

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 570 969**

51 Int. Cl.:

F01D 5/14 (2006.01)

F01D 21/04 (2006.01)

F01D 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2013 E 13176420 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2016 EP 2824277**

54 Título: **Grado de turbina de gas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.05.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**DR. MAHLE, INGA;
HÜBNER, NORBERT;
STANKA, RUDOLF;
SCHÜTZ, GOTTFRIED y
CLEESATTEL, NORMAN**

74 Agente/Representante:

COBO DE LA TORRE, María Victoria

ES 2 570 969 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 turbina de gas

5 (0001) La invención presente hace referencia a un grado de turbina de gas con una disposición de álabes de rodete con varios álabes de rodete y con una disposición de álabes directores contigua con varios álabes directores, así como una turbina de gas, especialmente un motor de avión, con semejante grado de turbina de gas.

10 (0002) En una turbina de gas, como es conocida, por ejemplo, del documento US 6,312,219 B1, uno o varios grados de turbina de gas accionan a través de uno o varios ejes uno o varios grados de compresor y/o ventiladores. En uno o varios grados de turbina de gas está prevista una disposición de álabes directores con la corriente de la disposición de álabes de rodete, para modificar la velocidad de la corriente del gas.

15 (0003) Si se suprime, en una rotura del eje, la carga del compresor, puede producirse una indeseada sobreelevación de la velocidad del (de los) grado(s) de la turbina de gas. La misma puede reducirse o evitarse por el hecho de que la disposición de álabes de rodete, que gira rápidamente, de un grado de turbina de gas se desplaza axialmente contra una disposición de álabes directores contigua, en ésta se pone en funcionamiento y es frenada por la misma.

20 (0004) Para ello, la disposición de álabe de rodete tiene que superar una ranura axial mínima entre la disposición de álabes de rodete y la disposición de álabes directores, que está prevista para evitar, en la medida de lo posible, un roce en el funcionamiento regular, especialmente, a causa de tolerancias axiales condicionadas térmicamente, condicionadas por la fabricación, condicionadas por el montaje técnico y/o condicionadas dinámicamente.

25 (0005) En el documento US 6,312,219 B1 esta ranura axial mínima está conformada radialmente e interiormente entre la raíz de álabe de la disposición de álabe de rodete y un anillo de refuerzo de la disposición de álabes directores.

(0006) Un objetivo de una ejecución de la invención presente es proporcionar una turbina de gas mejorada.

30 (0007) Este objetivo se cumple mediante un grado de turbina de gas con las características de la reivindicación 1ª. La reivindicación 9ª ofrece protección a una turbina de gas, especialmente una turbina de gas de un motor de avión, con al menos un grado de turbina de gas conforme a la invención. Las formas de ejecución ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones dependientes.

35 (0008) Un grado de turbina de gas según un aspecto de la presente invención puede ser, en una ejecución, un grado de turbina anterior o contra la corriente, uno posterior o con la corriente, o uno intermedio, entre un grado de turbina de una turbina anterior y posterior, especialmente una turbina de alta presión, presión intermedia o baja presión de una turbina de gas, especialmente, una turbina de gas de un motor de avión. En una ejecución pueden estar conformados uno o varios, especialmente todos los grados de turbina de gas de la turbina de gas del modo expuesto a continuación.

40 (0009) El grado de turbina de gas presenta una disposición de álabes de rodete con varios álabes de rodete distribuidos en una dirección del perímetro, que están unidos de forma removible o permanente, de forma especialmente fuerte, con un rotor o con una placa de rotor, especialmente de forma integral.

45 (0010) Con la corriente de la disposición de álabes de rodete, a continuación, presenta el grado de la turbina de gas una disposición de álabes directores contigua a la disposición de álabes de rodete, con varios álabes directores distribuidos en la dirección del perímetro con bordes delanteros de la hoja de los álabes directores, que están opuestos a la disposición de álabes de rodete.

