

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 858**

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: **24.05.2013** **E 13169056 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2019** **EP 2806102**

54 Título: **Cascada de álabes para una turbina y la turbina asociada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.06.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GÜNDOGDU, YAVUZ;
GIER, JOCHEN y
ENGEL, KARL

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 765 858 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

Cascada de álabes para una turbina y la turbina asociada.

5 La invención se refiere a una cascada de álabes para una turbina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a una turbina que comprende dicha cascada de álabes.

10 Un flujo primario o principal guiado a través de un canal de flujo es desviado en paralelo hacia la pared límite por un gradiente de presión lateral. Como las capas de flujo cercanas a la pared son desviadas más fuertemente que las capas de flujo alejadas de la pared debido a que tienen menor velocidad, se forma un flujo secundario o vórtice de canal que está superpuesto al flujo principal, lo que provoca, entre otras cosas, pérdidas de presión. Estos flujos secundarios se producen regularmente en las cascadas de álabes de las turbinas como las turbinas de gas y de vapor. Las cascadas de álabes están compuestas por una pluralidad de álabes u hojas de álabes dispuestos unos junto a otros en la dirección circunferencial, que se colocan en un canal de flujo rotacionalmente simétrico y entre los cuales se forma en cada caso un canal de álabes. Los canales de álabes están limitados en dirección radial por una pared exterior radial del lado de la carcasa y una pared interior radial del lado del cubo. Las paredes laterales son, por ejemplo, secciones de carcasa fija, secciones del rotor, plataformas de álabes interiores radiales y/o placas de cubierta de álabes exteriores radiales. En la dirección circunferencial, los canales de álabes están limitados por una pared de hoja de álabe del lado de presión y una pared de hoja de álabe del lado de succión. Para reducir los flujos secundarios, a menudo se introducen en las paredes laterales contornos en forma de elevaciones y/o depresiones. Ejemplos de este tipo de contorno, en particular el contorno asimétrico de la pared lateral, se muestran en la solicitud de patente europea EP 2 261 462 A1 y en la solicitud internacional de patente WO 98/44240 A1. Además, los documentos EP2261462, WO2013/009449 y US2011/0044818 describen cascadas de álabes de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

25 El objetivo de la invención es crear una cascada de álabes de turbina con un flujo secundario reducido, así como una turbina con mejor eficacia.

Este objetivo se logra con una cascada de álabes de una turbina con las características de la reivindicación 1 y con una turbina con las características de la reivindicación 11.

30 Una cascada de álabes de una turbina de acuerdo con la invención tiene una pluralidad de canales de álabes, que están limitados en la dirección circunferencial, respetivamente, por un lado de presión de una hoja de álabe y por un lado de succión opuesto de una hoja de álabe adyacente. En la dirección radial, los canales de álabes están limitados por dos paredes laterales opuestas. Al menos una pared lateral de cada canal de álabes está provista de un contorno de pared lateral. De acuerdo con la invención, el contorno de la pared lateral es ondulado en la dirección circunferencial y tiene al menos una elevación, al menos una depresión y al menos una nervatura, que tiene un perfil de la hoja de álabe con un lado de presión y con un lado de succión opuesto.

40 El contorno de la pared lateral no simétrico en cuanto a su circunferencia de acuerdo con la invención provoca una reducción de las turbulencias del flujo secundario y una disminución de las desviaciones de un ángulo de salida de la cascada de álabes en el área cercana a la pared lateral. El al menos un contorno de la pared lateral permite que los gradientes de presión primarios, en particular los gradientes de presión que actúan en la dirección circunferencial, se vean influenciados favorablemente por la al menos una nervatura en forma de perfil de álabe. Además, el al menos un contorno de la pared lateral permite influir y ajustar el ángulo de descarga mediante la formación de al menos una elevación que se extiende en la dirección de flujo primaria o dirección de flujo principal y al menos una depresión que se extiende en la dirección de flujo primaria, por ejemplo, en la correspondiente área posterior de la pared lateral cercana a la pared lateral, de manera tal que la cascada siguiente experimente una distribución más favorable del flujo de entrada y, por tanto, disminuyan las pérdidas de flujo ocasionadas en esa área. Además, se logra evitar o al menos reducir la interacción de los vórtices en forma de herradura inducidos en el borde delantero del álabe entre sí y con un vórtice del canal.

