(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 752 223**

(51) Int. Cl.:

F01D 5/16	(2006.01)
F01D 5/26	(2006.01)
F01D 17/16	(2006.01)
F04D 29/66	(2006.01)
F16F 15/14	(2006.01)
F16F 7/10	(2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.01.2015** **E 15152776 (9)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019** **EP 3051063**

(54) Título: **Álabe director graduable, turbomáquina correspondiente y procedimiento de fabricación**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.04.2020

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

HARTUNG, ANDREAS

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 752 223 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

Álabe director graduable, turbomáquina correspondiente y procedimiento de fabricación

Los trabajos que han conducido a esta invención fueron fomentados de acuerdo con el Convenio de Ayuda Financiera Nº CSJU-GAM-SAGE-2008-001 en el transcurso del Séptimo Programa Marco de la Unión Europea (*FP7/2007-2013*) para Clean Sky Joint Technology Initiative.

La presente invención se refiere a un álabe director graduable para una turbomáquina, a una turbomáquina con el álabe director graduable, así como a un procedimiento para la fabricación del álabe director.

A partir del documento US 2013/0195651 A1 se conoce una disposición de amortiguación para un álabe director graduable con un casquillo externo y un casquillo interno, que presenta un material elastomérico.

A partir del documento WO 2012/095067 A1 se conoce un álabe de una turbomáquina con cuerpos de sincronización o bien de impulsión, los cuales reducen las resonancias de los álabes esencialmente no por disipación mediante rozamiento, sino mediante contactos de impacto.

El documento WO2014/007895 A2 da a conocer un álabe director graduable con un amortiguador elástico dispuesto en el plato giratorio del álabe director. El documento EP2806105 A1 da a conocer un álabe director no graduable con una cámara de impacto dispuesta en la banda de cubierta de este álabe para la amortiguación de las oscilaciones.

Una misión de una realización de la presente invención es mejorar una turbomáquina.

Este problema se resuelve mediante un álabe director graduable para una turbomáquina con las características de la reivindicación 1. Las reivindicaciones 11, 13 protegen una turbomáquina con un álabe director descrito en esta memoria o bien un procedimiento para la fabricación de un álabe director descrito en esta memoria. Formas de realización ventajosas de la invención son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

Según la presente invención, un álabe director graduable para una turbomáquina, en particular al menos un álabe director regulable de una turbomáquina, presenta una hoja del álabe para la desviación del flujo y un plato giratorio con una primera cámara de impacto en la que está dispuesto al menos uno, en particular exactamente un cuerpo de impulsión con holgura de movimiento.

Se ha demostrado, sorprendentemente, que mediante una cámara de impacto de este tipo con cuerpos de impulsión se pueden reducir de manera particularmente ventajosa resonancias de un álabe director graduable.

La turbomáquina es, en una realización, una turbomáquina axial, en particular un compresor o una turbina de una turbina de gas, en particular una turbina de gas de un motor de una aeronave.

El plato giratorio presenta, en una realización, un contorno externo a modo de cilindro. En una realización, está alojado o bien configurado o bien previsto, en su totalidad o en parte, en una escotadura fijada a la carcasa de la turbomáquina. En un perfeccionamiento, el álabe director graduable está apoyado de forma giratoria mediante el plato giratorio en torno a su eje de giro a un cojinete fijado a la carcasa de la turbomáquina. De manera adicional o alternativa, el álabe director graduable puede presentar un pivote que está apoyado o bien configurado o bien previsto de forma giratoria en torno del eje de giro del álabe director en un cojinete fijado a la carcasa de la turbomáquina, en donde el plato giratorio puede estar dispuesto entonces radialmente entre el pivote y la hoja del álabe, en particular se prolonga en el pivote y/o la hoja del álabe y/o puede estar alojado con holgura en la escotadura. En un perfeccionamiento, el pivote presenta un diámetro externo menor que el plato giratorio.