50 (0011) Según un aspecto de la invención presente hay conformada una ranura axial mínima entre la disposición de álabe de rodete y la disposición de álabe director, entre una superficie frontal con la corriente de la disposición de álabes de rodete y una zona de contacto de uno o varios bordes delanteros de la hoja del álabe director.

55 (0012) De este modo, conforme a una ejecución de la presente invención, en una rotura del eje de la turbina de gas, se produce primeramente un roce de la superficie frontal en el borde delantero de la hoja del álabe director o en los bordes delanteros de la hoja del álabe director, y a continuación, un frenado de la disposición de álabes de rodete, de forma que se puede reducir o evitar una indeseada sobreelevación de la velocidad.

60 (0013) El roce o el frenado en los álabes directores puede ser ventajoso, especialmente, por su geometría de contacto, su rigidez, su resistencia y/o su deformabilidad. Por ejemplo, se puede absorber energía mediante una deformabilidad adecuada, elástica y/o plástica, y/o una separación de los álabes directores.

65 (0014) La posición radial de la superficie frontal de la disposición de álabes de rodete relativa respecto al borde delantero de la hoja del álabe director, y con ello, también la zona de contacto del borde delantero de la hoja del álabe director puede variar, especialmente, condicionada térmicamente, condicionada por la fabricación, condicionada por la técnica de montaje y/o condicionada dinámicamente. Por ejemplo, a causa de un calentamiento, se puede modificar la posición radial de un anillo de refuerzo exterior de la disposición de álabes de rodete. Para

evitar, lo más posible, también, un roce en el funcionamiento normal hay que tener en cuenta estas distintas posiciones radiales o las distintas zonas de contacto posibles.

5 (0015) Si el borde delantero de la hoja de álabe director está inclinada, especialmente, a causa de motivos aerodinámicos, la distancia mínima axial tiene que mantenerse o predeterminarse para la zona de contacto axial más delantera de estas posibles zonas de contacto, para también evitar lo más posible en esta posición radial de la superficie frontal un roce en el funcionamiento normal. Mediante esto, sin embargo, se prolonga de forma desventajosa la longitud de la construcción del grado de turbina de gas.

10 (0016) Por ello, según un aspecto de la invención presente está previsto que pueda variar el borde delantero de la hoja de álabe director en la respectiva zona radial, en la cual la superficie frontal de la disposición de álabes de rodete se prolonga axialmente a causa de una rotura del eje, y con ello, la cantidad de las posibles zonas de contacto del borde delantero de la hoja de álabe director está conformada, al menos, fundamentalmente, paralelamente respecto a una superficie radial, que está vertical respecto a un eje giratorio del grado de turbina de gas. De este modo, se modifica sólo un poco la ranura axial mínima al variar la posición radial de la superficie frontal de la disposición de álabes de rodete en relación con el borde delantero de la hoja de álabe director y la disposición de álabes directores puede ser desplazada de forma ventajosa axialmente más cerca de la disposición de álabes de rodete.

20 (0017) Según un aspecto de la invención presente hay conformada una ranura axial mínima entre la disposición de álabes de rodete y la disposición de álabes directores en una primera posición radial de una superficie frontal de la disposición de álabe de rodete entre esta superficie frontal y una primera zona de contacto opuesta a esta superficie frontal de un borde delantero de la hoja del álabe director, y en una segunda posición radial de la superficie frontal, distinta de ésta, entre la superficie frontal y una segunda zona de contacto opuesta a la superficie frontal, de este borde delantero de la hoja del álabe director, y este borde delantero de la hoja del álabe director presenta, en la zona entre la primera y la segunda zona de contacto, un desplazamiento axial de, como máximo, un 0,6%, especialmente, como máximo un 0,3% de una altura radial del borde delantero de la hoja del álabe director. La altura radial en el contexto de la invención presente puede ser, especialmente, la extensión radial entre una limitación de hoja de álabe director radial interior y una limitación de hoja de álabe director radial exterior, o bien, un extremo del borde delantero de la hoja de álabe director. En una ejecución, la altura radial es la distancia radial entre una raíz de álabe director del lado de la carcasa o de una pared de canal radial exterior, especialmente, de una pared interior de la carcasa, por un lado, a una altura axial del borde delantero del álabe director, y por otro lado, un anillo de refuerzo interior del lado del rotor, una punta del álabe director libre radial interior o una pared de canal radial interior, especialmente, una pared exterior de núcleo de rodete, a una altura axial del borde delantero del álabe director.