50 La al menos una elevación y la al menos una depresión se refieren, respectivamente, a una sección de la superficie no contorneada de la pared lateral interna radial o de la pared lateral externa radial. En relación con la pared lateral interna, la al menos una elevación se extiende radialmente hacia afuera de la sección de la superficie no contorneada y, por tanto, representa un estrechamiento del canal. La al menos una depresión se extiende desde la sección de la superficie no contorneada radialmente hacia adentro y, por tanto, representa un ensanchamiento del canal. La al menos una nervatura puede extenderse más allá de la sección de la superficie no contorneada de manera análoga a una elevación. Además, la al menos una nervatura puede extenderse radialmente hacia afuera de una elevación y de esa manera estar "ubicada sobre" una elevación. Sin embargo, la al menos una nervatura también puede extenderse radialmente hacia afuera de una depresión sobre una sección no contorneada de la superficie y de esa forma estar ubicada parcialmente en la depresión. Sin embargo, la al menos una nervatura también puede extenderse radialmente hacia afuera de una depresión, pero no sobresalir de la sección de la superficie no contorneada y de esa forma estar ubicada completamente en la depresión. Si la pared lateral exterior está provista de un contorno lateral no simétrico, la al menos una elevación y la al menos una nervatura en principio se extienden radialmente hacia adentro y la al menos una depresión en principio radialmente hacia afuera.

65

5 Preferentemente, el contorno de la pared lateral se extiende hasta el borde de la pared lateral aguas abajo y, por tanto, hasta el espacio axial trasero. Como resultado, el borde de la pared lateral aguas abajo es también ondulado. La al menos una elevación, la al menos una depresión y/o la al menos una nervatura pueden llegar individualmente hasta el borde de la pared lateral aguas abajo. La al menos una elevación, la al menos una depresión y/o la al menos una nervatura pueden comenzar en el borde de la pared lateral aguas arriba, de modo que el borde de la pared lateral aguas arriba también puede diseñarse de forma ondulada. En principio, el contorno de la pared lateral puede extenderse más allá de los bordes de entrada y salida de las hojas de los álabes.

10 La al menos una elevación y/o la al menos una depresión pueden tener amplitudes variables para influir en el flujo en la dirección del flujo. Esto significa que la al menos una elevación y/o la al menos una depresión tienen diferentes alturas y/o profundidades en la dirección del flujo. Preferentemente, la al menos una elevación alcanza una altura que se corresponde con un máximo de 30 % del paso del álabe.

15 Preferentemente, el lado de presión y el lado de succión de la al menos una nervatura están radialmente alineados, en donde "radial" también incluye "esencialmente radial". "Radial" significa, en particular, "inclinada" con una desviación de la dirección radial de hasta +- 15°. Preferentemente, la al menos una nervatura tiene una altura que se corresponde con un máximo de 30 % del paso del álabe.

20 Para controlar el ángulo de descarga, es ventajoso que al menos una nervatura esté en un rango de 40 % a 100 % del ancho axial de un álabe.

Para un control favorable de los vórtices en forma de herradura es ventajoso que la al menos una nervatura esté en un rango de 0 % a 60 % del ancho axial del álabe.

25 Preferentemente los contornos de las paredes laterales tienen bordes redondeados. Con la forma redonda o redondeada de los bordes, se evita o al menos se reduce considerablemente la formación de vórtices, que pueden provocar pérdidas de mezcla. Por ejemplo, la al menos una nervatura tiene una superficie nervada plana, cuyos bordes laterales están redondeados o el borde lateral circundante está redondeado. Alternativamente, la al menos una nervatura puede tener una parte superior redondeada o esférica.

30 La al menos una nervatura puede diseñarse de manera continua hacia delante y hacia atrás en la dirección del flujo de la turbina y, por tanto, convertirse suavemente en las secciones de superficie adyacentes. Esto crea una transición suave entre la nervatura y una sección de la pared lateral no contorneada o una sección del contorno de la pared lateral simétrico en su circunferencia.

35 También puede ser ventajoso para el control del flujo que los radios de curvatura del contorno de la pared lateral varíen.

40 Una turbina de acuerdo con la invención tiene al menos una cascada de álabes de acuerdo con la invención. Debido a la reducción de los flujos secundarios y, al mismo tiempo, a una mayor orientación del correspondiente ángulo de descarga del flujo primario en una dirección deseada sin que los bordes afilados induzcan vórtices adicionales y, por tanto, pérdidas de mezcla, una turbina de este tipo se caracteriza por una mayor eficiencia.

45 Otros ejemplos de modalidades ventajosas de la invención se abordan más detalladamente en las reivindicaciones dependientes.

