

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 811**

51 Int. Cl.:

F01D 5/14 (2006.01)

F01D 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.05.2017** **E 17170495 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2024** **EP 3401504**

54 Título: **Rejilla de álabe**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
07.11.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MAATOUK, FADI;
BRETTSCHNEIDER, MARKUS y
MAHLE, INGA

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 985 811 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

Rejilla de álabe

5 La presente invención se refiere a un segmento de rejilla de álabe, una rejilla de álabe y un canal de álabe para una turbomáquina, así como a una turbomáquina y a un motor de avión.

10 Las turbomáquinas (como las turbinas de gas y de vapor) presentan por regla general un canal de flujo para la conducción de un fluido. El canal de flujo, también denominado “espacio anular”, está limitado radialmente hacia dentro por el árbol de un rotor y radialmente hacia fuera por una carcasa; los términos “radial”, así como “axial” y “dirección circunferencial”, así como los términos derivados de ellos deben entenderse en este documento -a menos que se indique lo contrario- en relación con un eje de rotación del rotor.

15 Las rejillas de álabe (para las cuales también es común el término “conjunto de álabes y disco”) están dispuestas en el espacio anular de una turbomáquina. Comprenden en cada caso palas guía o de rotor, que se disponen consecutivamente en dirección circunferencial a intervalos esencialmente uniformes, así como correspondientes plataformas, que también se denominan “placas de cubierta” y que, por regla general, presentan en cada caso un borde del lado de ataque y un borde de lado de fuga de plataforma. Estos bordes de plataforma delimitan la superficie de plataforma en dirección axial; a este respecto, en el presente documento, la “superficie de plataforma” se refiere a la superficie de plataforma que está orientada hacia los álabes (u hojas de álabe).

25 El borde de la plataforma, por el que pasa primero el flujo principal (axial) que recorre el espacio anular de la turbomáquina durante el funcionamiento, se denomina en el presente documento borde de plataforma “del lado de ataque”; el borde correspondientemente opuesto se denomina borde de plataforma del “lado de fuga”. Las indicaciones “aguas abajo” o “aguas arriba” se refieren correspondientemente a la dirección axial principal del flujo y, a este respecto, únicamente a la posición axial, es decir, independientemente de un posible desplazamiento en dirección circunferencial o radial: En particular, en el presente documento se debe entender que un punto se encuentra “aguas abajo de los bordes de ataque” (o “aguas abajo de otro punto”) si, en comparación con una conexión directa de los bordes de ataque (entre sí) en la superficie de plataforma (o en comparación con el otro punto), está dispuesto axialmente desplazado en/con la dirección principal del flujo (es decir, siguiéndola); lo mismo se cumple para el término “aguas arriba” (en sentido contrario).

35 La sección de la superficie de plataforma que está limitada en dirección axial por las conexiones directas (es decir, que discurren en dirección circunferencial sin desviaciones axiales) de los bordes de ataque o los bordes de fuga de hojas de álabe adyacentes en la superficie de plataforma y, en dirección circunferencial, por el lado de presión de la una hoja de álabe y el lado de succión de la otra hoja de álabe, se denomina en el presente documento “franja intermedia de álabe”. La anchura de la franja intermedia de álabe en dirección circunferencial en los bordes de ataque se denomina “distancia de paso” (de la rejilla de álabe o de un segmento de rejilla de álabe o de las hojas de álabe). Se puede medir en particular como la distancia entre los bordes de ataque de álabes adyacentes en dirección circunferencial en la zona de la superficie de plataforma. La distancia (sola) medida en dirección del flujo principal axial previsto entre los bordes de ataque de las hojas de álabe y sus bordes de fuga se denomina “anchura de rejilla” (axial).

45 El lado de presión de una hoja de álabe y el lado de succión de una hoja de álabe contigua delimitan en cada caso en dirección circunferencial un llamado canal de álabe. Este canal de álabe está delimitado en dirección radial dentro de la turbomáquina por denominadas paredes laterales. Estas están formadas, por un lado, en cada caso por las plataformas y, por otro lado, por secciones radialmente opuestas a dichas plataformas: En el caso de álabes de rotor, tal pared lateral opuesta es a este respecto una sección radialmente exterior (por ejemplo, una sección de una cubierta exterior de la pala o palas de rotor); en el caso de álabes guía, se trata de una sección radialmente interior (por ejemplo, una plataforma radialmente interior de la pala o palas guía o una pared de otro estátor en la zona del cubo).

50 Un flujo de fluido conducido a través de un canal de flujo se ve influido regularmente por las superficies de las paredes laterales. Debido a su menor velocidad, las capas de flujo que discurren cerca de estas superficies se desvían a este respecto más considerablemente que las capas de flujo más alejadas de las paredes laterales. Esto crea un flujo secundario que se superpone a un flujo principal axial y que lleva en particular a remolinos y pérdidas de presión.

55 Para reducir los flujos secundarios, se suelen introducir contornos en forma de elevaciones y/o depresiones en las paredes laterales.

60 Del estado de la técnica se conoce una pluralidad de tales “contornos de pared lateral”.

El documento EP 1 967 694 A2 muestra, por ejemplo, una elevación en un contorno de pared lateral para una turbomáquina, en donde una hoja de álabe se apoya parcialmente por un lado en la elevación (es decir, que una parte de una línea límite entre la pared lateral y la hoja de álabe discurre a lo largo de la elevación).

Del documento US 8 511 978 B2 se conoce un contorno de pared lateral, en donde una plataforma entre dos hojas de álabe presenta una depresión que está dispuesta al menos en un 30 % de la anchura axial de rejilla aguas abajo de los bordes de ataque de las hojas de álabe.

5 Como ejemplos también se pueden citar las patentes o solicitudes de patente de la solicitante EP 2 487 329 B1, EP 2 787 172 A2 y EP 2 696 029 B1. Otros ejemplos de rejillas de álabe se conocen de los documentos EP 2 746 533 A1, EP 2 806 103 A1 y EP 2 631 429 A1.

10 El objetivo de la presente invención es proporcionar una técnica con la que se puedan reducir de manera ventajosa los flujos secundarios en el espacio anular de una turbina.

