

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 303**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2008 E 08167661 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2012 EP 2180141**

54 Título: **Álabe refrigerado para una turbina de gas y turbina de gas que comprende un tal álabe**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.03.2013**

73 Titular/es:

**ALSTOM TECHNOLOGY LTD (100.0%)  
BROWN BOVERI STRASSE 7  
5400 BADEN, CH**

72 Inventor/es:

**NAIK, SHAIENDRA y  
PATHAK, GAURAV**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 398 303 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 refrigerado para una turbina de gas y turbina de gas que comprende un tal álabe

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de la tecnología de las turbinas de gas. Se refiere a un álabe refrigerado para una turbina de gas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a un método para producir un álabe de ese tipo.

Técnica precedente

10 La eficiencia de las turbinas de gas depende sustancialmente de la temperatura del gas caliente que se expande en la turbina mientras se realiza un trabajo. Para tener la capacidad de elevar la eficiencia, los componentes (álabes guía, álabes móviles, segmentos de acumulación de calor, etc.) expuestos al gas caliente no solamente se deben producir a partir de materiales particularmente resistentes al calor, sino también deben estar refrigerados tan efectivamente como sea posible durante el funcionamiento. Se han desarrollado diferentes métodos en la técnica anterior en relación con la refrigeración de los álabes y éstos pueden usarse alternativamente o acumulativamente.

15 Un método consiste en conducir un refrigerante, principalmente aire de refrigeración presurizado desde el compresor de la turbina de gas, en conductos de refrigeración a través del interior de los álabes y permitir que este refrigerante emerja dentro del conducto de gas caliente a través de orificios de refrigeración dispuestos de forma distribuida. Los conductos de refrigeración pueden en este caso invertirse repetidamente el interior del álabe en una forma serpenteante (véase, por ejemplo, el documento WO-A1-2005/068783). La transferencia de calor entre el refrigerante y las paredes del álabe se puede mejorar en este caso en virtud del hecho de que se pueden generar

20 turbulencias adicionales en el flujo de refrigerante por medio de elementos de refrigeración efectivamente adecuados, por ejemplo turboladores, o refrigeración por impacto. Sin embargo, un método complementario ocasionalmente permite al refrigerante emerger desde el interior del álabe de modo que se forma sobre la superficie del álabe una película que está formada por refrigerante, denominada película refrigerante, que permite una protección adicional de los álabes contra las cargas térmicas.

25 Se le concede una importancia particular a la refrigeración del borde de salida del álabe. Es ventajoso para la eficiencia de la turbina que el borde de salida se pueda diseñar para que sea tan delgado como sea posible. Por otro lado, el borde de salida debe estar también adecuadamente refrigerado con precisión porque mientras tanto está siendo alimentado con suficiente refrigerante. Más aún, es necesario conseguir que la refrigeración sea tan uniforme como sea posible en todos los estados de funcionamiento, necesitando estar limitado el uso del refrigerante a lo que se requiera para no ejercer una influencia negativa sobre la eficiencia de la máquina.

30

El documento EP 144 3178 muestra las características técnicas del preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario de la invención

Por lo tanto es un objetivo de la invención proporcionar un álabe refrigerado para una turbina de gas que se distinga por una refrigeración mejorada.

35 El objetivo se consigue por medio de la totalidad de las características de la reivindicación 1. Es esencial para la solución propuesta que en la zona del borde de salida y transcurriendo paralela al borde de salida desde la plataforma hasta la punta del álabe en el interior de la superficie aerodinámica haya un primer conducto refrigerante al que se aplique un flujo de refrigerante desde la plataforma y desde el que se guía al refrigerante al exterior por medio de una multiplicidad de orificios distribuidos sobre el álabe, y que la sección transversal de los primeros

40 conductos de refrigerante se ahúse hacia la punta del álabe, siendo el ahusado entre el 35% y el 59%. El ahusado es aproximadamente preferiblemente el 42%.

45 Un refinamiento de la invención se distingue en que el área de la sección transversal del primer conducto de refrigeración tenga una altura en una dirección circunferencial de la turbina, y un ancho en una dirección axial de la turbina y que la relación de altura a ancho disminuya hacia la punta del álabe. En particular, la relación altura/ancho disminuye hacia la punta del álabe en un 5% al 14%, preferiblemente en aproximadamente el 9%.

Los primeros orificios de refrigeración se disponen distribuidos a lo largo del borde de salida, los segundos orificios de refrigeración se disponen distribuidos sobre la punta del álabe y los primeros y segundos orificios de refrigeración se abren al exterior en el lado de presión del álabe o se han introducido en el álabe desde el lado de presión.

50 Las entradas de los primeros orificios de refrigeración se disponen en este caso preferiblemente directamente sobre la línea central del primer conducto de refrigeración.

