

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 374 668**

51 Int. Cl.:
F01D 5/18

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03748303 .9**

96 Fecha de presentación: **25.09.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1543219**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **22.06.2005**

54 Título: **DISEÑO DE REFRIGERACIÓN POR GENERACIÓN DE TURBULENCIA POR UN ÁLABE DE TURBINA.**

30 Prioridad:
26.09.2002 GB 0222352

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.02.2012

73 Titular/es:
**DORLING, KEVIN
25 STANWAY ROAD, SHIRLEY
SOLIHULL B90 3JD, GB y
MACDONALD, JOHN**

72 Inventor/es:
**Dorling, Kevin y
MacDonald, John**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 374 668 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

Diseño de refrigeración por generación de turbulencia por un álabe de turbina

La presente invención se refiere a una turbomáquina, y en particular, pero no exclusivamente, a álabes de turbina para su uso en motores de turbina de gas.

5 Los motores de turbina de gas se usan en una serie de aplicaciones, entre otras en sistemas de propulsión de aeronaves y en sistemas de generación de energía y similares. Los motores de turbina de gas típicos generalmente comprenden tres componentes: un compresor, una cámara de combustión y una unidad de turbina, en los que el compresor y la turbina se montan en el mismo eje. Cuando están en uso, el compresor comprime el aire, con el que se alimenta la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible y la mezcla se inflama, los gases de escape que se producen entonces se expanden a través de la unidad de turbina para mover el eje y generar trabajo en el eje. En aplicaciones de generación de energía, el trabajo que se genera en el eje se usa para mover el compresor y girar generadores eléctricos, a menudo a través de un sistema de transmisión.

10 Las unidades convencionales de turbina comprenden varias etapas, cada etapa normalmente consiste en dos conjuntos de álabes colocados en una corona, constituyendo el primer conjunto los álabes del estator o de tobera que están fijos rotativamente con respecto a la carcasa de la turbina, y constituyendo el segundo conjunto los álabes del rotor que se montan sobre el eje y rotan con el mismo. El número de etapas en una unidad de turbina se selecciona de acuerdo con, por ejemplo, consideraciones de carga mecánica y de rendimiento termodinámico en las etapas. Además, el número de etapas puede determinarse por la relación de la presión requerida desde la entrada hasta la salida de la turbina.

20 La eficiencia de la turbina es un factor importante en el diseño de cualquier motor de turbina de gas y un método para aumentar las características de rendimiento implica maximizar la temperatura del gas a la entrada de la turbina. Sin embargo, aumentar la temperatura del gas que se usa para mover la turbina produce serios problemas de fatiga mecánica y térmica en los álabes de turbina, y la temperatura del gas queda limitada por las propiedades físicas del material del álabe, como el punto de fusión, la carga de rotura y similares.

25 Se han realizado diversos avances en los materiales que se usan en turbinas de alta presión y temperatura, sin embargo, estos son extremadamente costosos debido al complejo proceso de formación, por ejemplo, tales como la cristalización unidireccional.

30 Por lo tanto, es una práctica común minimizar la fatiga térmica refrigerando los álabes cuando están en funcionamiento haciendo pasar aire refrigerante que se purga externamente del compresor e internamente de los álabes, de forma que puedan alcanzarse temperaturas de funcionamiento más altas, y poder aumentar el tiempo de vida útil de los álabes. Existe una serie de diseños de álabes que permiten utilizar un régimen particular de flujo de aire refrigerante para permitir una combinación de, por ejemplo, refrigeración por convección, refrigeración forzada y refrigeración por película refrigerante, a fin de mejorar las propiedades de transferencia de calor entre el álabe y el aire refrigerante. Sin embargo, la forma o diseño actual de un álabe a menudo viene determinado por un compromiso entre la aerodinámica y los requisitos de integridad. La refrigeración en primer lugar afecta a las consideraciones de integridad tanto en términos de controlar las fatigas térmicas, como de mantener la temperatura de funcionamiento del material dentro de unos límites aceptables para minimizar las deformaciones y la corrosión.

40 El documento US 5.919.031 describe un álabe que tiene una raíz de álabe y un cuerpo de álabe. El álabe se compone de una pared del lado de presión y de una pared del lado de succión, que se conectan entre sí a través de la región del borde de salida y la región del borde de entrada, de manera que se forme un espacio hueco en el que se colocan unas nervaduras. Cuando está en uso, el espacio hueco forma un pasaje para el fluido refrigerante.

