b) de contorno convexa y una sección (30a, 30b) de contorno cóncava contigua, está provista una sección de contorno como sección (32a, 32b) de flanco portante durante el funcionamiento,  
20           en donde, comenzando por el extremo (26) inferior a lo largo del contorno (16) de pie de álabe, entre una sección (30a) de contorno cóncava y una sección (28b) de contorno convexa contigua, está provista una sección de contorno como sección (34a) de flanco no portante durante el funcionamiento y  
25           en donde al menos una de las secciones (30a) de contorno cóncavas presenta una primera sección (38) de arco, una segunda sección (40) de arco y una sección recta (42) dispuesta entre las dos secciones (38, 40) de arco,  
30           caracterizado por que  
la transición desde la primera sección (38) de arco y/o desde la segunda sección (40) de arco a la sección recta es una transición de curvatura continua.
2.     Álabe móvil según la reivindicación 1, caracterizado por que la primera sección (38) de arco presenta un primer radio (B1) mayor que la segunda sección (40) de arco.
3.     Álabe móvil según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la sección (42) recta presenta una longitud (GL) radial de hasta aproximadamente 20 milímetros, preferiblemente, de 0,1 a 1 milímetros.
4.     Álabe móvil según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la sección (34a) de flanco no portante y que sigue a la sección (42) recta de la correspondiente sección (30a) de contorno cóncava está inclinada, en particular, en un ángulo ( $\alpha$ ) de hasta 30 ° con respecto a una tangente (TG) a la dirección (UR) circunferencial que es ortogonal a la dirección (RR) radial y a la dirección (AR) axial.
5.     Álabe móvil según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la sección (42) recta que comienza en el extremo (26) inferior del pie (14) de álabe está provista en la primera sección (30a) de contorno cóncava.
6.     Disco de álabe móvil para el alojamiento de un álabe (10) móvil según una de las reivindicaciones anteriores, con secciones de contorno de disco cóncavas, que son complementarias en cada caso con respecto a una sección (28a, 28b) de contorno convexa de un contorno (16) de pie de álabe del pie (10) de álabe,  
50           en donde al menos una de las secciones de contorno de disco cóncavas presenta una primera sección de arco de disco, una segunda sección de arco de disco y una sección recta de disco dispuesta entre las dos secciones de arco de disco,  
55           caracterizado por que  
la transición desde la primera sección de arco de disco y/o desde la segunda sección de arco de disco a la sección recta de disco es preferiblemente una transición de curvatura continua y/o  
60           por que la primera sección de arco de disco presenta un primer radio mayor que la segunda sección de arco de disco, y/o  
por que la sección recta de disco presenta una longitud radial de hasta aproximadamente 20 milímetros, preferiblemente, de 0,1 a 1 milímetros.

## ES 2 974 918 T3

7. Disco (24) de álabe móvil, en particular, según la reivindicación 6, con varios alojamientos (22) de pie de álabe, en los que se aloja un respectivo álabe (10) móvil según una de las reivindicaciones anteriores con su pie (14) de álabe.
- 5 8. Disco de álabe móvil según la reivindicación 6 o 7, caracterizado por que una sección (44a) de flanco del alojamiento (22) de pie de álabe que está libre durante el funcionamiento y la sección (34a) de flanco no portante del pie (14) de álabe dispuesta en dirección (RR) radial por encima de esta sección (44a) de flanco libre forman un ángulo ( $\gamma$ ) de hasta 20 °.
- 10 9. Turbina de gas, en particular, turbina de gas aeronáutica, con un disco (24) de álabe móvil según una de las reivindicaciones 7 a 8.