En particular, los primeros orificios de refrigeración tienen una forma cilíndrica y la relación de la longitud al diámetro de los primeros orificios de refrigeración está entre 20 y 35, la separación de los primeros orificios de refrigeración contiguos en una dirección radial es de 2 a 5 veces, preferiblemente 3,5 veces, su diámetro, los primeros orificios de refrigeración forman con la horizontal un ángulo de 20°-40°, preferiblemente aproximadamente 30° y el ángulo de los primeros orificios de refrigeración con la superficie del álabe está entre 8° y 15°, preferiblemente aproximadamente 10°.

De acuerdo con un refinamiento adicional de la invención, en la transición entre la plataforma y la superficie aerodinámica, los primeros orificios de refrigeración se alinean con la línea central de la superficie aerodinámica de modo que el aire refrigerante se expulsa centralmente a través de estos orificios de refrigeración en el punto de intersección entre la línea central y el perfil del borde de salida.

Otro refinamiento se distingue porque los primeros orificios de refrigeración se mezclan uniformemente en la punta del álabe en el interior de los segundos orificios de refrigeración, porque los segundos orificios de refrigeración tienen una forma cilíndrica, porque la relación de la longitud a su diámetro de los segundos orificios de refrigeración está entre 4 y 15, en que la separación de los segundos orificios de refrigeración contiguos es 4 a 6 veces, preferiblemente 5 veces, su diámetro, y porque el ángulo de los segundos orificios de refrigeración con la superficie del álabe está entre 25° y 35°, preferiblemente aproximadamente 30°.

Adicionalmente, es ventajoso para la refrigeración de los álabes cuando transcurren a través de la plataforma unos terceros y cuartos orificios de refrigeración y porque los terceros orificios de refrigeración se abren al exterior en el lado de succión del álabe, y los cuartos orificios de refrigeración se abren al exterior en el lado de presión del álabe.

Un primer desarrollo de este refinamiento se **caracteriza porque** los cuartos orificios de refrigeración tienen una forma cilíndrica y forman diferentes ángulos con el borde de la plataforma y porque la separación de los cuartos orificios de refrigeración contiguos en el exterior de la plataforma es 5 a 8 veces, preferiblemente aproximadamente 6 veces, su diámetro, y porque la relación de longitud a diámetro de los cuartos orificios de refrigeración está entre 25 y 35. Una proporción de los cuartos orificios de refrigeración salen desde el primer canal de refrigeración en su lado que mira al lado de presión del álabe.

Un segundo desarrollo de este refinamiento se **caracteriza porque** los terceros orificios de refrigeración tienen una forma cilíndrica y forman diferentes ángulos con el borde de la plataforma y porque la separación de los terceros orificios de refrigeración contiguos en el exterior de la plataforma es 6 a 8 veces, preferiblemente aproximadamente 6,5 veces, su diámetro y porque la relación de longitud a diámetro de los terceros orificios de refrigeración está entre 30 y 45. Los terceros orificios de refrigeración emergen preferiblemente desde el primer conducto de refrigeración sobre su lado que mira al lado de succión del álabe.

Otro refinamiento de la invención se distingue por que para generar y/o reforzar un flujo de aire de refrigeración turbulento se disponen nervios situados oblicuamente en el primer conducto de refrigeración, porque en la región de la plataforma se conecta el primer conducto de refrigeración por medio de un codo a un segundo conducto de refrigeración que transcurre paralelo y porque se proporciona un orificio para partículas que se guía hacia el exterior, de diámetro relativamente grande en la punta del álabe en el extremo del primer conducto de refrigeración.

La invención se puede aplicar ventajosamente en una turbina de gas que tenga una multiplicidad de álabes móviles equipados sobre un rotor y de álabes guía encajados en la carcasa que rodea al rotor, realizándose esto mediante el uso de álabes de acuerdo con la invención como álabes móviles y/o álabes guía.

40 Breve explicación de las figuras

Se va explicar la invención con más detalle a continuación con la ayuda de realizaciones de ejemplo en conjunto con el dibujo. Todos los elementos que no son esenciales para la comprensión directa de la invención se han omitido. Se proporciona a los elementos idénticos números de referencia idénticos en las diversas figuras. La dirección de flujo del medio se especifica mediante flechas. En los dibujos:

45 la figura 1 muestra una ilustración en perspectiva, simplificada de un álabe de turbina de gas refrigerado de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención, habiéndose dibujado solamente los orificios de refrigeración dispuestos distribuidos en la región del borde de salida;

la figura 2 muestra el conducto de refrigeración que transcurre paralelo al borde de salida, junto con los orificios de refrigeración que emanan de él en la figura 1;

50 la figura 2a muestra una sección ampliada de la figura 2 con la finalidad de explicar las dimensiones de la sección transversal en el conducto de refrigeración y

la figura 3 muestra, en una ilustración comparable a la figura 2, la configuración compuesta del conducto de refrigeración y los orificios de refrigeración tal como se ven desde el otro lado.

Formas de llevar a cabo la invención.

