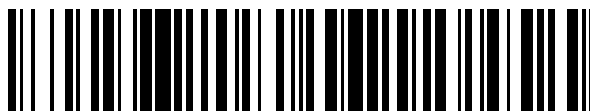


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 574 436**

51 Int. Cl.:

F01D 11/14 (2006.01)

F01D 5/22 (2006.01)

F01D 17/02 (2006.01)

G01B 7/14 (2006.01)

F01D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.05.2013** **E 13168659 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016** **EP 2806111**

54 Título: **Grado de turbomáquina y método para determinar una ranura de obturación y/o una posición axial de semejante grado de turbomáquina**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.06.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GERBL, FLORIAN;
GRÜNDMAYER, JÜRGEN;
STADLBAUER, MARTIN;
TRASSL, ERNST;
SCHNEIDER, RENÉ;
ZIELINSKI, MICHAEL y
ZEISBERGER, ANDREAS

74 Agente/Representante:

COBO DE LA TORRE, María Victoria

ES 2 574 436 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

Grado de turbomáquina y método para determinar una ranura de obturación y/o una posición axial de semejante grado de turbomáquina

(0001) La invención presente hace referencia a un grado de turbomáquina, especialmente un grado de turbina o un grado de compresor de una turbina de gas, con una carcasa, especialmente cónica, en la cual hay dispuesta una disposición de álabes de rodete con varios álabes de rodete, que presentan un anillo de refuerzo exterior con al menos una brida de obturación, así como un método para determinar una ranura de obturación y/o una posición axial de la disposición de álabes de rodete de una turbomáquina semejante.

(0002) Mediante una o varias bridas de obturación radiales dispuestas en dirección axial unas tras otras, la ranura de obturación entre la carcasa y el anillo de refuerzo exterior puede ser reducida. En este caso, puede producirse un rozamiento entre la brida de obturación y la carcasa, especialmente, a causa de distintas condiciones de funcionamiento, en consecuencia, un desgaste por roce en la brida de obturación y/o una frotación, de manera que la ranura de obturación se modifica. El conocimiento de la ranura de obturación actual puede ser ventajosa, especialmente, para adaptar el funcionamiento de la turbomáquina a la misma y/o llevar a cabo el mantenimiento o para planificarlo. Adicionalmente o alternativamente, el conocimiento de la posición axial actual de la disposición de álabes de rodete puede ser ventajoso, especialmente, para adaptar el funcionamiento de la turbomáquina a la misma.

(0003) Un objetivo de una ejecución de la invención presente es mejorar el mantenimiento y/o el funcionamiento de un grado de turbomáquina.

(0004) En el documento US20090003991 se expone el estado de la técnica más reciente frente al objeto de la reivindicación.

(0005) Este objetivo se cumple con un grado de turbomáquina con las características de la reivindicación 1ª. La reivindicación 8ª protege un método para determinar una ranura de obturación y/o una posición axial de la disposición de álabes de rodete de semejante grado de turbomáquina, formas de ejecución ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

(0006) Un grado de turbomáquina según un aspecto de la invención presente pueden ser, especialmente, un grado de turbina o un grado de compresor de una turbina de gas, preferiblemente, de un motor de avión.

(0007) La misma presenta una disposición de álabes de rodete con varios álabes de rodete contiguos en dirección del perímetro, que pueden estar conformados de forma removible o fija con el rotor de la turbomáquina, especialmente, de forma integral. La disposición de álabes de rodete está dispuesta con una carcasa, que en una ejecución puede convergir o divergir – al menos, en la zona de la disposición de álabes de rodete – en dirección de la corriente de paso, lo cual se denomina en el presente caso, para una representación más compacta, carcasa cónica. De igual modo, la carcasa – al menos en la zona de la disposición de álabes de rodete – puede presentar en dirección de la corriente de paso, al menos, un corte transversal fundamentalmente constante, lo cual en el caso presente se denomina correspondientemente carcasa cilíndrica.

(0008) La disposición de álabes de rodete presenta un anillo de refuerzo exterior, que puede estar formado por varias secciones de anillo de refuerzo, con las cuales pueden estar unidos uno o varios álabes de rodete. El anillo de refuerzo exterior puede convergir o divergir en una ejecución en la dirección de la corriente de paso o presentar un perímetro exterior, al menos fundamentalmente constante, lo cual en el caso presente, se denomina correspondientemente anillo de refuerzo exterior cónico o cilíndrico.

(0009) Sobre el anillo de refuerzo exterior, radialmente hacia el exterior, hay dispuestas una o varias bridas de obturación radiales distanciadas entre sí en dirección axial o en dirección de la corriente de paso, que se extienden preferiblemente a modo de nervio radialmente hacia el exterior, así como en dirección del perímetro. Semejantes bridas de obturación radiales se denominan a continuación también, en abreviatura, boca/s de obturación.

(0010) Según un aspecto de la invención presente, la única brida de obturación presenta, en varias bridas de obturación distanciadas entre sí en dirección axial, de una o varias, especialmente, de todas las bridas de obturación, respectivamente una disposición de ahondamientos con uno o varios ahondamientos radiales. Varios ahondamientos radiales pueden estar distribuidos de forma equidistante o asimétrica por el perímetro. En una ejecución, la disposición de ahondamientos presenta exactamente dos, tres o cuatro ahondamientos. Un ahondamiento puede presentar en una ejecución dos flancos opuestos entre sí, que en otra configuración se extienden, al menos fundamentalmente, en dirección radial y/o que se convierten en un perímetro exterior de la brida de obturación contiguo, preferiblemente en forma de anillo cilíndrico, preferiblemente en un redondeamiento. Entre los flancos se extiende en otra configuración, un fondo del ahondamiento, que en una ejecución, puede presentar, al menos fundamentalmente, una superficie de perímetro en forma de anillo cilíndrico. Con ello, se puede conformar un ahondamiento en una ejecución, especialmente, en forma de U.

