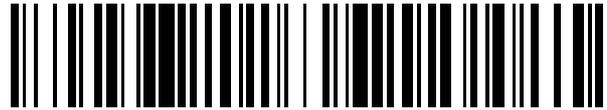


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 576 736**

51 Int. Cl.:

F01D 5/06 (2006.01)

F01D 5/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2010 E 10191243 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.04.2016 EP 2453108**

54 Título: **Rotor para una turbomáquina**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.07.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**STIEHLER, FRANK y
BORUFKA, PETER**

74 Agente/Representante:

COBO DE LA TORRE, María Victoria

ES 2 576 736 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

Rotor para una turbomáquina

5 (0001) La invención hace referencia a un rotor del tipo indicado en el concepto general de la reivindicación 1ª de la patente, una turbomáquina con un rotor, así como un método para fabricar un rotor para una turbomáquina.

10 (0002) En turbomáquinas, como por ejemplo, turbinas de aviones, que se emplean en muchas variantes en los aviones, pero también en distintos tipos de vehículos y en aplicaciones estacionarias, en la o las cámara/s de combustión se pretenden emplear temperaturas cada vez más altas, para conseguir un grado de eficiencia mejorado. En la parte de alta presión de la turbina de un avión que se une con la corriente a la cámara de combustión, todas las superficies abiertas de álabes directores y de álabes de rodete, así como de otros componentes que se encuentran abiertos, están sometidos a temperaturas, que parcialmente pueden estar en el ámbito del punto de fusión de los materiales empleados. Para poder poner en funcionamiento una turbina de avión a una temperatura lo más alta posible, se enfrían, por ello, los componentes expuestos a la corriente de gas caliente, y especialmente, los álabes.

15 (0003) Los álabes de rodete de los rotores utilizados actualmente presentan usualmente, al menos, un anillo de refuerzo del álabe el cual conforma la delimitación del canal de la corriente radial interior de una correspondiente turbomáquina. En el documento EP 2 230 382 A2 se conoce, por ejemplo, un rotor alabeado, que en la zona inferior de las plataformas de álabes de sus álabes de rodete presenta una multitud de canales, así como una multitud de ranuras. Cada ranura se extiende, en general, radialmente entre uno de los canales y una superficie dirigida hacia el canal de la corriente de la plataforma de álabe en cuestión. Las ranuras tienen un recorrido no lineal, mediante lo cual resulta frente al eje giratorio del rotor un primer ángulo radial interior y un segundo ángulo radial exterior. El ángulo radial interior y el ángulo radial exterior se escogen de modo que sean fundamentalmente distintos entre sí. Los canales se prolongan, a diferencia de las ranuras, paralelos al eje respecto al eje giratorio del rotor. En esta combinación de canales y ranuras, los canales sirven para disolver la tensión y evitan que las ranuras se ensanchen en el material del rotor.

20 (0004) Otro rotor conformado de un modo de construcción integral como el denominado "Bladed Disk" (BLISK) se encuentra, por ejemplo, en el documento US 2005/0232780 A1. Durante el funcionamiento del rotor, los gases producidos calientes calientan el anillo de refuerzo del álabe y correspondientemente la zona, en la cual el cuerpo básico del rotor en forma de disco o de anillo está unido con el álabe de rodete. Esto perjudica a las propiedades mecánicas del rotor y reduce su duración de vida. En la zona entre las bases del álabe de rodete y el anillo de refuerzo del álabe. Radialmente por debajo del anillo de refuerzo del álabe, los álabes de rodete presentan canales que se prolongan paralelamente al eje giratorio del rotor, que se extienden entre un lado de la alta presión y un lado de la baja presión del rotor, y especialmente, sirven para suministrar aire refrigerante a los álabes de rodete.

25 (0005) El documento US 3847506 A manifiesta un grupo constructivo de turbina con un núcleo de rodete y con una serie de álabes de rodete integrales que se extienden radialmente hacia el exterior alejándose de la llanta. Una serie de agujeros y ranuras estrechas se extienden a través del núcleo de rodete entre los álabes contiguos, para minimizar la tensión a causa de la expansión térmica distinta y para desplazar las frecuencias propias de los álabes fuera de la zona de funcionamiento normal del rotor.

30 (0006) El documento US 5957660 A manifiesta un disco de turbina para alojar los álabes de la turbina. Los discos de la turbina comprenden canales para conducir una corriente de aire enfriado de una cámara que se encuentra delante del disco de la turbina y de una cámara que se encuentra detrás del disco de la turbina.

35 (0007) Se aprecia como desventajoso en el rotor conocido el hecho de que el mismo precisa un espacio de construcción radial comparativamente grande. Además, la rigidez del rotor solo puede aumentarse mediante la introducción de una masa adicional, lo cual, sin embargo, conlleva que se ensanche axialmente el rotor y que se someta a fuertes restricciones geométricas.