5 La figura 1 muestra una ilustración en perspectiva, simplificada de un álabe de turbina de gas refrigerado de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención. El álabe 10, que puede ser un álabe móvil que gira con el rotor alrededor del eje de la máquina, o un álabe montado en forma fija sobre la carcasa, comprende una superficie aerodinámica 11 que se extiende en una dirección longitudinal del álabe o en una dirección radial de la turbina de gas y termina en el extremo libre en una punta de álabe 14. Contiguo con el otro extremo de la superficie aerodinámica 11 hay una plataforma 12 que delimita el conducto de gas caliente y por debajo del que se ha conformado de modo integral una base de álabe 13 para el montaje del álabe 10 en una ranura, provista para este propósito, del rotor. La superficie aerodinámica está delimitada en la dirección transversal al eje longitudinal, es decir en la dirección del flujo del gas caliente de la turbina, aguas arriba mediante un borde de ataque 15 y aguas abajo mediante un borde de salida 16. Tal como se deducirá a partir de la punta del álabe 14, la superficie aerodinámica 11 tiene el perfil de sección transversal de un ala, siendo el lado curvado de modo convexo el lado de succión 17 y el lado curvado de modo cóncavo el lado de presión 18.

20 Se sirve al propósito de refrigeración del álabe 10 proporcionando en el interior un número de conductos de refrigeración que transcurren paralelos a la dirección longitudinal, se conectan en una forma en serpentina y de los que las figuras muestran solamente el último conducto de refrigeración 25, dispuesto en la zona del borde de salida 16, hay una parte del conducto de refrigeración 26 dispuesto aguas arriba del mismo (figura 2). Los dos conductos de refrigeración 25 y 26 se interconectan mediante un codo 28 en conformidad con el flujo (figura 2). Para refrigerar el álabe 10, se aplica a los conductos de refrigeración 25, 26 un flujo de aire de refrigeración 21 que (como se indica por la flecha de puntos y rayas en la figura 1) se guía hacia arriba desde la parte inferior a través de la base del álabe 13 y la plataforma 12 desde un distribuidor con aire comprimido de la turbina de gas.

25 Tal como se deduce a partir de las figuras, el borde de salida 16, la plataforma 12 y la punta de álabe 14 del álabe están penetradas por una multiplicidad de largos orificios de refrigeración 19, 20, 22 y 23 a través de los que se mueve el aire de refrigeración saliendo fuera de los conductos de refrigeración 25, 26 y en el proceso refrigera la zona del álabe 10 a través de la que fluyen. Los orificios de refrigeración 19, 20, 22 y 23 se producen por medio de taladrado EDM (Mecanizado por Electro Descarga; erosión por chispas) y/o un láser. Es posible de ese modo lograr unas tolerancias geométricas estrechas en los orificios.

30 Todos los orificios de refrigeración 22 y 23 de la superficie aerodinámica 11 y la punta del álabe 14 se abren hacia el exterior en el lado de presión 18 del álabe 10. Los orificios de refrigeración 19 y 20 y 20a, b que transcurren a través de la plataforma 12 se abren hacia el exterior en el lado de succión 17 del álabe (orificios de refrigeración 19) o en el lado de presión 18 del álabe (orificios de refrigeración 20 y 20a, b). Todos los orificios de refrigeración de los canales de refrigeración 25 (orificios de refrigeración 19, 20a, 22, 23) y 26 (orificios de refrigeración 20b) emergen en el interior del álabe 10.

35 Para permitir que el aire de refrigeración guiado hacia arriba en los conductos de refrigeración 25, 26 emerja a velocidades predeterminadas a través de todos los orificios de refrigeración 19, 20, 22, 23 sobre el borde de salida 16, la punta del álabe 14 y la plataforma 12, se optimiza dentro del alcance de la invención el conducto de refrigeración 25 en el borde de salida con relación a la sección transversal del flujo y la relación de lados (H/W en la figura 2a). Esto asegura que la presión de aire de refrigeración en el conducto de refrigeración 25 alcanza y mantiene un valor óptimo predeterminado en todos los estados de funcionamiento de la máquina. En particular, se optimiza la dependencia de las secciones transversales del flujo y de las relaciones de los lados en los conductos de refrigeración 25 en la altura del álabe (coordenadas espaciales en la dirección longitudinal del álabe). La sección transversal del flujo del conducto de refrigeración 25 se ahúsa cónicamente hacia la punta del álabe 14, específicamente en un 35% a 59%, en particular aproximadamente en el 42%. La relación H/W de la altura del conducto H en una dirección circunferencial y el ancho del conducto W en una dirección axial (véase la figura 2a) disminuye hacia la punta del álabe 14 en un 5% a 40%, en particular en aproximadamente el 9%.

40 Los primeros orificios de refrigeración 22 del álabe 10 se introducen en la superficie aerodinámica 11 desde el lado de presión 18. Se abren en el interior del álabe 10 dentro del conducto de refrigeración 25, específicamente de modo que sus agujeros caen directamente sobre la línea central (línea de rayas y puntos 30 en la figura 2) de la sección transversal del conducto de refrigeración.

