

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 160**

51 Int. Cl.:

F01D 5/16 (2006.01)

F01D 9/04 (2006.01)

F01D 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2016 E 16201357 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3176370**

54 Título: **Grupo de álabes directores para una turbomáquina**

30 Prioridad:

04.12.2015 DE 102015224283

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

29.07.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHLEMMER, MARKUS;
PERNLEITNER, MARTIN;
WOLFRUM, NINA;
BRETTSCHEIDER, MARKUS y
MAHLE, INGA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 721 160 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

Grupo de álabes directores para una turbomáquina

La invención se refiere a un grupo de álabes directores para una turbomáquina, en particular para un turborreactor. La invención se refiere además a un anillo de álabes directores para una turbomáquina, así como a una

5 turbomáquina, en particular un turborreactor.

Los grupos de álabes directores para turbomáquinas ya son conocidos en el estado de la técnica y comprenden dos o más álabes, que están unidos entre sí mediante al menos una plataforma común para delimitar radialmente un canal de flujo de la turbomáquina. Cada álabes presenta en este contexto una hoja de álabes con un lado de aspiración y un lado de presión, que están unidos entre sí en un borde delantero situado corriente arriba, contra el

10 cual fluye el fluido de trabajo de la turbomáquina durante el funcionamiento, y un borde trasero axialmente opuesto, que se ha de disponer corriente abajo. Varios grupos de álabes directores se disponen en forma de un anillo de álabes directores en un compresor o una turbina de la turbomáquina de manera fija en relación con una carcasa de la turbomáquina. La turbomáquina, que puede tratarse por ejemplo de un turborreactor o un motor de avión, comprende además varios álabes móviles rotatorios, que están asignados al menos a un rotor y rotan en relación

15 con los álabes directores fijos y la carcasa fija.

En los grupos de álabes directores conocidos puede considerarse una desventaja el hecho de que éstos, como todas las estructuras mecánicas, vibran con sus frecuencias propias. Por lo tanto, durante el funcionamiento de una turbomáquina con un grupo de álabes directores de este tipo, se provoca en sus álabes en determinadas condiciones de funcionamiento su forma de vibración propia. En este contexto pueden aparecer grandes cargas mecánicas en los álabes o en el grupo de álabes directores, dado que todos los álabes vibran con frecuencias propias comparables y por lo tanto en fase. Estas grandes cargas limitan por una parte el intervalo de funcionamiento y pueden además reducir considerablemente la vida útil del grupo de álabes directores.

Por el documento WO 2013/186756 A1 se conoce un grupo de álabes directores con dos juegos de álabes directores diferentes. Los dos juegos de álabes directores se diferencian uno de otro en que los álabes directores de uno de los juegos presentan, en una zona radialmente exterior y en una zona radialmente interior, a lo largo de toda su extensión axial, una sección transversal de perfil más ancha que los álabes directores del otro juego.

El objetivo de la presente invención es crear un grupo de álabes directores del tipo mencionado al principio, que tenga un comportamiento vibratorio mejorado. Otros objetivos de la invención consisten en crear una corona de álabes directores con un comportamiento vibratorio mejorado y poner a disposición una turbomáquina, con un grupo de álabes directores o una corona de álabes directores de este tipo, que tenga un comportamiento vibratorio mejorado. Los objetivos se logran según la invención mediante un grupo de álabes directores con las características de la reivindicación 1, mediante un anillo de álabes directores según la reivindicación 12 y mediante una turbomáquina según la reivindicación 13. En las reivindicaciones subordinadas se indican configuraciones ventajosas con perfeccionamientos convenientes de la invención, habiendo de considerarse las configuraciones ventajosas de cada aspecto de la invención como configuraciones ventajosas de los respectivamente otros aspectos de la invención y viceversa.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un grupo de álabes directores para una turbomáquina, en particular para un turborreactor, en donde según la invención se logra un comportamiento vibratorio mejorado gracias a que al menos dos álabes presentan, en al menos una zona de extensión longitudinal radial correspondiente, espesores de pared del borde trasero diferentes y a que los al menos dos álabes están configurados en esencia idénticos en una zona axial de al menos un 50 % partiendo del borde delantero. En otras palabras, en un grupo de álabes directores se producen al menos dos álabes u hojas de álabes diferentes, que comparados o comparadas entre sí presentan espesores de borde trasero diferentes en una o varias posiciones radiales. De este modo se modifican las frecuencias propias de los al menos dos álabes, de manera que éstos se desintonizan de manera encauzada y ya no vibran en fase durante el funcionamiento. Mediante la variación individual de los espesores de pared del borde trasero para al menos dos álabes pueden producirse además refuerzos estructurales encauzados en los puntos necesarios para ello. Adicionalmente, entre los álabes configurados de manera asimétrica del grupo de álabes directores, se crea un espacio anular no simétrico para el medio de servicio de la turbomáquina correspondiente, con lo que también puede optimizarse ventajosamente la aerodinámica del grupo de álabes directores. Las indicaciones de dirección "radial" o "radialmente", "axial" o "axialmente" y "periférico", "periférica" o "periféricamente" se refieren, en el marco de la presente invención, siempre al eje de máquina de una turbomáquina cuando el grupo de álabes directores según la invención está montado en ésta correctamente, siempre que del contexto no resulte explícitamente o implícitamente otra cosa.

Bien es verdad que, por ejemplo por el documento US 9,097,125 B2, se conoce ya el configurar de diferente manera álabes de una corona de álabes adyacentes entre sí en la dirección periférica, para lograr una desintonización de la corona de álabes y de este modo mejorar el comportamiento vibratorio. Sin embargo, el documento US 9,097,125 B2 no se refiere a álabes directores, sino a álabes móviles. A esto se añade el hecho de que el documento US 9,097,125 B2 enseña a engrosar solamente una zona central, vista en dirección axial, de algunos álabes en relación con otros, pero no a variar la forma, en particular el espesor, de los bordes delantero y trasero.

