



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 276 254**

51 Int. Cl.:
F01D 5/18 (2006.01)
F01D 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04293046 .1**
86 Fecha de presentación : **20.12.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1555390**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2005**

54 Título: **Hendiduras de evacuación del aire de refrigeración de álabes de turbina.**

30 Prioridad: **14.01.2004 FR 04 00289**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.06.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.06.2007

73 Titular/es: **SNECMA**
2 boulevard du Général Martial Valin
75015 Paris, FR

72 Inventor/es: **Boury, Jacques;**
Judet, Maurice y
Tabardin, Jacky

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 276 254 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

Hendiduras de evacuación del aire de refrigeración de álabes de turbina.

Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere al campo general de los álabes de turbina, y más particularmente a la geometría de las hendiduras de evacuación del aire de refrigeración situadas en el borde de fuga de álabes móviles o fijos de una turbina de turbomáquina.

Una turbina de turbomáquina (por ejemplo, la turbina de alta presión) se compone de una pluralidad de etapas, formada cada una por un distribuidor y un rodete móvil. El distribuidor de la turbina incluye una pluralidad de álabes fijos destinados a enderezar el flujo de gas que lo atraviesa, y el rodete móvil de la turbina está constituido por una pluralidad de álabes móviles.

Los álabes móviles y fijos de una turbina de este tipo están sometidos a las temperaturas muy elevadas de los gases que salen de la cámara de combustión y que atraviesan la turbina. Estas temperaturas alcanzan unos valores ampliamente superiores a los que pueden soportar sin daños los álabes que están en contacto con estos gases, lo que tiene como consecuencia limitar su duración de vida.

A fin de limitar los daños causados por estos gases calientes en los álabes, es conocido dotar a estos álabes de circuitos de refrigeración internos que pretenden reducir la temperatura de éstos últimos. Gracias a tales circuitos, el aire de refrigeración que se introduce en el álabe atraviesa éste siguiendo un trayecto formado por unas cavidades practicadas en el álabe antes de ser expulsado por unas hendiduras que se abren en la superficie del álabe, entre el pie y el vértice de éste.

Sin embargo, en la práctica se constata que para un álabe móvil de turbina, la hendidura más próxima del pie del álabe está mal refrigerada. Igualmente, para un álabe fijo de turbina, las hendiduras más próximas del pie y del vértice del álabe están también mal refrigeradas. En efecto, existe una tendencia a que se formen grietas en el borde de fuga del álabe, al nivel de estas hendiduras. Tales grietas comprometen la duración de vida del álabe disminuyendo notablemente su resistencia mecánica.

La figura 7 ilustra el emplazamiento de tales grietas para un álabe móvil de turbina. Esta figura es una vista parcial de un álabe móvil 100 de turbina de alta presión. El álabe 100 incluye una superficie aerodinámica 102 que está unida al nivel del pie de álabe 104 a una plataforma 106 por medio de una zona de conexión 108. La superficie aerodinámica 102 del álabe se extiende axialmente entre un borde de ataque (no representado en la figura) y un borde de fuga 110. A fin de garantizar la refrigeración del álabe 100, el aire recorre éste siguiendo un trayecto formado por unas cavidades (no representadas) practicadas en el álabe antes de ser evacuado por unas hendiduras de evacuación 112 que se abren a la superficie aerodinámica 102 del álabe, al nivel de su borde de fuga 110.

Cada hendidura de evacuación 112 está formada especialmente por una pared lateral 114 provista de una abertura (no representada) que se abre en las cavidades recorridas por el aire de refrigeración. Cada hendidura incluye igualmente una pared de refuerzo 116 que se extiende entre la pared lateral 114 y el borde de fuga 110 del álabe, una pared superior 118 y

una pared inferior 120 que se extienden entre la pared de refuerzo 116 y la superficie aerodinámica 102 del álabe.

En la práctica, se constata que se forman una o varias grietas 122 (sólo se ha representado una en la figura) al nivel de la hendidura de evacuación 112a que es la hendidura más próxima a la plataforma 106 (denominada a continuación hendidura inferior). Más precisamente, las grietas 122 se forman al nivel de la pared de refuerzo 116 de la hendidura inferior 112a y se propagan axialmente desde el borde de fuga 110 del álabe hacia la pared lateral 114.

Las grietas de este tipo resultan principalmente de una fuerte concentración de tensiones mecánicas al nivel de la hendidura inferior 112a que se engendran principalmente por la pared inferior 120 de esta hendidura inferior. Existe un riesgo de que tales grietas se propaguen por toda la superficie aerodinámica 102 del álabe, limitando así su duración de vida.

Para un álabe fijo de turbina, aparecen grietas idénticas a la vez al nivel de la hendidura de evacuación más próxima de la plataforma dispuesta en el lado del pie del álabe, pero igualmente al nivel de la hendidura de evacuación más próxima de otra plataforma conectada al álabe por su vértice (en lo sucesivo llamada hendidura superior).

A fin de limitar la aparición de estas grietas, la patente de EEUU 6.062.817 prevé, para un álabe móvil, suprimir parcialmente la pared inferior de la hendidura de evacuación más próxima a la plataforma, de manera que la pared de refuerzo de esta hendidura se extienda radialmente en parte entre la pared superior y la plataforma del álabe.

Sin embargo, esta solución es insuficiente. En efecto, la hendidura inferior del álabe de esta patente incluye siempre unas aristas vivas al nivel de su pared inferior. El cambio brusco de espesor que resulta de ello provoca un mal flujo del aire de refrigeración evacuado por esta hendidura. El aire evacuado no permite entonces refrigerar la zona de conexión entre la plataforma y el pie del álabe y aparecen unas grietas particularmente perjudiciales para la duración de vida del álabe al nivel de esta zona.

El documento EEUU 2003/0108423 A1 presenta otro álabe de turbina según la técnica anterior.