(0011) En el ahondamiento hay dispuesto un saliente radial. El mismo puede extenderse especialmente desde el

fondo del ahondamiento radialmente hacia fuera y en otra configuración puede presentar una superficie de perímetro, al menos fundamentalmente, en forma de anillo cilíndrico. El saliente radial puede estar dispuesto, visto desde la dirección del perímetro, especialmente en el centro del ahondamiento, de igual modo, también de forma descentrada. En una ejecución, el ahondamiento está conformado con el saliente dispuesto en el interior de forma simétrica, lo cual al haber giros en sentido contrario puede producir ventajosamente señales del mismo tipo. De igual modo, el ahondamiento con el saliente dispuesto en el interior puede estar conformado también simétricamente, para al haber giros en sentido contrario, ventajosamente, producir distintas señales.

(0012) En la carcasa hay dispuesta una disposición de sensores con uno o varios sensores o sondas capacitivos para determinar una distancia radial respecto a una superficie de perímetro de la brida de obturación. Varios sensores pueden estar distribuidos equidistantes o asimétricos sobre el perímetro. En una ejecución, la disposición de ahondamientos presenta exactamente dos, cuatro o seis sensores. Bajo el concepto de sensor capacitivo para la determinación de una distancia radial respecto a la superficie del perímetro de la brida de obturación, se entiende en el caso presente, especialmente, un medio que produce una señal que depende de una distancia radial del sensor respecto a la superficie del perímetro, preferiblemente, no linealmente. Como superficie del perímetro, en el caso presente, se trata especialmente de una superficie de una brida de obturación, un ahondamiento o un saliente, que se extienden en dirección del perímetro y en dirección axial, con otras palabras, observado radialmente hacia fuera, el lado superior de la brida de obturación, del ahondamiento o del saliente.

(0013) Cuando rebosa un sensor mediante un ahondamiento, la distancia radial se modifica: primeramente aumenta, tan pronto como el sensor registra el fondo del ahondamiento. A continuación, disminuye la distancia radial, cuando el sensor registra el saliente. A continuación vuelve a aumentar, tan pronto como el sensor registra el fondo del ahondamiento en el lado del saliente que está opuesto en dirección del perímetro. Finalmente, disminuye la distancia radial de nuevo hasta llegar al valor de partida, cuando el sensor registra la superficie del perímetro de la brida de obturación junto al ahondamiento. De este modo, en una ejecución, al girarse un ahondamiento en un sensor se produce un recorrido de señal, en general, en forma de W, con cuatro desviaciones de señales cambiantes, en sentidos contrarios. Como desviación de señal, en el caso presente, se denomina, especialmente, a un aumento o a una disminución de la señal o del valor de la señal del sensor, en general, en forma de escalón o flanco.

(0014) Según un aspecto de la invención presente, se registra, al menos, una desviación de señal de la disposición de sensor a causa de una determinación, al menos, de un ahondamiento de la disposición de ahondamiento por, al menos, un sensor de la disposición de sensores. La determinación o la valoración mencionada a continuación en base a un ahondamiento y a uno o dos sensores, puede llevarse a cabo del mismo modo para varios ahondamientos y/o sensores, y entonces en una ejecución pueden compararse los resultados de la determinación, especialmente, se puede sacar el promedio.

(0015) Una desviación de la señal conforme a la invención puede resultar, especialmente visto en la dirección de rotación, de una transición de una superficie del perímetro de la brida de obturación junto a un ahondamiento de la disposición de ahondamientos hacia este ahondamiento o (al contrario que aquí) desde un ahondamiento de la disposición de ahondamientos hacia una superficie del perímetro de la brida de obturación junto a este ahondamiento. Ambos son designados de igual modo como desviación de señal, a causa de una determinación de un ahondamiento, mediante un sensor en el contexto de la invención presente. De igual modo, una desviación de señal conforme a la invención, también en la transición de un fondo de ahondamiento de un ahondamiento de la disposición de ahondamientos hacia el saliente en este ahondamiento o (al contrario que aquí) desde un saliente de un ahondamiento de la disposición de ahondamientos hacia un fondo de ahondamiento de este ahondamiento junto a este saliente. También esto es denominado como desviación de señal, a causa de una determinación de un ahondamiento mediante un sensor en el contexto de la presente invención. Adicionalmente, semejante desviación de señal puede ser denominada también como desviación de señal a causa de una determinación de un ahondamiento y del saliente en este ahondamiento mediante un sensor.

(0016) En una ejecución, la desviación de señal, que se produce a causa de una variación de la distancia entre el fondo del ahondamiento y el saliente y/o entre el saliente y el fondo del ahondamiento, es decir, una desviación de señal a causa de una determinación de un ahondamiento y del saliente en este ahondamiento, en base a una calibración anterior asociado a una distancia radial de la disposición de álabes de rodete: en un sensor capacitivo se modifica la capacidad de un condensador, determinada directa o indirectamente, a causa de la modificación de la superficie del perímetro efectiva del fondo del ahondamiento o del saliente. Esta modificación o esta desviación de señal es distinta en distancias radiales distintas de la brida de obturación respecto al sensor o la carcasa, en la cual está dispuesta la misma. Correspondientemente, la desviación de señal puede asociarse a una distancia radial determinada, y en una calibración anterior se asignan correspondientemente determinadas distancias radiales a determinadas desviaciones de señal. La asociación de una desviación de señal determinada a una distancia radial, a base de una calibración anterior, puede llevarse a cabo, especialmente, mediante interpolación o extrapolación, preferiblemente lineares, entre los pares de valores de la calibración.

(0017) En una ejecución, la disposición de sensores presenta al menos dos sensores, cuyas superficies de determinación con un eje de giro del grado de turbomáquina incluye distintos ángulos, especialmente, en sentidos contrarios, preferiblemente, al menos en general, de igual valor. Los ángulos son preferiblemente en valor mayores que 5°, especialmente mayores que 10°. Adicionalmente o alternativamente, en una ejecución, son en valor menores que 75°, especialmente menores que 25°. En una ejecución, los ángulos son, al menos en general, iguales que $\pm 15^\circ$,

en otra ejecución, al menos en general, iguales que $\pm 60^\circ$.