45 Los primeros orificios de refrigeración 22 se alinean en este caso de modo que forman un ángulo entre 20° y 40°, preferiblemente aproximadamente 30°, con horizontal. El ángulo entre los primeros orificios de refrigeración 22 y la superficie de la superficie aerodinámica 11 está entre 8° y 15°, preferiblemente aproximadamente 10°. La separación entre los primeros orificios de refrigeración 22 contiguos en una dirección radial corresponde a 2 a 8 veces, preferiblemente aproximadamente 3,5 veces el diámetro del orificio. La relación de la longitud de los primeros orificios de refrigeración 22 al diámetro varía a lo largo de la altura del álabe en la zona entre 20 y 35. Todos los

primeros orificios de refrigeración 22 tienen una forma cilíndrica.

5 En la transición entre la plataforma 12 y la superficie aerodinámica (en el extremo inferior del conducto de refrigeración 25 en la transición al codo 28), los primeros orificios de refrigeración 22 están exactamente alineados o ampliamente exactamente a lo largo de la línea de cuerda 29 de la superficie aerodinámica 11 (línea de rayas y puntos en la figura 1) de modo que el aire de refrigeración se expulse centralmente a través de estos primeros orificios de refrigeración 22 en el punto de intersección entre la línea de cuerda 29 y el perfil del borde de salida 16.

10 Los primeros orificios de refrigeración 22 se mezclan de modo uniforme en unos segundos orificios de refrigeración 23 más cortos sobre la punta del álabe 14. Los segundos orificios de refrigeración 23 tienen una forma cilíndrica. La relación de la longitud a diámetro de los segundos orificios de refrigeración 23 está entre 4 y 15. La separación de los segundos orificios de refrigeración 23 contiguos es 4 a 6 veces, preferiblemente 5 veces su diámetro. El ángulo de los segundos orificios de refrigeración 23 a la superficie del álabe 10 está entre 25° y 35°, preferiblemente aproximadamente 30°.

15 Como ya se ha mencionado anteriormente adicionalmente, transcurren unos terceros y cuartos orificios de refrigeración 19 y 20, 20a, b a través de la plataforma 12. Abriéndose los terceros orificios de refrigeración 19 hacia el exterior en el lado de succión 17 del álabe 10, y abriéndose los cuartos orificios de refrigeración 20, 20a, b hacia el exterior en el lado de presión 18 del álabe 10. Los cuartos orificios de refrigeración 20, 20a, b tienen también una forma cilíndrica. Forman varios ángulos con el borde de la plataforma 12 (en dispersión). La separación de los cuartos orificios de refrigeración 20; 20a, b contiguos en el exterior de la plataforma 12 es de 5 a 8 veces, preferiblemente aproximadamente 6 veces su diámetro. La relación de longitud a diámetro de los cuartos orificios de refrigeración 20, 20a, b está entre 25 y 35. Una proporción (20a) de los cuartos orificios de refrigeración sale desde el primer canal de refrigeración 25 sobre su lado que mira hacia el lado de presión 18 del álabe 10. Otra parte (20b) sale desde el segundo conducto de refrigeración 26 en su lado que mira hacia el lado de presión 18 del álabe 10.

25 Los terceros orificios de refrigeración 19 tienen también una forma cilíndrica y forman diferentes ángulos con el borde de la plataforma 12. La separación de los terceros orificios de refrigeración 19 contiguos sobre el exterior de la plataforma 12 es de 6 a 8 veces, preferiblemente aproximadamente 6,5 veces, su diámetro. La relación de longitud a diámetro de los terceros orificios de refrigeración 19 cae entre 30 y 45. Los terceros orificios de refrigeración 19 salen desde el primer conducto de refrigeración 25 en su lado que mira hacia el lado de succión 17 del álabe 10.

30 Adicionalmente, para generar y/o reforzar un flujo de aire de refrigeración turbulento se disponen ventajosamente unos nervios 27 situados oblicuamente en el primer conducto de refrigeración 25. Es posible proporcionar en la punta del álabe 14 en el extremo del primer conducto refrigeración 25 un orificio de polvo 24 de diámetro mayor que conduce hacia el exterior, como es conocido per se, por ejemplo por el documento EP-A2-1 882 817, y contribuye a impedir la acumulación de polvo en el conducto de refrigeración 25.

En resumen, la invención muestra los siguientes rasgos característicos y ventajas:

- 35 • se expulsan grandes cantidades de aire de refrigeración a través de numerosos y largos orificios de refrigeración debido a los conductos de refrigeración con geometría optimizada en el borde de salida del álabe.
- Los conductos de refrigeración están equipados con turbuladores e interconectados mediante codos con geometría optimizada para minimizar la pérdida de presión y controlar los flujos a través de los varios orificios de refrigeración.
- 40 • Tanto la sección transversal de los conductos como la relación de lados del conducto refrigeración en el borde de salida disminuyen hacia la punta del álabe.
- Sale desde el conducto refrigeración una disposición optimizada de una multiplicidad de orificios de refrigeración hacia el borde de salida del álabe. Los orificios de refrigeración se introducen en el álabe por medio de un taladrado por EDM y/o láser.
- 45 • Para optimizar la refrigeración, los orificios de refrigeración en el borde de salida, sobre la punta del álabe y en la base tienen orientaciones espaciales (ángulos de inclinación, etc.), relaciones de longitud/diámetro y separaciones respecto a los otros específicas.