El objetivo se consigue mediante un segmento de rejilla de álabe según la reivindicación 1, una rejilla de álabe según la reivindicación 8, un canal de álabe según la reivindicación 9, una turbomáquina según la reivindicación 10 y un motor de avión según la reivindicación 11. Formas de realización ventajosas se revelan en las reivindicaciones dependientes, la descripción y las figuras.

15 Un segmento de rejilla de álabe según la invención es un segmento de una rejilla de álabe para una turbomáquina, por ejemplo, para una turbina de baja presión. Comprende una plataforma con una superficie de plataforma y al menos dos hojas de álabe. Entre el lado de presión de una primera hoja de álabe y el lado de succión de la segunda hoja de álabe hay una franja de álabe intermedia en la superficie de plataforma, cuya anchura de rejilla axial está determinada por los bordes de ataque y de fuga de las hojas de álabe. La superficie de plataforma presenta una depresión que llega hasta la primera hoja de álabe (o su lado de presión y/o borde de fuga), es decir, lo toca: Por lo tanto, una sección de una línea límite entre la primera hoja de álabe y la superficie de plataforma puede coincidir con una sección de una línea de altura cero que delimita la depresión (de modo que la depresión toque la primera hoja de álabe en su borde), o la línea límite puede discurrir parcialmente en la depresión. Esta última situación, en la que la línea límite presenta un contorno determinado por la depresión, también se considera en el presente documento “apoyar” una sección de la hoja de álabe en la depresión. Según formas de realización ventajosas de la presente invención, la primera hoja de álabe puede apoyarse en la depresión en su lado de presión y/o en su borde de fuga.

20 En el presente documento, una “depresión” se refiere a una deformación local (por ejemplo, un rebaje o nicho) en la superficie de plataforma, en la que esta se extiende en dirección radial hacia el lado opuesto a las hojas de álabe. Por “elevación” se entiende (véase, por ejemplo, más abajo) de manera análoga, una deformación local (como, por ejemplo, una proyección o un saliente) en la superficie de plataforma en la otra dirección (es decir, hacia el lado orientado hacia las hojas de álabe).

30 Por tanto, los términos “depresión” y “elevación” (así como términos como “profundidad”, “altura” o similares) se basan en este caso, en una orientación o un sistema de coordenadas en el/la que las hojas de álabe y una elevación se extienden desde la superficie de plataforma hacia “arriba” y una depresión, correspondientemente, lleva a la dirección opuesta (hacia “abajo”). En particular, a este respecto se considera que el canal de álabe se encuentra “por encima” de la superficie de plataforma.

35 La depresión en la superficie de plataforma de un segmento de rejilla de álabe según la invención toca el lado de presión de la primera hoja de álabe exclusivamente aguas abajo del 80 % de la anchura axial de rejilla aguas abajo de los bordes de ataque.

40 Se ha demostrado que es ventajosa una forma de realización, en la que la depresión se encuentra completamente aguas abajo del 80 % de la anchura axial de la rejilla aguas abajo de los bordes de ataque, es decir, con cada uno de sus puntos aguas abajo de un límite del lado de ataque de la quinta parte de la franja intermedia de álabe situada más aguas abajo.

45 Además, la depresión en la superficie de plataforma de un segmento de rejilla de álabe según la invención presenta un punto de mayor profundidad situado al menos el 90 % de la anchura axial de la rejilla aguas abajo de los bordes de ataque de las hojas de álabe.

50 En el presente documento se entiende por “puntos de mayor profundidad” los puntos de la respectiva depresión, en los que estos presentan su mayor extensión en dirección radial desde un lado en el que está dispuesta o va a disponerse una pared lateral opuesta a la plataforma, de modo que, por tanto, se pueda ampliar un correspondiente canal de álabe localmente al máximo en el punto más profundo de la depresión. De manera análoga (véase más adelante) un “punto de mayor altura” de una elevación es un punto, en el que la elevación (en comparación con los otros puntos de la elevación) se extiende más hacia el lado en el que está dispuesta o se va a disponer una pared lateral opuesta a la plataforma, de modo que en él se estrecha localmente al máximo un correspondiente canal de álabe correspondiente.

55 Varios puntos de mayor profundidad o altura pueden formar en cada caso una sección de superficie o una curva (si una correspondiente elevación forma, por ejemplo, una meseta o cerro o una cresta; lo mismo se cumple

análogamente para una depresión, por ejemplo, si configura una ranura, un surco o una cubeta), o un punto de mayor altura o profundidad puede ser singular.

5 Según una forma de realización a modo de ejemplo, la depresión presenta exactamente un punto de mayor profundidad.

10 La superficie de plataforma puede configurar en particular una curva o una sección de superficie, que se extiende aguas arriba de la depresión (preferiblemente, como máximo el 20 % de la anchura axial de rejilla aguas arriba de los bordes de fuga) desde el lado de presión de la primera hoja de álabe hasta el lado de succión de la segunda hoja de álabe y que forma una línea de altura cero o una superficie de altura cero (sin contorno) en el sentido de que una depresión se encuentra radialmente por debajo (y, dado el caso, una elevación radialmente por encima) de la línea de altura cero o superficie de altura cero. Como se ha mencionado anteriormente, se considera que un canal de álabe está "por encima" de la superficie de plataforma. En particular, una superficie de altura cero de este tipo puede comprender preferiblemente una franja parcial de la franja intermedia de álabe, cuya delimitación en el lado de ataque se extienda un 20 % de la anchura axial de rejilla aguas arriba del borde de fuga en dirección circunferencial (sin desviación axial) desde la primera a la segunda hoja de álabe. Una delimitación aguas abajo de una franja parcial de este tipo puede discurrir de manera análoga en cada uno de sus puntos un 15 % o incluso solo un 10 % aguas arriba de los bordes de fuga en dirección circunferencial de la primera a la segunda hoja de álabe (de modo que la franja parcial presente una anchura -medida en dirección axial del flujo principal- de un 5 % continuo o incluso de un 10 % continuo de la anchura axial de rejilla).

