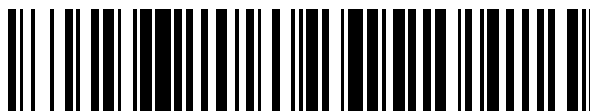


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 450**

51 Int. Cl.:

F01D 5/22

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.06.2010 PCT/DE2010/000707**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.12.2010 WO10149139**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.06.2010 E 10740504 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017 EP 2376746**

54 Título: **Segmento de banda de cubierta de un álabe**

30 Prioridad:

26.06.2009 DE 102009030566

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

20.10.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHLEMMER, MARKUS y
PIKUL, BARTLOMIEJ**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 638 450 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

Segmento de banda de cubierta de un álabe

5 La invención concierne a un segmento de banda de cubierta de un álabe móvil, en particular de un álabe de turbina de gas según el preámbulo de la reivindicación 1. La invención concierne además a una turbomáquina, en particular una turbina de gas térmica del tipo indicado en el preámbulo de la reivindicación 11.

10 Un segmento de banda de cubierta de este tipo es conocido ya por el estado de la técnica. El segmento de banda de cubierta, que está dispuesto en una zona extrema radial del álabe, sirve básicamente para amortiguar vibraciones de álabe y se utiliza particularmente en álabes de turbinas de gas para etapas de turbina traseras. Además, el segmento de banda de cubierta aminora la circulación alrededor de la punta del álabe y eleva así el rendimiento de una turbomáquina asociada. Los segmentos de banda de cubierta de álabes contiguos de un rotor configuran en este caso una banda de cubierta continua. Para reducir concentraciones de tensión, los segmentos de banda de cubierta conocidos presentan en este caso una estructura de rigidización elevada con respecto a una superficie de segmento de banda de cubierta, que está configurada usualmente como el denominado "hueso de perro" o "medio hueso de perro".

15 En los segmentos de banda de cubierta conocidos puede considerarse en este caso como desventajoso la circunstancia de que estos, para poder hacer posible una reducción suficiente de concentraciones de tensión, deben configurarse de manera relativamente voluminosa. Por tanto, se eleva considerablemente el peso total del segmento de banda de cubierta y de un álabe provisto de éste. Esto conduce además a altas masas movidas durante el funcionamiento del álabe en una turbomáquina.

20 Por el documento GB 2 290 833 A se conoce un álabe de turbina con una banda de cubierta.

Por el documento WO 2005/008032 se conoce un álabe de guía o un segmento de álabe de guía para una turbina de gas con una pala de álabe y una banda de cubierta.

Por el documento US 6 491 498 B1 se conoce un álabe de turbina para turbinas de gas con una banda de cubierta.

25 El problema de la presente invención es crear un segmento de banda de cubierta que haga posible una reducción del peso junto con simultáneamente una buena reducción de la tensión. Además, es un problema de la presente invención proponer una turbomáquina con un rotor.

30 El problema se resuelve según la invención por medio de un segmento de banda de cubierta con las características de la reivindicación 1 y por medio de una turbomáquina con las características de la reivindicación 11. Configuraciones ventajosas con perfeccionamientos convenientes de la invención están indicadas en las respectivas reivindicaciones subordinadas, considerándose las configuraciones ventajosas del segmento de banda de cubierta como configuraciones ventajosas de la turbomáquina y viceversa.

35 En un segmento de banda de cubierta según la invención, que hace posible una reducción del peso junto con simultáneamente una buena reducción de la tensión, la estructura de rigidización está configurada al menos seccionalmente en forma de cruz. Por medio de la configuración en forma de cruz, la concentración de tensión en el segmento de banda de cubierta puede reducirse significativamente y puede mejorarse la rigidez del segmento de banda de cubierta optimizando el peso simultáneamente.