**Figura 1**

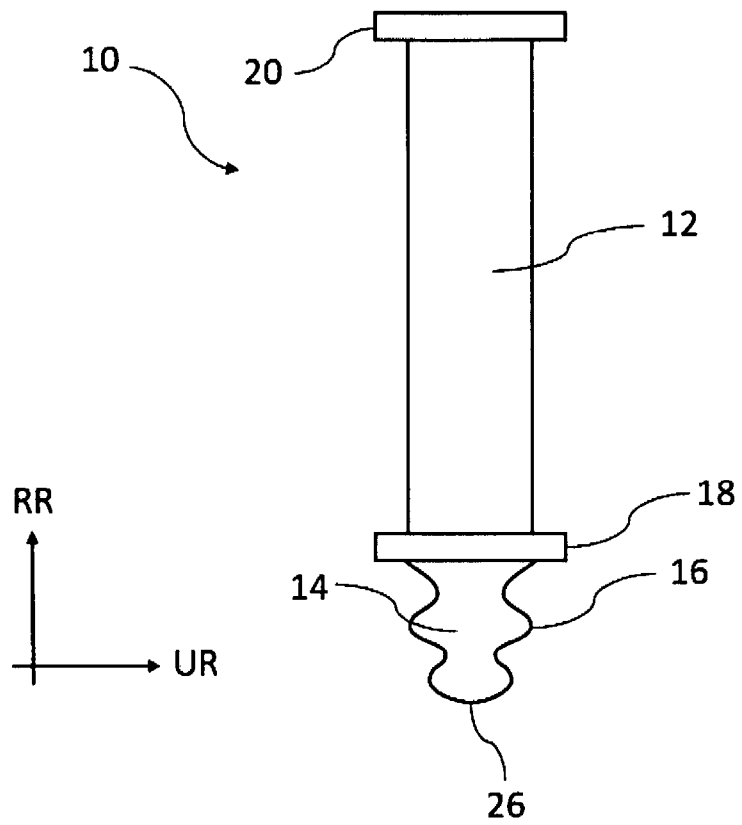


Figura 2

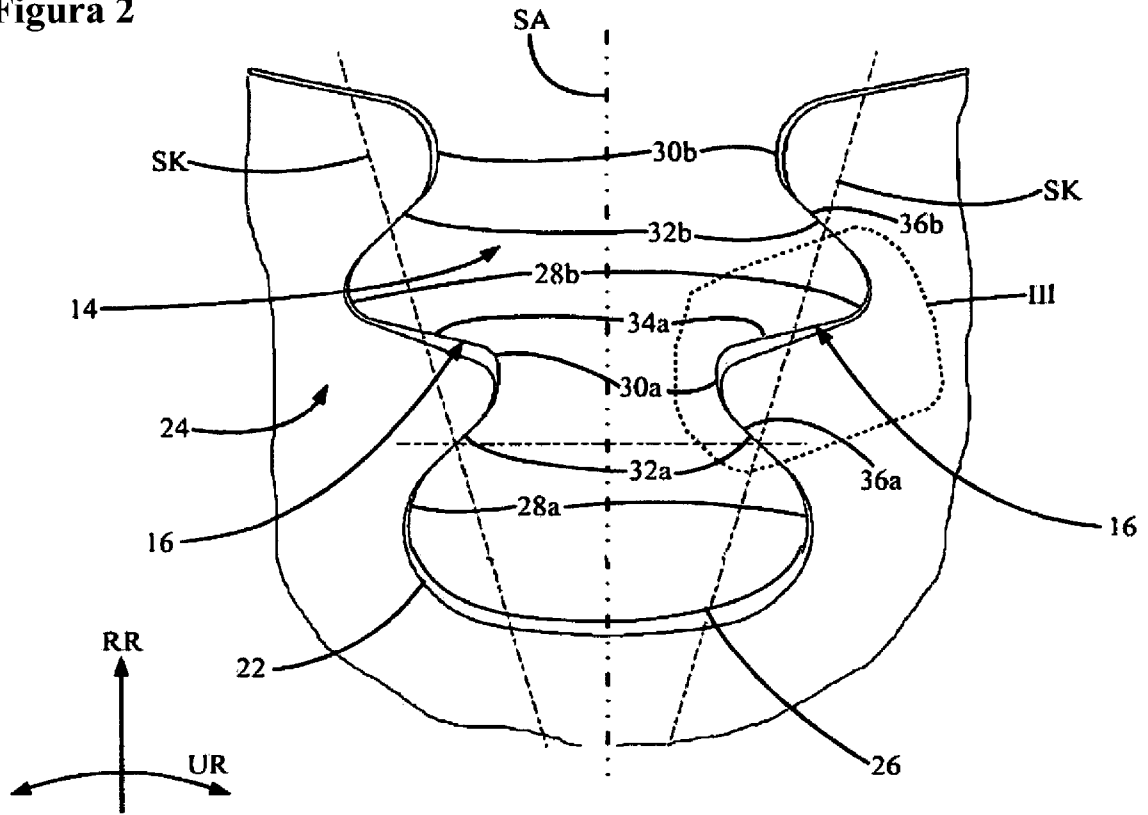


Figura 3