(0018) Un sensor presenta en dirección del perímetro una zona de determinación. Las zonas de determinación que se encuentran en dirección axial, unas tras otras, forman conjuntamente una superficie de determinación en el contexto de la invención presente. Un sensor presenta especialmente una superficie de determinación, que incluye con el eje giratorio un ángulo, cuando el sensor determina en dirección axial ahondamientos o salientes desplazados correspondientemente antes o más tarde. Cuanto mayor es el valor del ángulo, antes o después determina el sensor dos ahondamientos o salientes desplazados en dirección axial o alineados entre sí. Si por ejemplo, un sensor presenta una superficie de sensor rectangular, opuesta a la brida de obturación, cuyo eje principal incluye un ángulo, con el eje giratorio del grado de turbomáquina, entonces correspondientemente la superficie de determinación incluye igualmente este ángulo con el eje giratorio.

(0019) Mediante estas superficies de determinación inclinadas contra el eje giratorio de la turbomáquina, según una ejecución, puede determinarse una posición axial de la disposición de álabes de rodete. Adicionalmente a esto, en una ejecución, primeramente se determina una desviación de señal de la disposición de sensores, a causa de una determinación de un ahondamiento de la disposición de ahondamientos y/o del saliente en este ahondamiento mediante un sensor de la disposición de sensores. Mediante la continuación del giro del rotor hacia otro sensor, a continuación, se determina otra desviación de señal de la disposición de sensores, a causa de una determinación de este ahondamiento y/o del saliente en este ahondamiento mediante otro sensor de la disposición de sensores. La distancia de estas desviaciones de señal, especialmente, de la distancia temporal o de la distancia de giro del ángulo, puede ser asociada a base de una calibración anterior de una posición axial de la disposición de álabes de rodete. Si las superficies de determinación de dos sensores convergen en dirección axial, disminuye la distancia de las desviaciones de señal, cuanto más se desplaza la brida de obturación en dirección axial. Al contrario, si la distancia aumenta en superficies de determinación que divergen en dirección axial o en un desplazamiento en contra de la dirección axial.

(0020) Como se indicó previamente, las distancias de las desviaciones de señal de ambos sensores pueden determinarse a causa de una transición de una superficie del perímetro de la brida de obturación junto a un ahondamiento hacia este ahondamiento, desde un ahondamiento hacia una superficie del perímetro de la brida de obturación junto a este ahondamiento, desde un fondo de ahondamiento de un ahondamiento hacia el saliente en este ahondamiento y/o desde un saliente de un ahondamiento hacia un fondo de ahondamiento de este ahondamiento junto a este saliente.

(0021) Adicionalmente o alternativamente a los dos sensores, cuyas superficies de determinación con el eje giratorio incluyen distintos ángulos, la disposición de sensores puede presentar en una ejecución al menos un sensor, cuya superficie de determinación converge o diverge en dirección axial. También mediante esto, puede determinarse una posición axial de la disposición de álabes de rodete: en un sensor con una superficie de determinación convergente, el ángulo alrededor del cual la brida de obturación tiene que seguir girándose, hasta que se determina un ahondamiento o un saliente máximo por el sensor, o ya no se determina en absoluto por el sensor, cuanto menor es, más lejos se desplaza la brida de obturación en dirección axial o en dirección de convergencia. Al contrario, si el ángulo aumenta, alrededor del cual tiene que seguir girándose la brida de obturación, hasta que ya no se determina un ahondamiento o un saliente máximo o ya no se determina en absoluto, cuanto más, más lejos es desplazada la brida de obturación en dirección de divergencia. Correspondientemente, la anchura de la correspondiente desviación de la señal o de un flanco de una señal del sensor disminuye o aumenta, con la posición axial relativa al sensor con una superficie de determinación convergente o divergente. Bajo el concepto de anchura de una desviación de señal se entiende en el caso presente, especialmente, un tiempo o un ángulo de giro, en el cual aparece la desviación de señal. Esto puede determinarse en una ejecución mediante el tiempo o el ángulo entre el quedar por debajo o quedar por encima de los límites determinados mediante una señal de sensor, pero también mediante el tiempo o el ángulo entre las señales del sensor o las secuencias de la señal de sensor con el mismo aumento, especialmente, la mitad de un aumento máximo de la señal del sensor o de la secuencia de señal del sensor.

(0022) Correspondientemente, según una ejecución de la invención presente, se detecta, al menos, una desviación de la señal a causa de una determinación de un ahondamiento de la disposición de ahondamientos mediante un sensor, cuya superficie de determinación converge o diverge en dirección axial, y una anchura de esta desviación de señal a base de una calibración se asocia a una posición axial de la disposición de álabes de rodete. Como se indica anteriormente, la anchura de una desviación de señal a causa de una transición de una superficie del perímetro de la brida de obturación junto a un ahondamiento hacia este ahondamiento, desde un ahondamiento hacia una superficie de perímetro de la brida de obturación junto a este ahondamiento, desde un fondo de ahondamiento de un ahondamiento hacia el saliente en este ahondamiento y/o desde un saliente de un ahondamiento hacia un fondo de ahondamiento de este ahondamiento junto a este saliente.

(0023) Como se mencionó previamente, igualmente que para la señal entre el fondo de ahondamiento y el saliente o el saliente y el fondo de ahondamiento resulta una desviación de señal también al haber una entrada o salida de un ahondamiento en o de una superficie de determinación de un sensor. En una ejecución de la invención presente, la misma se utiliza para determinar un roce de la brida de obturación: cuanto mayor es el roce, menor es la desviación de señal. Correspondientemente, en una ejecución, al menos, una desviación de señal de la disposición de sensores a causa de una determinación de un ahondamiento de la disposición de ahondamientos y una superficie del perímetro de la brida de obturación contigua a este ahondamiento, especialmente, situada delante o detrás en la

dirección de giro es determinada mediante un sensor de la disposición de sensores, y esta desviación de señal está asociada a base de una calibración anterior a un roce de la brida de obturación.