40 (0008) Es objetivo de la invención presente proporcionar un rotor para una turbomáquina que posea una proporción mejorada de la masa respecto a la rigidez. Otros objetos de la invención consisten en proporcionar una turbomáquina con un rotor, así como un método para fabricar semejante rotor para una turbomáquina.

45 (0009) Los objetivos se cumplen, conforme a la invención, mediante un rotor con las características de la reivindicación 1ª de la patente, una turbomáquina según la reivindicación 14ª de la patente, así como un método con las características de la reivindicación 15ª de la patente. Las configuraciones ventajosas de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes, y las configuraciones ventajosas del rotor se observan como configuraciones ventajosas de la turbomáquina y del método.

50 (0010) En un rotor conforme a la invención, que posibilita un suministro de aire de refrigeración mejorado y que al mismo tiempo posee el mínimo peso posible, está previsto que el canal esté conformado como canal de aire de refrigeración, y que respecto a un eje giratorio del rotor, una elevación de un eje de extensión principal del canal a lo largo del canal tenga un signo idéntico que una elevación de un eje de extensión principal de una limitación del canal de la corriente interior radial del rotor. Con otras palabras, un recorrido del canal conformado como canal de aire de

refrigeración se adapta al recorrido radial interior del canal de la corriente a lo largo del eje giratorio del rotor, y las elevaciones del eje de extensión principal del canal y el eje de extensión principal de la limitación del canal de la corriente radial interior es fundamentalmente igual de grande o distinta, sin embargo, puede ser elegida respecto a su valor siempre mayor que cero. Cuando el rotor está incorporado en una turbomáquina, en general, una parte de la carcasa de la turbomáquina define la limitación del canal de la corriente radial exterior del canal de la corriente normalmente en forma de anillo (espacio anular). En tanto que el recorrido del canal y del canal de la corriente se adaptan el uno al otro, frente a rotores conocidos del estado de la técnica, en los cuales cada canal se prolonga paralelamente respecto al eje giratorio del rotor, puede proporcionarse en la dirección del perímetro del rotor más material no interrumpido en la zona de unión para el refuerzo del rotor. Con otras palabras, el borde radial exterior, no interrumpido del disco de rotor sólido puede situarse respecto al eje giratorio radialmente más hacia el exterior. Este borde se denomina también "Liferim". Cuando se coloca el borde mediante una inclinación formal del canal fuera de la horizontal y se deja que siga la geometría del límite del espacio anular radial interior, aumenta la parte portante, homogénea y rotatoria-simétrica del disco de rotor. Frente a un rotor con canales que se extienden de forma convencional, horizontalmente, se pone a disposición en dirección del perímetro más material no interrumpido como estructura de disco de refuerzo, y se aumenta la parte portante, homogénea del rotor, o bien, su cuerpo básico del rotor en forma de disco o en forma anular. Cuanto más material del rotor se dispone radialmente en el exterior, es decir, en la cercanía del canal de la corriente o del espacio anular de la turbomáquina, tanto más rígido es el rotor, por ejemplo, frente a oscilaciones de flexión. Según el principio de inercia, el efecto de la masa es dependiente de su distancia frente a los ejes de inercia, creciendo el efecto exponencialmente con la distancia. De este modo, por un lado, se mejora el comportamiento de las oscilaciones del sistema de álabe de rodete o del cuerpo básico de rotor – especialmente respecto a las oscilaciones de flexión y de acoplamiento, por otro lado, pueden llevarse a cabo significantes ahorros en el peso y optimizaciones de la estructura, mediante lo cual el rotor puede conformarse de modo especialmente compacto, también obteniendo al mismo tiempo propiedades mecánicas mejoradas. Además, la zona de unión entre el cuerpo básico del rotor y el álabe de rodete puede adaptarse mejor a una geometría del canal de la corriente, o bien, del espacio anular de la correspondiente turbomáquina. En tanto que los ejes de extensión principal del canal y de la limitación del canal de la corriente radial interior se adaptan uno a otro y se extienden no paralelamente respecto al eje giratorio del rotor, cada eje de extensión principal corta al eje giratorio del rotor formalmente en, al menos, una superficie de proyección en, exactamente, un punto. En el contexto de la invención, el canal no está sometido a ninguna restricción de función específica. De este modo, el canal puede estar conformado con álabes de rodete ensamblados, por ejemplo, como perforación de alivio.

(0011) En una configuración ventajosa de la invención está previsto que, al menos, un canal esté conformado cerrado por el perímetro exterior. Mediante esto, durante el funcionamiento del rotor, pueden minimizarse las pérdidas de corriente y pueden evitarse de modo fiable irrupciones de gas caliente en el canal respectivo. Especialmente está previsto que no hay dispuesto ninguna ranura o similar debilitación del material que desemboquen en el canal, de modo que el rotor sea conformado de forma robusta mecánicamente, y correspondientemente, con una larga vida.