25 Un segmento de rejilla de álabe según la invención puede ser de una sola pieza o estar ensamblado. En particular, la plataforma puede ser de una sola pieza o comprender dos o más piezas de las que sobresalga en cada caso una de las hojas de álabe, o la plataforma puede estar configurada como un componente independiente, que esté o pueda estar dispuesto entre las hojas de álabe. Por consiguiente, una plataforma según la invención está diseñada para delimitar en dirección circunferencial en cada lado una hoja de álabe y, junto con las hojas de álabe (ninguna de las cuales, exactamente una o ambas, pueden estar formadas firmemente en la plataforma) para configurar un segmento de rejilla de álabe según la invención según una de las formas de realización divulgadas en el presente documento.

30 Una rejilla de álabe según la invención comprende al menos un segmento de rejilla de álabe según la invención según una de las formas de realización divulgadas en el presente documento.

35 Un canal de álabe según la invención pasa a través de un segmento de rejilla de álabe según la invención según una de las formas de realización reveladas en el presente documento y, por lo tanto, está delimitado por dicho segmento de rejilla de álabe y una pared lateral (orientada hacia la superficie de plataforma) opuesta a su plataforma. En dirección circunferencial, el canal de álabe está delimitado por el lado de presión de la primera hoja de álabe del segmento de rejilla de álabe y por el lado de succión opuesto de la segunda hoja de álabe (adyacente).

40 El segmento de rejilla de álabe o la rejilla de álabe o el canal de flujo o la plataforma pueden formar parte en particular de una turbina de baja presión o estar diseñados para instalarse o utilizarse en una turbina de baja presión. Las hojas de álabe pueden ser respectivamente hojas de álabe guía u hojas de álabe móviles. La plataforma se puede configurar para delimitar un canal de álabe radialmente hacia dentro o radialmente hacia fuera a través del segmento de rejilla de álabe.

45 Una turbomáquina según la invención comprende una o más rejillas de álaves según la invención. Esta puede estar dispuesta en particular en la zona de una turbina de baja presión de la turbomáquina.

Un motor de avión según la invención comprende una turbomáquina según la invención.

50 Un segmento de rejilla de álabe según la invención, una rejilla de álabe según la invención, un canal de álabe según la invención, una plataforma según la invención, una turbomáquina según la invención y un motor de avión según la invención influyen en la zona sometida a presión estática de la superficie de plataforma y en los álaves de la zona del borde a través de la geometría de la superficie de plataforma según la invención. Esto permite en cada caso una reducción del flujo secundario, en particular, de los vórtices del canal de álabe. De esta manera, se pueden reducir las pérdidas y, dado el caso, mejorar el flujo hacia otra rejilla de álabe dado el caso situada aguas abajo.

El al menos un punto de mayor profundidad de la depresión puede encontrarse en una línea límite entre la superficie de plataforma y el lado de presión de la primera hoja de álabe o en su borde de fuga.

60 Ha demostrado ser ventajosa una variante de realización, en la que la depresión sobresale aguas abajo de la franja intermedia de álabe, es decir, presenta una zona que se encuentra aguas abajo de los bordes de fuga de las hojas de álabe. La zona puede comprender al menos un punto de mayor profundidad de la depresión y/o un punto de mayor profundidad de la depresión puede encontrarse en un límite del lado de fuga de la franja intermedia de álabe, es decir, en una conexión que discurre directamente en dirección circunferencial (que, por lo tanto, no presenta desviaciones axiales) de los bordes de fuga de las hojas de álabe a lo largo de la superficie de plataforma.

En un segmento de rejilla de álabe de una forma de realización ventajosa, la depresión se extiende desde la primera hoja de álabe en dirección circunferencial como máximo un 60 % o como máximo un 50 % de una distancia de paso del segmento de rejilla de álabe.

Según la presente invención, la superficie de plataforma presenta al menos una elevación, además de la depresión. De este modo, se pueden reducir ventajosamente aún más las pérdidas de flujo. Una elevación de este tipo está dispuesta total o parcialmente aguas arriba de la depresión (por ejemplo, incluso aguas arriba de una superficie de altura cero (no contorneada), que, como se ha descrito anteriormente, puede extenderse aguas arriba de la depresión desde la primera hasta la segunda hoja de álabe).

La elevación puede llegar preferiblemente hasta la primera hoja de álabe, es decir, tocarla. Por lo tanto, una línea límite entre la superficie de plataforma y el lado de presión de la primera hoja de álabe puede presentar una sección, que coincida con una parte de una línea de altura cero que delimita la elevación. Una sección de la primera hoja de álabe se apoya en la elevación en su lado de presión: En la terminología de este documento, esto significa que la línea límite entre la superficie de plataforma y la hoja de álabe (en la sección) discurre sobre la elevación, es decir, que presenta un contorno determinado por la elevación.

Se ha demostrado que es ventajosa una variante de realización, en la que al menos un punto de mayor profundidad de la elevación se encuentra a una distancia (medida en dirección circunferencial) del lado de presión de la primera hoja de álabe, que es como máximo el 10 % o incluso como máximo el 5 % de la distancia de paso, o se encuentra en un punto de elevación de mayor altura, incluso en una línea límite entre la primera hoja de álabe y la superficie de plataforma.

En una forma de realización preferida de la presente invención, la depresión es una primera depresión y la superficie de plataforma presenta al menos una segunda depresión, que está dispuesta total o parcialmente aguas arriba de la primera depresión. En particular, la segunda depresión puede encontrarse con cada uno de sus puntos al menos un 20 % de la anchura axial de rejilla aguas arriba de los bordes de fuga de las hojas de álabe. La segunda depresión se extiende preferiblemente hasta el lado de succión de la segunda hoja de álabe.

Ha resultado ser particularmente ventajosa una variante de realización, en la que una sección de la segunda hoja de álabe se apoya por su lado de succión en la segunda depresión de la superficie de plataforma.

Al menos un punto de mayor profundidad de la segunda depresión se encuentra preferiblemente a una distancia (medida en la dirección circunferencial) del lado de succión de la segunda hoja de álabe, que es como máximo el 10 % o incluso como máximo el 5 % de la distancia de paso, o un punto de mayor profundidad se encuentra incluso en una línea límite entre la segunda hoja de álabe y la superficie de plataforma.

En dirección circunferencial, una segunda depresión se extiende preferiblemente desde el lado de succión de la segunda hoja de álabe como máximo un 60 % o incluso como máximo un 50 % de la distancia de paso hacia la franja intermedia de álabe. Por ejemplo, puede estar delimitada parcialmente por una línea de altura cero (o incluso una superficie de altura cero), que se extienda desde un primer punto del lado de succión de la segunda hoja de álabe hasta un segundo punto del lado de succión, de modo que entonces la segunda depresión quede comprendida entre el lado de succión y la línea (o superficie) de altura cero.