Objeto y resumen de la invención

La presente invención pretende por tanto paliar estos inconvenientes proponiendo un álabe de turbina cuya hendidura(s) más próxima(s) de la(s) plataforma(s) presenta(n) una geometría que permite a la vez evitar la formación de grietas y asegurar una refrigeración de la zona de conexión entre la o las plataformas y el álabe.

A tal efecto, se prevé un álabe de turbina de turbomáquina que incluye una superficie aerodinámica que se extiende radialmente entre un pie de álabe y un vértice de álabe y axialmente entre un borde de ataque y un borde de fuga, al menos una plataforma inferior unida al pie del álabe por una zona de conexión inferior, y un circuito de refrigeración compuesto por al menos una cavidad que se extiende radialmente entre el vértice y el pie de álabe, por al menos una abertura de admisión de aire en un extremo radial de la cavidad o cavidades, por una pluralidad de hendiduras de evacuación dispuestas a lo largo del borde de fuga del álabe de las cuales una hendidura de evacuación inferior se dispone en la proximidad del pie de álabe, incluyendo la hendidura de evacuación inferior una

pared lateral provista de una abertura que se abre en la cavidad o cavidades, una pared de refuerzo, una pared inferior dispuesta en el lado del pie de álabe, una arista inferior formada entre la pared de refuerzo y la pared inferior, y un reborde inferior formado entre la pared inferior y la zona de conexión inferior, caracterizado porque la arista inferior y el reborde inferior de la hendidura de evacuación inferior presentan cada uno una sección recta de forma sensiblemente redondeada de manera que suprime todo ángulo saliente entre la abertura de la hendidura y la zona de conexión inferior.

De este modo, la forma redondeada de la sección recta de la arista inferior y del reborde inferior de la hendidura de evacuación evita toda formación de grietas al nivel de la pared de refuerzo de esta hendidura. Por otra parte, gracias a esta forma redondeada, se crea una película de aire de refrigeración al nivel de la zona de conexión inferior entre la plataforma y el pie de álabe a fin de refrigerar esta zona. Por tanto se reduce la temperatura de la zona de conexión.

Según una disposición particular de la invención, aplicable en el caso de un álabe fijo de distribuidor, el álabe incluye además una plataforma superior unida al vértice del álabe por una zona de conexión superior, incluyendo el circuito de refrigeración además una hendidura de evacuación superior dispuesta en las proximidades del vértice y que incluye una pared lateral provista de una abertura que se abre en la cavidad o cavidades, una pared de refuerzo, una pared superior dispuesta en el lado del vértice de álabe, una arista superior formada entre la pared de refuerzo y la pared superior, y un reborde superior formado entre la pared superior y la zona de conexión superior; caracterizado porque la arista superior y el reborde superior de la hendidura de evacuación superior presentan cada uno una sección recta de forma sensiblemente redondeada de manera que suprime todo ángulo saliente entre la abertura de dicha hendidura y la zona de conexión superior.

Preferentemente, las formas redondeadas de la sección recta de las aristas y rebordes se extienden cada una axialmente desde la abertura de la hendidura de evacuación hasta un plano de salida que se extiende axialmente entre dicha abertura de la hendidura de evacuación y el borde de fuga del álabe.

Las formas redondeadas de la sección recta de las aristas y rebordes presentan ventajosamente cada una un radio de curvatura que es creciente desde la abertura de la hendidura de evacuación hacia el plano de salida. En este caso, estos radios de curvatura son preferentemente tales que la pared de refuerzo de la hendidura de evacuación y la zona de conexión se confunden.

En el caso de un álabe móvil, la pared de refuerzo de la hendidura de evacuación inferior puede presentar una inclinación hacia el vértice del álabe y la abertura de la pared lateral de la hendidura de evacuación inferior puede estar formada esencialmente en la zona de conexión inferior.

La invención tiene también por objeto un núcleo para la obtención de un álabe tal como el descrito anteriormente, que incluye una parte principal destinada a reservar un emplazamiento para la cavidad de refrigeración del álabe, estando provista la parte principal de una pluralidad de lengüetas terminales que están destinadas a reservar otros tantos emplazamientos para las hendiduras de evacuación del circuito de refri-

geración del álabe, caracterizado porque la parte principal del núcleo incluye además al nivel de un emplazamiento reservado a la hendidura de evacuación inferior, una lengüeta inferior de forma complementaria a esta hendidura inferior.

La invención tiene todavía por objeto una turbina de alta presión de turbomáquina que tiene una pluralidad de álabes móviles tales como los anteriormente definidos, así como un distribuidor de turbomáquina que incluye una pluralidad de álabes fijos tales como los definidos anteriormente.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención surgirán de la descripción hecha a continuación, con referencia a los dibujos anexos que ilustran un ejemplo de realización de la misma desprovisto de todo carácter limitativo. En las figuras:

- la figura 1 es una vista parcial y en perspectiva de un álabe móvil de turbina según la invención;

- la figura 2 es una vista parcial y en perspectiva de la hendidura de evacuación inferior del álabe de la figura 1;

- las figuras 3A, 3B y 3C son unas vistas en corte respectivas según IIIA, IIIB y IIIC de la figura 2;

- la figura 4 es una vista en perspectiva de un álabe fijo de turbina según la invención;

- la figura 5 es una vista parcial y en perspectiva de la hendidura superior del álabe de la figura 4;

- la figura 6 es una vista parcial y en perspectiva de un núcleo para la obtención del álabe de la figura 1; y

- la figura 7, ya descrita, es una vista parcial y en perspectiva de un álabe móvil de turbina según la técnica anterior.

Descripción detallada de un modo de realización

La figura 1 representa en perspectiva un álabe móvil 10 de turbina de alta presión de turbomáquina. El álabe 10 está fijo en un rodete móvil de turbina (no representado) por medio de una inserción en forma de abeto.