Si el borde trasero está configurado en una sección transversal de perfil al menos en esencia en forma de segmento de círculo, en particular al menos en esencia en forma de semicírculo, la longitud de cuerda de este segmento de círculo, en particular el diámetro de este semicírculo puede definir el espesor de pared del borde trasero en esta sección transversal de perfil o esta posición radial en la dirección de la extensión longitudinal radial en el sentido de la presente invención. Si el borde trasero está configurado en una sección transversal de perfil al menos en esencia en forma de segmento de elipse, en particular al menos en esencia en forma de semielipse, la longitud de cuerda de este segmento de elipse, en particular el eje mayor o menor de esta semielipse, puede definir el espesor de pared del borde trasero en esta sección transversal de perfil o esta posición radial en la dirección de la extensión longitudinal radial en el sentido de la presente invención. Si el borde trasero está configurado al menos en esencia recto en una sección transversal de perfil, la longitud de este borde trasero recto puede definir el espesor de pared del borde trasero en esta sección transversal de perfil o esta posición radial en la dirección de la extensión longitudinal radial en el sentido de la presente invención. En una realización puede entenderse como espesor de pared del álabe o de la hoja de álabe el espesor de pared máximo del álabe o de la hoja de álabe en una zona que se extiende como máximo un 30 %, es decir como máximo un 30 %, 29 %, 28 %, 27 %, 26 %, 25 %, 24 %, 23 %, 22 %, 21 %, 20 %, 19 %, 18 %, 17 %, 16 %, 15 %, 14 %, 13 %, 12 %, 11 %, 10 %, 9 %, 8 %, 7 %, 6 %, 5 %, 4 %, 3 %, 2 %, 1 % o menos corriente arriba delante del extremo axialmente trasero de la hoja de álabe o axialmente hacia el borde delantero. En este contexto, los álabes del grupo de álabes directores pueden estar unidos a la plataforma en principio de forma desmontable o permanente, en particular de forma integral. Se ha comprobado sorprendentemente que en este contexto es posible mejorar ya de manera significativa el comportamiento vibratorio del grupo de álabes directores haciendo que al menos dos álabes del grupo de álabes se diferencien en esencia exclusivamente en que presenten espesores de pared del borde trasero diferentes en una zona de extensión longitudinal radial correspondiente. Los al menos dos álabes directores están configurados en esencia idénticos en una zona axial de al menos un 50 %, preferiblemente de al menos un 75 %, partiendo del borde delantero de los álabes directores. En otras palabras, la variación de los espesores de pared del borde trasero afecta preferiblemente sólo a una zona axial trasera, que como máximo supone la mitad, preferiblemente como máximo una cuarta parte, de la extensión axial de los álabes directores entre los bordes delantero y trasero partiendo del borde trasero. Por lo demás, los álabes del grupo de álabes directores pueden estar configurados en esencia completamente idénticos. Así pues, no es necesario variar las formas totales de los distintos álabes del grupo de álabes directores, por ejemplo realizando algunos álabes en su zona axialmente central con un espesor considerablemente mayor que otros álabes o modificando la inclinación de sus ejes de enhebrado respectivos en relación con la radial. Tales medidas son relativamente costosas desde el punto de vista constructivo y dificultan también la predicción por cálculo del comportamiento de flujo exacto en la turbomáquina. Por lo tanto, el mérito de los inventores es haber percibido que ya una modificación comparativamente pequeña de los distintos álabes del grupo de álabes directores en la zona de su borde trasero es suficiente para lograr ventajas considerables por lo que se refiere a la resistencia a las vibraciones del grupo de álabes directores. Los espesores de pared del borde trasero diferentes, de dos álabes del grupo de álabes directores configurados por lo demás en esencia idénticos, pueden lograrse por ejemplo haciendo que un álabe se extienda en la dirección axial de la turbomáquina, en la zona de extensión longitudinal radial en cuestión, algo menos que otro álabe. De este modo, su borde trasero puede estar configurado con un espesor mayor que en dicho otro álabe del grupo de álabes directores, teniendo por lo demás el álabe la misma forma. Sin embargo, como alternativa, el álabe puede también estar simplemente engrosado en la zona de su borde trasero en relación con otro álabe del grupo de álabes directores, de manera que los álabes se extiendan ambos en la misma medida en la dirección axial de la turbomáquina.

Por lo tanto, en un perfeccionamiento de la presente invención, se propone que al menos dos álabes, preferiblemente todos los álabes, del grupo de álabes directores estén configurados idénticos a excepción de sus respectivas zonas del borde trasero. En otras palabras, está previsto que, dependiendo del número de álabes en el grupo de álabes directores, dos, varios o todos los álabes estén configurados al menos en esencia iguales, presentando éstos no obstante al menos en una determinada zona radial espesores de borde trasero respectivamente diferentes para la desintonización (*detuning*) encauzada.

En una configuración ventajosa de la invención, está previsto que los al menos dos álabes estén unidos entre sí mediante una plataforma común radialmente interior y una plataforma común radialmente exterior. En otras palabras, el grupo de álabes directores presenta una plataforma radialmente exterior, que también puede denominarse segmento de banda de cubierta radialmente exterior, y una plataforma radialmente interior, que también puede denominarse segmento de banda de cubierta radialmente interior, entre las cuales o los cuales se extienden radialmente los álabes. De este modo es posible influir de forma encauzada tanto en las propiedades de vibración como en las propiedades aerodinámicas del grupo de álabes directores y mejorarlas. Las dos plataformas comunes pueden estar unidas a los álabes, independientemente una de otra, en cada caso de forma desmontable o permanente. En particular, al menos una de las plataformas puede estar configurada de forma integral con los álabes, por ejemplo mediante conformación primaria o procedimientos de fabricación por adición. También puede estar previsto que al menos una de las plataformas esté unida a los álabes en unión de material, en particular soldada.

Se consiguen ventajas adicionales haciendo que al menos dos álabes presenten redondeos con radios de redondeo diferentes en sus correspondientes zonas de sujeción a la al menos una plataforma común. En otras palabras, está previsto que al menos dos, varios o todos los álabes del grupo de álabes directores tengan en sus zonas de sujeción

a al menos una plataforma común, que puede tratarse de la plataforma exterior y/o la plataforma inferior dependiendo de la configuración, una zona de sujeción redondeada al menos por secciones de forma cóncava o convexa, que también puede denominarse garganta o curva. En este contexto, los radios de redondeo de al menos dos álabes son diferentes, con lo que se hace posible una desintonización encauzada, ajustar determinadas propiedades mecánicas e influir en el contorno del espacio anular entre los álabes y por lo tanto en las propiedades aerodinámicas del grupo de álabes directores. Los redondeos pueden extenderse en este contexto en principio a lo largo de toda la periferia de cada álabe o sólo a lo largo de una zona parcial de la periferia. También puede estar previsto que los redondeos de dos álabes se diferencien sólo en determinadas zonas o a lo largo de toda la periferia de los álabes en cuestión. Preferiblemente, al menos unos redondeos dispuestos en la zona de sujeción de los bordes traseros de al menos dos álabes presentan radios de redondeo diferentes, de lo que resultan espesores de pared del borde trasero diferentes en zonas de extensión longitudinal radial correspondientes entre sí de los álabes y por consiguiente espacios anulares con diferente configuración.

En otra configuración ventajosa de la invención, está previsto que el grupo de álabes directores comprenda al menos tres álabes, presentando al menos dos y preferiblemente todos los álabes del grupo de álabes directores espesores de pared del borde trasero diferentes en una zona de extensión longitudinal radial correspondiente. En otras palabras, está previsto que el grupo de álabes directores comprenda tres o más álabes, de los cuales al menos dos álabes tengan espesores de pared del borde trasero diferentes. El tercer y en caso dado todo álabe adicional puede estar configurado opcionalmente idéntico al primer álabe o al segundo álabe o por su parte individualmente diferente. En general, puede decirse que el comportamiento vibratorio del grupo de álabes directores puede modificarse y ajustarse tanto mejor cuantos más álabes presenten espesores de pared del borde trasero diferentes en zonas de extensión longitudinal radial correspondientes entre sí.

