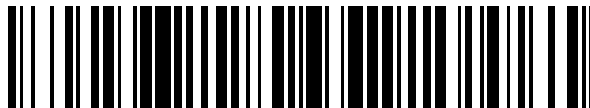


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 958**

51 Int. Cl.:

F01D 5/22 (2006.01)

F01D 5/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2015 E 15154834 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3056677**

54 Título: **Álabe y turbomáquina**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.03.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KOZDRAS, MARCIN;
SKURA, KRZYSZTOF;
LEBIEDOWICZ, PIOTR y
SZPONAR, MAREK**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 747 958 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 y turbomáquina

La invención se refiere a un álabe para una turbomáquina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y a una turbomáquina.

5 Los álabes de turbomáquinas, tales como las turbinas de gas, los motores de aviación, las turbinas de vapor y similares, tienen a menudo en sus puntas de pala una banda de recubrimiento o una llamada banda de recubrimiento exterior. En el estado montado de los álabes, las bandas de recubrimiento quedan apoyadas una contra la otra. Debido al contacto mutuo, los álabes se apoyan en el lado de la punta de pala o radialmente hacia afuera respecto a un eje de giro de rotor, lo que tiene un efecto amortiguador de vibraciones. Mediante las bandas de recubrimiento se contrarresta también un flujo exterior alrededor de los álabes. A fin de evitar deformaciones de las bandas de recubrimiento de paredes, más bien delgadas, debido a altas cargas térmicas y mecánicas, éstas se refuerzan a menudo mediante una estructura de refuerzo en la zona de su superficie. Como resultado de un engrosamiento básico de las bandas de recubrimiento en toda su sección transversal se pueden generar, por ejemplo, tensiones térmicas desventajosas en las bandas de recubrimiento. Por tanto, una medida alternativa prevé para reforzar las bandas de recubrimiento disponer en el lado de la superficie exterior o el lado de la superficie interior una estructura de refuerzo con nervios dispuestos en forma de cruz uno respecto al otro. Tal banda de recubrimiento reforzada se muestra, por ejemplo, en el documento DE 10 2009 030 566 A1 del solicitante. En los documentos, por ejemplo, WO 2013/107982 A1, JP 2005207294 A y EP 2 402 559 A1 se muestran otras bandas de recubrimiento exterior conocidas o álabes de turbomáquinas con bandas de recubrimiento exterior.

20 El objetivo de la invención es crear un álabe para una turbomáquina, cuya banda de recubrimiento exterior se pueda someter a cargas altas en caso de presentar un peso reducido. La invención tiene también el objetivo de crear una banda de recubrimiento ligera y posible de someter a cargas altas para un álabe de este tipo y una turbomáquina con un comportamiento de vibración de rotor optimizado.

25 Este objetivo se consigue mediante un álabe con las características de la reivindicación 1 y mediante una turbomáquina con las características de la reivindicación 8.

Un álabe según la invención, en particular un álabe de rodete, de una turbomáquina, tal como una turbina de gas estacionaria, un motor de aviación y similar, tiene una banda de recubrimiento, en particular una banda de recubrimiento exterior, que está posicionada en el lado de la punta de pala en el álabe y está reforzada en la zona de su superficie, en particular la superficie exterior, mediante una estructura de refuerzo. La estructura de refuerzo tiene al menos un nervio. Según la invención, el al menos un nervio presenta una altura variable en dirección circunferencial.

35 La altura variable del nervio en dirección circunferencial permite reforzar óptimamente la banda de recubrimiento, porque la carga, que actúa sobre la banda de recubrimiento, se puede tener en cuenta casi puntualmente. De este modo, toda la estructura de la banda de recubrimiento se puede diseñar como una construcción ligera con una distribución optimizada del peso, lo que le proporciona a la banda de recubrimiento propiedades de resistencia a cargas altas.

40 Por "altura variable del nervio en dirección circunferencial" se entiende en el contexto de la presente invención que la distancia radial de la superficie exterior radial del nervio respecto al eje de giro de la turbomáquina varía en dirección circunferencial. A diferencia de esto, la superficie de la banda de recubrimiento, dirigida radialmente hacia el interior y unida a la pala de álabe, presenta con preferencia en la zona del nervio y a lo largo de la dirección circunferencial esencialmente en general la misma dirección radial respecto al eje de giro de la turbomáquina, pudiendo estar provista la transición de la banda de recubrimiento al perfil de álabe de un radio de transición constante o variable.