El plato giratorio está dispuesto, en una realización, radialmente por fuera o bien sobre una cara de la hoja del álabe alejada del eje de rotación de la turbomáquina. Una disposición radial externa de este tipo de una cámara de impacto con cuerpos de impulsión puede ser ventajosa, en particular, desde un punto de vista técnico de apoyo y/u oscilación. De igual manera, el plato giratorio puede estar dispuesto, en una realización, radialmente dentro o bien sobre una de las caras de la hoja del álabe orientada hacia el eje de rotación de la turbomáquina.

Una disposición interna radial de este tipo de una cámara de impacto con cuerpos de impulsión puede ser ventajosa, en particular, para otras formas de oscilación. En una realización, el álabe director graduable presenta tanto un plato giratorio externo radial como un plato giratorio interno radial, en donde el plato giratorio externo radial y/o el plato giratorio interno radial están configurados del modo descrito en esta memoria, en particular en cada caso presentan una primera cámara de impacto en la que está dispuesto un cuerpo de impulsión con holgura de movimiento. La primera cámara de impacto de un plato giratorio radial interno y de un plato giratorio radial externo pueden ser iguales o diferentes, en particular para diferentes formas de oscilación.

De acuerdo con la invención, el plato giratorio radial externo y/o el plato giratorio radial interno presentan una o varias segundas cámaras de impacto que están alineadas con la primera cámara de impacto en una primera dirección de la matriz y en las que en cada caso está dispuesto al menos uno, en particular exactamente un cuerpo de impulsión con holgura de movimiento. Adicionalmente, el plato giratorio radial externo y/o el plato giratorio radial

interno presentan una tercera cámara de impacto que está alineada con la primera cámara de impacto en una segunda dirección de la matriz distinta de la primera dirección de la matriz y en la que está dispuesto al menos uno, en particular exactamente un cuerpo de impulsión con holgura de movimiento. La primera y la segunda dirección de la matriz encierran, en una realización, un ángulo de al menos 3º, en particular de al menos 30º y/o de a lo sumo 15º, en particular de a lo sumo 150º entre sí. La primera, la segunda y la tercera cámaras de impacto están dispuestas en un arco de círculo en torno al eje de giro del álabe director. La primera dirección de la matriz del plato giratorio radial externo y la primera dirección de la matriz del plato giratorio radial interno pueden ser paralelas o bien estar inclinadas o bien giradas entre sí. De forma adicional o alternativa, la segunda dirección de la matriz del plato giratorio radial externo y la segunda dirección de la matriz del plato giratorio radial interno son paralelas o están inclinadas o bien giradas entre sí.

En un perfeccionamiento, el plato giratorio radial externo y/o el plato giratorio radial interno presentan en cada caso una o varias cuartas cámaras de impacto que están distanciadas de la primera cámara de impacto en la primera y segunda dirección de la matriz, en particular están alineadas con una segunda cámara de impacto en la segunda dirección de la matriz y/o una tercera cámara de impacto en la primera dirección de la matriz y/o están dispuestas en un plano con la primera y una segunda y una tercera cámaras de impacto, y en las que en cada caso está dispuesto al menos uno, en particular exactamente un cuerpo de impulsión con holgura de movimiento. En un perfeccionamiento, la primera, la segunda, la tercera y la cuarta cámaras de impacto están dispuestas en un arco de círculo en torno al eje de giro del álabe director, preferiblemente de modo equidistante.

En una realización, la primera cámara de impacto, una o varias, en particular todas las segundas cámaras de impacto, una o varias, en particular todas las terceras cámaras de impacto y eventualmente una o varias, en particular todas las cuartas cámaras de impacto de un plato giratorio están dispuestas en un plano común. En particular, la primera y al menos una segunda y al menos una tercera y al menos una cuarta cámara de impacto pueden estar distribuidas a modo de matriz, en particular equidistantes o bien a modo de tablero de ajedrez.