45 El documento EP 0852285 describe la configuración de un generador de turbulencia que se forma sobre una superficie interna de una o más paredes que definen un pasaje de refrigerante en el álabe del rotor de un motor de turbina de gas. Una serie de pares de generadores de turbulencia se orientan con respecto a una línea central del pasaje de refrigerante, los pares de generadores de turbulencia se angulan bien hacia la línea central o alejándose de ella, dependiendo de si el refrigerante fluye radialmente hacia fuera o radialmente hacia dentro.

Entre los objetivos de la presente invención se encuentra proporcionar un álabe de turbina que tenga una mejor refrigeración.

50 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un álabe de turbina de acuerdo con la reivindicación 1.

Por lo tanto, el álabe de turbina proporciona una transferencia de calor mejorada entre el álabe y el medio refrigerante debido a la presencia y la forma de las nervaduras dentro de al menos uno de los canales.

Preferentemente, se dispone una porción de nervadura en un ángulo de 120° desde la otra porción de nervadura, es decir, el ángulo de la unión tipo cheurón entre las porciones de nervadura es preferentemente de 120°.

En una realización preferida de la presente invención, al menos uno de los canales tiene una sección transversal básicamente triangular. Al menos uno de los canales puede tener alternativamente una forma transversal básicamente circular, o cualquier forma transversal que se considere adecuada por un experto habitual en la materia.

5 Preferentemente, las nervaduras adyacentes se alinean de forma que las uniones adyacentes de tipo cheurón estén alineadas longitudinalmente con respecto a al menos un canal. Como alternativa, las nervaduras adyacentes pueden estar desalineadas de forma que las uniones adyacentes de tipo cheurón estén longitudinalmente desfasadas.

Ventajosamente, las nervaduras pueden montarse sobre los laterales opuestos de al menos uno de los canales, y cada nervadura opuesta puede estar alineada lateralmente con respecto a al menos uno de los canales. Como alternativa, las nervaduras pueden estar desfasadas lateralmente.

10 Preferentemente, al menos un hueco de cada nervadura adyacente está alineado longitudinalmente con respecto a al menos uno de los canales. Como alternativa, al menos uno de los huecos en cada nervadura adyacente puede estar desfasado longitudinalmente.

15 En una realización de la presente invención, cada nervadura puede definir al menos dos huecos. Preferentemente, se proporciona al menos un hueco en una porción de nervadura y se proporciona al menos un hueco en la otra porción de nervadura.

Preferentemente, el centro de cada hueco en cada porción de nervadura se sitúa aproximadamente entre el 60% y el 70%, y preferentemente a alrededor de dos tercios, de toda la longitud de cada porción de nervadura desde la unión tipo cheurón.

20 Convenientemente, al menos una de las nervaduras puede extenderse básicamente en perpendicular desde la superficie de al menos uno de los canales. Como alternativa, o adicionalmente, al menos una de las nervaduras puede extenderse desde la superficie de al menos uno de los canales en un ángulo no perpendicular. Preferentemente, al menos una de las nervaduras puede extenderse desde la superficie de al menos uno de los canales en un ángulo de entre 45° y 135° con respecto a la dirección del flujo a través de al menos uno de los canales. Más preferentemente, al menos una de las nervaduras se extiende en un ángulo de entre 60° y 90°. Siendo lo más preferente que al menos una nervadura se extienda en un ángulo de entre 62° y 79°. De esta manera, en una realización preferida de la presente invención, al menos una nervadura se extiende desde la superficie de al menos uno de los canales y se la dirige en la dirección del flujo a través de al menos uno de los canales.

30 Ventajosamente, las nervaduras pueden tener una sección transversal cuadrada. Como alternativa, las nervaduras pueden tener una sección transversal en forma general de paralelogramo. Como alternativa, las nervaduras pueden tener además una sección transversal de forma trapezoidal.

Ventajosamente, las nervaduras adyacentes se espacian entre 4 y 6 mm, y más preferentemente entre 4 y 5 mm. Siendo lo más preferente, que las nervaduras adyacentes estén espaciadas a 4,4 mm. Se debe señalar que el espaciado entre cada nervadura de ordinario se denomina espaciado.

35 Preferentemente, las nervaduras tienen una altura de entre 0,45 y 0,75 mm. Más preferentemente, las nervaduras tienen una altura de entre 0,5 y 0,6 mm. Siendo lo más preferente que las nervaduras tengan una altura de 0,52 mm.