(0012) En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que el eje de extensión principal del canal esté dispuesto en un primer ángulo respecto al eje giratorio, y el primer ángulo se mide en una primera superficie de corte longitudinal del rotor respecto a una línea que transcurre paralela respecto al eje giratorio. Con otras palabras, está previsto que el eje de extensión principal del canal esté conformado de forma inclinada en la superficie X-Y del rotor, o bien, de la correspondiente turbomáquina, frente al eje giratorio del rotor. Mediante ello, según la finalidad y según la conformación del canal, se hace posible tanto un suministro de aire de refrigeración especialmente buena, como también una descarga de tracción especialmente alta de las zonas del rotor o de las zonas del álabe de rodete que se encuentran radialmente por encima del canal.

(0013) De este modo, en otra configuración ha demostrado ser ventajoso, cuando el primer ángulo tiene entre 2° y 80°, especialmente entre 10° y 20°. Bajo el concepto de un ángulo entre 2° y 80° se comprenden especialmente 2°, 4°, 6°, 8°, 10°, 12°, 14°, 16°, 18°, 20°, 22°, 24°, 26°, 28°, 30°, 32°, 34°, 36°, 38°, 40°, 42°, 44°, 46°, 48°, 50°, 52°, 54°, 56°, 58°, 60°, 62°, 64°, 66°, 68°, 70°, 72°, 74°, 76°, 78° u 80°, así como los correspondientes ángulos intermedios. Son posibles un suministro de aire de refrigeración y/o una descarga de tracción especialmente buenos de las zonas del rotor y de las zonas de álabe de rodete que se encuentran radialmente por encima del canal, cuando el primer ángulo tiene 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°, 16°, 17°, 18°, 19° ó 20°. El primer ángulo puede estar localizado fundamentalmente contra el sentido de las agujas del reloj o en el sentido de las agujas del reloj, es decir, que puede ser formalmente positivo (por ejemplo, +15°) o negativo (por ejemplo, -15°).

(0014) En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que el eje de extensión principal del canal esté dispuesto en un segundo ángulo respecto al eje giratorio, y el segundo ángulo se mide, en una segunda superficie de corte longitudinal del rotor que se encuentra verticalmente sobre la primera superficie de corte longitudinal, respecto a una línea que transcurre paralelamente respecto al eje giratorio. Con otras palabras, está previsto que el eje de extensión principal del canal esté conformado de forma inclinada o girada, en la superficie X-Z del rotor o de la correspondiente turbomáquina, frente al eje giratorio del rotor. Esto representa una posibilidad alternativa o adicional para conseguir un suministro de aire de refrigeración especialmente bueno y/o una descarga de tracción especialmente alta de las zonas del rotor y de las zonas del álabe de rodete que se encuentran radialmente por encima del canal. De este modo, puede estar previsto que el eje de extensión principal del canal esté inclinado dependiendo de la dirección de giro del rotor.

(0015) Otras ventajas resultan cuando el segundo ángulo tiene entre 2° y 80°, especialmente entre 10° y 20°. Bajo el concepto de un ángulo entre 2° y 80° se comprenden especialmente 2°, 4°, 6°, 8°, 10°, 12°, 14°, 16°, 18°, 20°, 22°, 24°, 26°, 28°, 30°, 32°, 34°, 36°, 38°, 40°, 42°, 44°, 46°, 48°, 50°, 52°, 54°, 56°, 58°, 60°, 62°, 64°, 66°, 68°, 70°, 72°, 74°, 76°, 78° u 80°, así como los correspondientes ángulos intermedios. Son posibles un suministro de aire de refrigeración especialmente bueno y/o una descarga de tracción especialmente alta de las superficies del rotor y de las superficies del álabe de rodete, cuando el segundo ángulo tiene 10°, 11°, 12°, 13°, 14°, 15°, 16°, 17°, 18°, 19° o 20°. También el segundo ángulo puede estar localizado fundamentalmente contra el sentido de las agujas del reloj o en el sentido de las agujas del reloj, es decir, que puede ser formalmente positivo (por ejemplo, +15°) o negativo (por ejemplo, -15°).

(0016) En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que el canal esté conformado como perforación de alivio. Como perforación de alivio, el canal genera una interrupción tangencial del rotor, mediante lo cual las zonas del rotor que se encuentran radialmente por encima del canal son descargadas de tracción. Habida cuenta que el canal está conformado adicionalmente como canal de aire de refrigeración, puede estar previsto que el canal esté acoplado fluidizado con los canales de refrigeración interiores del álabe de rodete, de modo que el aire de refrigeración puede introducirse a través del canal en el álabe de rodete.