El álabe 10 se presenta en forma de una superficie aerodinámica 14 que se extiende radialmente entre un pie de álabe 16 y un vértice de álabe 18 y axialmente entre un borde de ataque 20 y un borde de fuga 22. La superficie aerodinámica 14 del álabe define así el intradós 14a y el extradós 14b del álabe.

La inserción 14 del álabe 10 se conecta al pie de álabe 16 al nivel de una plataforma inferior que define una pared para la vena de flujo de los gases de combustión a través de la turbina. La plataforma 24 está unida al pie 16 de álabe por una zona de conexión inferior 26.

El álabe que está sometido a las temperaturas muy elevadas de los gases de combustión que atraviesan la turbina necesita ser refrigerado. A tal efecto, y de forma conocida en sí misma, el álabe 10 incluye uno o varios circuitos internos de refrigeración.

Cada circuito de refrigeración se compone de al menos una cavidad 28 que se extiende radialmente entre el pie 16 y el vértice 18 de álabe. La cavidad se alimenta de aire de refrigeración en uno de sus extremos radiales por una abertura de admisión de aire (no representada). Se ha previsto generalmente esta abertura de admisión de aire al nivel de la inserción 12 del álabe 10.

A fin de evacuar el aire de refrigeración que fluye en la cavidad 28 de los circuitos de refrigeración, se ha repartido una pluralidad de hendiduras 30 a lo lar-

go del borde de fuga 22, entre el pie 16 y el vértice 18 de álabe. Estas hendiduras de evacuación 30 se abren en la cavidad 28 y desembocan en el intradós 14a del álabe, al nivel de su borde de fuga 22.

Más particularmente, como se ilustra en las figuras 2 y 3A a 3C, el álabe 10 incluye una hendidura de evacuación inferior 30a que está dispuesta en las proximidades del pie 16 de álabe. Con respecto a las otras hendiduras de evacuación 30, esta hendidura inferior 30a la que está más próxima a la plataforma inferior 24.

La hendidura de evacuación inferior 30a se compone de una pared de refuerzo (o retranqueada) 32, de una pared (o escalón) inferior 34, y de una pared lateral 36 provista de una abertura 38 que se abre en la cavidad 28 del circuito de refrigeración.

Se entiende por pared inferior la pared que está dispuesta en el lado del pie de álabe 16. La pared de refuerzo 32 se extiende radialmente desde la pared inferior 34 hacia el vértice del álabe 18 y axialmente entre la pared lateral 36 y el borde de fuga 22 del álabe. Además, la pared inferior 34 se extiende entre la pared de refuerzo 32 y la zona de conexión inferior 26.

Así, se puede definir, para la hendidura de evacuación inferior 30a, una arista inferior 40 formada entre la pared de refuerzo 32 y la pared inferior 34. Igualmente, se forma un reborde inferior 42 entre la pared inferior 34 y la zona de conexión inferior 26.

Esta geometría particular de la hendidura de evacuación 30a asegura un guiado del aire que sale de la cavidad del circuito de refrigeración a través de la abertura 38 y permite así refrigerar el borde de fuga 22 del álabe que es la parte del álabe menos gruesa y por tanto la más expuesta a las temperaturas elevadas de los gases de combustión.

Según la invención, la asista inferior 40 y el reborde inferior 42 de la hendidura de evacuación inferior 30a presentan cada uno una sección recta de forma sensiblemente redondeada de manera que suprime todo ángulo sobresaliente entre la abertura 38 de la hendidura 30a y la zona de conexión inferior 26. Así, se evita toda formación de grietas al nivel de la pared de refuerzo 32 de la hendidura de evacuación inferior 30a.

Según una característica particular de la invención, las formas redondeadas de la sección recta de la arista 40 y del reborde 42 inferiores se extienden cada una axialmente desde la abertura 38 de la hendidura de evacuación inferior 30a hasta un plano de salida P que se extiende axialmente entre la abertura de la hendidura de evacuación y el borde de fuga 22 del álabe.

Se puede definir el plano de salida P con respecto a un sistema de coordenadas formadas por unos ejes X, Y y Z representados en la figura 2. Con respecto a este sistema de coordenadas, el plano de salida P es paralelo al plano XY.

Según otra característica particular de la invención, las formas redondeadas de la sección recta de la arista 40 y del reborde 42 inferiores presentan cada una un radio de curvatura que es creciente desde la abertura 38 de la hendidura de evacuación inferior 30a hacia el plano de salida P.

Esta característica se ilustra notablemente en las figuras 3A a 3C, en las cuales se observa bien que los radios de curvatura de la arista 40 y del reborde 42 inferiores aumentan a medida que se aleja de la abertura 38. Así, en la figura 3A que es el corte más pró-

ximo de la abertura 38 de la hendidura inferior 30a, estos radios de curvatura son más pequeños que los de la figura 3C que representa un corte en el plano de salida P.

Es igualmente posible tener una variación diferente de los radios de curvatura de la arista 40 y del reborde 42 inferiores. En efecto, estos radios de curvatura pueden ser constantes o decrecientes a medida que se aleja de la abertura 38.

Por otra parte, a medida que se aleja de la abertura 38 de la hendidura inferior 30a, la anchura (en el sentido intradós/extradós) de la pared inferior 34 disminuye hasta desaparecer completamente al nivel del corte representado por la figura 3C (es decir, al nivel del plano de salida P).

Según todavía otra característica particular de la invención ilustrada en esta misma figura 3C, al nivel del plano de salida P, los radios de curvatura de las formas redondeadas de la arista 40 y del reborde 42 inferiores son tales que se confunden la pared de refuerzo 32 de la hendidura inferior 30a y la zona de conexión inferior 36.

Del mismo modo, se confunden igualmente los radios de curvatura de las formas redondeadas de la arista 40 y del reborde 42 inferiores al nivel del plano de salida P. Esto procede del hecho de que la anchura (en el sentido intradós/extradós) de la pared inferior 34 de la hendidura inferior desaparece al nivel del plano de salida P.