(0024) La ranura de obturación entre la brida de obturación y la carcasa, especialmente, un revestimiento de entrada de la carcasa, junto a la distancia radial de la brida de obturación respecto a un sensor fijo a la carcasa y a un eventual roce de la brida de obturación puede depender de una frotación en la carcasa y/o de la posición axial de la brida de obturación. Correspondientemente, en una ejecución de la invención presente, se determina, especialmente de forma periódica, una frotación de la carcasa opuesta a la brida de obturación, especialmente, de un revestimiento de entrada de la carcasa opuesto a la brida de obturación. La misma puede tenerse en cuenta en la determinación de la ranura de obturación, especialmente, puede ser añadida a la distancia radial determinada y/o a un desgaste por roce de la brida de obturación.

(0025) Como se mencionó anteriormente, las desviaciones de señal o sus distancias pueden asociarse, mediante una calibración, preferiblemente de dos dimensiones, a las distancias radiales o a las posiciones axiales. Correspondientemente, en una ejecución de la presente invención, especialmente primeramente, de las distancias entre las desviaciones de señal, que determinan mediante sensores con superficies de determinación inclinadas en sentidos contrarios, el mismo ahondamiento, y/o de la anchura de una desviación de señal, que se determina mediante un sensor con una superficie de determinación que converge o diverge axialmente, determina una posición axial de una brida de obturación, y especialmente, a continuación, de las desviaciones de señal entre el fondo de ahondamiento y el saliente o la superficie del perímetro contigua, no ahondada, de la brida de obturación, a base de la calibración de dos dimensiones, determina la distancia radial o el roce de la brida de obturación. En una ejecución, mediante una calibración de dos dimensiones, se asocian pares de posiciones axiales y distancias radiales o ranuras de obturación respectivamente a una distancia entre las desviaciones de señal de sensores, cuyas superficies de determinación incluyen distintos ángulos, o una anchura de una desviación de señal de un sensor con una superficie de determinación que converge o diverge axialmente, y adicionalmente una desviación de señal, especialmente, a causa de una determinación de un ahondamiento y sus salientes. De este modo, en la determinación de la distancia o de la anchura y de la desviación de señal, a base de la calibración, puede determinarse la posición axial y la distancia radial o la ranura de obturación. En otra configuración, puede determinarse, junto con el roce igualmente determinado, una ranura de obturación actual.

(0026) En una ejecución de la invención presente, se baja radialmente una superficie del perímetro del saliente radial en el ahondamiento. Mediante esto, un roce de la superficie del perímetro de la brida de obturación, que rodea al ahondamiento, tampoco modifica a la desviación de señal entre el fondo de ahondamiento y el saliente.

(0027) Un ahondamiento puede estar dispuesto completamente en una sección de anillo de refuerzo exterior. De igual modo, un ahondamiento, especialmente el saliente, puede estar conformado por dos secciones de anillo de refuerzo exterior contiguas conjuntamente o el ahondamiento, especialmente el saliente, puede extenderse sobre la superficie de contacto de dos álabes de rodete contiguos. En este caso, el ahondamiento, especialmente el saliente, puede estar distribuido simétricamente por ambas secciones de anillo de refuerzo exterior contiguas o extenderse simétricamente respecto a la superficie de contacto.

(0028) En una ejecución, la brida de obturación de una o dos secciones de anillo de refuerzo exterior contiguas está descendida radialmente frente a la brida de obturación de la otra sección de anillo de refuerzo exterior, que se une a las anteriores, de manera que el ahondamiento se extiende completamente sobre una o las dos secciones de anillo de refuerzo exterior. De este modo, de un modo especialmente sencillo, puede representarse un ahondamiento con un saliente radial. El saliente radial puede estar dispuesto en las superficies de contacto opuestas entre sí de estas secciones de anillo de refuerzo exterior contiguas.

(0029) En una ejecución, el grado de turbomáquina presenta un medio de procesamiento que está dispuesto para la ejecución de un método aquí descrito. Un medio en el contexto de la presente invención puede estar conformado técnicamente como hardware o como software, especialmente, puede presentar una unidad de procesador, en especial, una unidad de microprocesador (CPU) y/o uno o varios programas o módulos de programa, preferiblemente con un sistema de almacenamiento y/o un sistema de bus, unido a datos o a una señal, especialmente, digital. El CPU puede estar conformado para procesar órdenes que están implementadas como un programa dispuesto en un sistema de almacenamiento, para determinar señales de entrada de un bus de datos y/o para dar señales de salida a un bus de datos. Un sistema de almacenamiento puede presentar uno o varios medios de almacenamiento distintos, especialmente, medios ópticos, magnéticos, medios de cuerpos sólidos y/u otros medios no volátiles. El programa puede estar creado de tal modo que incorpore el método aquí descrito o que sea capaz de ejecutarlo, de manera que el CPU puede ejecutar los pasos de semejante método, y con ello, puede determinar una ranura de obturación y/o una posición axial.

(0030) Otras configuraciones ventajosas de la invención presente resultan de las reivindicaciones dependientes y de la descripción siguiente de las ejecuciones preferibles. Se muestran, parcialmente esquematizadas:

Fig. 1: una parte de un grado de turbomáquina según una ejecución de la presente invención en una vista en dirección axial;

Fig. 2: una parte de un grado de turbomáquina de la Fig. 1 a lo largo de la línea de corte II-II en la Fig. 1;

Fig. 3A: una señal de un sensor de un grado de turbomáquina de la Fig. 1 para una posición axial y una distancia radial de una disposición de álabes de rodete del grado de turbomáquina;

Fig. 3B: una señal del sensor en una representación correspondiente en la Fig. 3A para otra posición axial;

Fig. 3C: una señal del sensor en una representación correspondiente en la Fig. 3A para otra distancia radial; y

Fig. 4: una vista superior en dirección radial desde fuera sobre una parte de un desarrollo del grado de turbomáquina de la Fig. 1;

Fig. 5: una parte de un grado de turbomáquina según otra ejecución de la presente invención en una representación correspondiente en la Fig. 4 ; y

Fig. 6: una señal de un sensor de un grado de turbomáquina de la representación correspondiente en la Fig. 3A.

(0031) Las Fig. 1, 2, 4 muestran en una vista en dirección axial (Fig. 1), un corte meridiano (Fig. 2) o una vista superior desarrollada en dirección radial una parte de un grado de turbomáquina según una ejecución de la invención presente. El grado de turbomáquina puede ser, por ejemplo, un grado de turbina o un grado de compresor de una turbina de gas, preferiblemente, de un motor de avión.