Ventajosamente, las nervaduras pueden tener una anchura de entre 0,45 y 0,75 mm. Preferentemente, las nervaduras tienen una anchura de 0,6 mm.

Convenientemente, la anchura de los huecos en las nervaduras puede estar dentro del intervalo de 0,45 a 0,75 mm. En una realización preferida, los huecos en las nervaduras tienen 0,54 mm de ancho.

40 Preferentemente, al menos uno de los canales se encuentra en la región del borde de entrada. Esta disposición es particularmente ventajosa ya que al menos un canal, incluyendo las nervaduras que tienen la unión tipo cheurón, proporciona una refrigeración muy potenciada a la región del borde de entrada, donde es más común que se produzca una degradación térmica del álabe. Ventajosamente, a al menos uno de los canales de la región del borde de entrada lo define la pared de presión, la pared de succión y una porción de red que se extiende entre las paredes de presión y de succión.

45 Preferentemente, cuando las nervaduras se sitúan en al menos un canal de la región del borde de entrada, una porción de nervadura se sitúa en la pared de presión, y la otra porción de nervadura se sitúa en la pared de succión, y la unión tipo cheurón se alinea con el borde de entrada.

50 Como alternativa, al menos uno de los canales puede encontrarse en un pasaje intermedio del álabe, entre los bordes de entrada y posterior.

El álabe puede incluir varios canales internos, de los cuales al menos uno de los canales se encuentra en la región del borde de entrada, y al menos un canal se encuentra en un pasaje intermedio del álabe, entre el borde de entrada y el de salida.

Convenientemente, al menos uno de los canales puede tener forma de un solo paso. Como alternativa, al menos un canal puede tener forma de serpentina, o bien puede utilizarse una combinación de las formas de un solo paso o de serpentina.

5 Convenientemente, el álabe de turbina puede incluir además una porción de raíz y una porción de punta, en la que las paredes de presión y de succión y los bordes anterior y posterior se extienden desde la porción de raíz a la porción de punta del álabe.

Preferentemente, se suministra el medio refrigerante al álabe a través de la porción de raíz.

También preferentemente, la porción de raíz es de tipo abeto. Como alternativa, la porción de raíz puede ser de tipo cola de paloma, o de cualquier otro tipo de uso común en la técnica.

10 Ventajosamente, la superficie externa del álabe de turbina puede definir varias aberturas que proporcionan una comunicación fluida entre al menos uno de los canales de refrigeración y el exterior del álabe. De esta manera, el aire refrigerante en el interior del álabe puede pasar a través de las aberturas para proporcionar una película refrigerante a la superficie exterior del álabe.

15 Convenientemente, el medio refrigerante puede ser aire, y preferentemente aire comprimido alimentado desde un compresor.

Ventajosamente, el álabe de turbina puede usarse en un motor de turbina de gas.

Preferentemente, el álabe de turbina es un álabe del rotor. Como alternativa, el álabe de turbina puede ser un álabe del estator o de la tobera.

Más preferentemente, el álabe de turbina es un álabe del rotor de primera etapa.

20 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un motor de turbina de gas de acuerdo con la reivindicación 49.

De acuerdo con un tercer aspecto de la presente invención, se proporcionan medios para generar electricidad, de acuerdo con la reivindicación 50.

25 Convenientemente, varias características definidas anteriormente, de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención, pueden aplicarse al segundo y tercer aspecto, pero con el fin de ser breves, dichas características no se han repetido.

Estos y otros aspectos de la presente invención se describirán a continuación, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 La figura 1 es una vista transversal longitudinal de un álabe de turbina de acuerdo con una realización de la presente invención;
La Figura 2 es una vista transversal longitudinal de un canal interno del álabe de turbina de la Figura 1;
La Figura 3 es una vista esquemática en perspectiva del canal que se muestra en la Figura 2; y
Las Figuras 4 a 6 son representaciones esquemáticas de la forma de las nervaduras de refrigeración de acuerdo con varias realizaciones de la presente invención.

35 En primer lugar se hace referencia a la Figura 1 de los dibujos, en la que se muestra una vista transversal de un álabe de turbina, que en general se indica con el número de referencia 10, para su uso en un motor de turbina de gas de acuerdo con una realización de la presente invención. El álabe 10 es el álabe de un rotor de primera etapa y tiene paredes laterales opuestas de presión y de succión colindantes por un borde de entrada 12 y un borde de salida 14 del álabe 10. El álabe de turbina 10 define una serie de canales internos 16, dichos canales proporcionan un pasaje de flujo para un medio refrigerante, como el aire comprimido, para refrigerar el álabe 10 cuando está en uso. El álabe también incluye una porción de raíz 18 y una porción de punta 20, en el que se suministra el medio refrigerante a los canales internos 16 a través de la porción de raíz 18. Tal y como se muestra, la porción de raíz 18 es de tipo abeto.