Así, es posible conservar en parte la función de guiado del aire que sale de la cavidad 28 del circuito de refrigeración y evacuado por esta hendidura.

Así se suprimen todas las discontinuidades bruscas de espesor al nivel de la hendidura inferior 30a y de la zona de conexión 26, lo que permite crear una película de refrigeración al nivel del intradós 14a de la zona de conexión 26. El aire de refrigeración que sale de la abertura 38 de la hendidura inferior 30a de esta manera "lame" la zona de conexión 26 a fin de bajar la temperatura de la misma.

Esta geometría particular de la hendidura de evacuación inferior se aplica igualmente a un álabe móvil de turbina tal como se representa en la figura 1, que a un álabe fijo de distribuidor, tal como se representa en la figura 4.

La figura 4 ilustra pues un álabe fijo 50 de distribuidor de turbina de alta presión de una turbomáquina. Las referencias que aparecen en esta figura 4 que son idénticas a las de la figura 1 designan los mismos elementos que los descritos en relación con la figura 1.

Con respecto al álabe fijo descrito en relación con la figura 1, este álabe fijo 50 está montado entre dos plataformas; a saber una plataforma inferior 52 y una plataforma superior 54. La plataforma superior 54 está unida al vértice 18 por una zona de conexión superior 56, mientras que la plataforma inferior 52 está unida al pie del álabe 16 por una zona de conexión inferior 58.

Como para el álabe móvil de la figura 1, el circuito de refrigeración del álabe fijo 50 incluye una pluralidad de hendiduras de evacuación 30 de las cuales una hendidura inferior 30a se abre en la cavidad de refrigeración 28, que está dispuesta en las proximidades del pie de álabe 16 y que desemboca en el intradós 14a del álabe. Esta hendidura de evacuación inferior 30a presenta las mismas particularidades que las del álabe móvil de la figura 1.

Por otra parte, el circuito de refrigeración del álabe fijo 50 incluye además una hendidura de evacuación superior 30b que se abre igualmente en la cavidad de refrigeración 28 y que está dispuesta en las proximidades del vértice del álabe 18. Esta hendidura superior 30b desemboca en el intradós 14a del álabe 50.

Como se ilustra en la figura 5, esta hendidura superior 30b se compone de una pared lateral 60 provista de una abertura 62 que se abre en la cavidad de refrigeración 28, de una pared de refuerzo 64, y de una pared superior 66 dispuesta en el lado del vértice del álabe 18. Se entiende por pared superior 66 la pared que está situada al lado del vértice del álabe 18. Se entiende por pared superior 66, la pared que se sitúa en el lado del vértice de álabe 18.

Así, se puede definir para esta hendidura 30b una arista superior 70 formada entre la pared de refuerzo 64 y la pared superior 66, y un reborde superior 72 formado entre la pared superior 66 y la zona de conexión superior 56.

Según la invención, la arista superior 70 y el reborde superior 72 de la hendidura de evacuación superior 30b presentan cada uno una sección recta de forma sensiblemente redondeada de manera que se suprime todo ángulo sobresaliente entre la abertura 62 de la hendidura 30b y la zona de conexión superior 56.

Por simetría simple, las características particulares de la hendidura inferior del álabe que se han descrito anteriormente en relación con las figuras 1, 2, 3A a 3C se aplican igualmente a la hendidura superior 30b de este álabe fijo 50.

De manera general, los álabes móvil 10 y fijo 50 según la invención se obtienen directamente por moldeo.

A tal efecto, el álabe se realiza colando un metal en un molde que contiene un núcleo cerámico que tiene especialmente como función reservar un emplazamiento para el circuito de refrigeración del álabe (es decir, para la cavidad 28 y cada hendidura de evacuación 30, 30a y 30b). Una vez el metal colado en el molde, se refrigera el álabe y se retira el núcleo cerámico.

La figura 6 representa un núcleo cerámico 80 que permite reservar un emplazamiento para el circuito de refrigeración del álabe móvil 10 de la figura 1. Esta figura 6 ilustra este núcleo desde el lado de extradós del álabe.

El núcleo 80 incluye una parte 82 destinada a reservar un emplazamiento para la cavidad o las cavida-

des de refrigeración del álabe. Esta parte principal 82 está provista de una pluralidad de lengüetas terminales (o dedos) 84 que están destinadas a reservar otros tantos emplazamientos para las hendiduras de evacuación del circuito de refrigeración del álabe.

A fin de obtener directamente a la salida de la fundición las formas redondeadas de la sección recta de la arista y del reborde inferiores de la hendidura de evacuación inferior del álabe, el núcleo cerámico 80 presenta, al nivel del emplazamiento reservado a esta hendidura inferior, una lengüeta inferior 84a de forma complementaria a estas formas redondeadas.

Más precisamente, la lengüeta inferior 84a incluye un primer borde 86 de forma complementaria a la pared inferior de esta hendidura, y un tercer borde 90 de forma complementaria a su pared lateral.

La arista inferior 92 formada entre el primer 86 y el segundo 88 bordes presenta así una sección recta de forma sensiblemente redondeada. Análogamente, el reborde inferior 94 formado entre el segundo borde 88 y un borde (no representado) de forma complementaria a la zona de conexión inferior del álabe a la plataforma inferior presenta también una sección recta de forma sensiblemente redondeada.

Por consiguiente, es posible reproducir en serie las mismas formas redondeadas al nivel de la sección recta de las aristas y rebordes inferiores de la hendidura de evacuación inferior del álabe.

Bien entendido, cuando se trata de un álabe fijo tal como el descrito en relación con las figuras 4 y 5, el núcleo cerámico de tal álabe presenta igualmente, al nivel del emplazamiento reservado a la hendidura de evacuación superior, una lengüeta superior que permite reproducir las formas redondeadas de la sección recta de la arista y del reborde superiores.