(0017) En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que el rotor esté unido radialmente por debajo del canal con un tambor. De este modo, se puede usar la rigidez del tambor (denominado "Drum") para el aumento de la rigidez del rotor, mediante lo cual se consigue un comportamiento de oscilación especialmente ventajoso, especialmente en relación con las oscilaciones de acoplamiento o el cuerpo básico del rotor y los álabes de rodete. Junto al modo de construcción más sencillo, al mismo tiempo que se da un sistema en conjunto más rígido, también se hace posible un modo de construcción radial más corto de los estatores de una correspondiente turboáquina, habida cuenta que el tambor puede disponerse radialmente cerca del canal de gas. Por ello, ventajosamente se puede prescindir de elementos de obturación grandes y voluminosos – por ejemplo, de los denominados "paneles de nidos de abeja" (en inglés: "Honeycombs"), "obturaciones de laberinto" o similares. El tambor ("Drum") se une en la parte rotatoria-simétrica, homogénea del cuerpo básico del rotor lo más cerca posible bajo el borde radial exterior no-interrumpido del cuerpo básico del rotor sólido y puede disponerse fundamentalmente en un lado de baja presión o en un lado de alta presión del rotor. A causa de la conformación del canal conforme a la invención, el tambor puede estar unido, al contrario que en el estado de la técnica, radialmente, especialmente, muy hacia el exterior, lo cual contribuye al mencionado refuerzo de la estructura. En otra configuración de la invención está previsto que el tambor esté unido mediante un denominado ala (en inglés: "wing") al disco de rotor. También el ala, al contrario que en el estado de la técnica, puede estar unido radialmente, muy hacia el exterior, al cuerpo básico del rotor, de forma que la rigidez del sistema en su conjunto, del sistema de álabes de rodete y del cuerpo básico del rotor, puede mejorarse correspondientemente.

(0018) En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que respecto al eje giratorio del rotor, las elevaciones de los ejes de extensión principales de varios o de todos los canales del rotor tengan un signo idéntico que la elevación del eje de extensión principal de la limitación del canal de la corriente interior radial. Mediante esto, el suministro de aire de refrigeración y la rigidez del rotor pueden ser aumentados adicionalmente, cuyo peso puede reducirse aun más y las zonas del álabe que se encuentran radialmente hacia el exterior pueden descargarse de tracción de mejor modo.

(0019) Otra mejora del suministro de aire de refrigeración es posible en otra configuración mediante el hecho de que, al menos, dos canales y/o los canales contiguos presentan distintas geometrías de corte transversal. Con independencia de la configuración del canal, ello permite que se logre una influencia especialmente adecuada de la descarga de tracción y/o del flujo del aire de refrigeración, así como un ajuste mejorado del gradiente de temperatura que se forma durante el funcionamiento del rotor.

(0020) Una rigidez mecánica especialmente alta, así como un comportamiento de oscilación del rotor especialmente ventajoso se consiguen, en otra configuración de la invención, mediante el hecho de que los ejes de extensión principales de todos los canales están en una superficie envolvente cónica. Mientras que todos los ejes de extensión principales de los canales representan, con otras palabras, líneas de superficies envolventes cónicas y poseen la misma elevación, el rotor tiene un peso especialmente bajo, al mismo tiempo con una rigidez mecánica especialmente mayor.

(0021) En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que los álabes de rodete estén unidos de forma removible o fija con el cuerpo básico del rotor. Mediante ello, el rotor puede ser fabricado de forma especialmente flexible de un modo de construcción de montaje y/o de un modo de construcción integral BLISK-(Bladed Disk), o bien, BLING-(Bladed Ring). En álabes de rodete ensamblados de forma fija, el canal define con su disposición y orientación el borde radial exterior del cuerpo básico del rotor sólido, no interrumpido. En rotores construidos con álabes de rodete fijados en el cuerpo básico del rotor de modo removible, el canal puede estar dispuesto, preferiblemente, entre dos crestas del disco.

(0022) En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que, al menos, un álabe de rodete comprenda un anillo de refuerzo del álabe radial interior como limitación del canal de la corriente radial interior y/o un anillo de refuerzo del álabe radial exterior como limitación del canal de la corriente radial exterior. Mediante ello, se hace posible una limitación definida del canal de la corriente.

(0023) Otro aspecto de la invención hace referencia a una turbomáquina con un rotor según uno de los ejemplos de ejecución anteriores. Las características que resultan de ahí y sus ventajas se pueden extraer de las descripciones anteriores.

5 (0024) Otro aspecto de la invención hace referencia a un método para fabricar un rotor para una turbomáquina, especialmente para una turbina de un avión, en el cual los álabes de rodete son unidos con un cuerpo básico del rotor, y radialmente por debajo de una plataforma de álabe, de al menos, un álabe de rodete, se conforma un canal que se extiende entre un lado de alta presión y un lado de baja presión del rotor. Conforme a la invención se consigue una proporción mejorada de masa respecto a la rigidez del rotor, mediante el hecho de que al menos un canal está conformado como canal de aire de refrigeración y adicionalmente de tal modo que una elevación de un eje de extensión principal del canal a lo largo del canal, respecto a un eje giratorio del rotor, posee un signo idéntico que una elevación de un eje de extensión principal de una limitación de canal de la corriente del rotor radial, interior. El canal de la corriente puede presentar fundamentalmente la forma de un espacio anular. Las características que resultan de aquí y sus ventajas se pueden extraer igualmente de las descripciones anteriores. El canal puede generarse, por ejemplo, mediante una mecanización con arranque de virutas del rotor. Sin embargo, también son posibles otros métodos de fabricación. Además puede estar previsto que varios canales se conformen del modo descrito.