A continuación, se describen detalladamente los ejemplos de modalidades preferidos de la invención utilizando representaciones esquemáticas altamente simplificadas. Se muestran:

50 En la Fig. 1 una sección circunferencial extendida de un primer ejemplo de modalidad de una cascada de álabes de acuerdo con la invención,

En la Fig. 2 un corte a lo largo de la línea A-A de la Fig. 1,

55 En la Fig. 3 una representación detallada de la Fig. 2,

En la Fig. 4 una sección circunferencial extendida de un segundo ejemplo de modalidad de la cascada de álabes de acuerdo con la invención,

60 En la Fig. 5 una sección circunferencial extendida de un tercer ejemplo de modalidad de la cascada de álabes de acuerdo con la invención,

En la Fig. 6 una sección periférica extendida de un cuarto ejemplo de modalidad de la cascada de álabes de acuerdo con la invención,

65 y En la Fig. 7 un corte a lo largo de la línea B-B de la Fig. 6.

La Fig. 1 muestra una vista superior de una representación en corte de una sección circunferencial extendida de una primera cascada de álabes 1 de acuerdo con la invención de una turbina de flujo axial, tal como una turbina de gas estacionaria o un motor de avión.

5 La cascada de álabes 1 está dispuesta preferentemente en el lado de la turbina y tiene una pluralidad de álabes 2, 4, que están colocados unos junto otros en la dirección circunferencial de la turbina y cada uno delimita un canal de álabes 6, a través del cual fluye un flujo principal de izquierda a derecha como se muestra en la Fig. 1. En la dirección circunferencial de la turbina o de la cascada de álabes 1, el canal de álabes 6 está limitado por una pared del lado de presión o lado de presión 8 de la primera hoja de álabe 2 y por una pared del lado de succión o lado de succión opuesto 10 de la segunda hoja de álabe 4, que se extienden cada una entre un borde delantero 12a, 12b y un borde trasero 14a, 14b de las hojas del álabe 2, 4. Como se muestra en la Fig. 2, el canal de álabes 6 está limitado en la dirección radial de la cascada de álabes 1 por una pared lateral del cubo o pared lateral interior radial 16. Además, el canal de álabes 6 está limitado en dirección radial por una pared lateral de la carcasa o pared lateral exterior radial 18. La pared lateral interior 16 está formada, por ejemplo, por una sección de rotor o una plataforma de álabes. La pared lateral exterior 18 está formada, por ejemplo, por una sección de la carcasa o un anillo de refuerzo del álabe.

De acuerdo con la invención, al menos una de las paredes laterales 16, 18 está provista en el área del canal de álabes 6 de un contorno de pared lateral que no es simétrico en su circunferencia y es ondulado en la dirección circunferencial. En el ejemplo de modalidad mostrado en las Fig. 1 y 2, el contorno de la pared lateral indicado por la línea de puntos tiene tres contornos individuales 20, 22, 24 en forma de una elevación del lado de presión 20, una nervatura 22 y una depresión 24. Los contornos individuales 20, 22, 24 se representan gráficamente mediante una pluralidad de líneas de altura o líneas de profundidad 26 con signos de más o menos.

La elevación 20 y la depresión 24 se refieren cada una a una sección de la superficie no contorneada 34 de la pared lateral interior 16 de este ejemplo de modalidad. La elevación 20 se extiende radialmente hacia afuera de la sección de la superficie no contorneada 34 y, por tanto, representa un estrechamiento del canal. Las depresiones 24 se extienden radialmente hacia el interior de la sección superficial no conformada 34 y, por tanto, representan una ampliación del canal. La nervatura 22 se extiende radialmente hacia afuera en relación con el contorno de la pared lateral interior.

30 Como indica en la Fig. 2 la línea de puntos en el área del contorno de la pared lateral exterior, la pared lateral exterior 18 también puede estar provista de un contorno de pared lateral que no es simétrico en su circunferencia y es ondulado, visto en la dirección circunferencial, que está compuesto por una pluralidad de contornos individuales 20', 22', 24'. Los contornos de las paredes interior y exterior pueden ser idénticos o diferentes. Además, solo la pared lateral exterior 18 puede estar provista de un contorno de pared lateral que no es simétrico en su circunferencia. Si, como se indica en la Fig. 2, la pared lateral exterior 18 está provista de un contorno lateral no simétrico, las elevaciones 20' y las nervaturas 22' se extienden de manera general radialmente hacia adentro y las depresiones 24' de manera general radialmente hacia afuera. Independientemente de esto, en el caso de un contorno de pared lateral exterior, la elevación 20' representa un estrechamiento del canal y la depresión 24' una ampliación del canal.

40 A continuación, se explica la invención a partir de los contornos de pared lateral de una pared lateral interior 16 en cada caso.