En una realización, al menos una tercera cámara de impacto y la primera cámara de impacto y/o al menos una segunda cámara de impacto y/o al menos una cuarta cámara de impacto del plato giratorio radial externo y/o del plato giratorio radial interno están configuradas de la misma forma constructiva, presentan, en particular, las mismas dimensiones y/o están hechas del mismo material. Adicionalmente o de forma alternativa, al menos una tercera cámara de impacto y la primera cámara de impacto y/o al menos una segunda cámara de impacto y/o al menos una cuarta cámara de impacto del plato giratorio radial externo y/o del plato giratorio radial interno están configuradas de manera diferente, presentan, en particular, distintas dimensiones y/o están hechas de un material distinto. Adicionalmente o de forma alternativa, al menos un cuerpo de impulsión dispuesto en la tercera cámara de impacto y el cuerpo de impulsión dispuesto en la primera cámara de impacto y/o al menos un cuerpo de impulsión dispuesto en una segunda cámara de impacto y/o al menos un cuerpo de impulsión dispuesto en una cuarta cámara de impacto del plato giratorio radial externo y/o del plato giratorio radial interno están configurados de la misma forma constructiva, presentan, en particular, las mismas dimensiones y/o están hechos del mismo material. Adicionalmente o de forma alternativa, al menos un cuerpo de impulsión dispuesto en la tercera cámara de impacto y el cuerpo de impulsión dispuesto en la primera cámara de impacto y/o al menos un cuerpo de impulsión dispuesto en una segunda cámara de impacto y/o al menos un cuerpo de impulsión dispuesto en una cuarta cámara de impacto del plato giratorio radial externo y/o del plato giratorio radial interno están configurados de manera diferente, presentan, en particular, diferentes dimensiones y/o están hechos de un material distinto.

Sorprendentemente, se ha demostrado que mediante un desplazamiento de este tipo de al menos tres cámaras de impacto con cuerpos de impulsión en al menos dos direcciones se pueden reducir de manera particularmente ventajosa resonancias de los álabes.

En una realización, una o varias cámaras de impacto del plato giratorio radial externo y/o del plato giratorio radial interno, en cada caso en al menos una primera y una segunda dirección de impacto en las que el cuerpo de impulsión respectivo presenta una holgura de movimiento y que encierran entre sí un ángulo de al menos 30º y de a lo sumo 150º, en particular un ángulo entre 85º y 95º, y/o con el eje de giro del álabe director graduable encierran en cada caso un ángulo de al menos 75º y de a lo sumo 105º, en particular un ángulo entre 85º y 95º, presentan en cada caso paredes enfrentadas entre sí, en donde una distancia entre las paredes enfrentadas entre sí en la primera dirección de impacto y una distancia entre las paredes enfrentadas entre sí en la segunda dirección de impacto difiere a lo sumo un 10%, en particular a lo sumo un 5%, en particular es igual.

Por ejemplo, si una cámara de impacto presenta una sección transversal cuadrada perpendicular al eje de giro, entonces son iguales las distancias en las dos direcciones de impacto paralelas a las paredes laterales de la sección transversal cuadrada que encierran entre sí y con el eje de giro en cada caso un ángulo de 90º. Si una cámara de impacto presenta, por ejemplo, una sección transversa circular perpendicular al eje de giro, entonces son iguales las distancias en todas las direcciones de impacto que encierran con el eje de giro un ángulo de 90º.

Se ha demostrado sorprendentemente que mediante este tipo de distancias al menos esencialmente iguales de paredes enfrentadas entre sí de cámaras de impacto en al menos dos direcciones de impacto en las que el cuerpo de impulsión respectivo presenta una holgura de movimiento, se pueden reducir de manera particularmente ventajosa resonancias de los álabes, en particular en la medida en que estas direcciones de impacto sean al menos

esencialmente perpendiculares al eje de giro. La holgura de movimiento asciende en al menos una dirección de impacto, en una realización, al menos a 0,01 mm, en particular al menos a 0,1 mm y a lo sumo a 1,5 mm, en particular a lo sumo a 1,2 mm.