45 Los canales internos 16 consisten en un canal en el borde de entrada 22 y una serie de canales de pasaje intermedios 24 que se encuentran entre los bordes anterior y posterior 12, 14 del álabe 10. El canal del borde de entrada 22 es de sección transversal básicamente triangular y es un canal de un solo paso alineado básicamente en paralelo con el borde de entrada 12, en el que el aire refrigerante entra desde la porción de raíz 18, fluye a través del canal del borde de entrada 22, y sale del álabe a través de una abertura 21 en la porción de la punta 20 del álabe 10. Los canales de pasaje intermedios 24, por otro lado, tienen forma de serpentina, y proporcionan una trayectoria en espiral para el medio refrigerante o aire. El aire que fluye a través de los canales de pasaje intermedios 24 puede salir del interior del álabe a través de unas aberturas proporcionando una comunicación fluida entre los canales 24 y el exterior del álabe, como las aberturas 26 de la región del borde de salida 14 del álabe de turbina 10 o una abertura 23 en la porción de la punta 20 del álabe 10.

En la realización que se muestra, el canal del borde de entrada 22 incluye varias nervaduras elevadas, promotoras de turbulencias, que buscan mejorar la transferencia de calor entre las superficies del álabe 10 y el medio refrigerante. Las nervaduras 28 se muestran en la Figura 2, en la que se muestra una vista longitudinal transversal ampliada del canal del borde de entrada 22 del álabe de turbina 10 de la Figura 1.

5 Cada nervadura 28 comprende una primera y una segunda porción de nervadura 30, 32, dichas porciones 30, 32 se unen por un extremo para formar una unión tipo cheurón 34, en la que la disposición es tal que la primera porción de nervadura 30 se dispone en un ángulo 36 de alrededor de 120° desde la segunda porción de nervadura 32. La unión tipo cheurón 34 de cada nervadura se dirige hacia el flujo del medio refrigerante, indicándose la dirección del flujo en la Figura 2 mediante la flecha 38. Además, las uniones tipo cheurón 34 de cada nervadura 28 adyacente se alinean longitudinalmente con respecto a la dirección de flujo del canal 38.

Aún en referencia a la Figura 2, cada nervadura incluye dos huecos 40, 42 para aumentar aún más la turbulencia del flujo del medio refrigerante, en las que los huecos 40, 42 de cada nervadura 28 se alinean longitudinalmente con respecto al canal 22.

15 En la realización que se muestra, las nervaduras 28 adyacentes están separadas entre sí, es decir el espaciado entre nervaduras, por alrededor de 4,4 mm y se extienden desde la superficie 44 del canal 22 con una altura de aproximadamente 0,52 mm. Además, las nervaduras 28 tienen aproximadamente 0,6 mm de ancho, y los huecos 40, 42 en las nervaduras 28 tienen aproximadamente 0,54 mm de ancho.

Asimismo, el centro de cada hueco 40, 42 en cada nervadura 28 se encuentra aproximadamente a dos tercios de toda la longitud de cada porción de nervadura 30, 32 respectivamente, desde la unión tipo cheurón 34.

20 Se hace ahora referencia a la Figura 3 de los dibujos, en la cual se ilustra una vista esquemática en perspectiva del canal 22. Tal y como se muestra, el canal 22 tiene una sección transversal triangular e incluye una serie de nervaduras 28, comprendiendo cada una primeras y segundas porciones de nervadura 30, 32, uniéndose dichas porciones 30, 32 por un extremo para formar una unión tipo cheurón 34. Las uniones tipo cheurón 34 se dirigen en la dirección del flujo 38 del medio refrigerante, y cada unión 34 se alinea con el borde de entrada 12 del álabe 10.

25 En la realización que se muestra, la primera porción de nervadura 30 se monta sobre la pared de succión 50, y la segunda porción de nervadura 32 se monta sobre la pared de presión 52.

Tal y como se ha indicado anteriormente, cada nervadura incluye dos huecos 40, 42 que se alinean longitudinalmente con respecto al canal 22.