Como se muestra en la Fig. 1, la elevación 20 del lado de presión se extiende desde la sección de la superficie no contorneada 34 a lo largo de la pared de la hoja de álabe del lado de presión 8 desde el borde delantero 12a hasta el borde trasero 14a.

La nervatura 22 tiene un perfil de hoja de álabe con un lado de presión 28 y un lado de succión 30 opuesto. La nervatura se ubica aproximadamente en el medio entre las hojas de álabe 2, 4 y se extiende desde la depresión 24 hasta más allá de la sección de la superficie no contorneada 34. Está orientada hacia las hojas de álabe 2, 4 de manera tal que el lado de presión 28 está opuesto a la pared de las hojas de álabe del lado de succión 10. Se extiende en un rango de 40 % a 100 % del ancho axial de un álabe o de una hoja de álabe. Por lo tanto, se extiende aproximadamente desde un área de pared lateral central, a través de un punto estrecho 32 entre las hojas de álabe 2, 4, hasta al menos una posición axial aproximada de los bordes traseros 14a, 14b.

La depresión 24 está separada de la elevación del lado de presión 20 sobre la sección de la superficie no contorneada 34 de la pared lateral 16 y se extiende en la dirección circunferencial hasta la pared de la hoja de álabe del lado de succión 10. La depresión 24 se extiende aproximadamente desde un área correspondiente al 30 % del ancho axial del álabe hasta el borde trasero de la pared lateral 36 de la pared lateral 16.

La depresión 24 tiene una sección más profunda 38, que se encuentra entre la nervatura 22 y la hoja de álabe 4. Se extiende en correspondencia con la nervatura 22 en un rango de 40 % a 100 % del ancho axial del álabe. Tiene una base curvada en forma de gota con un área aguas abajo o trasera que se estrecha en relación con un área aguas arriba o delantera.

Como se muestra en la Fig. 2, la elevación 20 del lado de presión tiene una amplitud menor en la dirección circunferencial que la nervatura 22. Se convierte casi ortogonalmente, es decir, en un ángulo de 90° con respecto a la dirección radial, en la pared de la hoja de álabe del lado de presión 8.

5 Como se muestra en la Fig. 3, el lado de presión 28 y el lado de succión 30 de la aleta en forma de perfil de hoja de álabe 22 son inclinados. "Inclinado" significa una desviación en dirección radial, preferentemente de un máximo de +/- 15° entre sí. Están unidos entre sí por una superficie plana de la aleta 40, que se convierte en los lados o bordes 28, 30 de la aleta 22 a través de bordes laterales redondeados 42, 44 con el mismo radio de curvatura. Preferentemente, la al menos una aleta 22 tiene un ancho máximo de circunferencia no mayor que 25 % de un paso de álabe.

10 La Fig. 4 muestra otro ejemplo de modalidad de un contorno de pared lateral circunferencialmente ondulado de una pared lateral interior 16 en un canal de álabes 6 entre dos álabes 2, 4. El contorno de la pared lateral también tiene una elevación del lado de presión 20, una aleta en forma de perfil de hoja de álabe 22 central con un lado de presión 28 y un lado de succión 30 y una depresión 24 desde la cual se extiende la aleta 22.

15 La elevación 20 del lado de presión se extiende a lo largo de la pared de la hoja de álabe 8 del lado de presión de la hoja de álabe 2, desde el borde delantero 12a de la hoja de álabe 2 hasta su borde trasero 14a.

20 A diferencia del ejemplo de la modalidad anterior de acuerdo con la Fig. 1, la aleta 22 con perfil de hoja de álabe central, está dispuesta en un rango de aproximadamente 0 % a 60 % del ancho axial de la hoja de álabe, de manera que se extiende aproximadamente desde una posición axial de los bordes delanteros 12a, 12b de las hojas de álabe 2, 4.

25 Como otra diferencia, la depresión 24 se extiende sobre toda la pared lateral 16 en la dirección axial del perfil de hoja de álabe 1 desde un borde delantero de la pared lateral 46 de la pared lateral 16 hasta el borde trasero de la pared lateral 36. Además, la depresión 24 está separada en la dirección circunferencial no solo de la elevación 20 del lado de presión, sino también de la pared de la hoja de álabe 10 del lado de succión de la hoja de álabe 4.

30 La sección más profunda 38 de la depresión 24 también está desplazada hacia adelante y ahora comienza en correspondencia con la aleta 22 en el área de los bordes delanteros 12a, 12b. Sin embargo, la sección más profunda 38 llega aproximadamente hasta la posición axial de los bordes traseros 14a, 14b y, por lo tanto, termina en la misma posición axial que la sección más profunda 38 del ejemplo de la modalidad de la Fig. 1.