En un perfeccionamiento, al menos una pared de una cámara de impacto, en particular una de las paredes enfrentadas entre sí precedentemente mencionadas, encierra con el eje de giro del álabe un ángulo de a lo sumo 15º, en particular de a lo sumo 5º. Mediante una pared al menos esencialmente radial de este tipo pueden reducirse de manera particularmente ventajosa resonancias de los álabes.

En un perfeccionamiento, al menos una pared de una cámara de impacto, en particular una de las paredes enfrentadas entre sí, precedentemente mencionadas, y/o al menos una pared que encierra con el eje de giro del álabe un ángulo de al menos 75º y/o de a lo sumo 105º, es lisa o bien plana. Mediante una pared de este tipo pueden inducirse contactos de impacto particularmente ventajosos.

En un perfeccionamiento, al menos una de las cámaras de impacto presenta una sección transversal circular o poligonal, en particular tetragonal, pentagonal o hexagonal. En una realización, una cámara de impacto de este tipo presenta, perpendicularmente a esta sección transversal, una sección transversal poligonal, en particular tetragonal, pentagonal o hexagonal. Una cámara de impacto puede estar configurada, por lo tanto, particularmente en forma de cilindro circular, de modo que presenta una sección transversal circular, y perpendicular a ella una sección transversal tetragonal.

En un perfeccionamiento, uno o varios, en particular todos los cuerpos de impulsión presentan una masa de al menos 0,01 g y/o a lo sumo 0,075 g. Adicionalmente o de forma alternativa, en una realización, una densidad de uno o varios, en particular de todos los cuerpos de impulsión asciende a lo sumo al 80%, en particular a lo sumo al 70% de una densidad de la hoja del álabe. Sorprendentemente, se ha comprobado que mediante este ajuste de las densidades de cuerpos de impacto y hojas del álabe se pueden reducir de manera particularmente ventajosa sus resonancias.

En un perfeccionamiento, uno o varios, en particular todos los cuerpos de impulsión son de forma esférica. Adicionalmente o de forma alternativa, en una realización uno o varios, en particular todos los cuerpos de impulsión presentan material cerámico, en particular material cerámico oxídico, en particular dióxido de zirconio (ZrO_2), en particular se componen del mismo.

En un perfeccionamiento, una o varias, en particular todas las cámaras de impacto están fabricadas o bien se fabrican con arranque (de material) en el plato giratorio, en particular mediante erosión y/o arranque electroquímico (“mecanización electroquímica” ECM), en particular PECM (“mecanización electroquímica pulsada”) o PE(C)M (“mecanización electroquímica precisa”) del plato giratorio. Con ello pueden crearse ventajosas geometrías internas y/o superficies de las cámaras de impacto. De forma adicional o alternativa, una o varias, en particular todas las cámaras de impacto son cerradas después de la disposición del cuerpo de impulsión con continuidad de materia, en particular mediante soldadura, soldadura blanda y/o pegado. Con ello, pueden fabricarse ventajosamente cámaras de impacto cerradas.

En otro perfeccionamiento, una o varias, en particular todas las cámaras de impacto del plato giratorio radial externo y/o del plato giratorio radial interno están dispuestas en una carcasa del cuerpo de impulsión que es fabricada por separado, en particular en varias partes y está o es unida de forma liberable o permanente con un cuerpo base del cuerpo giratorio.

En un perfeccionamiento, la primera cámara de impacto del plato giratorio radial externo y/o del plato giratorio radial interno está dispuesta en un tramo anular alejado del eje de giro del álabe director, en particular de una mitad próxima al borde externo, en particular en un tercio próximo al borde externo del plato giratorio radial. Con ello se pueden reducir de manera particularmente ventajosa resonancias de los álabes.