Lista de números de referencia

10	Álabe (turbina de gas)
11	Superficie aerodinámica
50 12	Plataforma
13	Base del álabe
14	Punta del álabe
15	Borde de ataque
16	Borde de salida
55 17	Lado de succión

## ES 2 398 303 T3

	18	Lado de presión
	19, 20, 20a,b	Orificios de refrigeración
	22, 23	Orificios de refrigeración
	21	Flujo de aire de refrigeración
5	24	Agujero de polvo
	25, 26	Pasos de refrigeración
	27	Nervio
	28	Codo
	29	Línea de cuerda (superficie aerodinámica)
10	30	Línea central (paso de refrigeración 25)

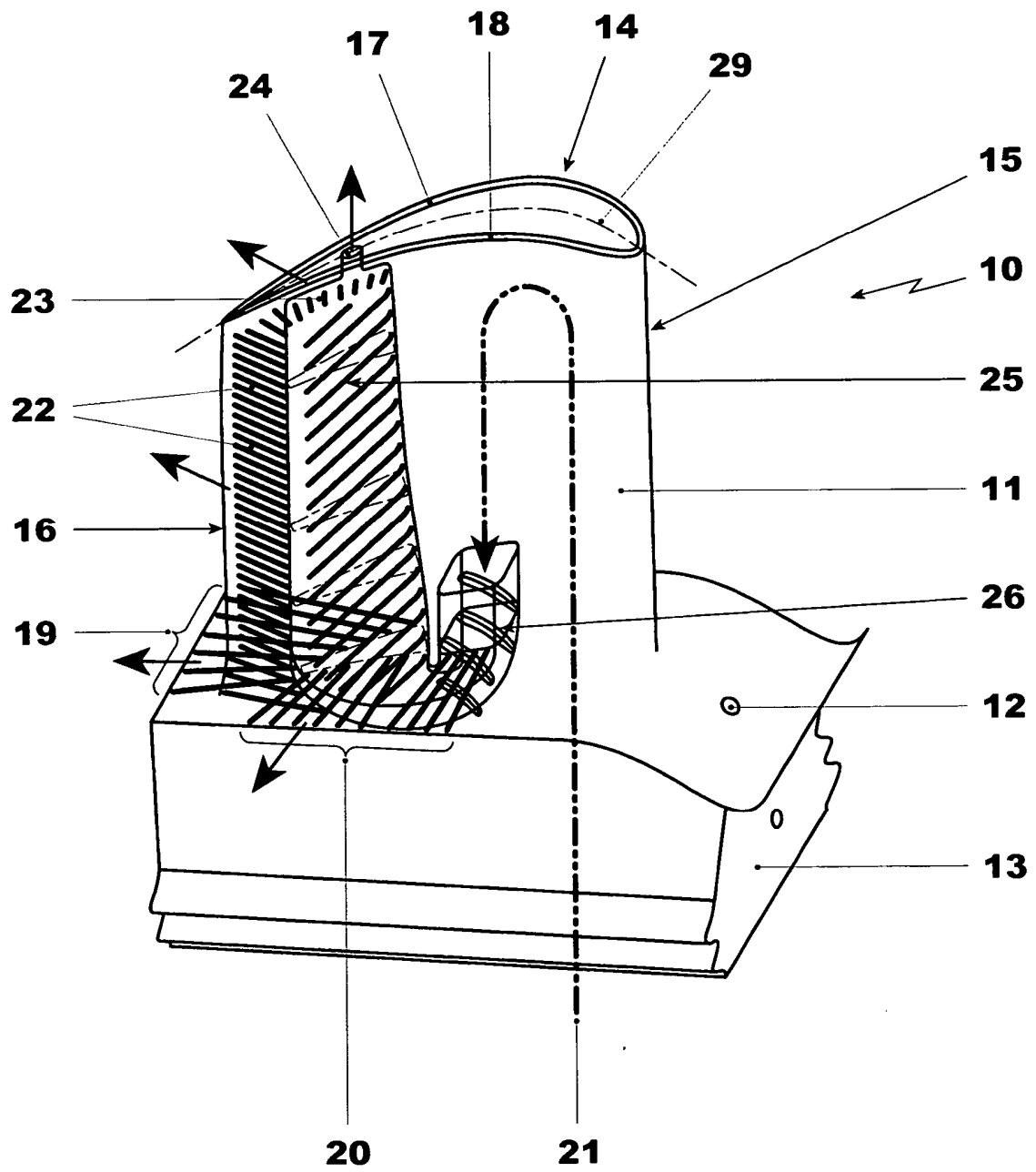
## REIVINDICACIONES

1. Un álabe refrigerado (10) para una turbina de gas, que comprende una superficie aerodinámica (11) que se extiende en una dirección radial de la turbina o en una dirección longitudinal del álabe (10), respectivamente, entre una plataforma (12) y una punta de álabe (14), está limitado transversalmente en la dirección longitudinal mediante un borde de ataque (15) y un borde de salida (16) y tiene un lado de succión (17) y un lado de presión (18), en el que en una zona del borde de salida (16) y transcurriendo paralelos al borde de salida (16) desde la plataforma (12) hacia arriba de la punta del álabe (14) en el interior de la superficie aerodinámica (11) hay un primer conducto de refrigeración (25), que se alimenta con un flujo de refrigerante (21) desde la plataforma (12) y desde el que se guía el refrigerante hacia el exterior por medio de una multiplicidad de agujeros (19, 20a, 22, 23) diseñados como orificios de refrigeración alargados (19, 20a, 22, 23) producidos mediante taladrado por EDM (Mecanizado por Electro Descarga) o láser y dispuestos distribuidos sobre el álabe (10), en el que la sección transversal del primer conducto de refrigeración (25) se ahúsa hacia la punta del álabe (14), siendo el ahusado entre el 35% y el 59%, en el que los primeros orificios de refrigeración (22) se disponen distribuidos a lo largo del borde de salida (16), se disponen unos segundos orificios de refrigeración (23) distribuidos sobre la punta del álabe (14), en el que los primeros orificios de refrigeración (22) tienen una forma cilíndrica, la relación de longitud a diámetro de los orificios de refrigeración (22) en una dirección radial es 2 a 5 veces su diámetro los primeros orificios de refrigeración (22) forman con la horizontal un ángulo de 20 a 40°, **caracterizado por que** los primeros y segundos orificios de refrigeración (22, 23) se abren hacia el exterior en el lado de presión (18) del álabe (10) o se han introducido dentro del álabe (10) desde el lado de presión (18) y el ángulo de los primeros orificios de refrigeración (22) con la superficie del álabe (10) está entre 8° y 15°.
2. El álabe de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el ahusado es aproximadamente del 42%.
3. El álabe de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado por que** el área de la sección transversal del primer conducto de refrigeración (25) tiene una altura (H) en una dirección circunferencial de la turbina, y un ancho (W) en una dirección axial de la turbina, y **por que** la relación de lados alto/ancho (H/W) disminuye hacia la punta del álabe (14).