35 (0018) Sorprendentemente, la disposición de álabes directores, especialmente, su aerodinámica, aeroacústica y aeroelasticidad, se ve perjudicada sólo de forma irrelevante por esta configuración, igualmente, a causa del contexto descrito previamente, manteniéndose la distancia mínima en distintas posiciones radiales, también con longitudes de construcción acortadas axialmente.

40 (0019) La primera y/o la segunda posición radial pueden ser posiciones máximas, especialmente, condicionadas térmicamente, condicionadas por la fabricación, condicionadas por el montaje técnico y/o condicionadas dinámicamente, y en una ejecución pueden definir la desviación radial máxima posible, o bien, la variación de la superficie frontal.

45 (0020) En una ejecución, la primera zona de contacto es una zona de contacto radial que se encuentra en el exterior, o bien, exterior, preferiblemente, radial en el límite más exterior, o bien, radial en el límite más exterior posible, especialmente, un extremo radial exterior del borde delantero del álabe director, y la segunda zona de contacto es una zona de contacto radial, por el contrario, dispuesta más hacia el interior.

50 (0021) Especialmente entonces, en una ejecución, la superficie frontal puede ser una superficie frontal de un anillo de refuerzo exterior de la disposición de álabes de rodete.

55 (0022) Mediante zonas de contacto radiales que se encuentran en el exterior, en una ejecución, puede aplicarse ventajosamente un momento de torsión de frenado mayor con iguales fuerzas de roce.

60 (0023) En otra ejecución, la primera zona de contacto es una zona de contacto radial que se encuentra en el interior, o bien, interior, preferiblemente, radial en el límite más interior, o bien, radial en el límite más interior posible, especialmente, un extremo radial interior del borde delantero del álabe director, y la segunda zona de contacto es una zona de contacto radial, por el contrario, dispuesta más hacia el exterior.

(0024) Especialmente entonces, en una ejecución, la superficie frontal puede ser una superficie frontal de un anillo de refuerzo interior, o bien, de una plataforma de álabe de la disposición de álabes de rodete.

65 (0025) Mediante las zonas de contacto radiales que se encuentran en el interior, en una ejecución, puede frenarse ventajosamente cerca del rotor.

(0026) En una ejecución, la segunda zona de contacto está distanciada de la primera zona de contacto en dirección

radial en, al menos, un 2% y/o, como mucho, un 20% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director. Adicionalmente o alternativamente, la segunda zona de contacto puede estar distanciada del extremo radial interior o exterior del borde delantero de la hoja del álabe director, en dirección radial, en al menos un 2% y/o como mucho un 20% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director. Cuando la segunda zona de contacto es una zona de contacto interior dispuesta más hacia el interior, especialmente, radial lo más posible hacia el interior, la misma, en una ejecución, puede estar entre el 80% y el 98% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director, medido desde el interior radial hacia el exterior radial. En otra configuración preferible, la segunda zona de contacto radial, más interior está, al menos fundamentalmente, en un 85% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director. La primera zona de contacto puede estar en otra configuración entre el 98% y el 100% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director, medida a su vez desde el interior radial hacia el exterior radial.

(0027) Especialmente, por motivos aerodinámicos, aeroacústicos y/o aeroelásticos, el borde delantero de la hoja de álabe director puede presentar en una zona radial en el lado de la segunda zona de contacto opuesto a la primera zona de contacto, especialmente en una zona radial entre el 30% y el 50% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director, una inclinación hacia adelante de al menos 8°, especialmente al menos 10°. Bajo el concepto de inclinación hacia adelante se entiende, especialmente, que un punto del borde delantero de la hoja de álabe director, radial que está hacia fuera, de la disposición de álabes de rodete está más cerca que un punto radial que está más hacia el interior, o bien, que el borde delantero de la hoja de álabe director se acerca visto desde el interior radial hacia el exterior de la disposición de álabe de rodete. La inclinación, o bien, el ángulo puede estar definido especialmente contra una superficie radial vertical respecto a un eje giratorio del grado de turbina de gas.