40 La estructura de rigidización del segmento de banda de cubierta según la invención comprende al menos dos nervios dispuestos en forma de cruz cuyos ejes principales forman un ángulo predeterminado entre ellos. Esto hace posible un ajuste sencillo y selectivo del nivel de tensión dentro del segmento de banda de cubierta, pudiendo considerarse individualmente diferentes tipos de segmento de banda de cubierta. En este caso, puede preverse, por ejemplo, que el respectivo ángulo se determine en función de la respectiva geometría del segmento de banda de cubierta, del material del segmento de banda de cubierta y de las condiciones de uso posteriores en una turbomáquina asociada.

45 En este caso, se ha mostrado ventajoso en una configuración adicional que los ejes principales de los nervios formen un ángulo comprendido entre 20° y 90° entre ellos. Por tanto, se asegura una distribución de tensión especialmente ventajosa dentro del segmento de banda de cubierta junto con simultáneamente una alta rigidez.

50 Resultan otras ventajas en las que la estructura de rigidización comprende al menos un nervio que está dispuesto a lo largo de una línea de tensión del segmento de banda de cubierta y/o perpendicularmente a ella. Gracias a la rigidez lograda con ello en el segmento de banda de cubierta, se consigue un nivel de tensión especialmente bajo dentro del segmento de banda de cubierta.

En otra configuración de la invención está previsto que la estructura de rigidización comprenda al menos un nervio que presenta en perfil una altura constante y/o dependiente de la ubicación a lo largo de toda su extensión longitudinal. En otras palabras está previsto que uno o varios nervios de la estructura de rigidización presenten un perfil en altura uniforme y/o un perfil en altura variable a lo largo de toda su respectiva extensión longitudinal, con lo

que se proporciona una adaptabilidad especialmente precisa de la estructura de rigidización a la respectiva configuración del segmento de banda de cubierta y al recorrido individual de las líneas de tensión dentro del segmento de banda de cubierta.

5 Una adaptabilidad óptima del segmento de banda de cubierta con respecto a un peso mínimo junto con una máxima reducción de tensión se hace posible en otra configuración ventajosa de la invención por que el al menos un nervio presenta una altura de entre 0,1 cm y 10 cm.

10 Además, en este caso, se ha mostrado ventajoso que la estructura de rigidización comprenda al menos un nervio que presenta un perfil en sección transversal a lo largo de toda su extensión longitudinal, que se selecciona en función de un perfil de tensión del segmento de banda de cubierta sin este nervio. En otras palabras, el perfil en sección transversal del al menos un nervio está configurado a lo largo de toda su extensión longitudinal teniendo en cuenta un perfil de tensión que tendría el segmento de banda de cubierta sin este nervio. Por ejemplo, el al menos un nervio puede presentar un perfil en sección transversal engrosado en zonas de tensiones potencialmente altas. A la inversa, en zonas con tensión potencialmente menor, puede estar previsto un perfil en sección transversal correspondientemente reducido. Por tanto, puede generarse una reducción de tensión máxima junto con un exceso de peso mínimo del segmento de banda de cubierta.

15 Un incremento de la resistencia a la fatiga del segmento de banda de cubierta se hace posible en una configuración adicional debido a que la estructura de rigidización comprende transiciones de superficie redondeadas hacia la superficie de segmento de banda de cubierta dado que con ello se evita de manera fiable que se originen picos de fuerza en los bordes de la estructura de rigidización, por ejemplo en cargas de tracción o de flexión del segmento de banda de cubierta.

20 Una rigidez especialmente alta del segmento de banda de cubierta con peso optimizado se proporciona debido a que la estructura de rigidización del segmento de banda de cubierta según la invención limita lateralmente al menos una zona discreta de superficie de segmento de banda de cubierta. En otras palabras, el segmento de banda de cubierta presenta una cavidad que se forma por la estructura de rigidización elevada.

25 Una distribución de fuerza y tensión especialmente uniforme a lo largo del segmento de banda de cubierta se logra en una configuración adicional por que la estructura de rigidización limita lateralmente cuatro y/o seis zonas discretas de superficie de segmento de banda de cubierta.