20 (0025) Otras características de la invención resultan de las reivindicaciones, del ejemplo de ejecución, así como en base a los dibujos. Las características y combinaciones de características mencionadas en la descripción anterior, así como las características y combinaciones de características mencionadas a continuación en el ejemplo de ejecución, no sólo se pueden utilizar en la respectiva combinación indicada, sino que también se pueden utilizar en otras combinaciones o aisladamente, sin que se abandone el contexto de la invención. Se muestran:

25 Fig. 1 una vista en corte lateral esquematizada de un rotor conforme a la invención; y

Fig. 2 una representación aumentada del detalle II mostrado en la Fig. 1.

30 (0026) La Fig. 1 muestra una vista en corte lateral esquematizada de un rotor (10) conforme a la invención para una turbina de avión (no mostrada) y se detallará a continuación en la vista en conjunto con la Fig. 2, siendo la Fig. 2 una representación aumentada del detalle II mostrado en la Fig. 1. El rotor (10), que en el caso presente está conformado como el denominado BLISK, comprende varios álabes de rodete (12). Cada álabe de rodete (12) está unido mediante su base de álabe (14) fuertemente con un cuerpo básico de rotor (16). Entre una plataforma de álabe (18) y la base del álabe (14), el álabe de rodete (12) presenta en la zona de su cuello de álabe (20) un canal (22) que se extiende entre un lado de alta presión (HD) y un lado de baja presión (ND) del rotor (10). El lado inferior del canal (22) define el borde (40) radial exterior del disco de rotor (16) sólido, no interrumpido, denominándose este borde (40) también "Liferim". El rotor (10) presenta en el ejemplo de ejecución presente un canal (22) por cada álabe de rodete (12). Fundamentalmente, sin embargo, pueden estar previstos más o menos canales (22) como álabes de rodete (12). Además, cada canal (22) en el ejemplo de ejecución mostrado, conformado cerrado por el perímetro exterior. El rotor (10), además, está conformado en las ranuras radiales o similares que se extienden entre los canales (22) y la plataforma de álabe (18), mediante lo cual se evitan las aumentadas pérdidas de corriente durante el funcionamiento, así como las debilidades de material que acortan potencialmente el tiempo de vida.

45 (0027) El eje de extensión principal (H) del canal (22) está dispuesto de modo inclinado frente a un eje giratorio (D) del rotor (10) y se prolonga no paralelamente respecto al eje giratorio (D). Además, la elevación del eje de extensión principal (H) posee un signo idéntico que la elevación de un eje de extensión principal (R) de una limitación de canal de la corriente radial interior del rotor (10). La limitación de canal de la corriente radial interior, en el ejemplo de ejecución mostrado, se forma mediante un anillo de refuerzo del álabe (17) radial interior, asignado a la plataforma del álabe (18), y el eje de extensión principal (R) de la limitación de canal de la corriente radial interior se prolonga a través de los puntos de esquina superiores opuestos entre sí del anillo de refuerzo del álabe (17). El recorrido del canal (22) sigue con ello el recorrido del canal de la corriente. Las elevaciones del eje de extensión principal (H) del canal (22) y el eje de extensión principal (R), en el ejemplo presente, son distintos en valor, de manera que también el eje de extensión principal (H) y el eje de extensión principal (R) se cortan formalmente en, al menos, una superficie de proyección en un punto. Alternativamente, los ejes de extensión principales (H, R) pueden extenderse paralelamente uno al otro, sin embargo, no paralelamente respecto al eje giratorio (D).

60 (0028) El eje de extensión principal (H) del canal (22) está dispuesto en un primer ángulo (α) respecto al eje giratorio (D), y el primer ángulo (α) puede ser medido en una primera superficie de corte longitudinal, es decir, en la superficie X-Y del rotor (10) mostrada respecto a una línea (L) que se prolonga paralelamente respecto al eje giratorio (D). El primer ángulo (α) tiene en el ejemplo de ejecución presente 15° . Correspondientemente, un ángulo complementario (γ) tiene 75° , como se reconoce en la Fig. 2, y puede ser medido respecto a un eje intermedio (M) del rotor (10) que está situado verticalmente sobre el eje giratorio (D).