Otros perfeccionamientos ventajosos de la presente invención resultan de las reivindicaciones subordinadas y de la descripción que sigue de realizaciones preferidas. A este respecto, muestran de modo parcialmente esquematizado:

La Fig. 1, un álabe director regulable de una turbomáquina según una realización de la presente invención en vista en perspectiva;

la Fig. 2, un corte a lo largo de la línea II-II en la Fig. 1; y

la Fig. 3, un corte correspondiente a la Fig. 2 de un álabe director graduable de una turbomáquina según otra realización de la presente invención.

La Fig. 1 muestra un álabe director graduable de una turbomáquina según una realización de la presente invención en vista en perspectiva.

El álabe director regulable presenta una hoja 1 del álabe para la desviación del flujo, un plato giratorio radial externo 2 que está representado en la Fig. 2 en un corte perpendicular a un eje de giro D del álabe director graduable, un

pivote 6 radial externo que está apoyado en torno al eje giro D del álabe director de forma giratoria en un cojinete fijo a la carcasa de la turbomáquina (no representado), un plato giratorio radial interno 3 y un pivote 7 radial interno que está apoyado en torno al eje de giro D del álabe director de forma giratoria en un cojinete fijo a la carcasa de la turbomáquina (no representado). En una variación, las Figs. 2, 3 pueden ser, adicional o alternativamente, también cortes perpendiculares al eje de giro D a través del plato giratorio radial interno 3.

Como se puede reconocer en el corte de la Fig. 2, el plato giratorio radial externo 2 (en una variación, de manera adicional o alternativa, el plato giratorio radial interno 3) presenta una primera cámara de impacto 4 en la que está dispuesto un cuerpo de impulsión 5 con holgura de movimiento.

El plato giratorio radial externo 2 (en una variación, de manera adicional o alternativa, el plato giratorio radial interno 3) presenta una segunda cámara de impacto 8 que está alineada con la primera cámara de impacto 4 en una primera dirección de la matriz M1 indicada con rayas discontinuas en la Fig. 2 y en la que está dispuesto un cuerpo de impulsión 9 con holgura de movimiento. Adicionalmente, el plato giratorio radial externo 2 (en una variación, adicionalmente o de forma alternativa el plato giratorio radial interno 3) presenta una tercera cámara de impacto 10 que está alineada con la primera cámara de impacto 4 en una segunda dirección de la matriz M2 indicada con una doble línea de puntos y rayas en la Fig. 2, distinta de la primera dirección de la matriz, y en la que está dispuesto un cuerpo de impulsión 11 con holgura de movimiento. La primera y la segunda dirección de la matriz encierran entre sí un ángulo de aproximadamente 60º.

El plato giratorio radial externo 2 (en una variación adicionalmente o de forma alternativa el plato giratorio radial interno 3) presenta varias cuartas cámaras de impacto que en cada caso están distanciadas de manera diferente de la primera cámara de impacto 4 en la primera y segunda dirección de la matriz y en las que en cada caso está dispuesto un cuerpo de impulsión con holgura de movimiento. La primera cámara de impacto 4, la segunda cámara de impacto 8, la tercera cámara de impacto 10 y las cuartas cámaras de impacto están dispuestas en un plano común en un arco de círculo en torno al eje de giro del álabe director.

En el ejemplo de realización, todas las cámaras de impacto y los cuerpos de impulsión dispuestos en las mismas están configurados en cada caso de la misma forma constructiva. En una variación no representada, las cámaras de impacto y/o los cuerpos de impulsión pueden estar configurados también de manera diferente.