4. El álabe de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** la relación de lados alto/ancho (H/W) disminuye hacia la punta del álabe (14) en un 5% a un 14%, preferiblemente en aproximadamente el 9%.
5. El álabe de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** las entradas de los primeros orificios de refrigeración (22) se disponen directamente sobre la línea central (30) del primer conducto de refrigeración (25).
6. El álabe de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** la separación de los primeros orificios de refrigeración (22) contiguos en una dirección radial es 3,5 veces su diámetro, **por que** los primeros orificios de refrigeración (22) forman con la horizontal un ángulo de aproximadamente 30° y **por que** el ángulo de los primeros orificios de refrigeración (22) con la superficie del álabe (10) es de aproximadamente 10°.
7. El álabe de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** en la transición entre la plataforma (12) y la superficie aerodinámica (11) los primeros orificios de refrigeración (22) se alinean con la línea de cuerda (29) de la superficie aerodinámica (11) de modo que el aire de refrigeración se expulse centralmente a través de estos orificios de refrigeración (22) en el punto de intersección entre la línea de cuerda (29) y el perfil del borde de salida (16).
8. El álabe de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los primeros orificios de refrigeración (22) se mezclan uniformemente en la punta del álabe (14) en los segundos orificios de refrigeración (23), **por que** los segundos orificios de refrigeración (23) tienen una forma cilíndrica, **por que** la relación de la longitud a diámetro de los segundos orificios de refrigeración (23) está entre 4 y 15, **por que** la separación de los segundos orificios de refrigeración (23) contiguos es de 4 a 6 veces, preferiblemente 5 veces, su diámetro, y **por que** el ángulo de los segundos orificios de refrigeración (23) a la superficie del álabe (10) está entre 25° y 35°, preferiblemente aproximadamente 30°.
9. El álabe de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** los terceros y cuartos orificios de refrigeración (19 y 20, 20a, b, respectivamente) transcurren a través de la plataforma (12) y porque los terceros orificios de refrigeración (19) se abren al exterior sobre el lado de succión (17) del álabe (10) y los cuartos orificios de refrigeración (20, 20a, b) se abren al exterior sobre el lado de presión (18) del álabe (10).
10. El álabe de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** los cuartos orificios de refrigeración (20; 20a, b) tienen una forma cilíndrica y forman diferentes ángulos con el borde de la plataforma (12) y porque la separación de los cuartos orificios de refrigeración (20; 20a, b) contiguos en el exterior de la plataforma (12) es de 5 a 8 veces, preferiblemente aproximadamente 6 veces, su diámetro, y porque la relación de longitud a diámetro de los cuartos

orificios de refrigeración (20; 20a, b) está entre 25 y 35.