Según una forma de realización ventajosa, la superficie de plataforma presenta tanto una primera como una segunda depresión, así como una elevación con una o más de las características mencionadas en el presente documento. Una distancia de un punto de mayor altura de la elevación y un punto de mayor profundidad de la segunda depresión, medida únicamente en dirección axial del flujo principal, puede ser a este respecto menor que el 15 % o incluso menor que el 10 % de la anchura axial de rejilla, o un punto de mayor altura de la elevación y un punto de mayor profundidad de la segunda depresión incluso pueden estar dispuestos esencialmente a la misma distancia aguas abajo de los bordes de ataque de las hojas de álabe. La elevación puede tocar la depresión en un punto o en un área (o fusionarse con la segunda depresión), o la superficie de plataforma puede configurar una superficie de altura cero, que se extienda continuamente desde el borde de plataforma del lado de ataque a través de la franja intermedia de álabe hasta el borde de plataforma del lado de fuga y pase en dirección principal axial del flujo, en particular, entre la elevación y la segunda depresión.

A continuación, se explican con más detalle ejemplos de realización con ayuda de dibujos. Se sobreentiende que elementos y componentes individuales también se pueden combinar de forma diferente a la mostrada. Las referencias para elementos correspondientes se mantienen en todas las figuras y, dado el caso, no se describen de nuevo para cada figura.

Muestran esquemáticamente:

La figura 1: un segmento de rejilla de álabe de una primera forma de realización a modo de ejemplo en vista superior;

la figura 2: un segmento de rejilla de álabe de una segunda forma de realización a modo de ejemplo en vista superior;

la figura 3: un segmento de rejilla de álabe de una tercera variante de realización a modo de ejemplo según la invención en vista superior;

la figura 4: un segmento de rejilla de álabe de una cuarta variante de realización a modo de ejemplo en vista superior y

la figura 5: un segmento de rejilla de álabe de una quinta variante de realización a modo de ejemplo según la invención en vista superior.

En la figura 1, se muestra esquemáticamente una forma de realización desarrollada a modo de ejemplo de un segmento 110 de rejilla de álabe en una vista superior (con una dirección de visión radial). Comprende hojas 20, 30 de álabe adyacentes entre sí, que presentan en cada caso un lado de presión y un lado de succión, así como una plataforma 10 según la invención con un borde 10a de plataforma en el lado de ataque (referido a la dirección X axial prevista del flujo principal) y un borde 10b de plataforma de plataforma del lado de fuga. La plataforma puede estar realizada de una sola pieza o, por ejemplo, de dos piezas (no representadas), en particular, puede comprender dos piezas, de las cuales sobresalga en cada caso una de las hojas 20, 30 de álabe.

Una franja Z intermedia de álabe se extiende en dirección U circunferencial desde el lado 21 de presión de una primera hoja 20 de álabe hasta el lado 32 de succión de la segunda hoja 30 de álabe. En dirección X axial, la franja Z intermedia de álabe se delimita por el lado de ataque por una conexión de los bordes 23, 33 de ataque de las hojas 20, 30 de álabe y por el lado de fuga por una conexión de los respectivos bordes 24, 34 de fuga; las uniones discurren a este respecto sobre la superficie de plataforma puramente en dirección circunferencial (es decir, sin desviación en dirección axial) y se encuentran a una distancia g entre sí, que corresponde a la anchura g axial de rejilla de la franja intermedia de álabe. Una distancia t de paso se define como la distancia entre los bordes 23, 33 de ataque entre sí en la superficie de plataforma.

La superficie de plataforma presenta una depresión 111, ilustrada por líneas de contorno en la figura 1, con un punto 112 de mayor profundidad. Como puede verse en las líneas de contorno y las líneas de marca discontinuas, la depresión 111, vista contra la dirección prevista de flujo principal, se extiende en menos del 20 % de la anchura g axial de rejilla axial aguas arriba de los bordes 24, 34 de fuga de las hojas 20, 30 de álabe; por lo tanto, la depresión 111 se sitúa completamente aguas abajo del 80 % de la anchura g axial de rejilla axial aguas abajo de los bordes 23, 33 de ataque. En el ejemplo mostrado, un punto 112 de mayor profundidad se encuentra a este respecto esencialmente en un límite del lado de fuga de la franja Z intermedia de álabe, en particular, por tanto, mayor que el 90 % de la anchura axial de rejilla aguas abajo de los bordes 23, 33 de ataque de las hojas 20, 30 de álabe. Medido en la dirección U circunferencial, el punto 112 de mayor profundidad de la depresión 111 en el segmento 110 de rejilla de álabe mostrado en la figura 1 presenta una distancia D_1 desde el lado 21 de presión de la primera pala 20, donde $D_1 \leq t/10$. Por lo tanto, la distancia es como máximo el 10 % de la distancia t de paso en el segmento 110 de rejilla de álabe mostrado en la figura 1.

La depresión 111 se extiende aguas abajo del 80 % de la anchura g axial de rejilla aguas abajo de los bordes 23, 33 de ataque hasta el lado 21 de presión de la primera hoja 20 de álabe, es decir, que toca el lado 21 de presión en una zona de contacto dispuesta en el quinto dispuesto más alejado aguas abajo de la zona intermedia de álabe. Una sección de la primera hoja 20 de álabe situada en la zona del borde 24 de fuga se apoya en su lado 21 de presión, incluso en la depresión 111. Partiendo de los bordes 24, 34 de fuga en contra de la dirección X prevista de flujo principal, la depresión 111 toca a este respecto el lado 21 de presión de la primera hoja de álabe como máximo hasta el límite del lado de ataque indicado en la figura mediante una línea discontinua (que discurre 0,8 g aguas abajo de los bordes de ataque puramente en dirección circunferencial) del quinto situado más lejos aguas abajo de la franja intermedia de álabe, es decir, no más allá de este límite, sino exclusivamente en este quinto mencionado de la franja intermedia de álabe.