(0028) En otra configuración, el borde delantero de la hoja del álabe director presenta una zona de transición, que se extiende desde la segunda zona de contacto a la zona de contacto radial, y en la cual aumenta una inclinación del borde delantero de la hoja de álabe director hacia la zona radial, especialmente, de modo estrictamente monótono. Bajo el concepto de una inclinación que aumenta de forma estrictamente monótona se entiende aquí especialmente, que un ángulo de una tangente en un punto del borde delantero de la hoja del álabe director, que está más cerca de la segunda zona de contacto, siempre es menor que el ángulo de una tangente en un punto cualquiera del borde delantero de la hoja del álabe director, que está más alejado de la segunda zona de contacto. Cuando la segunda zona de contacto es una zona de contacto radial interior, especialmente, lo más interior posible, en una ejecución, la inclinación del borde delantero de la hoja de álabe director puede aumentar, partiendo de la segunda zona de contacto hacia el interior radial de modo estrictamente monótono. Mediante el aumento, especialmente, estrictamente monótono, se representa una transición ventajosa en la zona radial inclinada hacia adelante.

(0029) En una ejecución, el borde delantero de la hoja de álabe director está reforzada entre la primera y la segunda zona de contacto, especialmente mediante un tratamiento de la superficie, un espesamiento del material, otro material o similar. Mediante esto, el proceso de roce puede ser influenciado ventajosamente en el caso de una rotura del eje.

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

Fig. 1 una parte de un grado de turbina de gas de un motor de avión de una turbina de baja presión según una ejecución de la presente invención;

Fig. 2A un corte parcial aumentado de la Fig. 1 en una primera posición radial de una superficie frontal de una disposición de álabes de rodete de un grado de turbina de gas;

Fig. 2B la sección parcial de la Fig. 2A en una segunda posición radial de una superficie frontal;

Fig. 3A una sección parcial de un grado de turbina de gas, según la representación correspondiente en la Fig. 2A según la práctica de funcionamiento interno;

Fig. 3B la sección parcial de la Fig. 3A en una segunda posición radial de la superficie frontal.

(0031) La Fig. 1 muestra una parte de un grado de turbina de gas de un motor de avión de una turbina de baja presión, según una ejecución de la presente invención. El grado de turbina de gas es un grado de turbina intermedio, sin embargo, puede ser igualmente un grado de turbina anterior o posterior.

(0032) El grado de turbina de gas presenta una disposición de álabes de rodete con varios álabes de rodete (1) distribuidos en una dirección del perímetro, que están unidos de forma removible o permanente con un rotor (no representado). Radialmente en el exterior, los álabes de rodete presentan los álabes de rodete un anillo de refuerzo exterior (1.1) con dos obturaciones que están opuestas a una obturación de panel exterior (3).

(0033) Con la corriente de la disposición de álabes de rodete, a continuación (derecha en la Fig. 1), el grado de turbina de gas presenta una disposición de álabes directores con varios álabes directores (2) distribuidos en dirección del perímetro con bordes delanteros de la hoja del álabe director (2.1), que están opuestos a la disposición de álabes de rodete.

(0034) La Fig. 2A muestra una sección parcial aumentada de la Fig. 1 en una primera posición radial exterior de una superficie frontal (1.2) con la corriente del anillo de refuerzo exterior (1.1) de la disposición de álabes de rodete del grado de turbina de gas, la Fig. 2B muestra la sección parcial de la Fig. 2A en una segunda posición radial interior de la superficie frontal. Punteada se indica una pared de canal exterior nominal, que está definida por el anillo de refuerzo exterior (1.1) o por una raíz de álabe director del lado de la carcasa.