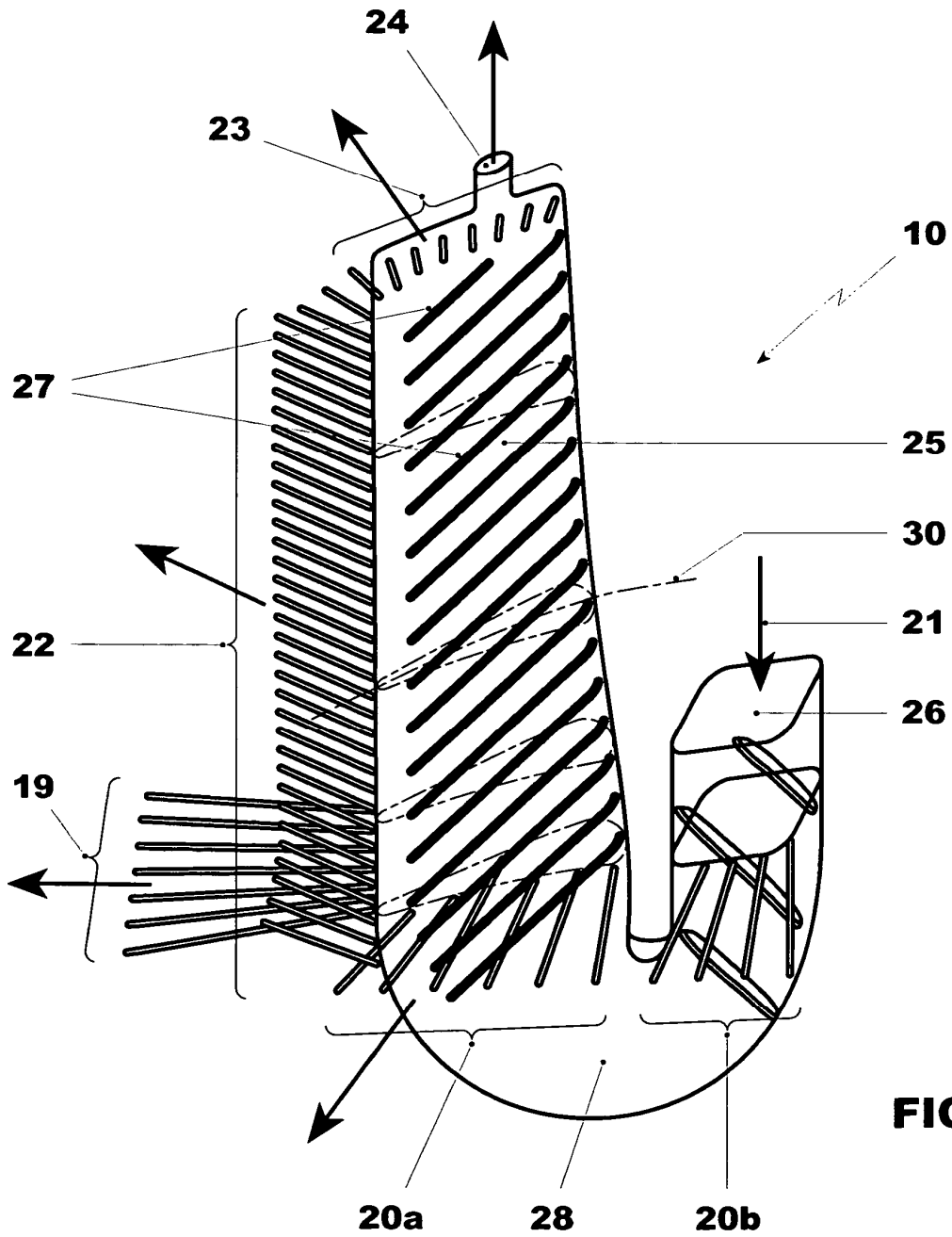
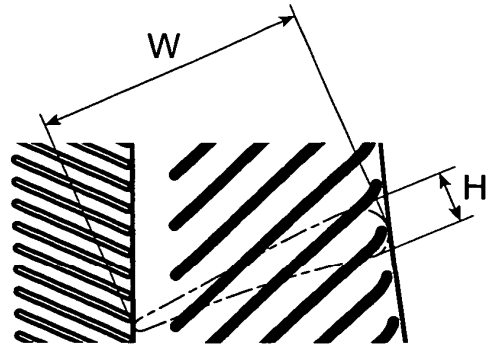
11. El álabe de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** una proporción (20a) de los cuartos orificios de refrigeración salen desde el primer canal de refrigeración (25) sobre su lado que mira hacia el lado de presión (18) del álabe (10).
- 5 12. El álabe de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado por que** los terceros orificios de refrigeración (19) tienen una forma cilíndrica y forman diferentes ángulos con el borde de la plataforma (12), y porque la separación de los terceros orificios de refrigeración (19) contiguos en el exterior de la plataforma (12) es 6 a 8 veces, preferiblemente aproximadamente 6,5 veces su diámetro, y porque la relación de longitud a diámetro de los terceros orificios de refrigeración (19) está entre 30 y 45.
- 10 13. El álabe de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado por que** los terceros orificios de refrigeración (19) emergen desde el primer conducto de refrigeración (25) sobre su lado que mira hacia el lado de succión (17) del álabe (10).
14. El álabe de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado por que** para generar y/o reforzar un flujo de aire de refrigeración turbulento se disponen nervios (27) situados oblicuamente en el primer conducto de refrigeración (25), **por que** en la región de la plataforma (12) el primer conducto de refrigeración (25) se conecta por medio de un codo (28) a un segundo conducto de refrigeración (26) que transcurre paralelo y **por que** se proporciona un orificio de polvo (24) de guía hacia el exterior de diámetro relativamente grande en la punta del álabe (14) en el extremo del primer conducto de refrigeración (25).
- 15
- 20 15. Una turbina de gas que tiene una multiplicidad de álabes móviles equipados sobre un rotor y de álabes guía equipados en una carcasa que rodea al rotor, **caracterizada por que** se usan álabes de acuerdo con la reivindicación 1 a 14, como álabes móviles y/o álabes guía.