35 La Fig. 5 muestra otro ejemplo de modalidad de un contorno lateral circunferencialmente ondulado de una pared lateral interna 16 en un canal de álabes 6 formado entre dos perfiles de hoja de álabe 2, 4, que tiene una elevación del lado de presión 20, dos aletas en forma de perfil de hoja de álabe 22, 48 y una depresión 24.

40 La elevación 20 del lado de presión se extiende desde la sección de la superficie no contorneada 34 a lo largo de una pared de la hoja de álabe 8 del lado de presión de la hoja de álabe 2 desde un borde delantero 12a de la hoja de álabe 2 hasta su borde trasero 14a.

45 Las aletas en forma de perfil de hoja de álabe 22, 48 se extienden cada una desde la depresión hasta más allá de la elevación 20. Cada una de ellas tiene un lado de presión 28, 50 y un lado de succión 30, 52. Los lados de presión 28, 50 tienen cada uno, por ejemplo, áreas de transición cóncavas 54, 56, que se extienden desde la depresión 24 hasta la altura radial de la elevación 20. Sin embargo, las áreas de transición 54, 56 también pueden ser diseñadas de manera diferente. Preferentemente, se extienden de manera continua o suave desde el fondo de la depresión. Las aletas 22, 48 están ubicadas en un rango de aproximadamente 60 % a 100 % del ancho axial de un álabe, de modo que se extienden hasta la posición axial de los bordes traseros 14a, 14b de las hojas de álabe 2, 4. Sus anchos en dirección circunferencial son casi iguales. Están orientadas entre sí de manera tal que el lado de presión 28 de la aleta 22 está opuesto al lado de succión 52 de la aleta 48. Se posicionan entre las hojas de álabe 2, 4 de manera tal que haya una distancia circunferencial igual entre ellas y la correspondiente pared de la hoja de álabe 8, 10 adyacente.

50 La depresión 24 se extiende en la dirección circunferencial desde la elevación 20 hasta la pared de la hoja de álabe del lado de succión 10 aguas arriba y en la dirección axial aguas abajo desde una posición axial de los bordes delanteros 12a, 12b hasta el borde trasero de la pared lateral 36 de la pared lateral 16. En el área delantera, la depresión 24 tiene dos secciones de depresión individuales, que están formadas o separadas entre sí por la sección de la superficie no contorneada 34 de la pared lateral 16.

55 La Fig. 6 muestra un contorno lateral circunferencialmente ondulado de una pared lateral interna 16 en un canal de álabes 6 entre dos hojas de álabe 2, 4 de una cascada de álabes 1 de una turbina con una elevación del lado de presión 20, dos aletas 22, 48 y con tres depresiones 24, 58, 60.

60 La elevación 20 del lado de presión se extiende desde la sección de la superficie no contorneada 34 a lo largo de una pared de la hoja de álabe 8 del lado de presión de la hoja de álabe 2 desde un borde delantero 12a de la hoja de álabe 2 hasta su borde trasero 14a.

65

Las aletas en forma de perfil de hoja de álabe 22, 48 tienen cada una un lado de presión 28, 50 y un lado de succión 30, 52. Se encuentran en un rango de aproximadamente 60 % a 100 % del ancho axial del álabe, de modo que se extienden hasta la posición axial de los bordes traseros 14a, 14b de las hojas de álabe 2, 4. Sus anchos en dirección circunferencial son casi iguales. Se posicionan entre las hojas de álabe 2, 4 de manera tal que haya una distancia circunferencial igual entre ellas y la hoja de álabe 2, 4 adyacente. En el área de sus lados de presión 28, 50, se forma en cada caso un área de transición 54, 56, que se extiende suavemente desde la sección de la superficie no contorneada 34 hasta la altura radial de la elevación 20 y comienza delante de las aletas 22, 48, vistas en la dirección del flujo. Las áreas de transición 54, 56 se extienden aproximadamente hasta un rango de alrededor 30 % a 40 % del ancho axial del álabe. En el lado de succión, las aletas 22, 48 caen abruptamente en las depresiones 28, 58.

Como se muestra en la Fig. 7 a partir de la sección B-B, las áreas de transición 54, 56 son cóncavas. Se extienden de manera continua o suave desde la sección de la superficie no contorneada 34 y se unen a una superficie estriada 40 a través de un borde redondeado 42 indicado por un círculo. En este ejemplo de modalidad, las superficies estriadas 40 están orientadas de manera tal que las aletas 22, 48 tienen una altura radial constante en la dirección del flujo.