En el ejemplo de realización de las Figs. 1, 2, las cámaras de impacto son de forma paralelepipédica, en donde las cámaras de impacto en una primera y en una segunda dirección de impacto presentan, paralelamente a las paredes laterales de la sección transversal respectiva de la cámara de impacto en la Fig. 2, en las que el cuerpo de impulsión respectivo presenta una holgura de movimiento y que encierran entre sí y con el eje de giro D del álabe director graduable en cada caso un ángulo de 90º, paredes en cada caso enfrentadas entre sí, en donde una distancia entre las paredes enfrentadas entre sí en la primera dirección de impacto y una distancia entre las paredes enfrentadas entre sí en la segunda dirección de impacto es igual. La holgura de movimiento en estas direcciones de impacto asciende al menos a 0,01 mm y a lo sumo a 1,5 mm. A modo de ejemplo, en la Fig. 2 las paredes de una cuarta cámara de impacto enfrentadas entre sí en la primera dirección de impacto se designan con W1, las paredes de estas cámaras de impacto enfrentadas entre sí en la segunda dirección de impacto se designan con W2.

Las paredes W planas encierran con el eje de giro D del álabe un ángulo de 0º.

Los cuerpos de impulsión esféricos se componen en el ejemplo de realización de ZrO_2 y presentan en cada caso una masa entre 0,01 g y 0,075 g, ascendiendo su densidad a lo sumo al 80 % de una densidad de la hoja 1 del álabe.

Las cámaras de impacto están o bien son fabricadas con arranque de material mediante erosión o separación electroquímica. Adicionalmente, las cámaras de impacto están o son cerradas después de la disposición del cuerpo de impulsión respectivo, con continuidad de materia mediante soldadura, soldadura blanda o pegado.

Como se puede reconocer en el corte de la Fig. 2, las cámaras de impacto del plato giratorio radial externo 2 (en una variación, adicionalmente o de forma alternativa del plato giratorio radial interno 3) están dispuestas en un tramo anular exterior alejado del eje de giro del álabe director, en particular en un tercio próximo al borde externo del plato de giro.

La Fig. 3 muestra un corte correspondiente a la Fig. 2 a través de un plato giratorio radial externo (en una variación, adicionalmente o de forma alternativa del plato giratorio radial interno) de un álabe director graduable de una turbomáquina según otra realización de la presente invención. Esta realización adicional corresponde, a excepción de las diferencias explicadas en lo que sigue, a la realización explicada precedentemente con relación a las Figs. 1, 2, de modo que características correspondientes entre sí están identificadas por símbolos de referencia idénticos a los que hace referencia la descripción precedente y en lo que sigue solo se abordarán las diferencias.

En la realización de la Fig. 3, el plato giratorio radial externo 2 (en una variación, adicionalmente o de forma alternativa el plato giratorio radial interno 3, véase la Fig. 1) presenta solo una primera cámara de impacto 4 con cuerpo de impulsión 5, una segunda cámara de impacto 8 con cuerpo de impulsión 9 y una tercera cámara de impacto 10 con cuerpo de impulsión 11, que en cada caso están construidos de la misma manera entre sí.

La primera y la segunda dirección de la matriz encierran en la realización de la Fig. 3 un ángulo de aproximadamente 15º.

Mientras que las cámaras de impacto de la realización de la Fig. 2 están fabricadas con arranque de material de una cara frontal del plato giratorio radial en relación con el eje de rotación de la turbomáquina y después de la disposición del cuerpo de impulsión están o son cerradas mediante una tapa la cual está o es soldada, soldada en blando o pegada con el plato giratorio, las cámaras de impacto 4, 8 y 10 en la realización de la Fig. 3 están fabricadas de manera desprendedora de material de una periferia externa o bien de una superficie envolvente del plato giratorio y después de la disposición del cuerpo de impulsión 5, 9 o bien 11 está o es cerrada mediante una tapa que está o es soldada, soldada en blando o pegada con el plato giratorio. En un corte perpendicular al corte de la Fig. 3, las cámaras de impacto 4, 8 y 10 pueden presentar una sección transversal cuadrada o circular.