En otra configuración ventajosa de la invención, está previsto que los álabes presenten al menos una zona cercana a la plataforma, que se extienda en dirección opuesta a la plataforma como máximo un 25 % de la extensión longitudinal radial del borde trasero. La zona cercana a la plataforma, que comprende la zona terminal o de sujeción radialmente interior y/o radialmente exterior del álabe, puede suponer por ejemplo un 25 %, 24 %, 23 %, 22 %, 21 %, 20 %, 19 %, 18 %, 17 %, 16 %, 15 %, 14 %, 13 %, 12 %, 11 %, 10 %, 9 %, 8 %, 7 %, 6 %, 5 %, 4 %, 3 %, 2 % o 1 % de la extensión longitudinal radial del álabe en cuestión. Según una realización alternativa o adicional, los álabes presentan al menos una zona alejada de la plataforma, que se extiende en al menos un 25 % de la extensión longitudinal radial del borde trasero en una zona central del borde trasero. La zona alejada de la plataforma puede suponer por ejemplo un 25 %, 26 %, 27 %, 28 %, 29 %, 30 %, 31 %, 32 %, 33 %, 34 %, 35 %, 36 %, 37 %, 38 %, 39 %, 40 %, 41 %, 42 %, 43 %, 44 %, 45 %, 46 %, 47 %, 48 %, 49 %, 50 %, 51 %, 52 %, 53 %, 54 %, 55 %, 56 %, 57 %, 58 %, 59 %, 60 %, 61 %, 62 %, 63 %, 64 %, 65 %, 66 %, 67 %, 68 %, 69 %, 70 %, 71 %, 72 %, 73 %, 74 %, 75 % o más de la extensión longitudinal radial. La zona cercana a la plataforma y/o la zona alejada de la plataforma pueden presentar espesores de pared del borde trasero diferentes en al menos dos álabes directores.

Se consiguen ventajas adicionales si al menos uno de los álabes presenta un espesor de pared máximo del borde trasero en una zona cercana a la plataforma y/o en una zona alejada de la plataforma. Esto constituye otra posibilidad ventajosa para la desintonización y para el ajuste de las propiedades mecánicas del álabe en cuestión. La zona cercana a la plataforma y la zona alejada de la plataforma se diferencian en al menos un álabe preferiblemente en atención al espesor de pared máximo del borde trasero del álabe en cuestión.

En otra configuración ventajosa de la invención, está previsto que el espesor de pared máximo y/o un espesor de pared mínimo del borde trasero de al menos un álabe sean al menos en esencia constantes a lo largo de una zona de extensión longitudinal radial predeterminada. El espesor de pared máximo o mínimo constante del borde trasero puede estar previsto en este contexto por ejemplo a lo largo de una parte de una zona cercana a la plataforma y/o zona alejada de la plataforma o a lo largo de toda la zona cercana a la plataforma o zona alejada de la plataforma del álabe.

En otra configuración ventajosa de la invención, está previsto que al menos un álabe presente una zona de transición radial entre un espesor de pared máximo y un espesor de pared mínimo del borde trasero. De este modo es posible reducir cargas y tensiones internas del álabe en cuestión.

En este contexto, se ha comprobado que resulta ventajoso que el espesor de pared del borde trasero en la zona de transición del álabe aumente de forma continua y/o monótona, en particular de forma estrictamente monótona, desde el espesor de pared mínimo hasta el espesor de pared máximo de borde trasero. De este modo es posible formar una transición favorable suave, con poca tensión y aerodinámica entre la zona de espesor de pared mínimo del borde trasero y la zona de espesor de pared máximo del borde trasero. Como alternativa o adicionalmente, está previsto que la zona de transición se extienda como máximo por un 25 % de la extensión longitudinal radial del borde trasero y por lo tanto suponga por ejemplo un 25 %, 24 %, 23 %, 22 %, 21 %, 20 %, 19 %, 18 %, 17 %, 16 %, 15 %, 14 %, 13 %, 12 %, 11 %, 10 %, 9 %, 8 %, 7 %, 6 %, 5 %, 4 %, 3 %, 2 % o 1 % de la extensión longitudinal radial del álabe en cuestión.

En otra configuración ventajosa de la invención, está previsto que al menos dos álabes tengan la misma longitud y/o la misma longitud de cuerda y/o que al menos un álabe tenga un perfil recortado en la zona de su borde trasero en comparación con al menos otro álabe. Esto permite una gran libertad constructiva en la configuración del grupo de

5 álabes directores. Recortando al menos uno de los álabes en la zona de su borde trasero en comparación con otro álabes es posible realizar muy fácilmente espesores de borde trasero diferentes, dado que en primer lugar se producen o utilizan álabes configurados de forma idéntica, que pueden adaptarse óptimamente al uso previsto respectivo mediante un recorte encauzado en la zona del borde trasero. Como alternativa, también puede estar previsto naturalmente no recortar el álabes acortado, sino configurarlo desde un principio más corto que uno de los otros álabes.

10 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un anillo de álabes directores para una turbomáquina, que comprende al menos un grupo de álabes directores según el primer aspecto de la invención. Si el anillo de álabes directores comprende o se compone de uno o varios grupos de álabes directores según el primer aspecto de la invención, presentará un comportamiento vibratorio mejorado, dado que al menos dos álabes del anillo de álabes directores y preferiblemente todos ellos tienen hojas de álabes con espesores de pared del borde trasero o espesores del borde trasero diferentes en posiciones radiales diferentes. De este modo se producen además contornos no simétricos del espacio anular, con lo que se mejoran las propiedades aerodinámicas del anillo de álabes directores. También es posible adaptar óptimamente condiciones estructurales en atención a la distribución de masas o el refuerzo de acuerdo con los requisitos respectivos. De la descripción del primer aspecto de la invención se desprenden otras características y sus ventajas, habiendo de considerarse las configuraciones ventajosas del primer aspecto de la invención como configuraciones ventajosas del segundo aspecto de la invención y viceversa.

20 Un tercer aspecto de la invención se refiere a una turbomáquina, en particular un turborreactor, que comprende al menos un grupo de álabes directores según el primer aspecto de la invención y/o al menos un anillo de álabes directores según el segundo aspecto de la invención. De este modo, la turbomáquina presenta un comportamiento vibratorio mejorado, dado que al menos dos álabes del grupo de álabes directores o del anillo de álabes directores, y preferiblemente todos ellos, tienen hojas de álabes con espesores de pared del borde trasero o espesores del borde trasero diferentes en posiciones radiales diferentes. Con ello se producen además contornos no simétricos del espacio anular, con lo que se mejoran las propiedades aerodinámicas del grupo de álabes directores o del anillo de álabes directores. También es posible adaptar óptimamente condiciones estructurales en atención a la distribución de masas o el refuerzo de acuerdo con los requisitos respectivos. De la descripción del primer y del segundo aspectos de la invención se desprenden otras características y sus ventajas, habiendo de considerarse las configuraciones ventajosas del primer y del segundo aspectos de la invención como configuraciones ventajosas del tercer aspecto de la invención y viceversa.