30 Ahora se hace referencia a las Figuras 4 a 6 de los dibujos en los que se muestra unas representaciones esquemáticas de la forma de una nervadura de refrigeración, de acuerdo con las distintas realizaciones de la presente invención. Refiriéndose inicialmente a la Figura 4, se muestra una forma general de una nervadura 60 que se extiende básicamente en perpendicular desde la superficie 62 de un canal de refrigeración de un álabe de turbina de gas.

35 Ahora en referencia a la Figura 5, se muestra una nervadura 64 que define una forma general de sección transversal de paralelogramo. La nervadura 64 se extiende desde la superficie 66 de un canal de refrigeración en un ángulo A de entre 62° y 79° de forma que la nervadura 64 se dirige en la dirección del flujo de un fluido refrigerante, indicado con la flecha 68. En la Figura 6, se muestra una disposición similar a la de la Figura 5. En esta realización, una nervadura 70 define una forma de sección transversal trapezoidal y se extiende desde la superficie 72 de un canal de refrigeración en un ángulo A, tal y como se ha definido anteriormente, de entre 62° y 79°. La forma de sección transversal de la nervadura 70 está definida por una base 76, una punta 78 y dos flancos 80, 82, en la que los flancos 80, 82 se alinean paralelamente el uno con el otro. La nervadura 70 de la Figura 6 define un ángulo B de aproximadamente 90°. De esta manera como en la realización que se muestra en la Figura 5, la nervadura 70 de la Figura 6 se dirige en la dirección del flujo, indicada con la flecha 75. Al dirigir las nervaduras 64, 70 en la dirección del flujo se aumenta de esta manera la turbulencia creada en el flujo, y por lo tanto aumenta la transferencia de calor entre las nervaduras 64, 70 y el aire refrigerante. Además, dirigir las nervaduras de la manera descrita anteriormente con referencia a las Figuras 5 y 6, permite formar las nervaduras con más facilidad durante el proceso de fabricación, en particular cuando las nervaduras deben formarse sobre las paredes de presión y de succión del álabe.

50 Debería ser evidente para un experto en la materia que las realizaciones anteriormente descritas son meramente a modo de ejemplo de la presente invención y que pueden hacerse varias modificaciones a las mismas sin por ello desviarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, la unión tipo cheurón 34 puede definir cualquier ángulo adecuado entre la primera y la segunda porción 30, 32 de la nervadura, y pueden dirigirse en línea con el flujo del medio refrigerante. Además, puede proporcionarse cualquier número de huecos en las nervaduras, y los huecos de cada nervadura adyacente pueden estar desfasados o escalonados. Asimismo, el espaciado entre nervaduras puede variar o seleccionarse según las necesidades y no está necesariamente limitado por el valor indicado anteriormente. De forma similar, la altura y la anchura de cada nervadura, y la anchura de los huecos en cada nervadura pueden variar.

Las nervaduras del álabe de turbina de la presente invención se muestran en las representaciones adjuntas, en el canal del borde de entrada 22. Sin embargo, la forma particular de las nervaduras descritas en el presente documento, puede usarse dentro de los canales intermedios 24, bien adicionalmente o bien en lugar de los del canal del borde de entrada