A pesar de que en la descripción que antecede se explicaron realizaciones a modo de ejemplo, se señala que es posible una pluralidad de modificaciones. Además, se señala que en el caso de las realizaciones a modo de ejemplo se trata únicamente de ejemplos que no han de limitar el alcance de protección, las aplicaciones y la estructura de modo alguno. Más bien, al experto en la materia se le proporciona mediante la descripción que antecede un hilo conductor para la realización de al menos una ejecución a modo de ejemplo, pudiendo realizarse diversas modificaciones, en particular en relación con la función y la disposición de los componentes descritos, sin abandonar el alcance de protección tal como resulta de las reivindicaciones y de combinaciones de características equivalentes.

Lista de símbolos de referencia

1	hoja de álabe
2	plato giratorio radial externo
3	plato giratorio radial interno
4	primera cámara de impacto
5	cuerpo de impulsión
6	pivote radial externo
7	pivote radial interno
8	segunda cámara de impacto
9	cuerpo de impulsión
10	tercera cámara de impacto
11	cuerpo de impulsión
D	eje de giro
M1	primera dirección de la matriz
M2	segunda dirección de la matriz
W1, W2	pared

REIVINDICACIONES

1. Álabe director graduable para una turbomáquina, con una hoja (1) del álabe y un plato giratorio (2, 3), caracterizado por que el plato giratorio presenta una primera cámara de impacto (4) en la que está dispuesto un cuerpo de impulsión (5) con holgura de movimiento, en donde el plato giratorio presenta al menos una segunda cámara de impacto (8) que está alineada con la primera cámara de impacto (4) en una primera dirección de la matriz (M1) y en la que está dispuesto un cuerpo de impulsión (9) con holgura de movimiento, y al menos una tercera cámara de impacto (10) que está alineada con la primera cámara de impacto (4) en una segunda dirección de la matriz (M2) distinta de la primera dirección de la matriz (M1) y en la que está dispuesto un cuerpo de impulsión (11) con holgura de movimiento, y en donde la primera, segunda y tercera cámaras de impacto (4, 8, 10) están dispuestas en un arco de círculo en torno al eje de giro (D) del álabe director.

2. Álabe director graduable según la reivindicación precedente, caracterizado por que la primera cámara de impacto (4), en al menos una primera y una segunda dirección de impacto que encierran entre sí un ángulo de al menos 30º y de a lo sumo 150º, y/o con el eje de giro (D) del álabe director graduable encierran en cada caso un ángulo de al menos 75º y de a lo sumo 105º, presenta en cada caso paredes (W1, W2) enfrentadas entre sí, en donde una distancia entre las paredes (W1) enfrentadas entre sí en la primera dirección de impacto y una distancia entre las paredes (W2) enfrentadas entre sí en la segunda dirección de impacto difiere a lo sumo un 10%.

3. Álabe director graduable según la reivindicación precedente, caracterizado por que al menos una de las paredes (W1, W2) encierra con el eje de giro (D) del álabe director un ángulo de a lo sumo 15º.

4. Álabe director graduable según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que al menos una de las paredes (W1, W2) es plana.

5. Álabe director graduable según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la primera cámara de impacto (4) presenta al menos una sección transversal circular o poligonal, en particular tetragonal, pentagonal o hexagonal.

6. Álabe director graduable según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que una masa del cuerpo de impulsión (5) dispuesto en la primera cámara de impacto (4) asciende al menos a 0,01 g y/o a lo sumo a 0,075 g.

7. Álabe director graduable según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que una densidad del cuerpo de impulsión (5) dispuesto en la primera cámara de impacto (4) asciende a lo sumo al 80% de una densidad de la hoja del álabe.

8. Álabe director graduable según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el cuerpo de impulsión (5) dispuesto en la primera cámara de impacto (4) es esférico y/o presenta material cerámico.