30 De las reivindicaciones y de los ejemplos de realización se desprenden otras características de la invención. Las características y combinaciones de características mencionadas anteriormente en la descripción, así como las características y combinaciones de características mencionadas y/o mostradas individualmente a continuación en los ejemplos de realización, pueden utilizarse no sólo en la combinación respectivamente indicada, sino también en otras combinaciones o por separado, sin abandonar el marco de la invención. Por lo tanto, deben considerarse comprendidas y divulgadas también realizaciones de la invención no mostradas y explicadas explícitamente en los ejemplos de realización, pero que resulten y puedan producirse mediante combinaciones de características separadas a partir de las realizaciones explicadas. También deben considerarse divulgadas realizaciones y combinaciones de características que por consiguiente no presenten todas las características de una reivindicación independiente formulada originalmente. Se muestran:

- 40 Fig. 1 una vista esquemática en perspectiva de un grupo de álabes directores según la invención en la zona de una plataforma radialmente interior;
- Fig. 2 otra vista esquemática en perspectiva del grupo de álabes directores según la invención en la zona de la plataforma radialmente interior;
- 45 Fig. 3 una vista esquemática en perspectiva del grupo de álabes directores según la invención en la zona de una plataforma radialmente exterior;
- Fig. 4 otra vista esquemática en perspectiva del grupo de álabes directores según la invención en la zona de la plataforma radialmente exterior;
- Fig. 5 dos álabes adyacentes del grupo de álabes directores según la invención en una vista esquemática en sección transversal, teniendo los álabes radios del borde trasero diferentes con la misma longitud axial;
- 50 Fig. 6 dos álabes adyacentes del grupo de álabes directores según la invención en una vista esquemática en sección transversal, teniendo uno de los álabes mediante un recorte de su perfil de álabes un radio del borde trasero agrandado en relación con el otro álabes;
- Fig. 7 una superposición de dos perfiles de álabes con la misma longitud axial y radios del borde trasero diferentes; y
- 55 Fig. 8 una superposición de dos perfiles de álabes con la misma longitud de cuerda y radios del borde trasero diferentes.

La Figura 1 muestra una vista esquemática en perspectiva de un grupo 10 de álabes directores según la invención en la zona de una plataforma radialmente interior 12. A continuación se explicará la Figura 1 juntamente con la Figura 2, en la que se muestra otra vista esquemática en perspectiva del grupo 10 de álabes directores según la invención en la zona de la plataforma radialmente interior 12 desde otro ángulo. Puede verse que el grupo 10 de álabes directores comprende tres álabes 14 integrales, que están unidos entre sí mediante la plataforma común radialmente interior 12 y mediante una plataforma común radialmente exterior 16 (véase la Figura 3). El grupo 10 de álabes directores se utiliza junto con otros grupos de álabes directores (no mostrados), que pueden tener una configuración igual o diferente, para producir un anillo de álabes directores (no mostrado) en un motor de avión. Cada álabe 14 comprende una hoja 17 de álabe con un lado 18 de aspiración y un lado 20 de presión, estando el lado 18 de aspiración y el lado 20 de presión unidos entre sí respectivamente en un borde delantero 22 y un borde trasero 24. Para lograr un comportamiento vibratorio mejorado, los tres álabes 14 presentan, en unas zonas de extensión longitudinal radial correspondientes entre sí, espesores de pared del borde trasero respectivamente diferentes. En otras palabras, distintas hojas 17 de álabe presentan espesores del borde trasero diferentes por zonas en determinadas posiciones radiales en relación con la plataforma 12 o 16. De este modo se producen contornos no simétricos del espacio anular en el grupo 10 de álabes directores, con lo que también se mejoran y se influye de manera encauzada en las propiedades aerodinámicas del grupo 10 de álabes directores. Aparte de sus bordes traseros, en el presente ejemplo de realización los álabes 14 tienen un diseño idéntico. En principio también es posible que sólo dos de los tres álabes 14 presenten extensiones radiales del espesor de pared del borde trasero diferentes, mientras que el tercer álabe 14, en particular por lo que se refiere a la extensión radial del espesor de pared de su borde trasero, está configurado idéntico a uno de los otros dos álabes del grupo 10 de álabes directores.

Los espesores de pared radiales del borde trasero diferentes se logran en el presente ejemplo de realización mediante radios de redondeo diferentes en las zonas 26 de sujeción de los álabes 14 a la plataforma 12. Las zonas 26 de sujeción, que también pueden denominarse curva o garganta, se hallan en la zona de los álabes cercana a la plataforma y presentan respectivamente una extensión longitudinal radial que por ejemplo supone aproximadamente un 3 % de la extensión longitudinal radial de todo el borde trasero 24 del álabe 14 o de la hoja 17 de álabe. En virtud de la forma redondeada, las zonas 26 de sujeción se convierten de manera continua en las zonas alejadas de la plataforma o centrales de los álabes 14 respectivos, que presentan los menores espesores de pared del borde trasero. En este contexto, puede estar previsto que los radios de redondeo en las zonas 26 de sujeción estén agrandados en diferente medida en relación con los radios de redondeo usuales, pero que no se reduzca su tamaño, para lograr refuerzos estructurales. Como alternativa o adicionalmente, también es posible producir adaptaciones estructurales en otras zonas de los bordes traseros 24 y, por ejemplo, llevar a cabo engrosamientos o escotaduras locales de distintas zonas del borde trasero 24 respectivo en una zona alejada de la plataforma o central de los distintos álabes 14.

La Figura 3 muestra una vista esquemática en perspectiva del grupo 10 de álabes directores según la invención en la zona de la plataforma radialmente exterior 16 y se explicará juntamente con la Figura 4, que muestra otra vista esquemática en perspectiva del grupo 10 de álabes directores según la invención en la zona de la plataforma radialmente exterior 16 desde otro ángulo. Puede verse que, en la zona terminal radialmente exterior del grupo 10 de álabes directores, se logran espesores de pared radiales del borde trasero diferentes mediante radios de redondeo diferentes en las zonas 26 de sujeción de los álabes 14 a la plataforma radialmente exterior 16. Las zonas 26 de sujeción se hallan también en una zona de los álabes cercana a la plataforma y presentan respectivamente una extensión longitudinal radial que supone aproximadamente un 3 % de la extensión longitudinal radial de todo el borde trasero 24 del álabe 14 o de la hoja 17 de álabe. La zona de los álabes alejada de la plataforma y situada entre la zona 26 de sujeción radialmente interior y la zona 26 de sujeción radialmente exterior presenta por consiguiente una extensión longitudinal radial que supone aproximadamente un 94 % de la extensión longitudinal radial de todo el borde trasero 24 del álabe 14 o de la hoja 17 de álabe. Según el presente ejemplo de realización, los bordes traseros 24 de los álabes 14 presentan en esta zona alejada de la plataforma respectivamente un espesor de pared del borde trasero constante.

La Figura 5 muestra, según otro ejemplo de realización, dos álabes 14 del grupo 10 de álabes directores según la invención en una vista esquemática en sección transversal. Puede verse que el álabe derecho 14 tiene en relación con el álabe izquierdo 14, con la misma longitud axial, un borde trasero 24 engrosado o una zona de borde trasero engrosada.