(0035) Una ranura axial (A) mínima entre la disposición de álabes de rodete y la disposición de álabes directores está conformada en la primera posición radial más exterior (véase Fig. 2A) entre la superficie frontal (1.2) y una primera zona de contacto (K_a), radial exterior opuesta a esta superficie frontal, del borde delantero de la hoja del álabe director (2.1). En la segunda posición radial más interior de la superficie frontal (1.2) (véase Fig. 2B), la ranura axial (A) mínima está conformada entre la superficie frontal y una segunda zona de contacto (K_i), radial más interior opuesta a la superficie frontal, de este borde delantero de la hoja del álabe director.

(0036) El borde delantero de la hoja de álabe director (2.1) se prolonga entre la primera y la segunda zona de contacto, en general, verticalmente respecto a una superficie radial (vertical en la Fig. 2), que es vertical respecto al eje giratorio del grado de turbina de gas (horizontal en la Fig. 2), y presenta un desplazamiento axial de 0% de la altura radial del borde delantero de la hoja del álabe director.

(0037) De este modo, en una rotura de eje de la turbina de gas se produce primeramente un roce de la superficie frontal (1.2) en el borde delantero de la hoja del álabe director (2.1) entre ambas zonas de contacto (K_a , K_i) y después se produce un frenado de la disposición de álabe de rodete, de manera que se puede reducir o evitar una sobreelevación indeseada de la velocidad.

(0038) Como muestra la vista en conjunto de la Fig. 2A, 2B, la posición radial de la superficie frontal (1.2) puede variar respecto al borde delantero de la hoja del álabe director (2.1). Por otro lado, el borde delantero de la hoja del álabe director debe estar inclinado, especialmente, por motivos aerodinámicos. Mediante ello, sin embargo, puede prolongarse desventajosamente la longitud de construcción del grado de turbina de gas, como se indica a continuación en referencia a las Fig. 3A, 3B.

(0039) Las Fig. 3A, 3B muestran, en las correspondientes representaciones en las Fig. 2A, 2B, una sección parcial de un grado de turbina de gas según la práctica de funcionamiento interno. Los elementos que se corresponden entre sí son designados con las mismas cifras de referencia y se diferencia mediante un apóstrofe (') de forma que se hace referencia a las mismas en la descripción siguiente, y a continuación, se hace mención a las diferencias.

(0040) En la ejecución de la Fig. 3, el borde delantero de la hoja de álabe director (2.1'), también entre las posibles zonas de contacto, está inclinado con la superficie frontal (1.2') radial que varía de forma relativamente fuerte en relación con la disposición de álabes de rodete. Con una posición radial exterior (véase Fig. 3A), la ranura axial mínima ($A' = A$) está conformada entre la disposición de álabes de rodete y la disposición de álabes directores, entre la superficie frontal (1.2') y una primera zona de contacto (K'_a), radial exterior opuesta a esta superficie frontal, del borde delantero de la hoja de álabe director (2.1').

(0041) Con una posición radial interior de la superficie frontal (1.2') (véase Fig. 3B) la ranura axial (A') mínima entre la disposición de álabes de rodete y la disposición de álabes directores está conformada entre la superficie frontal (1.2') y una segunda zona de contacto (K'_i), radial interior opuesta a esta superficie frontal, del borde delantero de la hoja de álabe director (2.1). Habida cuenta que éste – a causa de la inclinación hacia adelante del borde delantero de la hoja de álabe director (2.1') en esta zona – está desplazado axialmente alrededor de un desplazamiento (Z) axialmente alejado de la disposición de álabe de rodete, se prolonga la ranura axial mínima ($A' > A$), y con ello, la longitud de la construcción del grado de turbina de gas alrededor de este desplazamiento (Z).

(0042) La primera y la segunda posición radial (véase Fig. 2A, 2B) son posiciones máximas condicionadas térmicamente, condicionadas por la fabricación, condicionadas por el montaje técnico y/o condicionadas dinámicamente y definen la desviación radial máxima posible, o bien, la variación de la superficie frontal (1.2).