REIVINDICACIONES

1. Un álabe de turbina (10) que tiene paredes laterales opuestas de presión y de succión colindantes por los bordes anterior y posterior (12,14) del álabe (10), y que definen al menos un canal interno (16) que proporciona un pasaje para el flujo de un medio refrigerante, incluyendo al menos uno de dichos canales (16) una serie de nervaduras (28, 60, 64, 70) promotoras de turbulencia, que se montan sobre la superficie de la pared de un canal (44, 62, 66, 72), en el que cada nervadura (28, 60, 64, 70) comprende dos porciones de nervadura (30, 32) que se unen por un extremo de la misma para formar una unión tipo cheurón (34), definiendo dicha unión tipo cheurón (34) un ángulo de entre 80° y 120° entre las dos porciones de nervadura (30, 32) y dirigiéndose en el sentido del flujo del medio refrigerante dentro de al menos uno de los canales (16), y en el que al menos se proporciona un hueco (40,42) en una porción de nervadura (30, 32), y se proporciona al menos un hueco (40, 42) en la otra porción de nervadura (30,32).
2. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con la reivindicación 1, en el que una porción de nervadura (30; 32) se dispone en un ángulo de 120° desde la otra porción de nervadura (30; 32).
3. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que al menos uno de los canales (16) tiene una sección transversal básicamente triangular.
4. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que al menos uno de los canales (16) tiene una forma de sección transversal básicamente circular.
5. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras adyacentes (28, 60, 64, 70) se alinean de forma que las uniones tipo cheurón (34) adyacentes están alineadas longitudinalmente con respecto a al menos uno de los canales (16).
6. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que las nervaduras adyacentes (28, 60, 64, 70) están desalineadas de forma que las uniones tipo cheurón (34) adyacentes están desfasadas longitudinalmente.
7. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) se montan en los laterales opuestos de al menos uno de los canales (16).
8. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con la reivindicación 7, en el que cada nervadura (28, 60, 64, 70) opuesta se alinea lateralmente con respecto a al menos uno de los canales (16).
9. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con la reivindicación 7, en el que cada nervadura (28, 60, 64, 70) opuesta se desfasa lateralmente con respecto a al menos uno de los canales (16).
10. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los huecos (40, 42) de cada nervadura (28, 60, 64, 70) adyacente se alinea longitudinalmente con respecto a al menos uno de los canales (16).
11. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que los huecos (40, 42) de cada nervadura (28, 60, 64, 70) adyacente se desfasa longitudinalmente con respecto a al menos uno de los canales (16).
12. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el centro de al menos uno de los huecos (40, 42) se encuentra entre el 60% y el 70% de toda la longitud de la respectiva porción de nervadura (30, 32) desde de la unión tipo cheurón (34).
13. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el centro de al menos uno de los huecos (40, 42) se encuentra a alrededor de dos tercios de toda la longitud de la respectiva porción de nervadura (30, 32) desde la unión tipo cheurón (34).
14. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una nervadura (28, 60, 64, 70) se extiende de forma básicamente perpendicular desde la superficie de al menos uno de los canales (16).
15. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una nervadura (28, 60, 64, 70) se extiende desde la superficie de al menos uno de los canales (16) en un ángulo de entre 45° y 135° con respecto a la dirección del flujo a través de al menos uno de los canales (16).
16. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una nervadura (28, 60, 64, 70) se extiende en un ángulo de entre 60° y 90° desde la superficie de al menos uno de los canales (16) con respecto a la dirección de flujo, a través del mismo.
17. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en el que al menos una nervadura (28, 60, 64, 70) se extiende en un ángulo de entre 62° y 79° desde la superficie de al menos uno de los canales (16) con respecto a la dirección de flujo a través del mismo.

18. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) tiene una sección transversal trapezoidal.
19. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) tienen una sección transversal en forma de paralelogramo.
- 5 20. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) tienen una sección transversal cuadrada.
21. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) adyacentes se espacian entre 4 y 6 mm.
- 10 22. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) adyacentes se espacian a entre 4 y 5 mm.
23. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que a las nervaduras (28, 60, 64, 70) adyacentes se espacian a 4,4 mm.
24. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) tienen una altura de entre 0,45 y 0,75 mm.
- 15 25. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) tienen una altura de entre 0,5 y 0,6 mm.
26. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) tienen una altura de 0,52 mm.
- 20 27. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) tienen una anchura de entre 0,45 y 0,75 mm.
28. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) tienen una anchura de 0,6 mm.
29. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los huecos (40, 42) en las nervaduras (28, 60, 64, 70) tienen entre 0,45 y 0,75 mm de ancho.
- 25 30. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los huecos (40, 42) de las nervaduras (28, 60, 64, 70) tienen 0,54 mm de ancho.
31. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de los canales (16) se encuentra en la región del borde de entrada (12) del álabe (10).
- 30 32. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos a uno de los canales (16) lo define la pared de presión (52), la pared de succión (50) y una porción de red que se extiende entre las paredes de presión y de succión (52,50).
- 35 33. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las nervaduras (28, 60, 64, 70) se encuentran en al menos un canal (16) de la región del borde de entrada (12) del álabe (10), de manera que una porción de la nervadura (30; 32) se encuentra sobre la pared de presión (52) y la otra porción de nervadura (30;32) se encuentra sobre la pared de succión (50), y la unión tipo cheurón (34) se alinea con el borde de entrada (12).
34. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 30, en el que al menos uno de los canales (16) se encuentra en un pasaje intermedio del álabe (10), entre los bordes de entrada y posterior (12,14) del álabe (10).
- 40 35. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el álabe (10) incluye una serie de canales internos (16).
36. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con la reivindicación 35, en el que al menos uno de los diversos canales (16) se encuentra en la región del borde de entrada (12) del álabe (10), y al menos un canal (16) se encuentra en un pasaje intermedio del álabe (10), entre los bordes de entrada y posterior (12,14).
- 45 37. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de los canales (16) tiene forma de un solo paso.
38. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 36, en el que al menos uno de los canales (16) tiene forma de serpentina.
39. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el álabe de

turbina (10) además incluye una porción de raíz (18) y una porción de punta (20), extendiéndose las paredes de presión y de succión (52,50) y los bordes anterior y posterior (12,14) desde dicha porción de raíz (18) hasta dicha porción de la punta (20) del álabe (10).