45 Según la presente invención, por el término estructura de refuerzo no se ha de entender un nervio de sellado, es decir, una estructura que está destinada durante el uso apropiado del álabe de rotor para interactuar con un elemento de sellado en el lado del estator, por ejemplo, un panel, a fin de aumentar la estanqueidad entre la punta de álabe de rotor y la estructura de estator que rodea a la misma. Si la banda de recubrimiento del álabe según la invención presenta también al menos un nervio de sellado, el al menos un nervio de sellado presentará, por lo general, una distancia radial mayor respecto al eje de giro de la turbomáquina que la distancia radial máxima de la superficie exterior del nervio respecto al eje de giro.

50 En un ejemplo de realización, el al menos un nervio tiene tanto al menos una sección de altura variable como al menos una sección de altura esencialmente o exactamente constante. Por consiguiente, se requiere solo un aumento por secciones del nervio, lo que influye ventajosamente en la técnica de fabricación.

En un ejemplo de realización alternativo, el al menos un nervio tiene en toda su longitud una altura variable. Esto garantiza la mayor variabilidad posible del nervio respecto a su altura.

55 En un ejemplo de realización preferido, el al menos un nervio tiene una sección más alta que se encuentra en la prolongación radial de la pala de álabe. Con esta medida se incrementa el peso de la banda de recubrimiento debido

al aumento del nervio en la zona, en la que la banda de recubrimiento está unida a la pala de álabe. De este modo se pueden impedir distribuciones desiguales de la masa de la banda de recubrimiento respecto a su zona de unión, lo que podría generar tensiones en la propia banda de recubrimiento y en la pala de álabe.

5 Para aumentar adicionalmente la variabilidad de la estructura de refuerzo, el al menos un nervio puede presentar un espesor variable.

10 Con preferencia, la estructura de refuerzo está diseñada esencialmente en forma de Z o esencialmente en "forma de hueso de perro". El diseño en forma de Z o de hueso de perro posibilita tanto un refuerzo alto en dirección circunferencial como en dirección axial. A tal efecto, el al menos un nervio se puede transformar en elevaciones de la estructura de refuerzo situadas en el lado de la zona lateral o cerca de la superficie de contacto y posicionadas de manera inclinada al nervio, de modo que en la vista en planta se consiguiera aproximadamente una forma en Z.

15 Con preferencia, la banda de recubrimiento del álabe presenta una forma esencialmente en Z en sus bordes circunferenciales, mediante los que la banda de contacto entra en contacto en el estado montado con bandas de recubrimiento contiguas en dirección circunferencial. Se habla, por tanto, de un llamado "Z-notch". Con ayuda de esta forma es posible conseguir una sujeción entre las bandas de recubrimiento de álabes contiguos en dirección circunferencial y, por consiguiente, el efecto de amortiguación mencionado al inicio entre estos álabes. Las elevaciones de la estructura de refuerzo, situadas en el lado de la zona lateral o cercana a la superficie de contacto, se extienden preferentemente en cada caso por toda la zona central de la forma en Z de la banda de recubrimiento, por tanto, por el brazo central de la forma en Z. Con mayor preferencia, estas elevaciones se extienden esencialmente, es decir, como máximo 15 %, de manera exclusiva en la zona central de la forma en Z.

20 Para conseguir una transición, orientada a la carga, del al menos un nervio hacia las elevaciones es ventajoso que el nervio se transforme continuamente en las elevaciones. Las propias elevaciones pueden tener una altura constante o una altura variable. Por ejemplo, es posible diseñar las elevaciones en forma de meseta o dejar que finalicen en forma de cuña.

25 En un ejemplo de realización, la banda de recubrimiento presenta al menos un saliente de sellado que se extiende en dirección circunferencial y tiene un espesor variable y/o un radio de transición variable respecto a la banda de recubrimiento. Esto convierte al saliente de sellado en casi un elemento de refuerzo, de manera adicional a su función de sellado, y contribuye asimismo, por tanto, al refuerzo optimizado de la banda de recubrimiento. El engrosamiento puede estar situado tanto en un lado como en dos lados respecto al eje longitudinal del saliente de sellado. Para homogeneizar la distribución de la masa es ventajoso que el engrosamiento esté situado en el centro o
30 aproximadamente en el centro del saliente de sellado.

Una banda de recubrimiento preferida para un álabe según la invención tiene en la zona de su superficie una estructura de refuerzo para el refuerzo, que tiene al menos un nervio que presenta una altura variable en dirección circunferencial. Una banda de recubrimiento de este tipo se caracteriza por una capacidad de carga mejorada en comparación con bandas de recubrimiento conocidas, manteniendo a la vez un peso reducido.