La Figura 6 muestra, según otro ejemplo de realización, dos álabes 14 adyacentes del grupo 10 de álabes según la invención en una vista esquemática en sección transversal, no teniendo los álabes 14 la misma longitud axial, a diferencia del ejemplo de realización anterior. En lugar de ello, se ponen a disposición en primer lugar dos álabes 14 configurados de forma idéntica y después se recorta el álabe derecho 14 en la zona de su borde trasero 24. De este modo, el álabe derecho 14 presenta también un radio de borde trasero agrandado en relación con el álabe izquierdo 14.

La Figura 7 muestra, a título ilustrativo, una superposición de dos perfiles de álabe con la misma longitud axial y radios de borde trasero diferentes. Puede verse que los álabes 14, de los cuales el álabe 14 representado a la izquierda en la Figura 5 está representado en el caso presente con una línea continua y el álabe 14 representado a la derecha en la Figura 5 está representado con una línea de puntos, se diferencian sólo en la zona de sus bordes

traseros 24, es decir en relación con sus longitudes axiales totales sólo en una zona longitudinal trasera de menos de un 30 %. Por lo demás, los álabes 14 están configurados idénticos.

5 La Figura 8 muestra, según otro ejemplo de realización, una superposición de dos perfiles de álabe con la misma longitud de cuerda y radios de borde trasero diferentes. Puede verse que los álabes 14 se diferencian también sólo en la zona de sus bordes traseros 24 y por lo demás están configurados idénticos. A diferencia del ejemplo de realización anterior, el álabe 14 representado con una línea de puntos y el álabe 14 representado con una línea continua tienen longitudes axiales diferentes.

Lista de símbolos de referencia:

	10	Grupo de álabes directores
10	12	Plataforma radialmente interior
	14	Álabe
	16	Plataforma radialmente exterior
	17	Hoja de álabe
	18	Lado de aspiración
15	20	Lado de presión
	22	Borde delantero
	24	Borde trasero
	26	Zona de sujeción

REIVINDICACIONES

1. Grupo (10) de álabes directores para una turbomáquina, en particular para un turborreactor, con al menos dos álabes (14), que están unidos entre sí mediante al menos una plataforma común (12, 16) para delimitar radialmente un canal de flujo de la turbomáquina, en donde cada álabe (14) presenta una hoja (17) de álabe con un lado (18) de aspiración y un lado (20) de presión, que están unidos entre sí en un borde delantero (22) y en un borde trasero (24), en donde los al menos dos álabes (14) presentan espesores de pared del borde trasero diferentes al menos en una zona de extensión longitudinal radial correspondiente, caracterizado por que los al menos dos álabes (14) están configurados en esencia idénticos en una zona axial de al menos un 50 % partiendo del borde delantero.
- 5
2. Grupo (10) de álabes directores según la reivindicación 1,
- 10 caracterizado por que
- al menos dos álabes (14), preferiblemente todos ellos, están configurados en esencia idénticos a excepción de sus zonas de borde trasero respectivas.
3. Grupo (10) de álabes directores según la reivindicación 1 o 2,
- caracterizado por que
- 15 los al menos dos álabes (14) están unidos entre sí mediante una plataforma común radialmente interior (12) y una plataforma común radialmente exterior (16).
4. Grupo (10) de álabes directores según una de las reivindicaciones 1 a 3,
- caracterizado por que
- 20 al menos dos álabes (14) presentan redondeos con radios de redondeo diferentes en sus correspondientes zonas (26) de sujeción a la al menos una plataforma común (12, 16).
5. Grupo (10) de álabes directores según una de las reivindicaciones 1 a 4,
- caracterizado por que
- éste comprende al menos tres álabes (14), presentando al menos dos álabes (14), y preferiblemente todos ellos, espesores de pared del borde trasero diferentes en una zona de extensión longitudinal radial correspondiente.
- 25
6. Grupo (10) de álabes directores según una de las reivindicaciones 1 a 5,
- caracterizado por que
- los álabes (14) presentan al menos una zona cercana a la plataforma, que se extiende en dirección opuesta a la plataforma (12, 16) como máximo un 25 % de la extensión longitudinal radial del borde trasero (24), y/o al menos una zona alejada de la plataforma, que se extiende en al menos un 25 % de la extensión longitudinal radial del borde trasero (24) en una zona central del borde trasero (24).
- 30
7. Grupo (10) de álabes directores según la reivindicación 6,
- caracterizado por que
- al menos uno de los álabes (14) presenta un espesor de pared máximo del borde trasero en una zona cercana a la plataforma y/o en una zona alejada de la plataforma.
- 35
8. Grupo (10) de álabes directores según una de las reivindicaciones 1 a 7,
- caracterizado por que
- el espesor de pared máximo y/o un espesor de pared mínimo del borde trasero de al menos un álabe (14) son al menos en esencia constantes a lo largo de una zona de extensión longitudinal radial predeterminada.
9. Grupo (10) de álabes directores según una de las reivindicaciones 1 a 8,
- 40 caracterizado por que
- al menos un álabe (14) presenta una zona de transición radial entre un espesor de pared máximo y un espesor de pared mínimo del borde trasero.
10. Grupo (10) de álabes directores según la reivindicación 9,
- caracterizado por que

el espesor de pared del borde trasero en la zona de transición del álabe (14) aumenta de forma continua y/o monótona, en particular de forma estrictamente monótona, desde el espesor de pared mínimo hasta el espesor de pared máximo del borde trasero y/o por que la zona de transición se extiende por como máximo un 25 % de la extensión longitudinal radial del borde trasero (24).