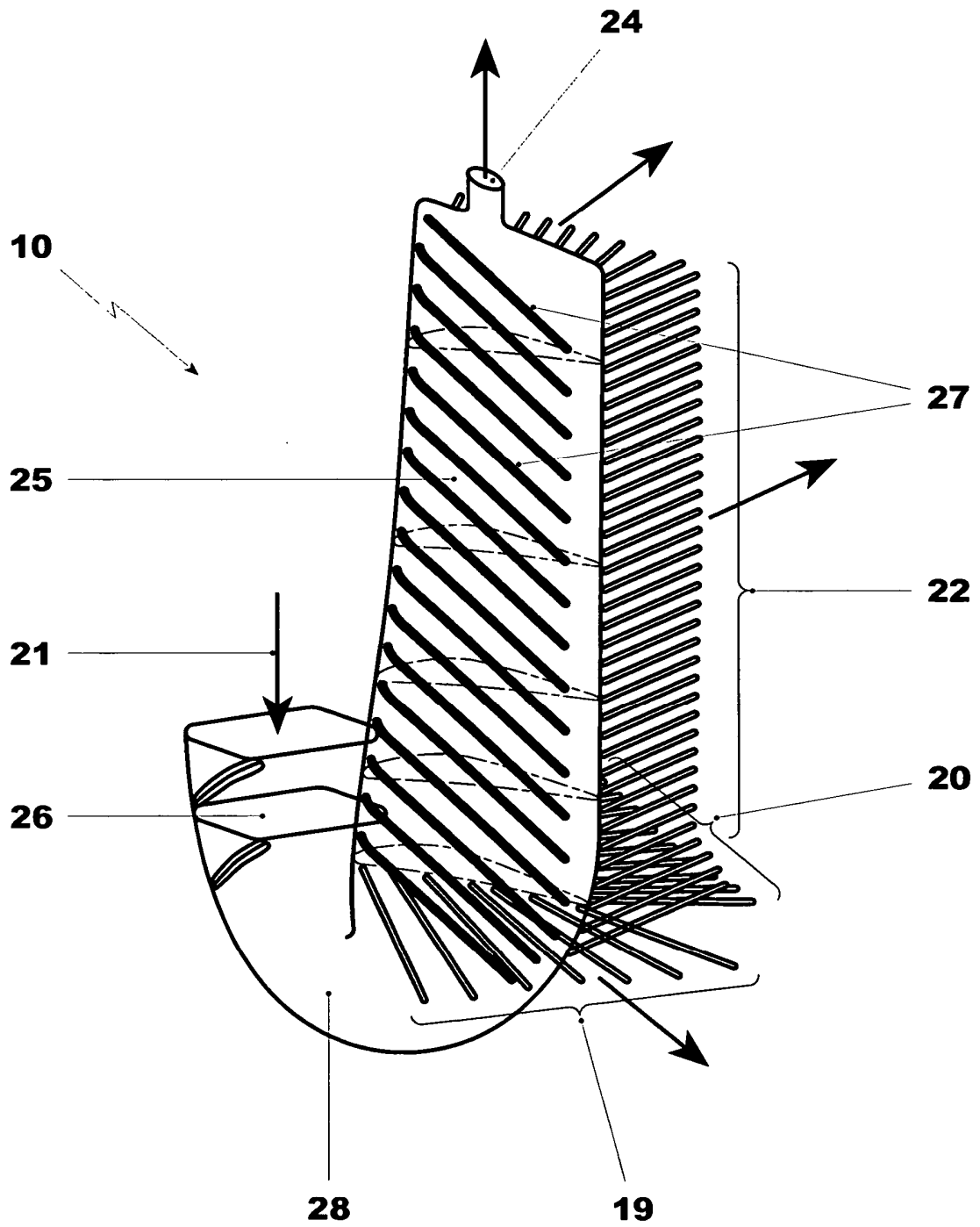


**FIG. 1**

**FIG. 2a**



**FIG. 2**



**FIG. 3**