35 Una turbomáquina preferida tiene una pluralidad de álabes según la invención. En particular, los álabes forman al menos una fila de álabes, lo que influye positivamente debido a su comportamiento de vibraciones optimizado en el comportamiento de vibraciones del rotor de máquina.

Otros ejemplos de realización ventajosos de la invención son objeto de otras reivindicaciones secundarias.

40 Un ejemplo de realización preferido de la invención se explica detalladamente a continuación por medio de representaciones esquemáticas. Muestran:

Figura 1 una vista en planta de un álabe, según la invención, en la zona de su banda de recubrimiento exterior; y

Figura 2 un corte a través de la banda de recubrimiento exterior a lo largo de la línea de corte C-C.

45 En la figura 1 se muestra una vista en planta de un álabe 1 según la invención de una turbomáquina, por ejemplo, un motor de aviación. El álabe 1 es un álabe de rotor y forma con una pluralidad de álabes de rotor del mismo tipo una fila de álabes de un rotor de la turbomáquina. En la figura 1 se muestra en particular una vista en planta de una banda de recubrimiento 2, según la invención, del álabe 1. La banda de recubrimiento 2 está dispuesta en el lado de la punta en una pala de álabe 4 indicada en la figura 2 y es, por consiguiente, una llamada banda de recubrimiento exterior. La banda de recubrimiento tiene la forma de placa o es de pared delgada y está reforzada mediante una estructura de refuerzo 6 que se extiende por una superficie 8, opuesta a la pala de álabe 4, de la banda de
50 recubrimiento 2 entre sus dos salientes de sellado 10, 12. La estructura de refuerzo 6 tiene en el ejemplo de realización mostrado aquí un nervio 14 y dos elevaciones 16, 18.

55 El nervio 14 se extiende respecto a la fila de álabes o un eje de giro del rotor en dirección circunferencial o casi en dirección circunferencial y se transforma por el lado extremo en las elevaciones 16, 18. En la vista en planta mostrada en la figura 1, la dirección circunferencial discurre en perpendicular o casi en paralelo a la línea de corte CC. El al menos un nervio 14 tiene un diseño en forma de saliente con un espesor o una anchura constante y una

altura variable h en dirección circunferencial. Como se muestra en la figura 2, el nervio 14 tiene en toda su longitud una altura variable h , estando dispuesta su sección más alta 20 en la prolongación radial de la pala de álabe 4. Visto a partir de la sección más alta 20, el nervio 14 se extiende en línea recta o en forma de cuña en dirección de las elevaciones 16, 18. Visto a partir de las elevaciones 16, 18, la altura h del nervio 14 aumenta constantemente en dirección de su sección más alta 20. Los radios de transición r_1 , r_2 del nervio 14 hacia la superficie 8 o desde la superficie 8 hacia el nervio 14 son aquí constantes en toda su longitud.

Las elevaciones 16, 18 de las estructuras de refuerzo 6 están dispuestas en el lado del borde lateral y forman secciones de superficies de contacto 22 para el contacto con bandas de recubrimiento de álabes contiguos 1. Éstas tienen una altura esencialmente constante y unificada. Las elevaciones 16, 18 tienen una forma esencialmente de zócalo o meseta y están posicionadas de manera inclinada respecto al nervio 14 de tal modo que en la vista en planta se consigue una forma de Z o casi en forma de Z de la estructura de refuerzo 6. La estructura de refuerzo 6 tiene entonces una llamada forma de hueso de perro (dogbone). Los radios de transición, no enumerados, de las elevaciones 16, 18 hacia la superficie 8 o desde la superficie 8 hacia las elevaciones 16, 18 son iguales a los radios de transición r_1 , r_2 del nervio 14, de modo que aquí las elevaciones 16, 18 y el nervio 14 tienen los mismos radios de transición r_1 , r_2 .

Los salientes de sellado 10, 12 están orientados en dirección circunferencial y penetran durante el funcionamiento en elementos de sellado en el lado del estator como los segmentos de panel. Estos se extienden desde la superficie de contacto 22 hasta la superficie de contacto opuesta 24 y, por consiguiente, en dirección circunferencial por toda la banda de recubrimiento 2.

El saliente de sellado 10 derecho mostrado en la figura 1 o trasero visto en dirección de flujo de un flujo primario de la turbomáquina tiene en toda su longitud una altura constante, una anchura constante y radios de transición constantes r_3 , r_4 . El radio de transición r_4 , opuesto al nervio 14, es aquí mayor que el radio de transición r_3 , dirigido hacia el nervio 12, del saliente de sellado trasero 10.