Según otra característica particular de la invención aplicada a un álabe móvil, la pared de refuerzo 32 de la hendidura de evacuación inferior 30a presenta una inclinación hacia el vértice del álabe. Esta inclinación (por ejemplo del orden de 10° a 30°), que se ilustra especialmente en la figura 1, permite igualmente aumentar la refrigeración de la zona de conexión 26 entre la plataforma 24 y el pie de álabe 16.

De igual modo, siempre a fin de mejorar la refrigeración de la zona de conexión 26, la abertura 38 de la hendidura de evacuación inferior 30a de un álabe móvil 10 de este tipo se forma preferentemente de manera esencial en la zona de conexión 26 entre la plataforma 24 y el pie de álabe 16.

REIVINDICACIONES

1. Álabe (10; 50) de turbina de turbomáquina, que incluye:

una superficie aerodinámica (14) que se extiende radialmente entre un pie (16) de álabe y un vértice (18) de álabe y axialmente entre un borde de ataque (20) y un borde de fuga (22);

al menos una plataforma inferior (24; 52) unida al pie (16) del álabe por una zona de conexión inferior (26; 58); y

un circuito de refrigeración compuesto de al menos una cavidad (28) que se extiende radialmente entre el vértice (18) y el pie (16) de álabe, de al menos una abertura de admisión de aire en un extremo radial de la cavidad o cavidades (28), de una pluralidad de hendiduras (30, 30a, 30b) de evacuación dispuestas a lo largo del borde de fuga (22) del álabe de las cuales una hendidura (30a) de evacuación inferior se dispone en la proximidad del pie de álabe (16), incluyendo la hendidura (30a) inferior:

una pared lateral (36) provista de una abertura (38) que se abre en la cavidad o cavidades (28),

una pared de refuerzo (32),

una pared inferior (34) dispuesta en el lado del pie (16) de álabe,

una arista inferior (40) formada entre la pared de refuerzo (32) y la pared inferior (34), y

un reborde inferior (42) formado entre la pared inferior (34) y la zona de conexión inferior (26; 58), donde

la arista inferior (40) de la hendidura de evacuación inferior (30a) presenta una sección recta de forma sensiblemente redondeada **caracterizado** porque el borde inferior (42) presenta también una sección recta de forma sensiblemente redondeada, de manera que suprime todo ángulo saliente entre la abertura (38) de la hendidura (30a) y la zona de conexión inferior (26; 58).

2. Álabe (50) según la reivindicación 1, que incluye además una plataforma superior (54) unida al vértice (16) del álabe por una zona de conexión superior (56), incluyendo el circuito de refrigeración además una hendidura de evacuación superior (30b) dispuesta en las proximidades del vértice de álabe y que incluye:

una pared lateral (60) provista de una abertura (62) que se abre en la cavidad o las cavidades (28),

una pared de refuerzo (64),

una pared superior (66) dispuesta en el lado del vértice de álabe,

una arista superior (70) formada entre la pared de refuerzo (64) y la pared superior (66), y

un reborde superior (72) formado entre la pared superior (66) y la zona de conexión superior (56); **caracterizado** porque la arista superior (70) y el reborde superior (72) de la hendidura de evacuación superior (30b) presentan cada uno una sección recta de forma sensiblemente redondeada de manera que suprime todo ángulo saliente entre la abertura (62) de dicha hendidura (30b) y la zona de conexión superior (70).

3. Álabe según una de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizado** porque las formas redondeadas de la sección recta de las aristas (40, 70) y rebordes (42, 72) se extienden cada una axialmente desde la abertura (38, 62) de la hendidura de evacuación (30a, 30b) hasta un plano de salida (P) que se extiende axialmente entre dicha abertura (38, 62) de la hendidura de evacuación (30a, 30b) y el borde de fuga (22) del álabe.

4. Álabe según la reivindicación 3, **caracterizado** porque las formas redondeadas de la sección recta de las aristas (40, 70) y rebordes (42, 72) presentan cada una un radio de curvatura que es creciente desde la abertura (38, 62) de la hendidura de evacuación (30a, 30b) hacia el plano de salida (P).

5. Álabe según la reivindicación 4, **caracterizado** porque al nivel del plano de salida (P) los radios de curvatura de las formas redondeadas de la sección recta de las aristas (40, 70) y rebordes (42, 72) son tales que la pared de refuerzo (32, 64) de la hendidura de evacuación (30a, 30b) y la zona de conexión (26, 58, 70) se confunden.

6. Álabe según la reivindicación 1, **caracterizado** porque constituye un álabe móvil (10) de turbina de alta presión de turbomáquina.

7. Álabe según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la pared de refuerzo (32) de la hendidura de evacuación inferior (30a) presenta una inclinación hacia el vértice del álabe (18).

8. Álabe según una de las reivindicaciones 6 y 7, **caracterizado** porque la abertura (38) de la pared lateral (36) de la hendidura de evacuación inferior (30a) está formada esencialmente en la zona de conexión inferior (26).

9. Álabe según la reivindicación 2, **caracterizado** porque constituye un álabe fijo (50) de distribuidor de turbina de alta presión de turbomáquina.

10. Núcleo para la obtención de un álabe según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que incluye una parte principal (82) destinada a reservar un emplazamiento para la cavidad de refrigeración del álabe, estando provista dicha parte principal (82) de una pluralidad de lengüetas terminales (84) que están destinadas a reservar otros tantos emplazamientos para las hendiduras de evacuación del circuito de refrigeración del álabe, **caracterizado** porque la parte principal (82) del núcleo incluye además al nivel de un emplazamiento reservado a la hendidura de evacuación inferior, una lengüeta inferior (84a) de forma complementaria a esta hendidura inferior.

11. Turbina de alta presión de turbomáquina, **caracterizada** porque incluye una pluralidad de álabes móviles (10) según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8.