- 5 40. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con la reivindicación 39, en el que el medio refrigerante se suministra al álabe (10) a través de la porción de la raíz (18).
41. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con la reivindicación 39 o 40, en el que la porción de raíz (18) es de tipo abeto.
42. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con la reivindicación 39 o 40, en el que la porción de raíz (18) es de tipo cola de paloma.
- 10 43. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie externa del álabe de turbina (10) define una serie de aberturas (23, 26) que proporcionan una comunicación fluida entre al menos uno de los canales de refrigeración (16) y el exterior del álabe (10).
44. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el medio refrigerante es aire.
- 15 45. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el medio refrigerante es aire comprimido que se alimenta desde un compresor.
46. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el álabe de turbina (10) es un álabe del rotor de un motor de turbina de gas.
- 20 47. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el álabe (10) es un álabe del rotor de primera etapa de un motor de turbina de gas.
48. Un álabe de turbina (10), de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 45, en el que el álabe de turbina (10) es un álabe del estator de un motor de turbina de gas.
49. Un motor de turbina de gas que incluye una serie de álabes de turbinas, comprendiendo al menos uno de los álabes de turbina un álabe de turbina (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 48.
- 25 50. Medios para generar electricidad que incluye un motor de turbina de gas, incluyendo dicho motor de turbina de gas una serie de álabes de turbina, comprendiendo al menos uno de los álabes de turbina un álabe de turbina (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 48.