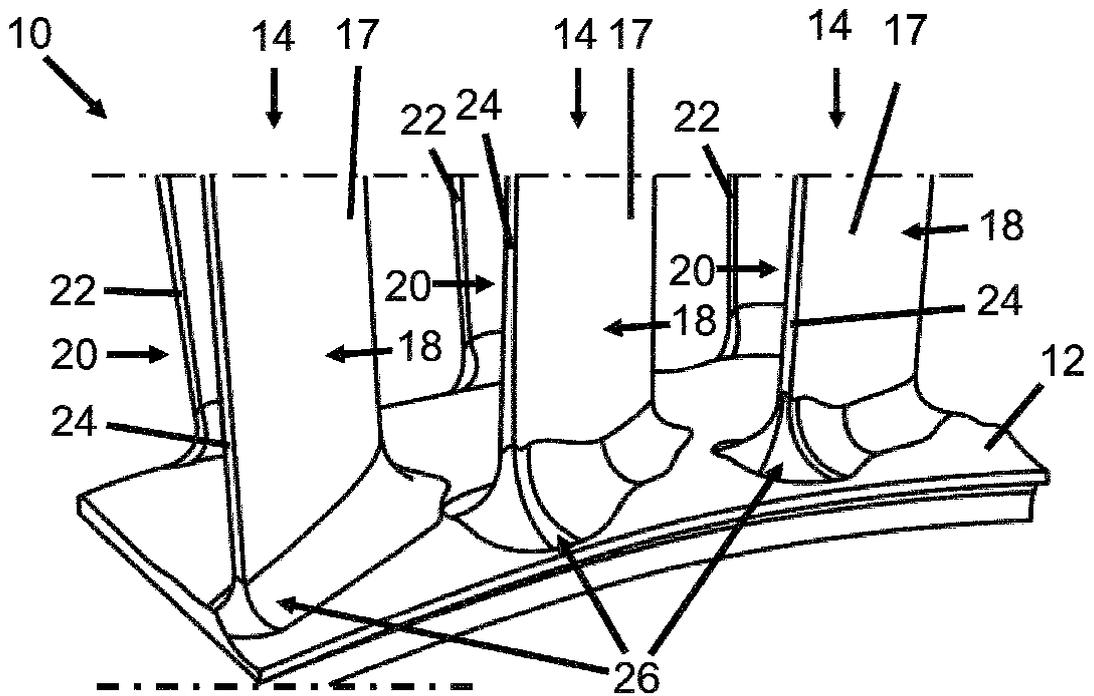
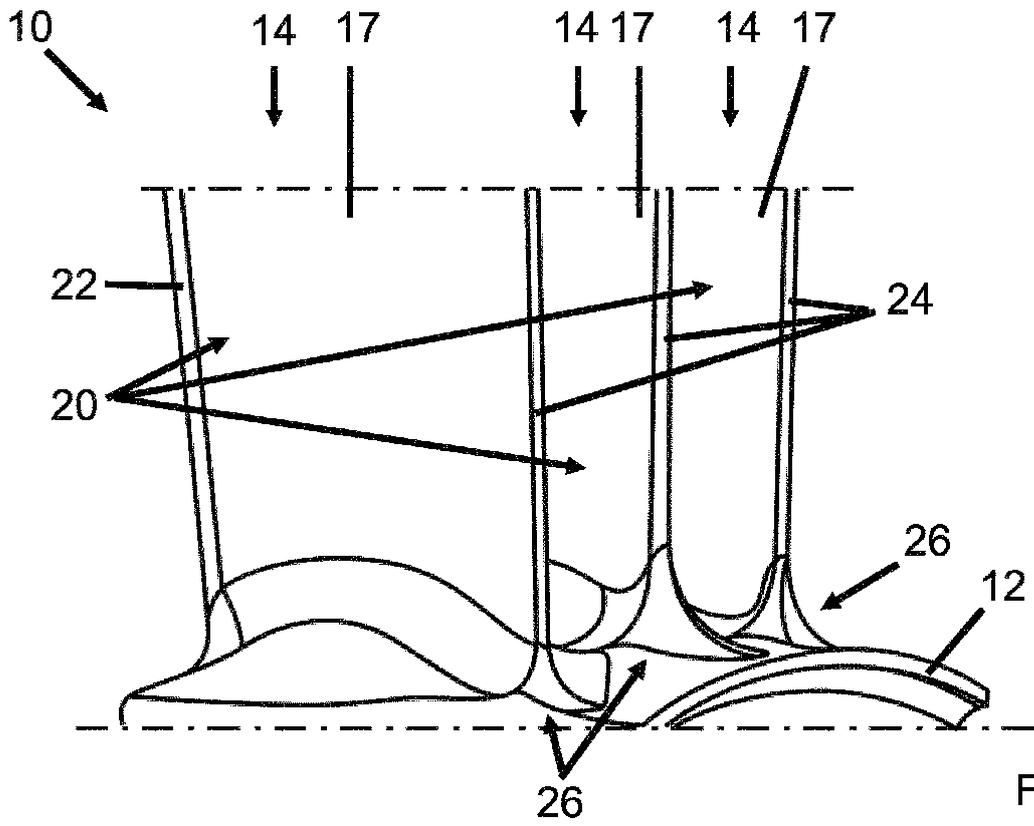
5 11. Grupo (10) de álabes directores según una de