12. Distribuidor de turbomáquina, **caracterizado** porque incluye una pluralidad de álabes fijos según la reivindicación 10.

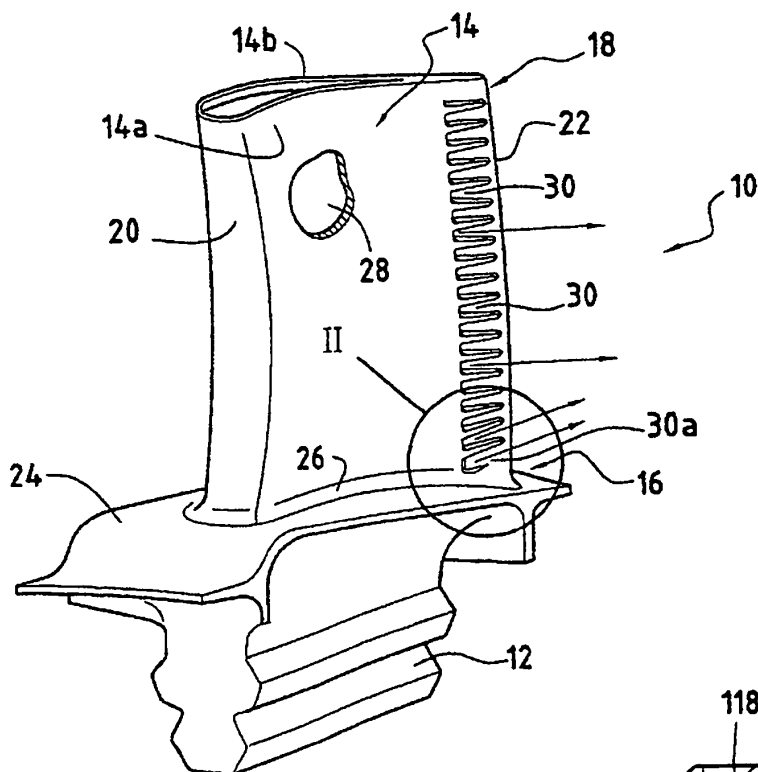


FIG. 1