(0043) La segunda zona de contacto (K_i) está distanciada en dirección radial, entre el 2% y el 20% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director (2.1), de la primera zona de contacto (K_a) y del extremo radial exterior del borde delantero de la hoja de álabe director, o bien, de su raíz de álabe del lado de la carcasa. Así, el mismo se sitúa de forma inversa entre el 80% y el 98% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director, medido desde el interior radialmente hacia el exterior radialmente.

(0044) El borde delantero de la hoja de álabe director (2.1) presenta en una zona radial (R) sobre el lado de la segunda zona de contacto (abajo en la Fig. 2), el cual está opuesto a la primera zona de contacto, una inclinación hacia delante de al menos 10°. Desde la segunda zona de contacto (K_i) hasta esta zona radial (R) se extiende una zona de transición (U), en la que una inclinación del borde delantero de la hoja del álabe director aumenta hacia la zona radial de modo estrictamente monótono.

(0045) El borde delantero de la hoja del álabe director (2.1) está reforzado entre la primera y la segunda zona de contacto (no representado).

(0046) Aunque en la descripción anterior se hayan expuesto ejecuciones ejemplares, se hace referencia a que son posibles muchas variaciones. Además, se hace referencia a que en las ejecuciones ejemplares sólo se trata de ejemplos que no deben limitar, de ningún modo, el ámbito de protección, las aplicaciones y la conformación. Más bien, se entrega al experto en la materia, a través de la descripción anterior, un manual para la aplicación de al menos una ejecución ejemplar, pudiéndose llevar a cabo diversos cambios, especialmente, relativos a la función y a la disposición de los componentes descritos, sin que se abandone el ámbito de protección, como se desprende de las reivindicaciones y de las combinaciones de características equivalentes.

Lista de cifras de referencias

10	(0047)	
	1	Álabe de rodete
	1.1(')	Anillo de refuerzo exterior
15	1.2(')	Superficie frontal
	1.3	Borde posterior
	2(')	Álabe director
	2.1(')	Borde delantero de la hoja del álabe director
	3(')	Obturación exterior
20	A(')	Ranura axial mínima
	K _a (')	Primera zona de contacto radial más exterior
	K _i (')	Segunda zona de contacto radial más interior
	R	Zona radial
25	U	Zona de transición
	Z	Desplazamiento

REIVINDICACIONES

- 1^a.- Grado de turbina de gas con una disposición de álabes de rodete con varios álabes de rodete (1) y una disposición de álabes directores contigua con varios álabes directores (2) con bordes delanteros de la hoja del álabe director (2.1), que están opuestos a la disposición de álabes de rodete, que se caracteriza por que una ranura axial (A) mínima está conformada entre la disposición de álabes de rodete y la disposición de álabes directores, en una primera posición radial de una superficie frontal (1.2) de la disposición de álabes de rodete, entre esta superficie frontal y una primera zona de contacto (K_a) opuesta a la misma, de al menos, uno de los bordes delanteros de hoja de álabe director, y en una segunda posición radial distinta a ésta de la superficie frontal, la ranura axial (A) mínima está conformada entre la superficie frontal y una segunda zona de contacto (K_i), opuesta a la misma, de este borde delantero de la hoja de álabe director, presentando este borde delantero de la hoja de álabe director, entre la primera y la segunda zona de contacto, un desplazamiento axial de máximo 0,6% de una altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director.
- 2^a.- Grado de turbina de gas según la reivindicación anterior, que se caracteriza por que la primera zona de contacto es una zona de contacto (K_a) radial exterior o una zona de contacto radial interior.
- 3^a.- Grado de turbina de gas según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que la segunda zona de contacto (K_i) está distanciada en dirección radial, al menos, un 2% y/o, como máximo, un 20% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director, de la primera zona de contacto y/o del extremo del borde delantero de la hoja de álabe director.
- 4^a.- Grado de turbina de gas según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que el borde delantero de la hoja de álabe director, en una zona radial (R) sobre el lado de la segunda zona de contacto, opuesto a la primera zona de contacto, especialmente, en una zona radial de entre 30% y 50% de la altura radial del borde delantero de la hoja de álabe director, presenta una inclinación hacia delante de, al menos, 8°, especialmente, al menos, 10°.
- 5^a.- Grado de turbina de gas según la reivindicación anterior, que se caracteriza por que una zona de transición (U), que se extiende desde la segunda zona de contacto hasta la zona radial, y en la cual aumenta una inclinación del borde delantero de la hoja de álabe director, especialmente, de modo estrictamente monótono.
- 6^a.- Grado de turbina de gas según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que el borde delantero de la hoja de álabe director está reforzado entre la primera y la segunda zona de contacto.
- 7^a.- Grado de turbina de gas según una de las reivindicaciones anteriores, que se caracteriza por que la superficie frontal es una superficie frontal (1.2) de un anillo de refuerzo exterior (1.1) de la disposición de álabes de rodete.
- 8^a.- Grado de turbina de gas según la reivindicación anterior, que se caracteriza por que un borde posterior de la hoja del álabe (1.3) de la disposición de álabes de rodete, opuesto a la disposición de álabes directores está desplazado axialmente alejado de la disposición de álabes directores.
- 9^a.- Turbina de gas, especialmente, un motor de avión, con al menos un grado de turbina de gas según una de las reivindicaciones anteriores.