La depresión 111 presenta una zona 113 que se encuentra aguas abajo de los bordes 24, 34 de fuga de las hojas de álabe.

En la figura 2, se muestra esquemáticamente un segmento 120 de rejilla de álabe (también en una vista superior con una dirección de visión radial), que presenta una depresión 121. En este ejemplo, la depresión 112 se extiende en menos del 10 % de la anchura g axial de rejilla aguas arriba de los bordes 24, 34 de fuga. Aguas arriba de la depresión 121, está dispuesta una superficie de altura cero, que comprende una franja T parcial de la franja Z intermedia de álabe. Sus límites de ataque y fuga se indican en la figura mediante líneas discontinuas, que discurren un 80 % o un 90 % de la anchura g axial de rejilla aguas abajo de los bordes 23, 33 de ataque de las hojas de álabe en dirección circunferencial (sin desviación axial) desde la primera hasta la segunda hoja de álabe. Por lo tanto, en dirección X axial de flujo principal, la franja T parcial tiene una anchura del 10 % de la anchura g axial de rejilla.

La depresión 121 se extiende en dirección circunferencial en menos del 50 % de la distancia t de paso. En particular, la superficie de plataforma del segmento 121 de rejilla de álabe presenta una superficie de altura cero que comprende una sección S de franja, que se encuentra entre la depresión 121 y la segunda hoja de álabe y se extiende en la décima parte más aguas abajo de la franja intermedia de álabe desde el lado 32 de succión de la segunda hoja 30 de

álabe en dirección U circunferencial hasta el centro M de paso; este tiene en cada uno de sus puntos, medido en la dirección U circunferencial, la misma distancia desde el lado 21 de presión de la primera hoja de álabe como desde el lado 32 de succión de la segunda hoja de álabe.

5 En el ejemplo de realización mostrado, la distancia del punto 122 de mayor profundidad desde el lado de presión de la primera hoja de álabe, medida en dirección circunferencial, es como máximo el 5 % de la distancia t de paso. En particular, la primera hoja 20 de álabe puede apoyarse con su borde 24 de fuga en el punto 122 más bajo, es decir, elevarse desde él.

10 La figura 3 muestra un ejemplo de realización de un segmento 130 de rejilla de álabe según la invención, en el que la plataforma 10 también presenta, además de una depresión 131, una elevación 132. En el presente caso, la depresión 131 está configurada como en el ejemplo mostrado en la figura 2 y, por lo tanto, no se describe de nuevo con más detalle; se sobreentiende que también se puede disponer una depresión, como se muestra en la figura 1, junto con una elevación en la superficie de plataforma de un segmento de rejilla de álabe según la invención.

15 La elevación 132 está dispuesta completamente aguas arriba de la depresión 131, concretamente en el ejemplo representado, en una mitad H₁ de la franja Z intermedia de álabe que se encuentra en el lado 21 de presión de la primera hoja 20 de álabe (que, por tanto, está limitada en dirección circunferencial por el centro M de paso).

20 La primera hoja 20 de álabe se apoya (en su lado de presión) en una sección de la depresión 131 aguas arriba en la elevación 132, de modo que una línea límite entre la primera hoja 20 de álabe y la superficie de plataforma discurre sobre la elevación 133 y dentro de la depresión 131.

25 Un punto 133 de mayor altura de la elevación 132 tiene una distancia D₃ medida en dirección circunferencial desde el lado 21 de presión de la primera hoja de álabe; preferiblemente, se cumple $D_3 \leq t/5$ o incluso $D_3 \leq t/10$. En dirección X axial de flujo principal, el punto 133 de mayor altura está situado en una zona central de la elevación 132, concretamente, en una zona comprendida entre el 35 % y el 65 % de la anchura g axial de rejilla aguas abajo de los bordes 24, 34 de ataque de las hojas de álabe.

30 Aguas arriba de la depresión 121 y aguas abajo de la elevación 122, está dispuesta una superficie de altura cero, que comprende una franja T parcial de la franja Z intermedia de álabe, definida como en la figura 2. En particular, sus límites de ataque y fuga se indican en la figura mediante líneas discontinuas, que discurren en un 80 % o un 90 % de la anchura g axial de rejilla aguas abajo de los bordes 23, 33 de ataque de las hojas de álabe en dirección circunferencial (sin desviación axial) desde la primera hasta la segunda hoja de álabe.

35 En la variante mostrada en la figura 4 de un segmento 140 de rejilla de álabe, la superficie de plataforma presenta una primera depresión 141 y también una segunda depresión 143. En el presente caso, la primera depresión 141 está configurada de nuevo como en el ejemplo mostrado en la figura 2 y, por lo tanto, no se describe de nuevo con más detalle; se sobreentiende que también se puede disponer otra depresión, por ejemplo, una como la mostrada en la figura 1, junto con una segunda depresión en la superficie de plataforma de un segmento de rejilla de álabe.

40 La segunda depresión se encuentra en una mitad H₂, situada en el lado 31 de succión de la segunda franja Z intermedia de álabe (que, por tanto, está limitada en dirección circunferencial por un centro M de paso). En una sección (media con respecto a la dirección axial de flujo principal) de la franja Z intermedia de álabe, la segunda hoja 30 de álabe se apoya (en su lado de succión) parcialmente en la segunda depresión 143.

45 Una franja T parcial de la franja intermedia de álabe, que se define con referencia a las figuras 2 y 3 y se extiende entre un 80 % y un 90 % de la anchura g axial de rejilla aguas abajo de los bordes 23, 33 de ataque en dirección circunferencial, discurre entre la primera depresión 131 y la segunda depresión 132 y es parte de una superficie de altura cero de la superficie de plataforma. Visto en dirección X axial de flujo principal, un punto de mayor profundidad de la segunda depresión 143 se encuentra en una zona central de la segunda depresión 143.

50 La figura 5 muestra otra forma de realización a modo de ejemplo de un segmento 150 de rejilla de álabe según la invención. Este presenta una primera depresión 151, una segunda depresión 153 y una elevación 152 que, en el ejemplo mostrado, están configuradas de manera análoga a los ejemplos de realización representados en las figuras 3 y 4. Por tanto, las propiedades especiales de las depresiones y la elevación son las descritas anteriormente; las líneas auxiliares (discontinuas) relativas a las dimensiones se han omitido a este respecto en la figura 5. En dirección circunferencial del segmento 150 de rejilla de álabe está dispuesta la segunda depresión 152 aproximadamente de manera opuesta a la elevación 152. Una vez más, se sobreentiende que la figura únicamente muestra configuraciones a modo de ejemplo de las depresiones y la elevación.