65 (0029) Mediante la configuración conforme a la invención del canal (22) se consigue un aumento del grado de libertad en la optimización de la estructura del rotor (10). El canal (22) y con ello el borde o "Liferim" (40) se colocan como se describió previamente, de modo que los mismos siguen la geometría del canal de la corriente o del espacio anular. Mediante esto, la zona portante, homogénea y rotatoria-simétrica del cuerpo básico del rotor (16) aumenta correspondientemente radialmente hacia el exterior. Frente a un rotor convencional con un canal que se conduce

horizontalmente o paralelamente respecto al eje giratorio (D), en el rotor (10) conforme a la invención, se pone a disposición en la dirección del perímetro más material no interrumpido como estructura de disco de refuerzo, mediante lo cual se consigue una mejor proporción de masa-rigidez del rotor (10). Cuanto más material hay radialmente en el exterior, es decir, en la cercanía del canal de la corriente o en la cercanía del espacio anular del motor de avión, tanto más rígido está el rotor (10), por ejemplo, frente a oscilaciones de flexión. La invención presente usa el principio de inercia, según el cual el efecto de una masa crece exponencialmente dependiendo de la distancia frente a sus ejes de inercia. Esto afecta también a los valores de resistencia del rotor (10). En un rotor convencional con un canal o "liferim" convencional, dispuesto horizontalmente, además el recorrido radial que está más hacia el interior del canal de gas en un grado de turbina determina la posición radial máxima realizable del Liferim o del canal. Esta limitación se suprime igualmente mediante el rotor (10) conforme a la invención.

(0030) Alternativamente o adicionalmente, puede estar previsto que el eje de extensión principal (H) del canal (22) esté dispuesto en un segundo ángulo (β) (no mostrado) respecto al eje giratorio (D), y el segundo ángulo se mide en una segunda zona de corte longitudinal del rotor (10) que está verticalmente sobre la primera superficie de corte longitudinal, respecto a una línea (no mostrada) que se prolonga paralelamente respecto al eje giratorio (D). Con otras palabras, el eje de extensión principal (H) frente al eje giratorio (D) que se extiende en la dirección X puede estar acodado en la superficie X-Z del rotor. De este modo, pueden estar previstos también ejes de extensión principales (H) que se prolongan inclinados frente al eje giratorio (D). Además puede estar previsto que los ejes de extensión principales (H) de todos los canales (22) estén formalmente sobre una superficie envolvente cónica, formando el eje giratorio (D) del rotor (10) el eje cónico.

(0031) Como se reconoce en la Fig. 2, el corte transversal del canal (22) se estrecha partiendo del lado de la alta presión (HD) hacia el lado de baja presión (ND). Puede estar previsto fundamentalmente también que algunos o todos los canales (22) estén conformados de forma cilíndrica circular o que posean geometrías de corte transversal elípticas, poligonales, irregulares o variables a lo largo de su longitud. Además puede estar previsto que los canales contiguos (22) presenten geometrías de corte transversal distintas, para poder adaptarse de forma especialmente precisa al gradiente de temperatura que se ajusta durante el funcionamiento de la turbina de avión en la zona de unión de la base del álabe (14) o en la zona del canal (22).

(0032) Cada álabe de rodete (12) comprende además una hoja de álabe (19) que se une a la plataforma de álabe (18), así como un anillo de refuerzo del álabe (21) radial exterior, el cual forma una limitación de canal de la corriente radial exterior. Además, cada álabe de rodete (12) presenta un canal de refrigeración (23) interior. En el ejemplo de ejecución mostrado, el canal de refrigeración (23) está acoplado fluidizado con el canal (22), de forma que el canal (22) actúa como perforación de alivio y descarga la tracción de las zonas de álabe que están radialmente en el exterior. El canal (22) se usa para conducir el aire de refrigeración. En otra configuración alternativa, el canal (22) puede estar acoplado fluidizado con el canal de refrigeración (23), de manera que el aire de refrigeración puede pasar desde el canal (22) al canal de refrigeración (23).

(0033) En el cuerpo básico del rotor (16), además, está unido un tambor ("Drum") (24) con dos elementos de obturación (26). Esto posibilita que se integre la rigidez del tambor en la rigidez del rotor (10), y con ello, se hace posible una concepción ventajosa de las oscilaciones de acoplamiento entre el cuerpo básico del rotor (16) en forma de disco y el álabe de rodete (12). El rotor (10) puede ser reforzado, por ello, sin el aumento de masa. El tambor (24) está unido en la parte rotatoria-simétrica, homogénea del cuerpo básico del rotor (16) radialmente por debajo del borde (40). A causa del eje de extensión principal (H) que sigue el recorrido del espacio anular, resulta una libertad constructiva aumentada para la disposición y la orientación de las geometrías o de los componentes contiguos al rotor (10), como por ejemplo, el tambor (24). Mediante la unión del tambor (24) en la altura de la base de álabe (14) o por debajo del borde (40), la rigidez del tambor (24) se acopla ventajosamente en el cuerpo básico del rotor (16). Habida cuenta que la unión del tambor (24) al cuerpo básico de rotor (16) está radialmente muy en el exterior, la rigidez del tambor fluye especialmente fuerte en la rigidez del sistema conjunto al producirse oscilaciones del álabe de rodete-cuerpo básico del rotor. El rotor (10) conforme a la invención, por ello, puede estar conformado de forma más sencilla, y al mismo tiempo, con más rigidez, en comparación con el estado de la técnica. Además, pueden llevarse a cabo modos de construcción radiales más cortos de los estatores (no mostrado) del motor de avión, habida cuenta que el tambor (24) puede ser colocado radialmente cerca del canal de la corriente. Por ello, se puede prescindir, por ejemplo, de elementos de obturación (26) grandes (por ejemplo, "Honeycombs"), mediante lo cual se pueden alcanzar otras ventajas, especialmente, en relación con el grado de efectividad de la turbina de avión.