(0032) El mismo presenta una disposición de álabes de rodete con varios álabes de rodete (1) contiguos en dirección del perímetro. La disposición de álabes de rodete está dispuesta en una carcasa cónica (2).

(0033) La disposición de álabes de rodete presenta un anillo de refuerzo exterior (1.1) cónico, que está formado por varias secciones de anillo de refuerzo exterior, con los cuales están unidos respectivamente uno o varios álabes de rodete.

(0034) Radialmente hacia fuera sobre el anillo de refuerzo exterior están dispuestas dos bridas de obturación (1.2, 1.3) radiales distanciadas entre sí en dirección axial o en dirección de la corriente de paso (horizontal desde la izquierda hacia la derecha en la Fig. 2, 4), que se extienden a modo de nervios radialmente hacia fuera (véase Fig. 1, 2), así como en la dirección del perímetro (véase Fig. 1, 4).

(0035) La invención presente se describe en detalle a continuación en relación con la brida de obturación (1.2) izquierda de las Fig. 2, 4, las ejecuciones pueden ser transferidas de igual modo a la brida de obturación (1.3) derecha de las Fig. 2, 4.

(0036) La brida de obturación (1.2) está formada por varias secciones de brida de obturación, las cuales están conformadas de forma integral con la respectiva sección de anillo de refuerzo exterior y las cuales están descritas en la Fig. 1 para una mejor diferenciación con 1.2' o 1.2''.

(0037) La brida de obturación (1.2) presenta una disposición de ahondamientos con cuatro ahondamientos (4) radiales, de los cuales en la Fig. 1 hay representado uno. Cada uno de los ahondamientos del mismo tipo presenta dos flancos opuestos (izquierda, derecha en la Fig. 1) que fundamentalmente se extienden en dirección radial. Entre los flancos se extiende un fondo de ahondamiento que presenta una superficie del perímetro en forma de anillo de cilindro, de manera que el ahondamiento (4) está conformado en forma de U.

(0038) En el ahondamiento (4) hay dispuesto un saliente (4.1) radial, que se extiende desde el fondo de ahondamiento radialmente hacia fuera y una superficie del perímetro en forma de cilindro. El saliente (4.1) radial, visto desde la dirección del perímetro, está dispuesto en el centro en el ahondamiento (4). El ahondamiento (4), con el saliente (4.1) dispuesto en el interior, está conformado simétricamente.

(0039) En la carcasa (2) hay dispuesta una disposición de sensores (3) con seis sensores capacitivos para la determinación de una distancia radial respecto a una superficie del perímetro de la brida de obturación, de los cuales están representados en la Fig. 1, 2 un sensor y en la Fig. 4 dos sensores (3.1, 3.2).

(0040) Al rebosar el sensor por un ahondamiento (4) se modifica la distancia radial: primeramente aumenta, tan pronto como el sensor determina el fondo del ahondamiento.

(0041) A continuación, disminuye la distancia radial, cuando el sensor determina el saliente. A continuación, aumenta de nuevo, tan pronto como el sensor determina el fondo del ahondamiento en el lado del saliente opuesto en dirección del perímetro. Finalmente, disminuye la distancia radial de nuevo hasta llegar al valor inicial, cuando se determina la superficie del perímetro de la brida de obturación junto al ahondamiento.

(0042) De este modo, al girar un ahondamiento en un sensor resulta un transcurso de señal, en general, en forma de W, con cuatro desviaciones de señal cambiantes, en sentidos contrarios. En la Fig. 3A está representado semejante transcurso de señal para los dos sensores (3.1, 3.2) contiguos al girar en el mismo ahondamiento (4) uno tras otro en los sensores (3.1, 3.2). En este caso, la abscisa (ϕ) puede representar de igual modo un ángulo de giro de la disposición de rodetes o puede representar el tiempo, pues ambos son transformables mediante la velocidad del giro

de la disposición de rodete.

(0043) Mediante un medio de procesamiento (5) se determinan las desviaciones de señal de la disposición de sensores a causa de una determinación de los ahondamientos de la disposición de ahondamientos y sus salientes mediante los sensores de la disposición de sensores.

(0044) Las desviaciones de señal (d), que resultan de la modificación de la distancia entre el fondo del ahondamiento y el saliente y entre el saliente y el fondo del ahondamiento, se asocian a base de una calibración anterior a una distancia radial de la disposición de álabes de rodete. La Fig. 3C muestra el transcurso de señal de la Fig. 3A para otra distancia radial entre la disposición de álabes de rodete (1) y la disposición de sensores (3) o la carcasa (2): se reconoce que se diferencian las desviaciones de señal (d') en estas distancias radiales distintas. Correspondientemente, la desviación de señal (d) o (d') puede ser asociada a base de una calibración anterior respectivamente a una distancia radial determinada.

(0045) Los sensores de la disposición de sensores y sus superficies de determinación forman, con el eje giratorio del grado de turbomáquina, ángulos en sentidos contrarios, de igual valor $\pm 15^\circ$ (véase Fig. 4).

(0046) Mediante estas superficies de determinación inclinadas contra el eje giratorio de la turbomáquina puede determinarse una posición axial de la disposición de álabes de rodete. La Fig. 3B muestra el transcurso de señal de la Fig. 3A para otra posición axial de la disposición de álabes de rodete (1): Se determinan primeramente desviaciones de señal (d) de la disposición de sensores a causa de una determinación de un ahondamiento de la disposición de ahondamientos y del saliente en este ahondamiento mediante un sensor (3.1) de la disposición de sensores (izquierda, in Fig. 3A, 3B).