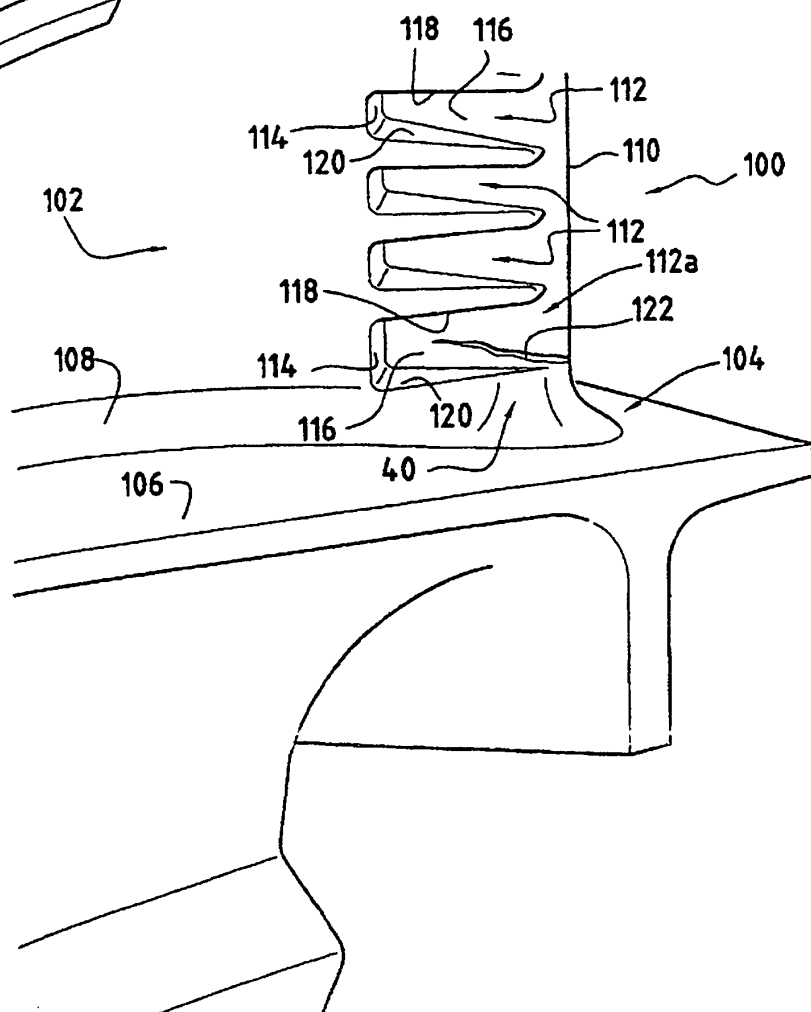


FIG. 7

TÉCNICA ANTERIOR

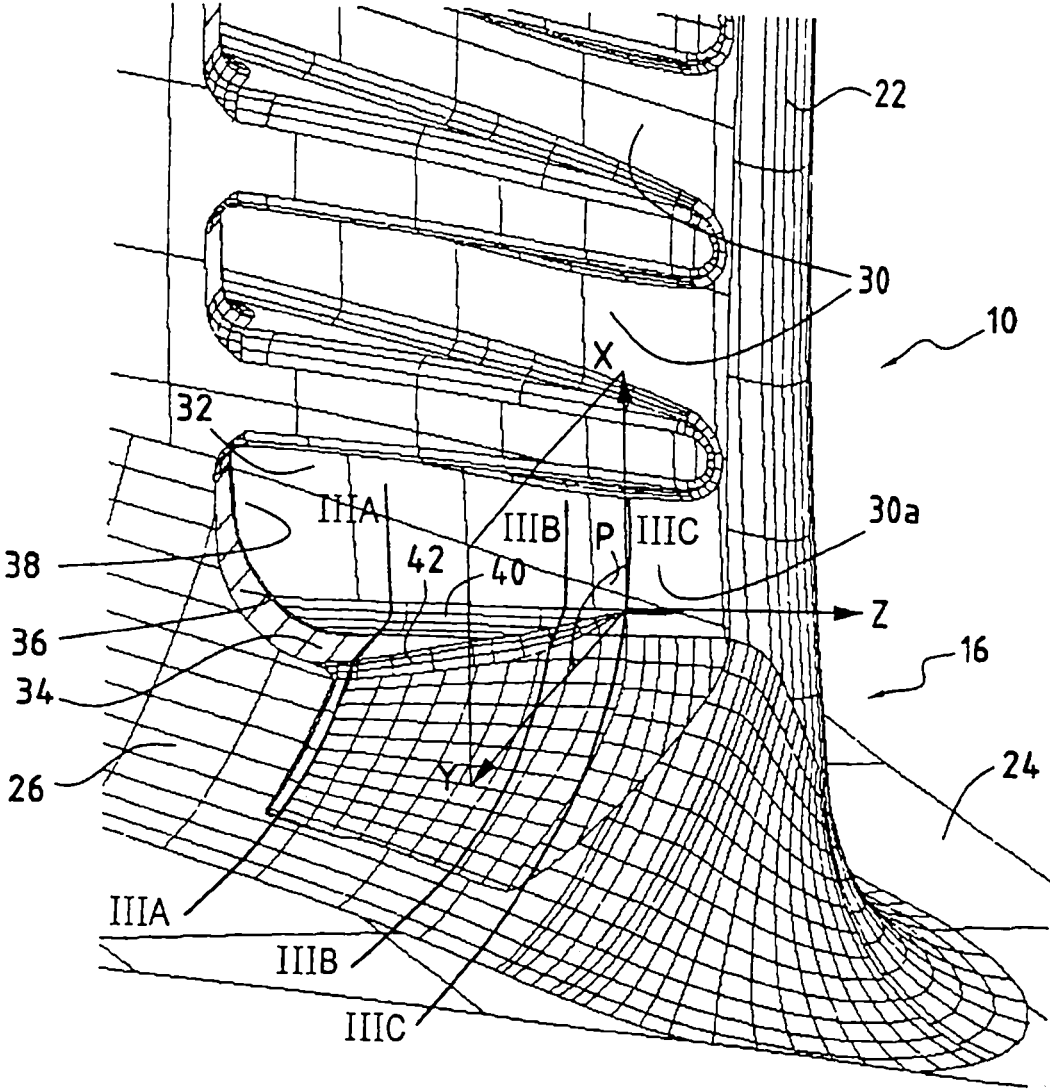


FIG.2

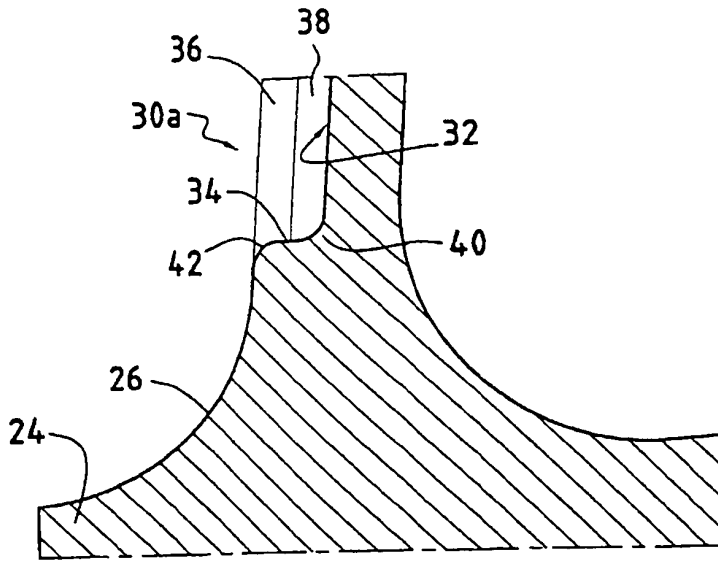


FIG.3A