El saliente de sellado 12 izquierdo mostrado en la figura 1 o trasero visto en dirección de flujo tiene en caso de una altura constante en toda su longitud una anchura variable b y al menos un radio de transición r_5 variable en su longitud. Éste tiene un engrosamiento 26 aproximadamente en la mitad de la longitud o en el centro de la banda de recubrimiento 2. El engrosamiento del saliente de sellado delantero 12 está configurado aquí de manera simétrica respecto a su eje longitudinal y, por tanto, con la misma forma en ambos lados. Visto a partir de sus secciones extremas 28, 30 en dirección del engrosamiento 26, la anchura b aumenta continuamente. Además, en la zona del engrosamiento 26, el radio de transición r_5 opuesto al nervio 14 aumenta respecto a las transiciones contiguas. Un radio de transición r_6 , dirigido hacia el nervio 14, del saliente de sellado delantero 12 es constante. Éste es igual o casi igual al radio de transición r_4 , opuesto al nervio 14, del saliente de sellado delantero 10. En principio, el saliente de sellado trasero 10 puede estar configurado también con un engrosamiento 26 y/o el saliente de sellado delantero 12 puede estar configurado con una anchura constante b .

Las cavidades no enumeradas entre el nervio 14, las elevaciones 16, 18 y los salientes de sellado 10, 12 están abiertas radialmente hacia afuera en toda su superficie de base y lateralmente respecto a las superficies de contacto 22, 24. En el ejemplo de realización mostrado aquí están configuradas tres cavidades, discurrendo la cavidad, que se extiende a lo largo del saliente de sellado delantero 12, de una superficie de contacto 22 a la otra superficie de contacto 24. Las otras dos cavidades, que se extienden a lo largo del saliente de sellado trasero 10, están separadas entre sí mediante la elevación 16 o un brazo no enumerado que se transforma en el saliente de sellado trasero 10.

La invención crea un álabe de turbomáquina con una banda de recubrimiento o banda de recubrimiento exterior 2 o una banda de recubrimiento exterior 2 para un álabe de una turbomáquina, cuya estructura de refuerzo 6 es baja, visto en dirección circunferencial, en la zona de las superficies de contacto 22, 24 y alta en una zona intermedia. Esto reduce el peso de la banda de recubrimiento 2 en sus zonas de transición laterales o lo concentra en una zona central, lo que influye ventajosamente en la capacidad de carga mecánica y térmica de la banda de recubrimiento 2 o del álabe 1. En este caso, al menos el saliente de sellado delantero 12 actúa, además de su función de sellado, como una parte de la estructura de refuerzo 6 y, por consiguiente, como casi un elemento de refuerzo debido al engrosamiento 26 y al desarrollo variable del radio de transición r_5 .

Se da a conocer un álabe de una turbomáquina con una banda de recubrimiento exterior posicionada en el lado de la punta de pala en el álabe y en la zona de su superficie opuesta al espacio anular mediante una estructura de refuerzo que tiene al menos un elemento de refuerzo alargado, tal como un nervio, presentando el elemento de refuerzo alargado en dirección circunferencial una altura variable, una banda de recubrimiento exterior para un álabe de este tipo, así como una turbomáquina con al menos un álabe de este tipo.

55 Lista de signos de referencia

- 1 Álabe
- 2 Banda de recubrimiento/banda de recubrimiento exterior

	4	Pala de álabe
	6	Estructura de refuerzo
	8	Superficie
	10	Saliente de sellado
5	12	Saliente de sellado
	14	Nervio
	16	Elevación
	18	Elevación
	20	Sección más alta
10	22	Superficie de contacto
	24	Superficie de contacto
	26	Engrosamiento
	28	Sección extrema
	30	Sección extrema
15	h	Altura del nervio
	b	Anchura del saliente de sellado delantero
	r1	Radio de transición del nervio
	r2	Radio de transición del nervio
	r3	Radio de transición del saliente de sellado trasero
20	r4	Radio de transición del saliente de sellado trasero
	r5	Radio de transición del saliente de sellado delantero
	r6	Radio de transición del saliente de sellado delantero