55 Por tanto, se divulga un segmento 110, 120, 130, 140, 150 de rejilla de álabe de una rejilla de álabe para una turbomáquina, que comprende una plataforma 10 con una superficie de plataforma y al menos dos hojas 20, 30 de álabe. La superficie de plataforma presenta una depresión 111, 121, 131, 141, 151 que se extiende hasta la primera hoja de álabe y que toca el lado 21 de presión de la primera hoja de álabe aguas abajo del 80 % de la anchura g axial de rejilla aguas abajo de los bordes 23, 33 de ataque, y toca el lado 21 de presión de la primera hoja de álabe hasta

como máximo el 80 % de la anchura g axial de rejilla aguas abajo de los bordes 23, 33 de ataque. Al menos un punto 112, 122 de mayor profundidad de la depresión se sitúa al menos en un 90 % de la anchura g axial de rejilla aguas abajo de los bordes 23, 33 de ataque.

- 5 También se describen una rejilla de álabe, un canal de álabe, una turbomáquina y un motor de avión.

Referencias

- 10 110, 120, 130, 140, 150 Segmento de rejilla de álabe
- 10 10 Plataforma
- 10a Borde de lado de ataque de plataforma
- 15 10b Borde de lado de fuga de plataforma
- 20-30 Hoja de álabe
- 20 21 Lado de presión de la primera hoja 20 de álabe
- 23,33 Borde de ataque
- 24, 34 Borde de fuga
- 25 32 Lado de succión de la segunda hoja 30 de álabe
- 111, 121, 131, 141, 143, 151, 153 Depresión
- 112, 122, 142 Punto más profundo de la depresión
- 30 113 Zona de la depresión 111 ubicada aguas abajo de los bordes de fuga
- 132, 152 Elevación
- 35 133 Punto más alto de elevación
- g Anchura axial de rejilla
- t Distancia de paso
- 40 D_1 Distancia, medida en dirección circunferencial, del punto 112 más bajo desde el lado de presión de la primera hoja de álabe
- 45 D_3 Distancia, medida en dirección circunferencial, del punto 133 más alto desde el lado de presión de la primera hoja de álabe
- Hi Mitad de la franja Z intermedia de álabe situada en el lado de presión de la primera hoja de álabe
- 50 H_2 Mitad de la franja Z intermedia de álabe situada en el lado de succión de la segunda hoja de álabe
- M Centro de paso
- S Zona de franja de la franja intermedia de álabe
- 55 T Franja parcial de la franja intermedia de álabe
- U Dirección circunferencial
- X Dirección axial prevista del flujo principal
- 60 Z Franja intermedia de álabe

REIVINDICACIONES

1. Segmento (110, 120, 130, 140, 150) de rejilla de álabe de una rejilla de álabe para una turbomáquina para un motor de avión, en donde el segmento de rejilla de álabe comprende una plataforma (10) con una superficie de plataforma y una primera hoja (20) de álabe y una segunda hoja (30) de álabe, que, entre el lado (21) de presión de la primera y el lado (32) de succión de la segunda hoja de álabe, determinan una franja (Z) intermedia de álabe con una anchura (g) axial de rejilla a través de sus respectivos bordes (23, 33, 24, 34) de ataque y de fuga en la superficie de plataforma, en donde la superficie de plataforma presenta una depresión (111, 121, 131, 141, 151) que se extiende hacia la primera hoja (20) de álabe, en donde la superficie de plataforma presenta, además, al menos una elevación (132, 152), que está dispuesta total o parcialmente aguas arriba de la depresión (111, 121, 131, 141, 151), en donde una sección de la primera hoja (20) de álabe se apoya en la elevación en su lado (21) de presión, **caracterizado por que** la depresión presenta al menos un punto (112, 122) más profundo que es al menos el 90 % de la anchura (g) axial de la rejilla aguas abajo de los bordes (23, 33) de ataque y la depresión toca el lado (21) de presión de la primera hoja de álabe exclusivamente aguas abajo del 80 % de la anchura (g) axial de la rejilla aguas abajo de los bordes (23, 33) de ataque.
2. Segmento (110, 120, 130, 140, 150) de rejilla de álabe según la reivindicación 1, en donde la depresión se sitúa completamente aguas abajo del 80 % de la anchura (g) axial de rejilla aguas abajo de los bordes (23, 33) de ataque.
3. Segmento de rejilla de álabe según la reivindicación 1 o 2, en donde una sección de la primera hoja (20) de álabe se apoya en su lado (21) de presión en la depresión (111, 121, 131, 141, 151).
4. Segmento de rejilla de álabe según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la depresión presenta una zona (113), que se encuentra aguas abajo de los bordes (24, 34) de fuga de las hojas (20, 30) de álabe.
5. Segmento de rejilla de álabe según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la depresión se extiende desde el lado de presión de la primera hoja (20) de álabe hasta el lado (32) de succión de la segunda hoja (30) de álabe, y preferiblemente se extiende en dirección circunferencial como máximo un 60 % o como máximo un 50 % de una distancia (t) de separación del segmento de rejilla de álabe.
6. Segmento de rejilla de álabe según una de las reivindicaciones anteriores, en donde la depresión (111, 121, 131, 141, 151) es una primera depresión y la superficie de plataforma presenta al menos una segunda depresión (143, 153) que está dispuesta total o parcialmente aguas arriba de la primera depresión.
7. Segmento de rejilla de álabe según la reivindicación 6, en donde una sección de la segunda hoja (20) de álabe se apoya en su lado (21) de succión en la segunda depresión (143, 153).
8. Rejilla de álabe para turbomáquina, que presenta al menos un segmento (110, 120, 130, 140, 150) de rejilla de álabe según una de las reivindicaciones anteriores.
9. Canal de álabe de una turbomáquina, que está delimitado por un segmento (110, 120, 130, 140, 150) de rejilla de álabe según una de las reivindicaciones 1 a 7 y por una pared lateral situada opuesta a la plataforma (10) del segmento de rejilla de álabe.
10. Turbomáquina con al menos una rejilla de álabe según la reivindicación 8.
11. Motor de avión con una turbomáquina según la reivindicación 10.