(0047) Mediante la continuación del giro del rotor hacia el otro sensor (3.2) se determinan seguidamente otras desviaciones de señal (derecha en la Fig. 3A, 3B) de la disposición de sensores a causa de una determinación de este ahondamiento y del saliente en este ahondamiento mediante el otro sensor (3.2) de la disposición de sensores. La distancia temporal o la distancia del ángulo giratorio de estas desviaciones de señal, indicadas en las Fig. 3A, 3B mediante la distancia T o T' de las puntas intermedias, puede asociarse entonces en el medio de procesamiento (5) a base de una calibración anterior de una posición axial de la disposición de álabes de rodete. Si se observa la Fig. 4, se reconoce que en las superficies de determinación de los sensores (3.1, 3.2) que convergen desde la izquierda hacia la derecha se reduce la distancia de las desviaciones de señal, cuanto más se desplaza la brida de obturación desde la izquierda hacia la derecha.

(0048) Igualmente, como se indicó previamente para la señal entre el fondo del ahondamiento (4) y del saliente (4.1) o el saliente (4.1) y el fondo de ahondamiento (4), también en la entrada o salida de un ahondamiento en o de la superficie de determinación de un sensor resulta una desviación de señal (D o D') (véase Fig. 3A, 3C). La misma se usa en el medio de procesamiento (5) para determinar un frotamiento de la brida de obturación (1.2): cuanto mayor es el frotamiento, menor es la desviación de señal (D o D'). Correspondientemente, las desviaciones de señal de la disposición de sensores se determinan a causa de una determinación de un ahondamiento de la disposición de ahondamientos y de una superficie del perímetro de la brida de obturación contigua a este ahondamiento, especialmente, en dirección del giro situada delante o detrás, mediante un sensor de la disposición de sensores, y estas desviaciones de señal están asociadas a base de una calibración anterior a un frotamiento de la brida de obturación.

(0049) La ranura de obturación entre la brida de obturación y la carcasa, especialmente, un revestimiento de entrada de la carcasa, junto a la distancia radial de la brida de obturación respecto a un sensor fijo a la carcasa y a un eventual frotamiento de la brida de obturación, puede depender también de un roce (2.1) en la carcasa, como se indica en la Fig. 2. Correspondientemente, se determina periódicamente un frotamiento de la carcasa (2) opuesta a la brida de obturación, especialmente de un revestimiento de entrada de la carcasa opuesta a la brida de obturación, y se tiene en cuenta mediante el medio de procesamiento (5) en la determinación de la ranura de obturación, especialmente, se añade a una distancia radial determinada y a un roce de la brida de obturación.

(0050) En la Fig. 1 se reconoce que la superficie del perímetro del saliente radial (4.1) en el ahondamiento (4) está descendido radialmente, y que el ahondamiento (4) y el saliente (4.1) se extienden simétricamente sobre la superficie de contacto de dos álabes de rodete contiguos. Las bridas de obturación (1.2', 1.2'') de dos secciones de anillo de refuerzo exterior contiguas están descendidas radialmente (véase Fig. 1) frente a la brida de obturación (1.2) de las otras secciones de anillo de refuerzo exterior que se unen a la misma, de manera que el ahondamiento (4) se extiende sobre ambas secciones del anillo de refuerzo exterior (1.2', 1.2'') completas. El saliente radial (4.1) está dispuesto en las superficies de contacto opuestas entre sí de estas secciones de anillo de refuerzo exterior contiguas (1.2', 1.2'').

(0051) La Fig. 5 muestra en la representación correspondiente de la Fig. 4 una vista superior en dirección radial desde fuera sobre una parte de un desarrollo de un grado de turbomáquina según otra ejecución de la invención presente. Los elementos coincidentes están designados con signos de referencia idénticos, de manera que se hace referencia al resto de la descripción y a continuación solo a las diferencias de la ejecución según la Fig. 1-4.

(0052) La disposición de sensores de la ejecución según la Fig. 5 presenta un sensor (3.3) para la determinación de

una distancia radial respecto a una superficie del perímetro de la brida de obturación, cuya superficie de determinación dibujada en la Fig. 5 converge en dirección axial (desde la izquierda hacia la derecha). Como se observa en la Fig. 5, la superficie de determinación está conformada en dos estructuras radiadas, lo cual por ejemplo, puede ser representado mediante un sensor capacitivo en forma de V.

(0053) Al rebosar este sensor por un ahondamiento (4), cuyo fondo de ahondamiento está tintado en oscuro en la Fig. 5 para su clarificación, se modifica la distancia radial: primeramente aumenta, tan pronto como el sensor determina el fondo del ahondamiento. A continuación, disminuye la distancia radial, cuando el sensor determina el saliente (4.1). A continuación aumenta de nuevo, tan pronto como el sensor determina el fondo del ahondamiento sobre el lado del saliente opuesto en dirección del perímetro. Finalmente, disminuye la distancia radial de nuevo hasta el valor inicial, cuando el sensor determina la superficie del perímetro de la brida de obturación junto al ahondamiento.

(0054) De este modo, al girar un ahondamiento en un sensor se obtiene un transcurso de señal, en general, en forma de W, con cuatro desviaciones de señal en sentidos contrarios, cambiantes. En la Fig. 6 está representado semejante transcurso de señal en una representación correspondiente de la Fig. 3A.

(0055) A causa de la superficie de determinación en dos estructuras radiadas, las desviaciones de señal presentan respectivamente escalones: si el ahondamiento se gira en la superficie de determinación, decrece la señal en forma de flancos. Solo en el momento en que el ahondamiento se gira también en la otra superficie de determinación, sigue decreciendo la señal en forma de flancos. Correspondientemente, se eleva la señal escalonadamente en forma de flancos, tan pronto como el saliente es girado en las superficies de determinación o en el ahondamiento desde las superficies de determinación.

(0056) A causa de las superficies de determinación que convergen, se modifica la anchura (B) de las desviaciones de señal o de los flancos; la superficie de determinación está en la Fig. 5 a la izquierda en dirección del perímetro (vertical en la Fig. 5) más ancha que a la derecha. Correspondientemente, es necesario un mayor giro de la brida de obturación (1.2), hasta que su ahondamiento o su saliente ya no se determina en absoluto por el sensor (3.3). con ello, aumenta una anchura (B) de la desviación de señal (D) a causa de la determinación del ahondamiento (4) mediante el sensor (3.3) en la transición entre la superficie de perímetro de la brida de obturación (2.1) junto al ahondamiento (4) (abajo en la Fig. 5) y el ahondamiento. Esta anchura (B) puede asociarse a base de una calibración de dos dimensiones a una posición axial de la brida de obturación (1.2) relativa al sensor (3.3).