Como indica el signo de referencia 61, las aletas 22, 48 aguas abajo también pueden caer sobre un área de transición cóncava por debajo de la sección de la superficie no contorneada 34 y, por tanto, en la depresión 24. Como se indica con un círculo, las aletas 22, 48 con su respectiva superficie estriada 40 también pasan sobre un borde redondeado 44 en el área de transición 61. Vistas en la dirección del flujo, con ello las amplitudes de las aletas 22, 28 varían; en el ejemplo mostrado, las amplitudes suben de forma plana, continúan constantes y caen suavemente.

Como se muestra en la Fig. 6, la primera depresión 24 se forma entre y adyacente a la elevación del lado de presión 20 y la aleta 22. La segunda depresión 58 está ubicada entre y adyacente a las aletas 22, 48. La tercera depresión 60 se encuentra entre y adyacente a la aleta 48 y la hoja de álabe 4. Las tres depresiones 24, 58, 60 se extienden desde un área lateral axial que se corresponde aproximadamente con 20 % a 40 % del ancho axial del álabe aguas abajo. En el área del canal de álabes 6 están separadas entre sí por las aletas 22, 48 o por sus secciones cóncavas delanteras. Aguas abajo del canal de álabes 6, las depresiones 24, 58, 60 entran en la sección de depresión común 62 o forman una depresión común 62 que se extiende desde una posición axial de los bordes traseros 14a, 14b hasta el borde lateral trasero 36 de la pared lateral 16.

En todos los ejemplos de modalidades, la al menos una elevación 20, 20', la al menos una depresión 24, 24', 58, 60, 62 y la al menos una aleta 22, 22', 48 pueden tener amplitudes diferentes o iguales en la dirección circunferencial y en la dirección del flujo. Las amplitudes de la al menos una elevación 20, la al menos una depresión 24, 24', 58, 60, 62 y la al menos una aleta 22, 22', 48 son preferentemente como máximo 30 % de un paso de álabe.

Asimismo, el ancho de la al menos una elevación 20, 20', de la al menos una depresión 24, 24', 58, 60, 62 y de la al menos una aleta 22, 22', 48 puede variar en la dirección circunferencial y en la dirección longitudinal respectivamente.

Además, los radios de curvatura de la ondulación del contorno de la pared lateral o de los contornos de la pared lateral pueden variar en la dirección circunferencial. Por ejemplo, una elevación 20, 20' puede tener un radio de curvatura significativamente menor que una depresión adyacente 24, 24', 58, 60, 62.

Se describe una cascada de álabes de una turbina, cuya al menos una pared lateral es ondulada en la dirección circunferencial y tiene al menos una elevación y al menos una depresión, en donde al menos una aleta en forma de perfil está integrada a o combinada con la pared lateral, la cual tiene un perfil de hoja de álabe con un lado de presión y con un lado de succión opuesto, así como una turbina con dicha cascada de álabes.

Lista de números de referencia:

50	1	Cascada de álabes
	2	Hoja de álabe
	4	Hoja de álabe
	6	Canal de álabes
	8	Pared de hoja de álabe del lado de presión
55	10	Pared de hoja de álabe del lado de succión
	12a, b	Borde delantero
	14a, b	Borde trasero
	16	Pared lateral interior
	18	Pared lateral exterior
60	20, 20'	Elevación del lado de presión
	22, 22'	Aleta
	24, 24'	Depresión
	26	Línea
	28	Lado de presión
65	30	Lado de succión
	32	Punto estrecho

	34	Sección de superficie no contorneada
	36	Borde trasero de la pared lateral
	38	Sección más profunda
	40	Superficie estriada
5	42	Borde
	44	Borde
	46	Borde delantero de la pared lateral
	48	Aleta
	50	Lado de presión
10	52	Lado de succión
	54	Área de transición
	56	Área de transición
	58	Depresión
	60	Depresión
15	61	Área de transición
	62	Sección de depresión/depresión común