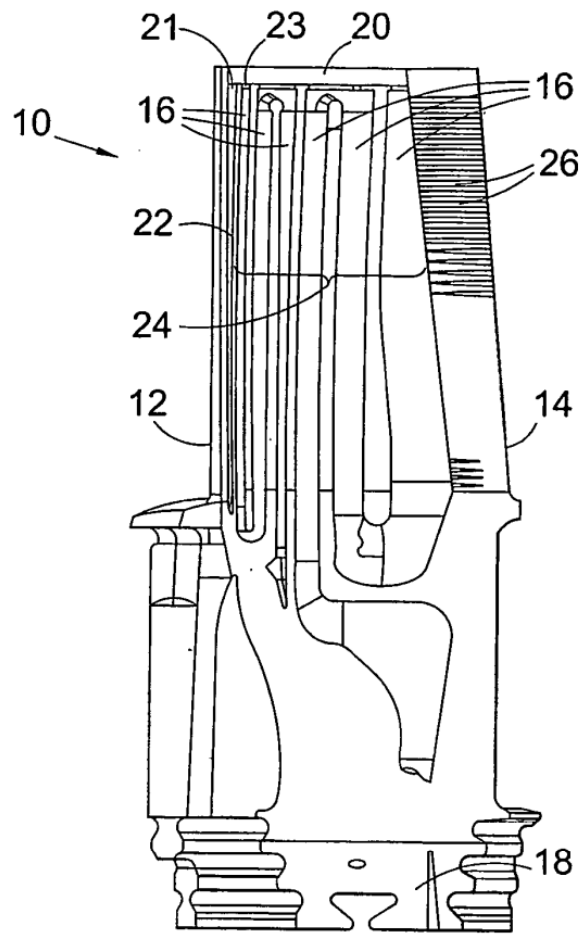


Fig. 1

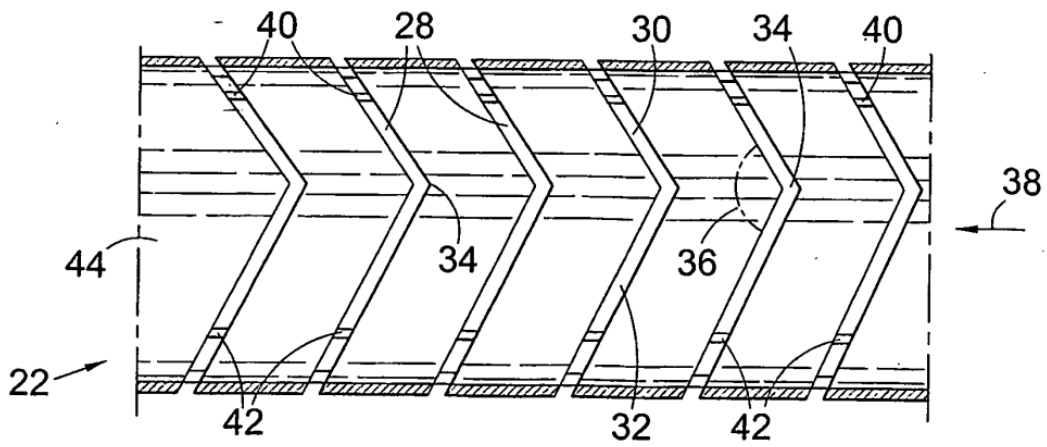


Fig. 2

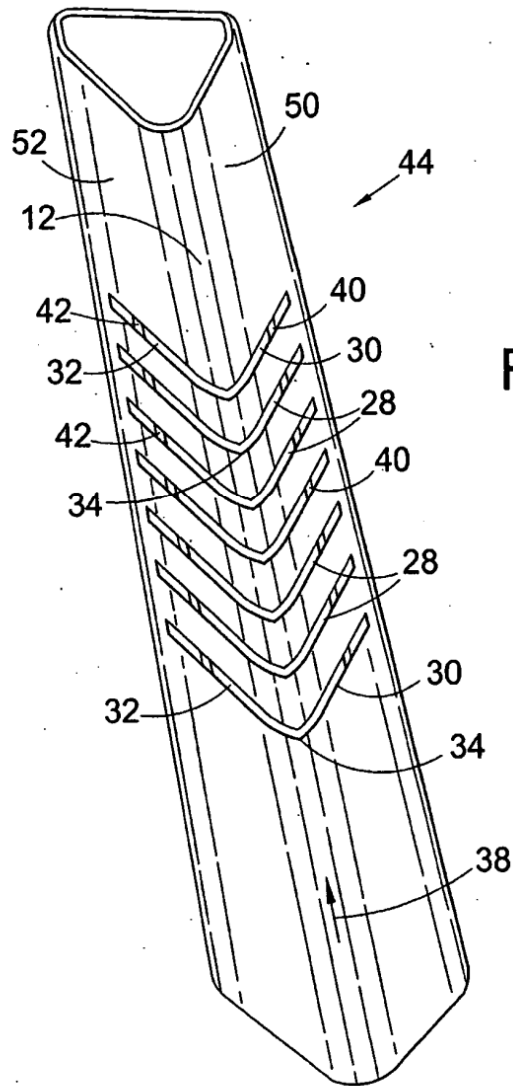


Fig. 3

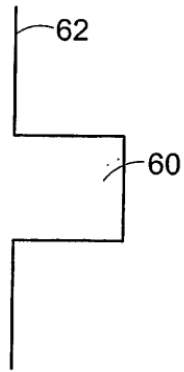


Fig. 4

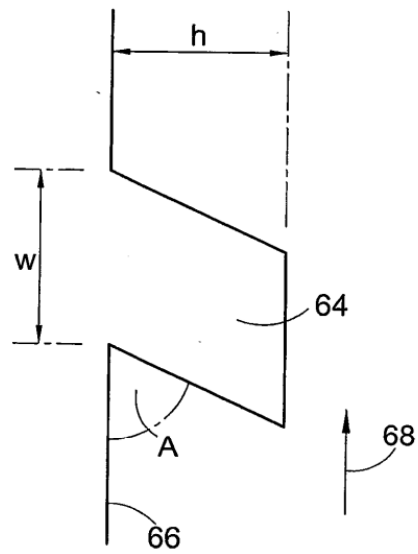


Fig. 5

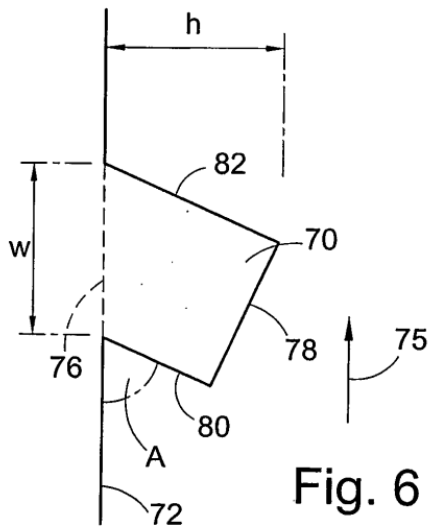


Fig. 6