(0057) La anchura (B) puede determinarse, por ejemplo, entre un punto (φ_1), en el que la señal del sensor (C) está por debajo de un valor predeterminado, y otro punto (φ_2), en el que la señal del sensor (C) está por debajo de un valor menor, predeterminado. De igual modo, la anchura (B) puede ser determinada entre dos puntos (φ_1 , φ_2), en los cuales la señal del sensor (C) presenta el mismo aumento ($dC/d\varphi$), por ejemplo, la mitad de un aumento máximo. De este modo, puede determinarse la anchura (B) independientemente de un tamaño absoluto de la señal del sensor (C). En lugar de la desviación de señal (D) también puede usarse la desviación de señal (d) a causa de una determinación del ahondamiento (4) y de su saliente (4.1).

(0058) A pesar de que en la descripción anterior se han explicado ejecuciones de ejemplos, se hace referencia a que una multitud de variaciones son posibles. Además, se hace referencia a que en las ejecuciones ejemplares solamente se trata de ejemplos, en que se no debe limitar de ningún modo el ámbito de protección, la aplicación y la estructura. Mas bien, el experto se le ofrece mediante la descripción anterior una guía para la aplicación de al menos una ejecución ejemplar, en tanto que pueden llevarse a cabo diversas modificaciones, especialmente, en relación con la función y la disposición de los componentes descritos, sin que se abandone el ámbito de protección, tal y como resulta de las reivindicaciones y de estas combinaciones de características equivalentes.

Lista de signos de referencia

(0059)

1	(Disposición) de álabes de rodete
1.1	(Sección) de anillo de refuerzo exterior
1.2, 1.3	Brida de obturación
1.2', 1.2''	Sección de brida de obturación
2	Carcasa
2.1	Roce
3	Disposición de sensores
3.1, 3.2, 3.3	(Superficie de determinación de un) sensor
4	Ahondamiento
4.1	Saliente radial
5	Medio de procesamiento

REIVINDICACIONES

1ª.- Grado de turbomáquina, especialmente, grado de turbina o grado de compresor de una turbina de gas, con una carcasa (2), especialmente cónica, en la que está dispuesta una disposición de álabes de rodete con varios álabes de rodete (1), que presenta un anillo de refuerzo exterior (1.1) con al menos una brida de obturación (1.2, 1.3) radial, y la brida de obturación presenta una disposición de ahondamientos con al menos un ahondamiento (4) radial, en el cual está dispuesto un saliente (4.1) radial, especialmente en el centro, y en la carcasa hay dispuesta una disposición de sensores (3) con al menos un sensor capacitivo (3.1, 3.2; 3.3) para la determinación de una distancia radial respecto a una superficie del perímetro de la brida de obturación.

2ª.- Grado de turbomáquina según la reivindicación anterior, que se caracteriza por que la disposición de sensores presenta al menos dos sensores capacitivos (3.1, 3.2) para la determinación de una distancia radial respecto a una superficie del perímetro de la brida de obturación, cuyas superficies de determinación con un eje giratorio del grado de turbomáquina incluyen ángulos distintos, especialmente en sentidos contrarios, preferiblemente, al menos, en general, de igual valor ($\pm\alpha$).

3ª.- Grado de turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que la disposición de sensores presenta al menos un sensor (3.3) para la determinación de una distancia radial respecto a una superficie del perímetro de una brida de obturación, cuya superficie de determinación converge o diverge en dirección axial.

4ª.- Grado de turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que una superficie del perímetro del saliente radial (4.1) está descendida radialmente en el ahondamiento (4).

5ª.- Grado de turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que el ahondamiento (4), especialmente el saliente (4.1) se extiende, especialmente simétricamente, sobre la superficie de contacto de dos álabes de rodete contiguos.

6ª.- Grado de turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que el ahondamiento se extiende sobre una o dos secciones de anillo de refuerzo exterior completas contiguas.

7ª.- Grado de turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que un medio de procesamiento (5), que está dispuesto para ejecutar un método según una de las reivindicaciones anteriores.

8ª.- Método para determinar una ranura de obturación entre la brida de obturación (1.2) de la disposición de álabes de rodete y la carcasa (2), especialmente, un revestimiento de entrada y/o una posición axial de la disposición de álabes de rodete de un grado de turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, con el paso: determinar al menos una desviación de señal (d, d', D) de la disposición de sensores a causa de una determinación de un ahondamiento (4) de la disposición de ahondamientos mediante un sensor (3.1, 3.2, 3.3) de la disposición de sensores.

9ª.- Método según la reivindicación anterior, que se caracteriza por los pasos:

Determinación, al menos, de una desviación de señal (d, d') de la disposición de sensores a causa de una determinación de un ahondamiento (4) de la disposición de ahondamientos y del saliente (4.1) en este ahondamiento mediante un sensor (3.1, 3.2, 3.3) de la disposición de sensores; y
Asociación de estas desviaciones de señales a una distancia radial de la disposición de álabes de rodete a base de una calibración.

10ª.- Método según la reivindicación anterior, que se caracteriza por los pasos:

Determinación de una desviación de señal (d, d', D) de la disposición de sensores a causa de una determinación de un ahondamiento de la disposición de ahondamientos y/o del saliente en este ahondamiento mediante un sensor (3.1) de la disposición de sensores;
Determinación de otra desviación de señal (d, d', D) de la disposición de sensores a causa de una determinación de este ahondamiento y/o del saliente en este ahondamiento mediante otro sensor (3.2) de la disposición de sensores; y
Asociación de una distancia (T, T') de esta desviación de señal a una posición axial de la disposición de álabes de rodete a base de una calibración.

11ª.- Método según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por los pasos:

Determinación de una desviación de señal (D) de la disposición de sensores a causa de una determinación de un ahondamiento de la disposición de ahondamientos y/o del saliente en este ahondamiento mediante un sensor (3.3) de la disposición de sensores, cuya superficie de determinación converge o diverge en dirección axial; y
Asociación de una anchura (B) de esta desviación de señal a una posición axial de la disposición de álabes de rodete a base de una calibración.