las reivindicaciones 1 a 10,

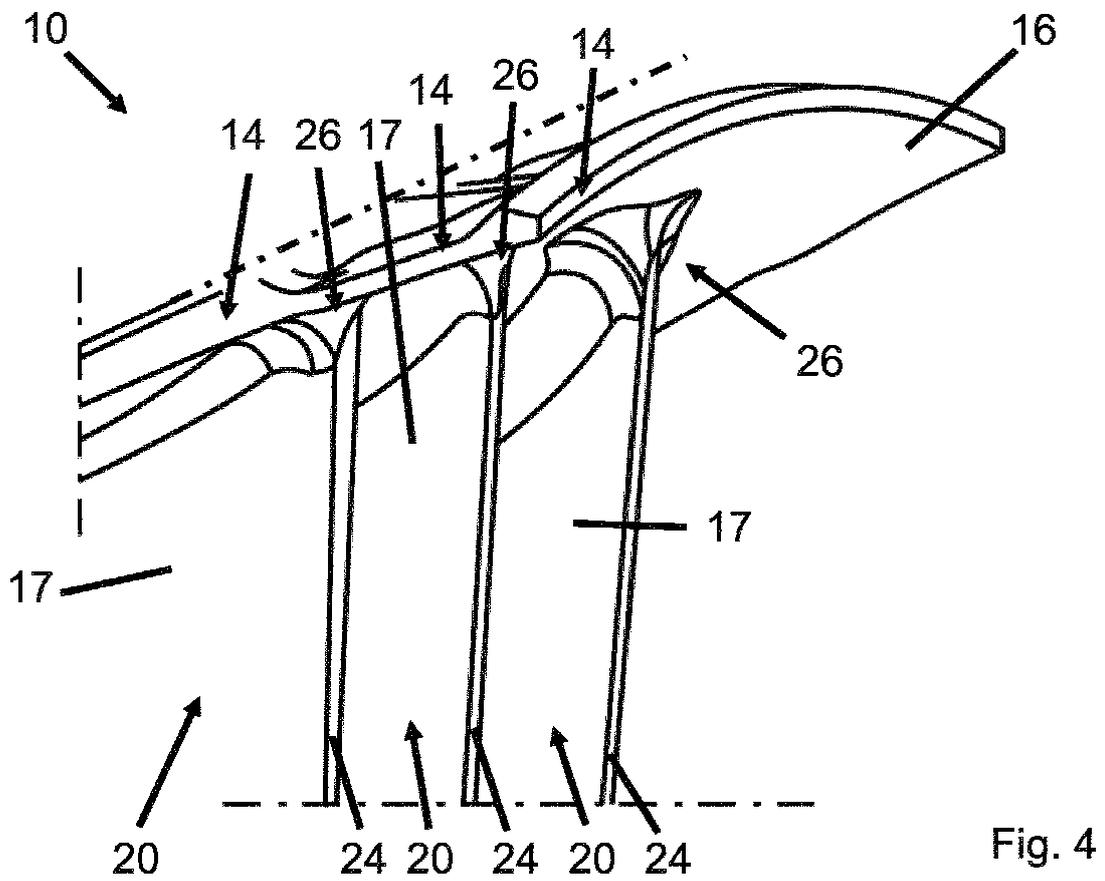
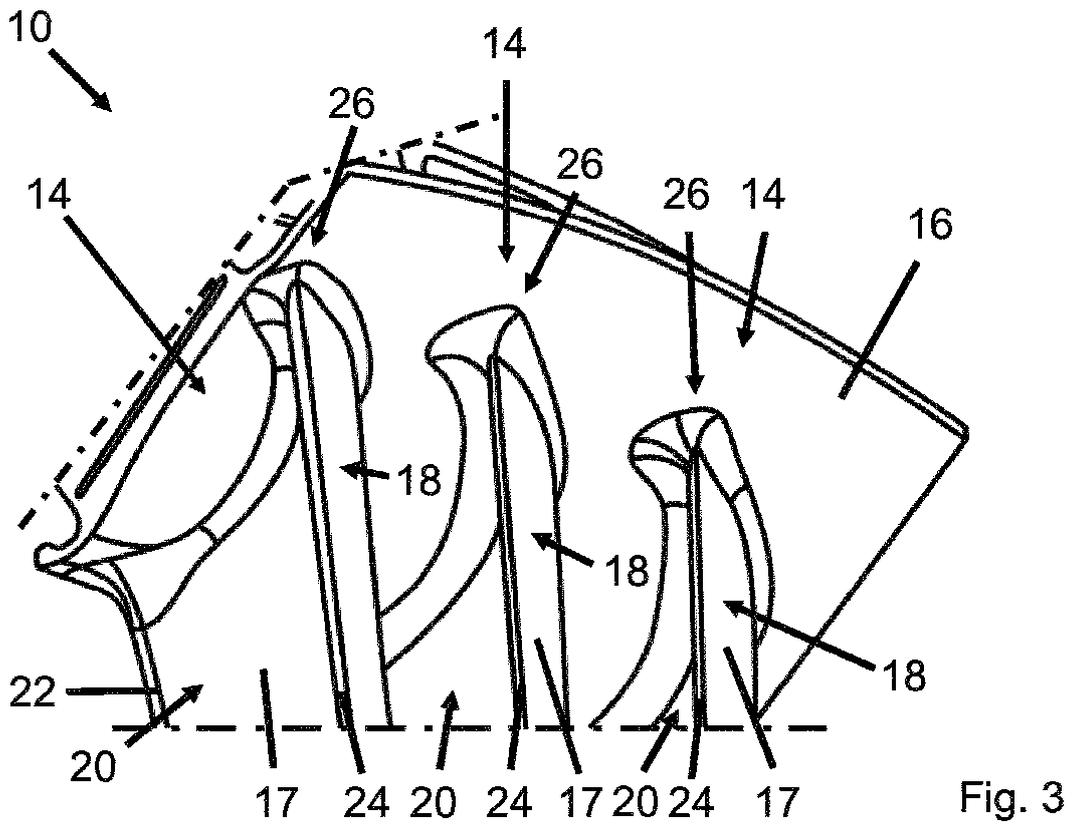
caracterizado por que