(0034) Los parámetros indicados en los documentos para la definición de las condiciones de medidas para la caracterización de las propiedades específicas del objeto de la invención también pueden observarse como incluidos en el contexto de la invención, en el ámbito de variaciones – por ejemplo, a causa de errores de medidas, errores del sistema, tolerancias DIN o similares –.

REIVINDICACIONES

- 1^a.- Rotor (10) para una turbomáquina, especialmente para una turbina de avión, con álabes de rodete (12), que están unidos con un disco de rotor (16), estando previsto radialmente por debajo de una plataforma de álabe (18) de, al menos, un álabe de rodete (12), al menos, canal de aire de refrigeración (22) que se extiende entre un lado de alta presión (HD) y un lado de baja presión (ND) del rotor (10), y un lado inferior del canal de aire de refrigeración (22) define un borde (40) radial, exterior, no interrumpido del disco de rotor (16), que se caracteriza por que respecto a un eje giratorio (D) del rotor (10), una elevación de un eje de extensión principal (H) del canal (22) y el borde (40) del disco de rotor (16) tiene un signo idéntico a lo largo del canal (22) al de una elevación de un eje de extensión principal (R) de una limitación del canal de la corriente del rotor (10) radial interior.
- 2^a.- Rotor (10) según la reivindicación 1^a, que se caracteriza por que, al menos, un canal de aire de refrigeración (22) está conformado de forma cerrada en el perímetro exterior.
- 3^a.- Rotor (10) según la reivindicación 1^a o 2^a, que se caracteriza por que el eje de extensión principal (H) del canal de aire de refrigeración (22) está dispuesto en un primer ángulo (α) respecto al eje giratorio (D), y el primer ángulo (α) se mide en una primera superficie de corte longitudinal (X-Y) del rotor (10) respecto a una línea (L) que se prolonga paralelamente respecto al eje giratorio (D).
- 4^a.- Rotor (10) según la reivindicación 3^a, que se caracteriza por que el primer ángulo (α) tiene entre 2° y 80°, especialmente entre 10° y 20°.
- 5^a.- Rotor (10) según una de las reivindicaciones 3^a hasta 4^a, que se caracteriza por que el eje de extensión principal (H) del canal de aire de refrigeración (22) está dispuesto en un segundo ángulo (β) respecto al eje giratorio (D), y el segundo ángulo (β) se mide en la segunda superficie de corte longitudinal (X-Z) del rotor (10) que se encuentra verticalmente sobre la primera superficie longitudinal, respecto a una línea (L) que se prolonga paralelamente respecto al eje giratorio (D).
- 6^a.- Rotor (10) según la reivindicación 5^a, que se caracteriza por que el segundo ángulo (β) tiene entre 2° y 80°, especialmente entre 10° y 20°.
- 7^a.- Rotor (10) según una de las reivindicaciones 1^a hasta 6^a, que se caracteriza por que el canal de aire de refrigeración (22) está conformado como perforación de alivio.
- 8^a.- Rotor (10) según una de las reivindicaciones 1^a hasta 7^a, que se caracteriza por que el mismo está unido radialmente por debajo del canal de aire de refrigeración (22) con un tambor (24).
- 9^a.- Rotor (10) según una de las reivindicaciones 1^a hasta 8^a, que se caracteriza por que respecto al eje giratorio (D) del rotor (10), las elevaciones de los ejes de extensión principales (H) de varios o de todos los canales de aire de refrigeración (22) del rotor (10) poseen un signo idéntico que la elevación del eje de extensión principal (R) de la limitación del canal de la corriente radial interior.
- 10^a.- Rotor (10) según una de las reivindicaciones 1^a hasta 9^a, que se caracteriza por que, al menos, dos canales de aire de refrigeración (22) y/o canales de aire de refrigeración contiguos presentan distintas geometrías de corte transversal.
- 11^a.- Rotor (10) según la reivindicación 9^a ó 10^a, que se caracteriza por que los ejes de extensión principales (H) de todos los canales de aire de refrigeración (22) están sobre una superficie envolvente cónica.
- 12^a.- Rotor (10) según una de las reivindicaciones 1^a hasta 11^a, que se caracteriza por que los álabes de rodete (12) están unidos de forma removible o fija con el cuerpo básico del rotor (16).
- 13^a.- Rotor (10) según una de las reivindicaciones 1^a hasta 12^a, que se caracteriza por que, al menos, un álabe de rodete (12) comprende un anillo de refuerzo de álabe (17) radial interior como limitación del canal de la corriente radial interior y/o un anillo de refuerzo de álabe radial exterior (21) como limitación del canal de la corriente radial exterior.
- 14^a.- Turbomáquina con un rotor (10) según una de las reivindicaciones 1^a hasta 13^a.
- 15^a.- Método para fabricar un rotor (10) para una turbomáquina, especialmente para una turbina de avión, en la cual los álabes de rodete (12) están unidos con un disco de rotor (16), y radialmente debajo de una plataforma de álabe (18) de, al menos, un álabe de rodete (12) hay conformado un canal de aire de refrigeración (22) que se extiende entre un lado de alta presión (HD) y un lado de baja presión (ND) del rotor (10) y una parte inferior del canal de aire de refrigeración (22) define un borde (40) radial exterior, no interrumpido del disco de rotor (16), que se caracteriza por que el canal de aire de refrigeración (22) está conformado de tal modo que respecto al eje giratorio (D) del rotor (10) una elevación de un eje de extensión principal (H) del canal de aire de refrigeración (22) y del borde (40) del disco de rotor (16) tiene un signo idéntico a lo largo del canal de aire de refrigeración (22) que una elevación de un eje de extensión principal (R) de una limitación del canal de la corriente radial interior del rotor (10).