30 En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que el segmento de banda de cubierta presente dos superficies de contacto dispuestas una enfrente de otra y en sección longitudinal sustancialmente en forma de Z para la adición de superficies de contacto correspondientes de dos segmentos de banda de cubierta adicionales. Por tanto, unos álabes móviles contiguos que están provistos respectivamente de un segmento de banda de cubierta de este tipo pueden apoyarse por pares uno en otro durante el funcionamiento de una turbomáquina asociada o de un rotor provisto de estos álabes móviles, con lo que se hace posible una banda de cubierta especialmente estable en el aspecto mecánico. Se minimiza también de esta manera un alabeo o torsión no deseado de los álabes móviles.

35 Se logra una rigidez especialmente elevada en la configuración adicional debido a que la estructura de rigidización comprende al menos un nervio que se extiende entre las dos superficies de contacto. En este caso, puede preverse especialmente que el nervio se extienda entre zonas de esquina correspondientes una a otra de las dos superficies de contacto en forma de Z dado que en estas esquinas pueden surgir usualmente concentraciones de tensión especialmente grandes.

40 En determinadas formas de realización según la invención, un álabe móvil, en particular un álabe de turbina de gas, para una turbomáquina, con un segmento de banda de cubierta dispuesto en una zona extrema radial del álabe móvil, presenta una estructura de rigidización elevada con respecto a una superficie de segmento de banda de cubierta. Se hace posible en este caso una reducción del peso del álabe móvil junto con simultáneamente una buena reducción de tensión debido a que la estructura de rigidización esté configurada al menos seccionalmente en forma de cruz. Gracias a la configuración en forma de cruz, la concentración de tensión en el segmento de banda de cubierta puede reducirse significativamente y puede mejorarse la rigidez del segmento de banda de cubierta optimizando simultáneamente el peso.

45 En este caso, se ha mostrado ventajoso que el segmento de banda de cubierta esté configurado de acuerdo con uno de los ejemplos de realización anteriores. Las ventajas resultantes de ello pueden deducirse de las descripciones correspondientes.

50 Una estabilidad y capacidad de carga mecánica especialmente alta del álabe móvil se logran en una configuración adicional debido a que el segmento de banda de cubierta está configurado de una pieza con el álabe móvil. Aunque el segmento de banda de cubierta y el álabe móvil pueden estar configurados básicamente también en dos o varias piezas y pueden estar ensamblados de manera adecuada, se tiene que, tratándose de una realización en una sola pieza, se puede, además, prescindir del paso de montaje necesario en otros casos, con lo que se proporcionan reducciones de costes correspondientes.

Un aspecto adicional de la invención se refiere a una turbomáquina, en particular una turbina de gas térmica, con un rotor que comprende al menos un álabe móvil con un segmento de banda de cubierta dispuesto en una zona extrema radial del álabe móvil, presentando el segmento de banda de cubierta una estructura de rigidización elevada con respecto a una superficie de segmento de banda de cubierta. En este caso, se hace posible según la invención una reducción del peso del al menos un álabe móvil con simultáneamente una buena reducción de tensión debido a que el segmento de banda de cubierta y/o el álabe móvil está configurado de acuerdo con uno de los ejemplos de realización anteriores. Por tanto, se optimiza de manera correspondiente el peso del rotor o de la turbomáquina completa mejorando simultáneamente su capacidad de carga, con lo que se pueden realizar ciclos de mantenimiento prolongados. Preferentemente, todos los segmentos de banda de cubierta y/o los álabes móviles del rotor están configurados según uno de los ejemplos de realización anteriores para lograr una reducción máxima del peso y la tensión. Por tanto, además, en funcionamiento de la turbomáquina, se reduce correspondientemente la masa movida, con lo que resultan ventajas adicionales, en particular con respecto a ahorros de carburante.