al menos dos álabes (14) tienen la misma longitud axial y/o la misma longitud de cuerda y/o por que al menos un álabe (14) tiene un perfil recortado en la zona de su borde trasero (24) en comparación con al menos otro álabe (14).

10 12. Anillo de álabes directores para una turbomáquina, que comprende al menos un grupo (10) de álabes directores según una de las reivindicaciones 1 a 11.

13. Turbomáquina, en particular turborreactor, que comprende al menos un grupo (10) de álabes directores según una de las reivindicaciones 1 a 11 y/o al menos un anillo de álabes directores según la reivindicación 12.





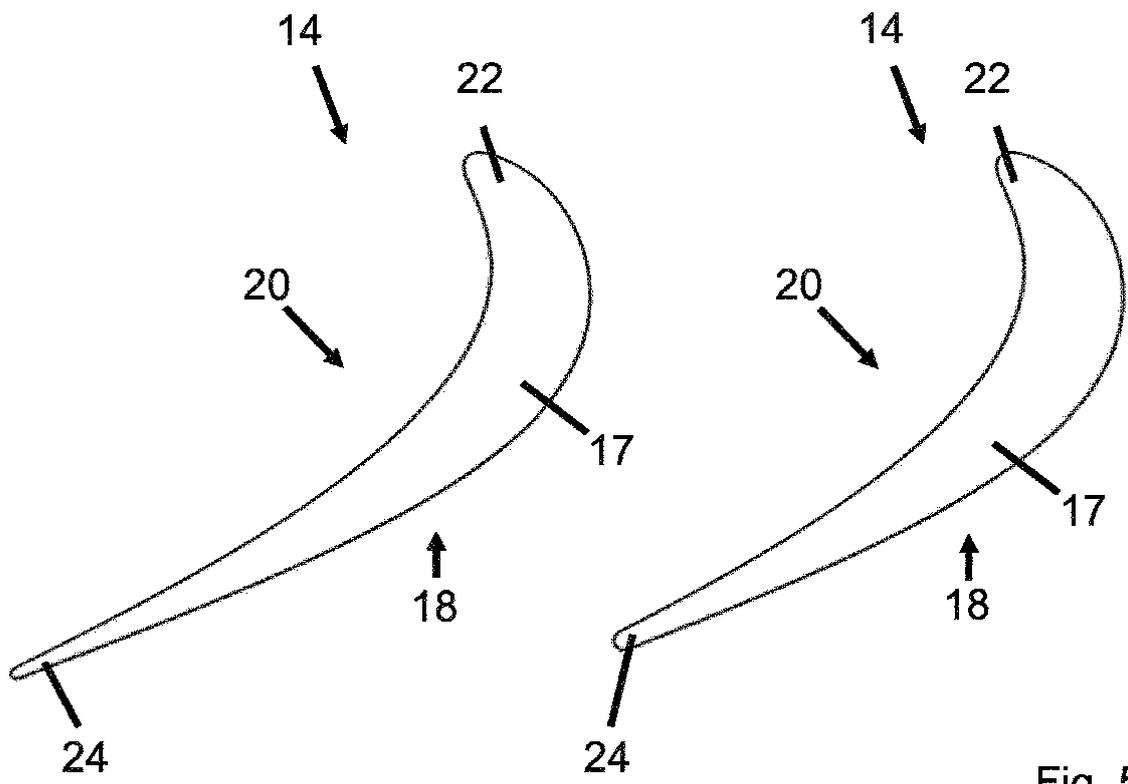


Fig. 5

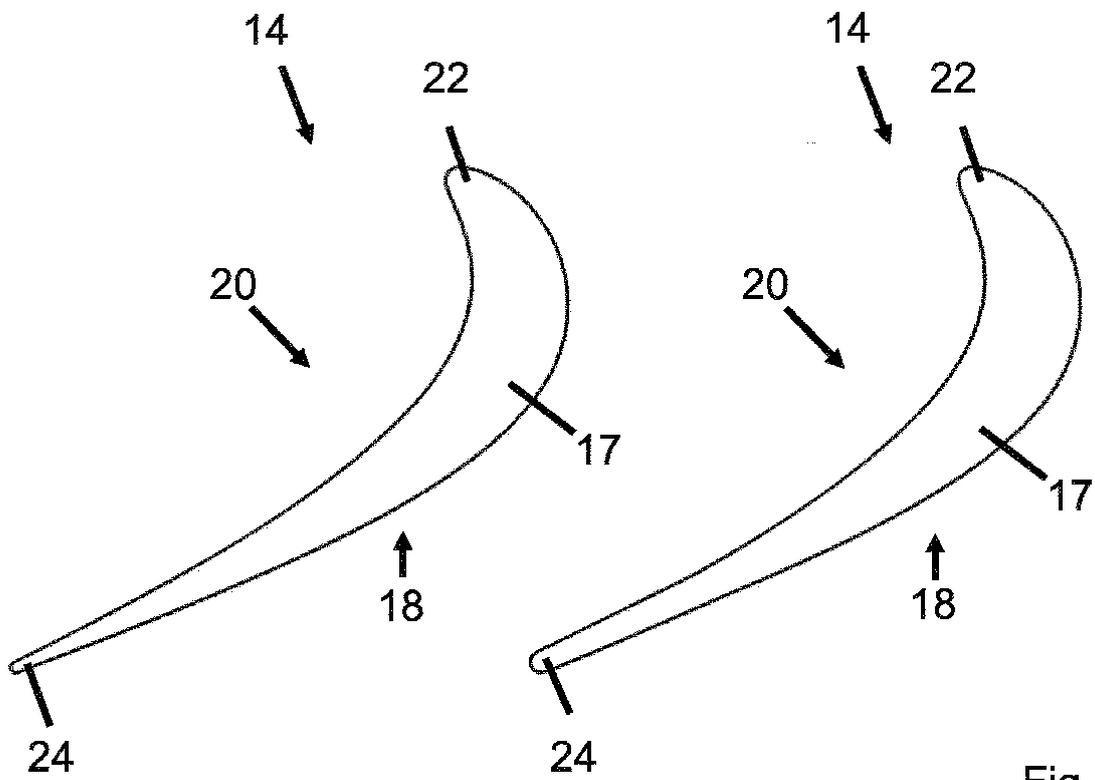


Fig. 6

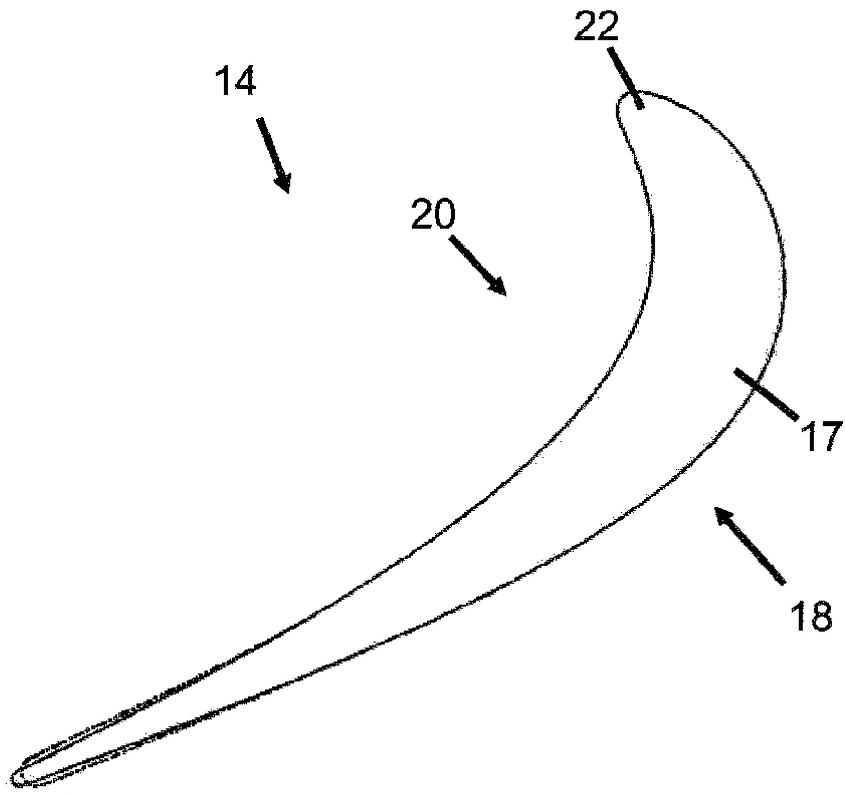


Fig. 7

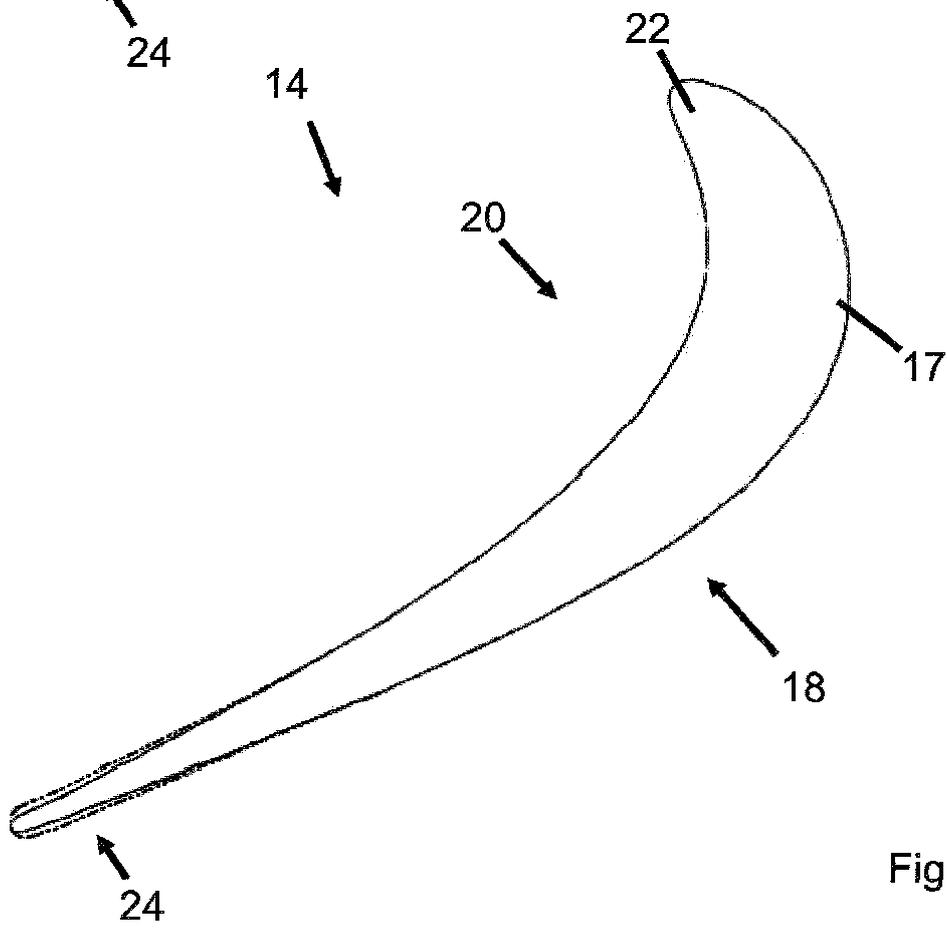


Fig. 8