Fig. 1

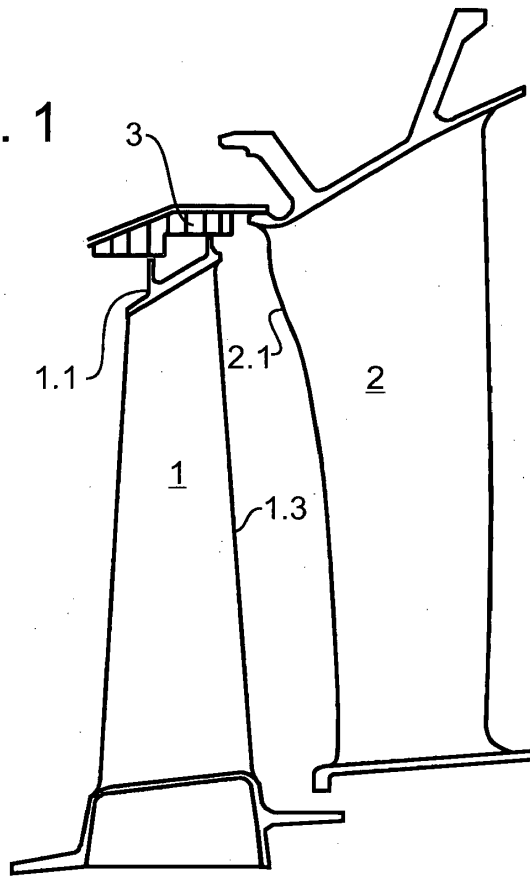


Fig. 2A

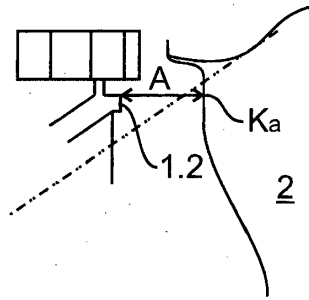


Fig. 2B

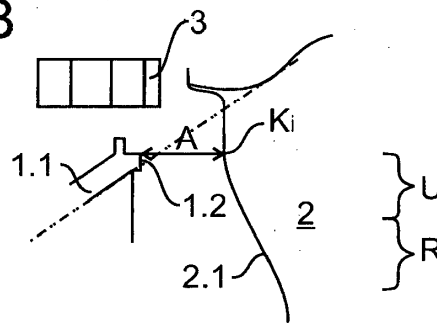


Fig. 3A

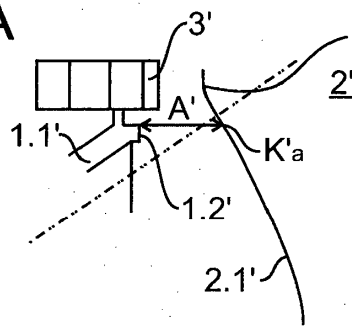


Fig. 3B