REIVINDICACIONES

1. Álabes (1) de una turbomáquina con una banda de recubrimiento (2) posicionada en el lado de la punta de pala en el álabes (1) y reforzada en la zona de su superficie (8) mediante una estructura de refuerzo (6) que tiene al menos un nervio (14) que se extiende en dirección circunferencial y que presenta una altura variable (h) en dirección circunferencial, **caracterizado por que** el nervio (14) tiene una sección más alta (20) que se encuentra en la prolongación de la pala de álabes (4).
2. Álabes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el nervio (14) tiene tanto al menos una sección (20) con una altura variable (h) como al menos una sección con una altura constante.
3. Álabes de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el nervio (14) tiene una altura variable (h) en toda su longitud.
4. Álabes de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el nervio (14) presenta un espesor variable.
5. Álabes de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el nervio (14) se transforma en elevaciones (16, 18) en el lado del borde de la estructura de refuerzo (6), que están posicionadas de manera inclinada respecto al nervio (14).
6. Álabes de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el nervio (14) se transforma continuamente en las elevaciones (16, 18).
7. Álabes de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que la banda de recubrimiento (2) tiene al menos un saliente de sellado (10, 12) que se extiende en dirección circunferencial con un espesor variable (b) y/o un radio de transición variable (r3, r4, r5, r6) respecto a la banda de recubrimiento (2).
8. Turbomáquina con una pluralidad de álabes (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.