Figura 1

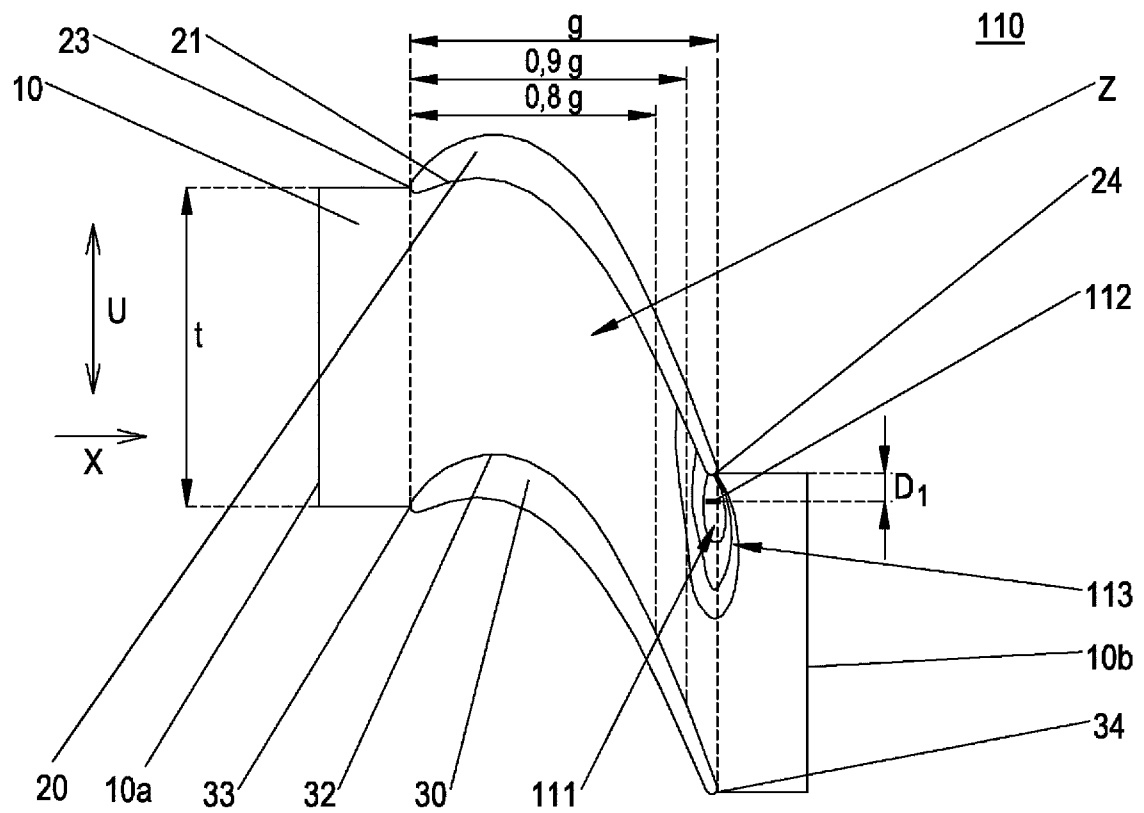


Figura 2

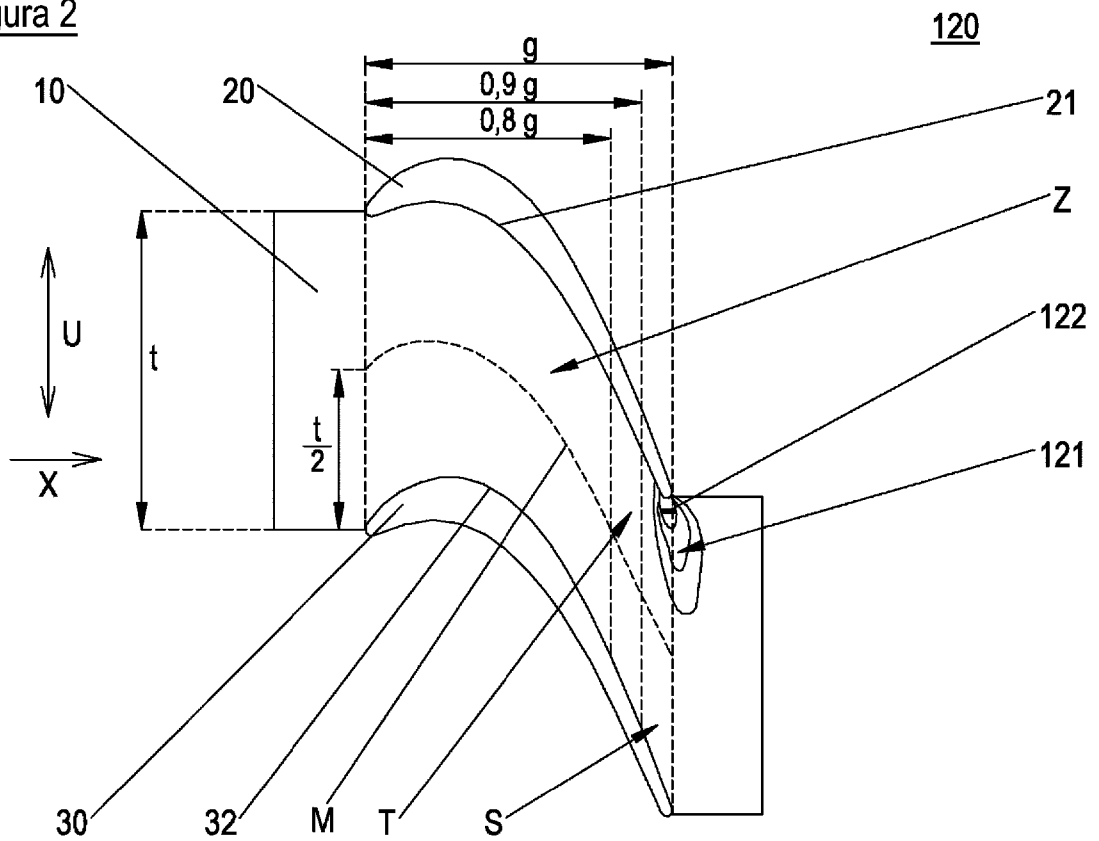