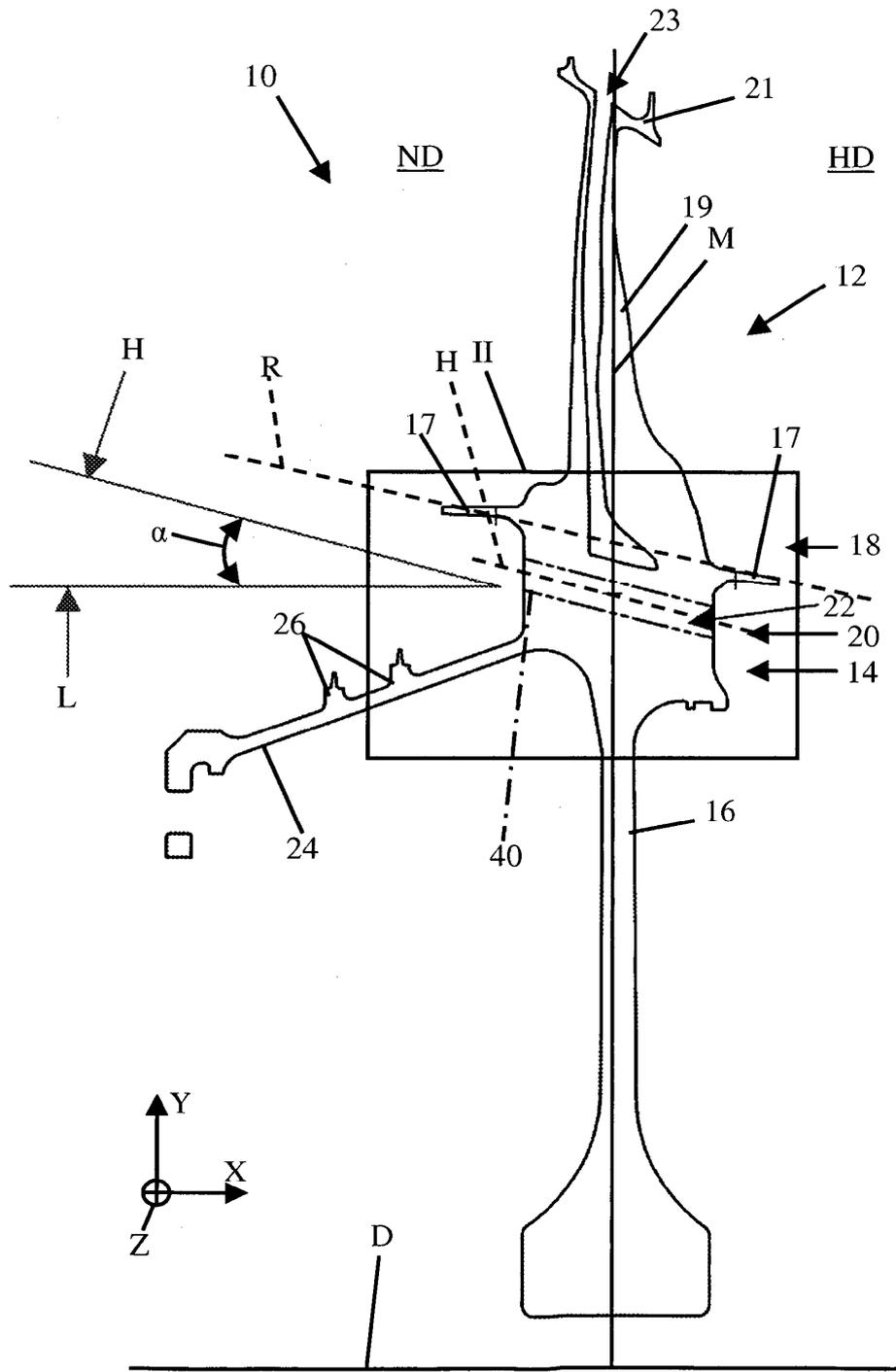


Fig. 1