Otras características de la invención resultan de las reivindicaciones, los ejemplos de realización, así como con ayuda de los dibujos. Las características y combinaciones de características mencionadas anteriormente en la descripción así como las características y combinaciones de características mencionadas a continuación en los ejemplos de realización pueden utilizarse no sólo en la respectiva combinación indicada, sino también en otras combinaciones o en solitario sin abandonar el ámbito de la invención. Muestran:

La figura 1, una vista en planta esquemática y una vista en sección lateral de un segmento de banda de cubierta conocido por el estado de la técnica con una estructura de rigidización;

La figura 2, una vista en planta esquemática y una vista en sección lateral de un segmento de banda de cubierta conocido por el estado de la técnica con una estructura de rigidización alternativa;

La figura 3, una vista en perspectiva esquemática desde arriba de un álabe móvil con un segmento de banda de cubierta según la invención que presenta una estructura de rigidización de acuerdo con un primer ejemplo de realización;

La figura 4, una vista en perspectiva esquemática desde arriba de un álabe móvil con un segmento de banda de cubierta según la invención que presenta una estructura de rigidización de acuerdo con un segundo ejemplo de realización;

La figura 5, una vista en perspectiva esquemática, fragmentaria y transparente del álabe móvil mostrado en la figura 4; y

La figura 6, una vista esquemática y fragmentaria de la rejilla de alambre de un lado trasero de un álabe móvil según la invención con un segmento de banda de cubierta que presenta una estructura de rigidización de acuerdo con un tercer ejemplo de realización.

La figura 1 muestra una vista en planta esquemática de un segmento de banda de cubierta 10 conocido por el estado de la técnica para disponer en un álabe móvil 12 (véase la figura 3) y una vista en sección lateral del segmento de banda de cubierta 10 a lo largo de la línea de corte I-I. El segmento de banda de cubierta 10 presenta una estructura de rigidización 16 elevada con respecto a una superficie 14 de segmento de banda de cubierta que, como puede apreciarse por la vista en planta, está configurada sustancialmente en forma de hueso y, por tanto, se designa "hueso de perro".

La figura 2 muestra una vista en planta esquemática de un segmento de banda de cubierta 10 conocido por el estado de la técnica para disponer en un álabe móvil 12 (véase la figura 3) así como una vista en sección lateral del segmento de banda de cubierta 10 a lo largo de la línea de corte I-I. El segmento de banda de cubierta 10 presenta una estructura de rigidización alternativa 16 en comparación con el segmento de banda de cubierta 10 mostrado en la figura 1 que se aplana hacia un lado y, por tanto, se denomina "medio hueso de perro".

Los dos segmentos de banda de cubierta 10 mostrados en la figura 1 y en la figura 2 poseen la desventaja de que sus estructuras de rigidización 16 deben configurarse de manera relativamente voluminosa para poder garantizar una reducción suficiente de las concentraciones de tensión en el segmento de banda de cubierta 10. Por tanto, se eleva el peso de los segmentos de banda de cubierta 10 y de un álabe móvil 12 unido con un segmento de banda de cubierta 10 de este tipo.

La figura 3 muestra una vista en perspectiva esquemática desde arriba de un álabe móvil 12 configurado como álabe de turbina de gas para una turbomáquina con un segmento de banda de cubierta 20 según la invención que presenta una estructura de rigidización 22 según un primer ejemplo de realización. La estructura de rigidización 22 está configurada también elevada con respecto a una superficie 24 de segmento de banda de cubierta del segmento de banda de cubierta 20, pero está configurada seccionalmente en forma de cruz a diferencia de las formas de realización mostradas en las figuras 1 y 2. Gracias a la configuración en forma de cruz, la concentración de tensión en el segmento de banda de cubierta 20 puede reducirse significativamente y la rigidez del segmento de banda de cubierta 20 puede mejorarse considerablemente optimizando el peso al mismo tiempo. La estructura de rigidización 22 comprende en el presente caso dos nervios 26 dispuestos en forma de cruz, cuyos ejes principales H1, H2 forman un ángulo predeterminado α entre ellos y que presentan en perfil una altura constante a lo largo de toda su

extensión longitudinal. Adicionalmente, los dos nervios 26 están dispuestos a lo largo de las líneas de tensión del segmento de banda de cubierta 20 o perpendicularmente a ellas. Por tanto, se logra una reducción especialmente eficiente del nivel de tensión del segmento de banda de cubierta 20. Gracias a la altura de los nervios 26 y del ángulo α entre los ejes principales H1, H2 de los nervios 26, puede ajustarse así exactamente el nivel de tensión. El ángulo α y el recorrido de perfil de los nervios 26, en particular su altura, deben determinarse en este caso individualmente para cada tipo de segmento de banda de cubierta en función de las respectivas líneas de tensión que se producirían sin la estructura de rigidización 22.