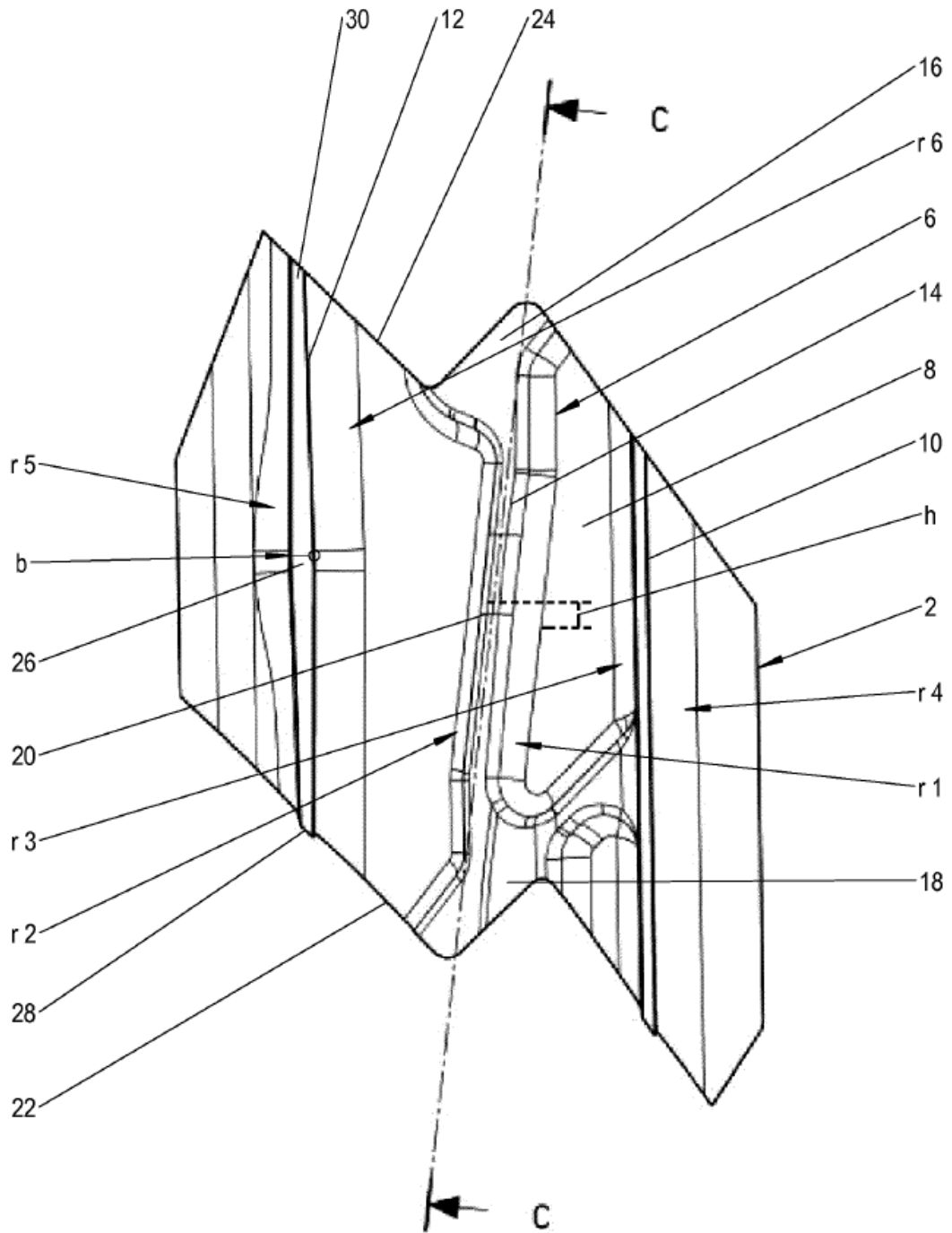


Fig. 1

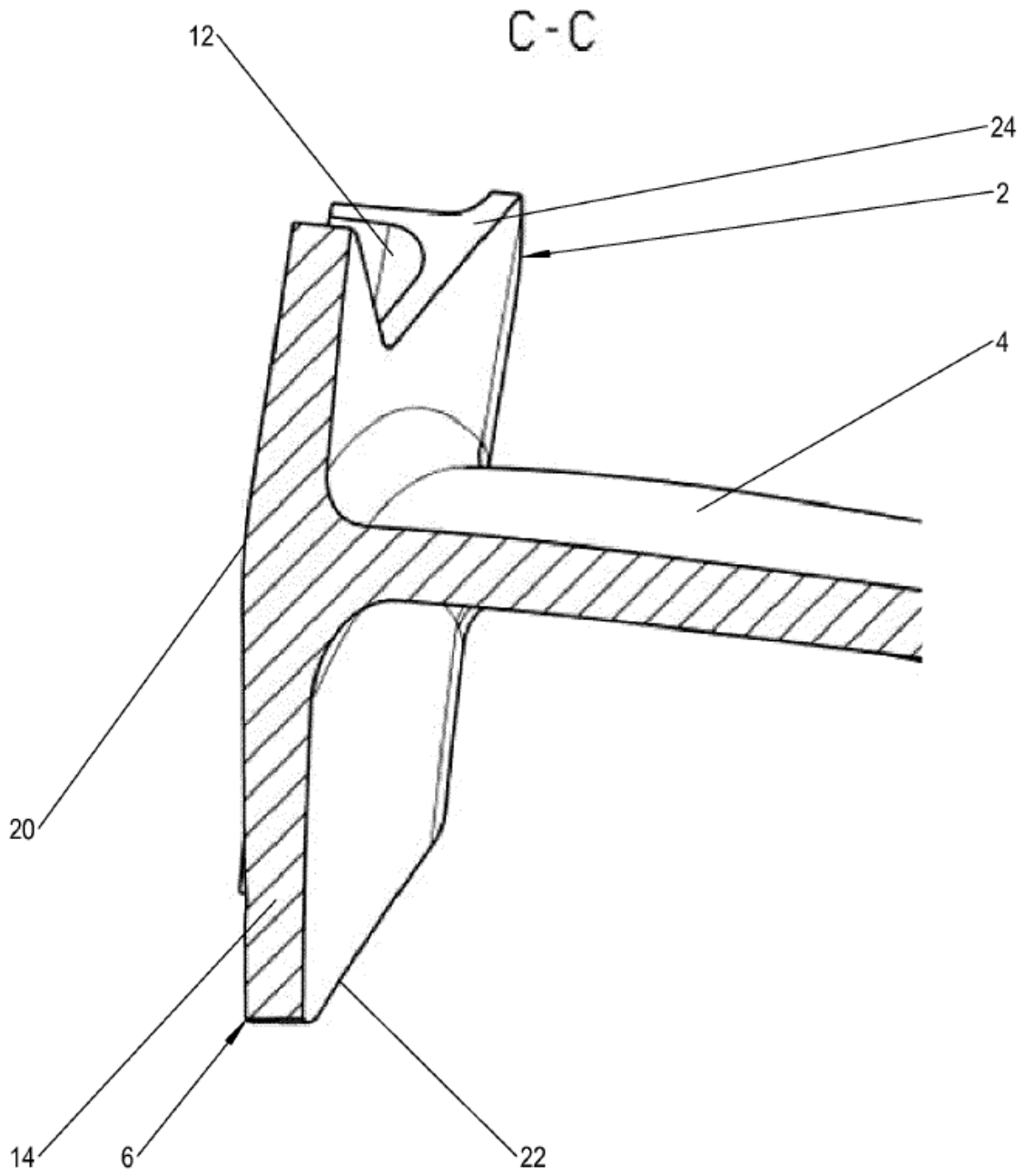


Fig. 2