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cascada de álabes (1) de una turbina, con una pluralidad de canales de álabes (6) que están cada uno limitados en la dirección circunferencial por un lado de presión (8) de una primera hoja de álabe (2) y por un lado de succión opuesto (10) de una segunda hoja de álabe (4) adyacente, y que están limitados en la dirección radial por dos paredes laterales opuestas (16, 18), en donde en cada caso al menos una pared lateral (16) de los canales de álabes (6), está provista de un contorno de pared lateral que es ondulado en la dirección circunferencial y tiene una elevación (20, 20') y al menos una depresión (24, 24', 58, 60, 62), caracterizada porque el contorno de la pared lateral comprende además al menos una aleta en forma de perfil (22, 22', 48), que tiene un perfil de hoja de álabe con un lado de presión (28, 50) y con un lado de succión opuesto (30, 52), en donde la elevación (20, 20') es una elevación del lado de presión (20, 20') que se extiende a lo largo del lado de presión (8) de la primera hoja de álabe (2) desde un borde delantero (12a) de la primera hoja de álabe (2) hasta un borde trasero (14a) de la primera hoja de álabe (2).
- 15 2. Una cascada de álabes de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el contorno de la pared lateral llega hasta el borde de la pared lateral aguas abajo (30).
- 20 3. Una cascada de álabes de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde al menos una elevación (20, 20') y/o al menos una depresión (24, 24', 58, 60, 62) tiene amplitudes que varían en la dirección del flujo.
- 25 4. Una cascada de álabes de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en donde el lado de presión (28, 50) y el lado de succión (30, 52) están alineados radialmente.
5. Una cascada de álabes de acuerdo con la reivindicación 4, en donde la aleta (22, 22', 48) tiene una altura máxima de 30 % del paso de la álabe.
6. Una cascada de álabes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos una aleta (22, 22', 48) se encuentra en un rango entre 40 % y 100 % del ancho axial del álabe.
- 30 7. Una cascada de álabes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde al menos una aleta (22, 22', 48) se encuentra en un rango entre 0 % y 60 % del ancho axial del álabe.
- 35 8. Una cascada de álabes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el contorno de la pared lateral tiene bordes redondeados.
9. Una cascada de álabes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos una aleta (22, 22', 48) se convierte de manera continua en las secciones de las superficies adyacentes en la parte delantera y trasera en la dirección del flujo.
- 40 10. Una cascada de álabes de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los radios de curvatura del contorno de la pared lateral varían.
11. Una turbina con al menos una cascada de álabes (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.