12ª.- Método según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por los pasos:

5 Determinación de al menos una desviación de señal (D, D') de la disposición de sensores a causa de una
determinación de un ahondamiento (4) de la disposición de ahondamientos y una superficie del perímetro
de la brida de obturación contigua a este ahondamiento mediante un sensor (3.1, 3.2, 3.3) de la disposición
de sensores; y
Asociación de esta desviación de señal a un roce de la brida de obturación a base de una calibración.

13ª.- Método según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por los pasos:

10 Determinación de una frotación (2.1), de un revestimiento de entrada de la carcasa (2), opuesta a la brida
de obturación.

15

20

Fig. 1

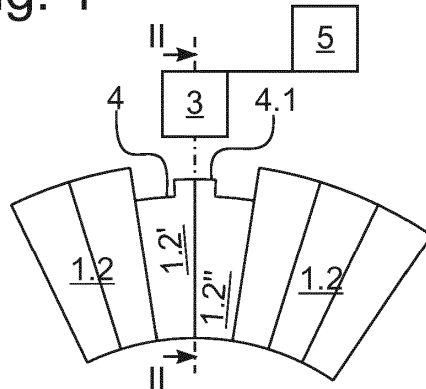


Fig. 2

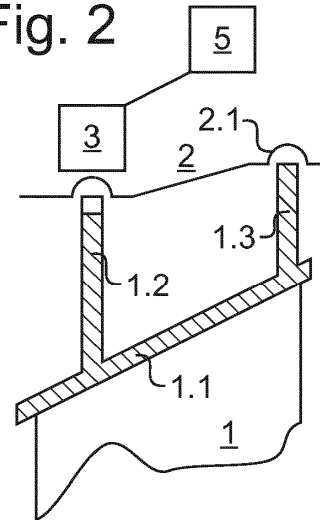


Fig. 3A

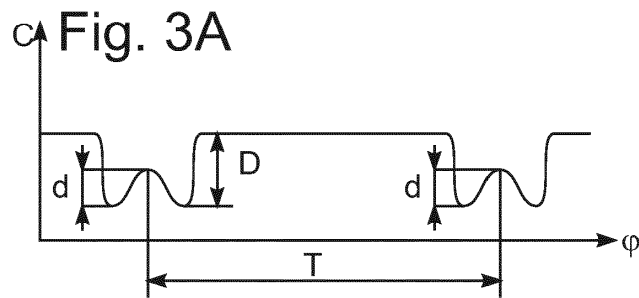


Fig. 3B

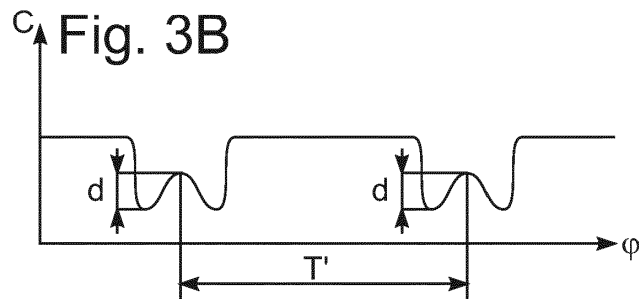


Fig. 3C

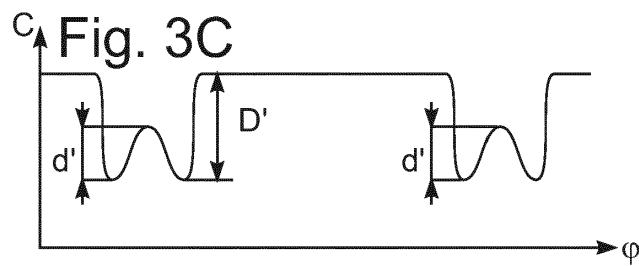


Fig. 4

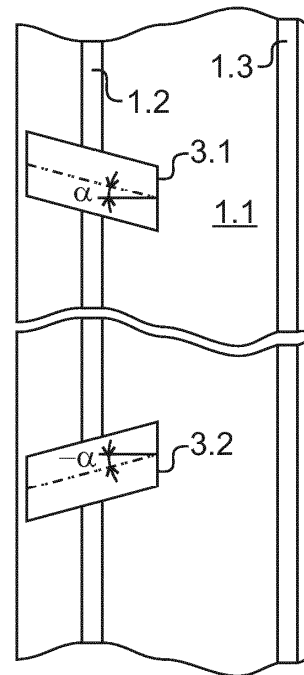


Fig. 5

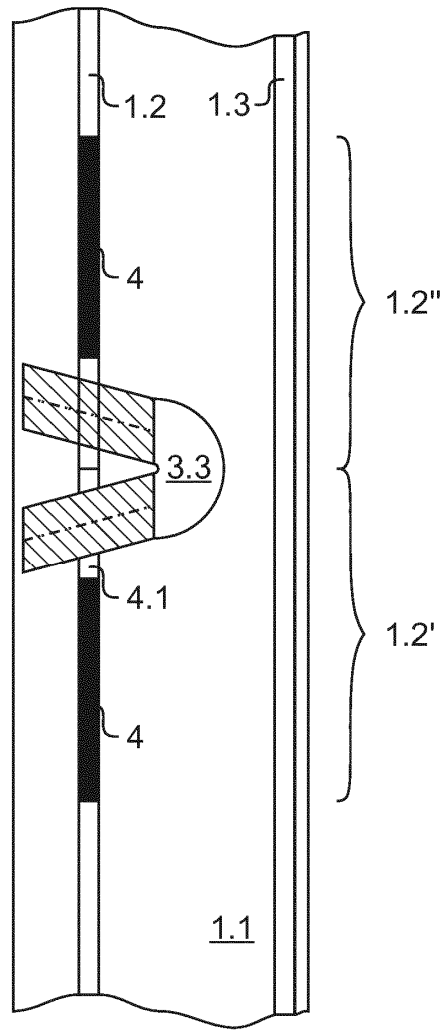


Fig. 6