9. Álabe director graduable según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la primera cámara de impacto (4) está fabricada con arranque de material, en particular mediante erosión y/o arranque electroquímico, y/o después de la disposición del cuerpo de impulsión (5) está cerrada con continuidad de materia, en particular mediante soldadura, soldadura blanda y/o pegado.

10. Álabe director graduable según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la primera cámara de impacto (4) está dispuesta en un tramo anular del plato giratorio.

11. Turbomáquina, en particular compresor de una turbina de gas, con al menos un álabe director graduable según una de las reivindicaciones precedentes, que está apoyada de forma giratoria en torno al eje de giro (D) del álabe director a un cojinete fijado a la carcasa de la turbomáquina.

12. Turbomáquina según la reivindicación precedente, caracterizada por que el plato giratorio está alojado en una escotadura fijada a la carcasa de la turbomáquina.

13. Procedimiento para la fabricación de un álabe director graduable según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la primera cámara de impacto (4) se fabrica con arranque de material, en particular mediante erosión y/o arranque electroquímico, y/o después de la disposición del cuerpo de impulsión (5) se cierra con continuidad de materia, en particular mediante soldadura, soldadura blanda y/o pegado.

Fig. 1

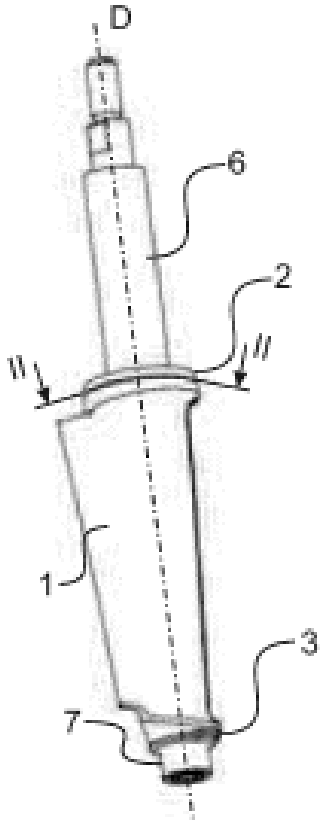

Fig. 2

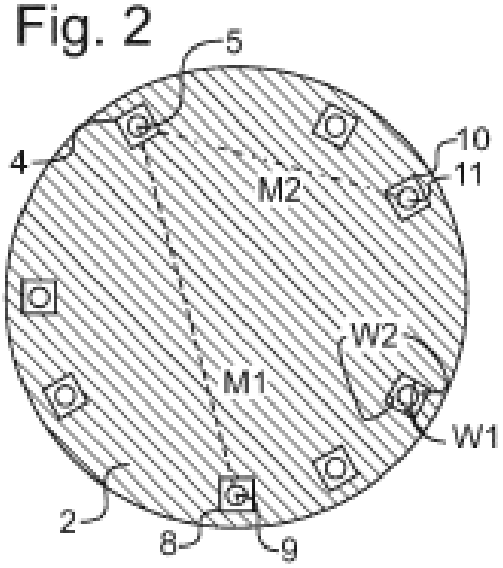
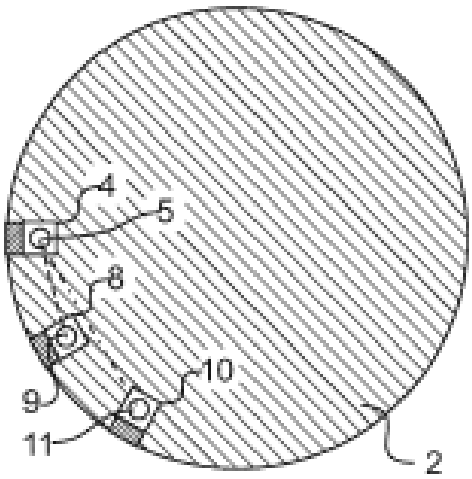
Fig. 3