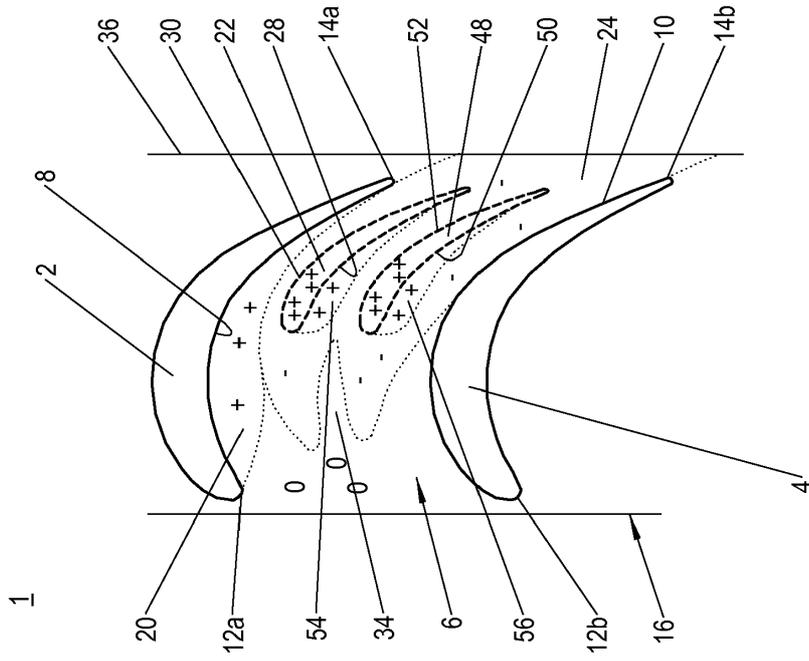


Fig. 5

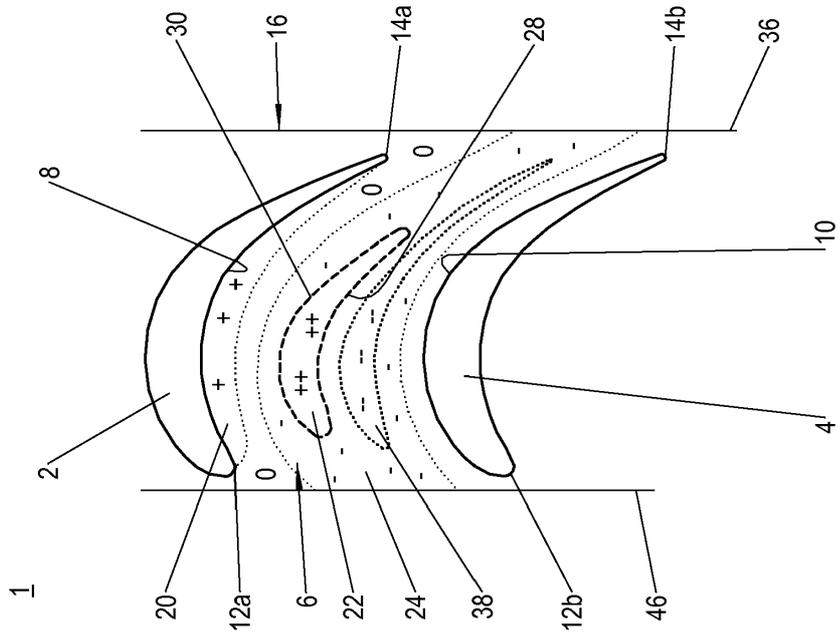


Fig. 4

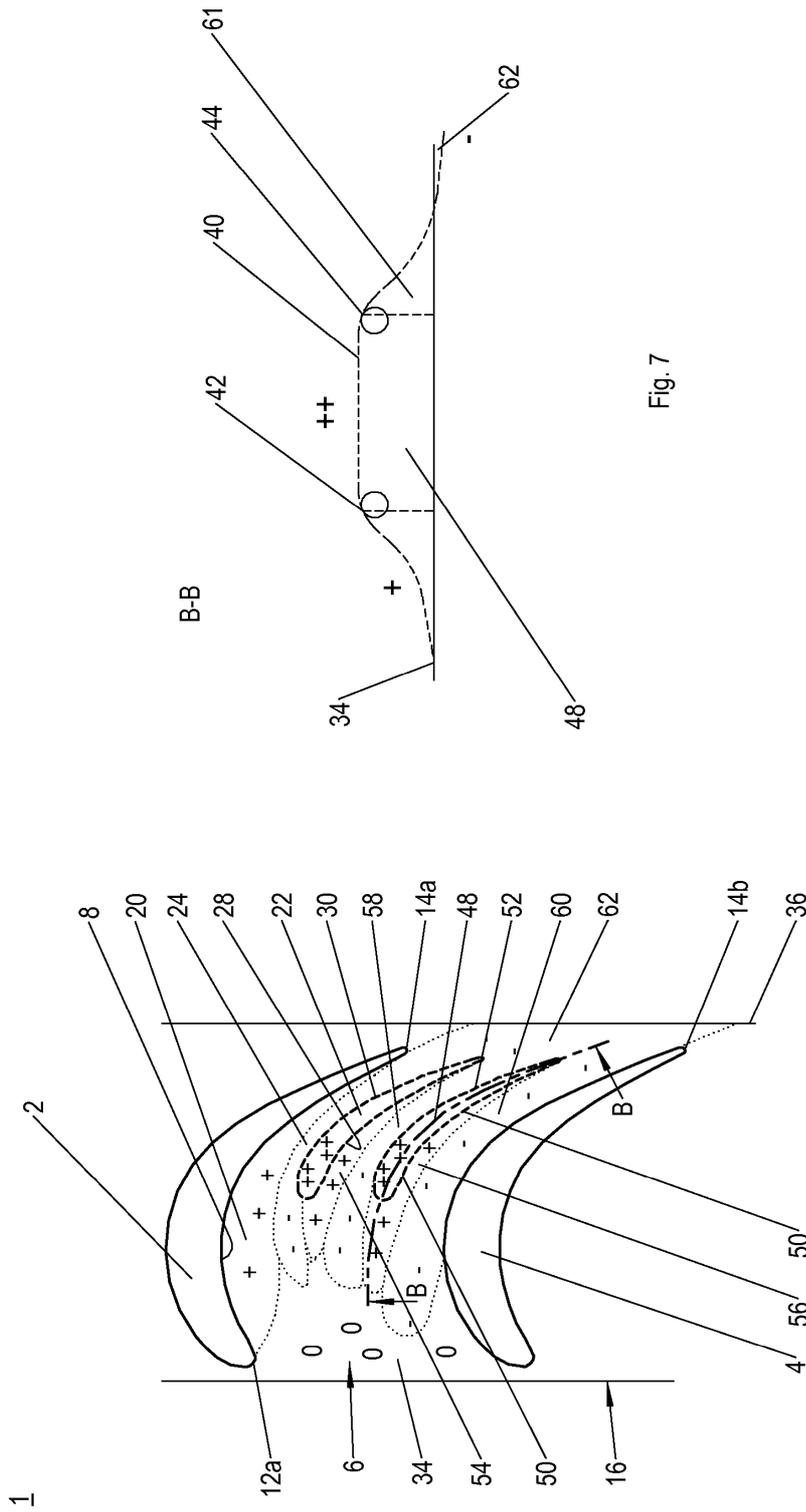


Fig. 7

Fig. 6