Figura 3

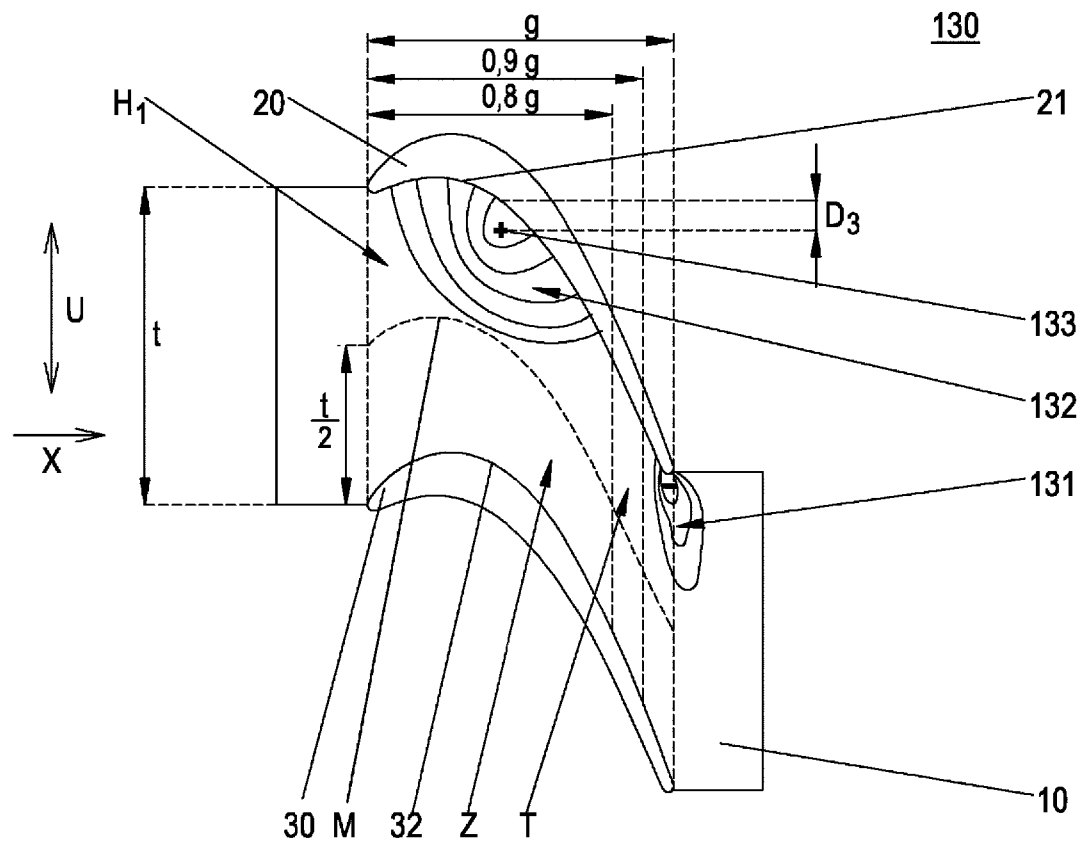


Figura 4

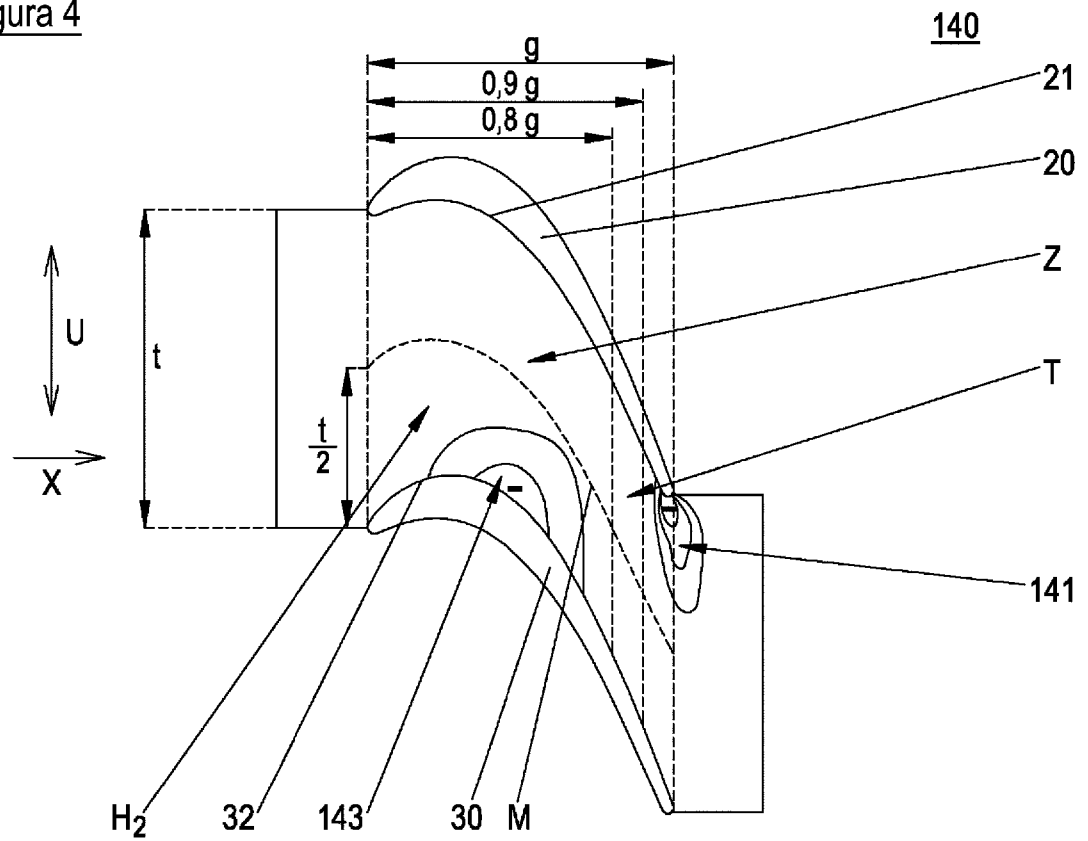


Figura 5