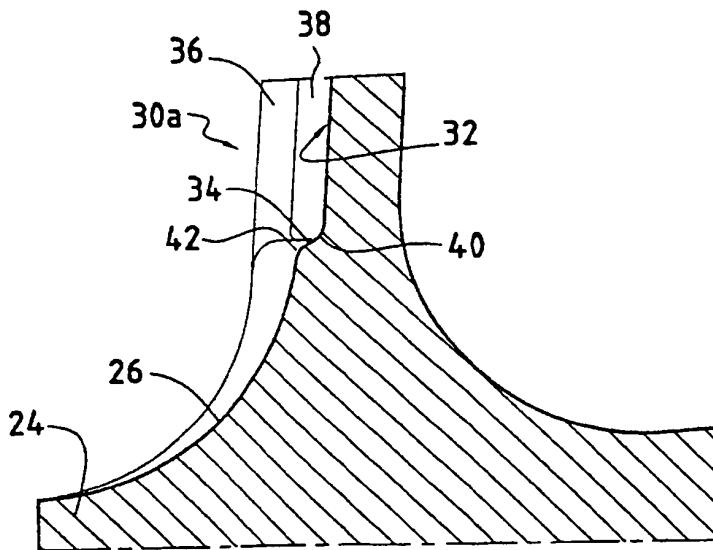


FIG.3B

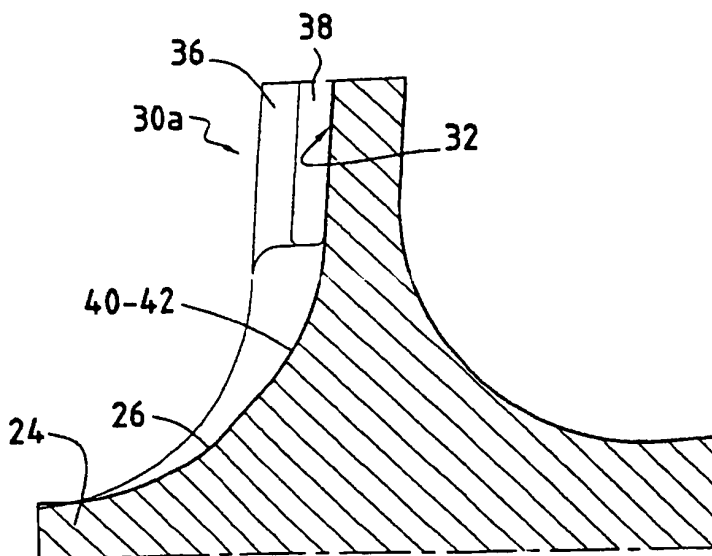


FIG.3C

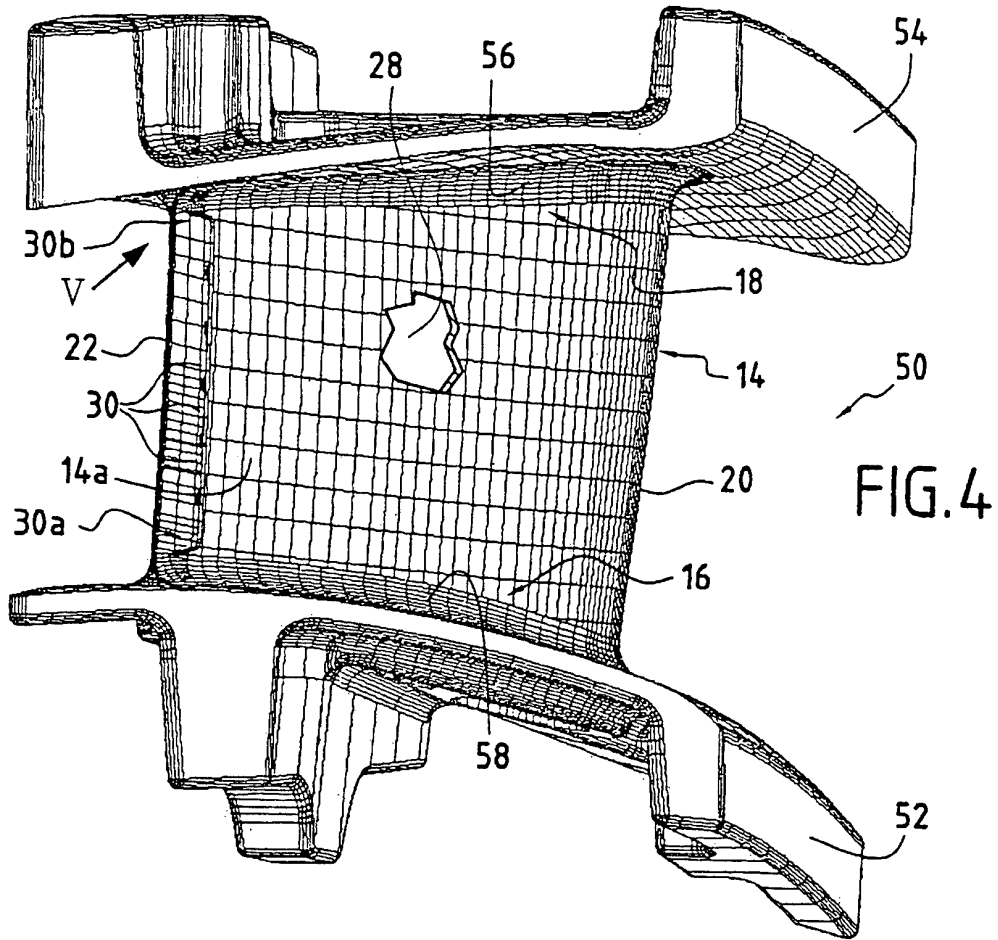


FIG. 4

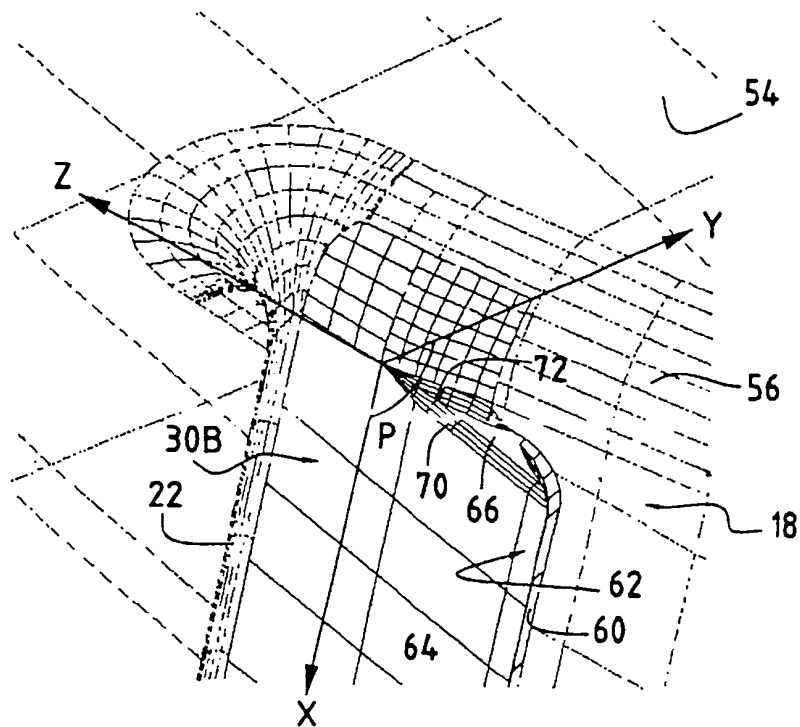


FIG. 5