El segmento de banda de cubierta 20 presenta además dos superficies de contacto 28 dispuestas una enfrente de otra y en sección longitudinal sustancialmente en forma de Z (cubierta en Z) para la adición de superficies de contacto correspondientes de dos segmentos de banda de cubierta adicionales (no mostrados). Uno de los nervios 26 se extiende en este caso entre las esquinas III de las dos superficies de contacto 28 en forma de Z, con lo que se logra una reducción de tensión especialmente elevada en zonas del segmento de banda de cubierta 20 fuertemente cargadas con tensión en otros casos.

Además de los nervios 26, la estructura de rigidización 22 está configurada de tal modo que limite lateralmente cuatro zonas discretas 24 de superficie de segmento de banda de cubierta. Las zonas 24 de superficie de segmento de banda de cubierta forman, en otras palabras, las superficies de fondo de cuatro cavidades, mientras que la estructura de rigidización 22 y sus nervios 26 forman las paredes laterales de las cavidades.

La estructura de rigidización 22 puede generarse básicamente por un procedimiento de seccionamiento de una pieza bruta de segmento de banda de cubierta. Alternativamente, el segmento de banda de cubierta 20 - eventualmente de una pieza con un álabe móvil 12 - puede fabricarse con ayuda de procedimientos de fundición, en particular procedimientos de fundición fina o procedimientos generativos.

La figura 4 muestra una vista en perspectiva esquemática desde arriba de un álabe móvil 12 con un segmento de banda de cubierta 20 según la invención que presenta una estructura de rigidización 22 de acuerdo con un segundo ejemplo de realización. Se explicará a continuación la figura 4 considerándola conjuntamente con la figura 5, que muestra una vista en perspectiva desde arriba, esquemática, fragmentaria y transparente del álabe móvil 12 mostrado en la figura 4. A diferencia del ejemplo de realización mostrado en la figura 3, la estructura de rigidización 22 comprende tres nervios 26a-c que están dispuestos siempre por pares en forma de cruz y que discurren también a lo largo de las líneas de tensión del segmento de banda de cubierta 20 o perpendicularmente a ellas. El ángulo α entre el eje principal H (no representado) del nervio 26c y el eje principal H del nervio 26a así como el ángulo α entre el eje principal H del nervio 26c y el eje principal H del nervio 26b se seleccionan en el presente caso iguales, de modo que los ejes principales H de los nervios 26a, 26b discurren paralelos uno a otro. Debido al nervio adicional 26b, la estructura de rigidización 22 limita lateralmente ahora seis zonas discretas 24 de superficie de segmento de banda de cubierta.

La figura 6 muestra por último una vista esquemática y fragmentaria de la rejilla de alambre de un lado trasero de un álabe móvil 12 según la invención que está configurado de una pieza con un segmento de banda de cubierta 20. El segmento de banda de cubierta 20 presenta, por su parte, una estructura de rigidización 22 de acuerdo con un tercer ejemplo de realización. La estructura de rigidización 22 comprende, como en el primer ejemplo de realización, dos nervios 26 dispuestos en forma de cruz. Los nervios 26 están dispuestos también a lo largo de las líneas de tensión del segmento de banda de cubierta 20 o perpendicularmente a ellas, pudiendo apreciarse sólo uno de los nervios 26. El ángulo α entre los ejes principales H de los nervios 26 y la altura o el recorrido de perfil de los nervios 26 se elige de nuevo en función del nivel de tensión del segmento de banda de cubierta sin estos nervios 26.

Los valores de parámetros indicados en los documentos para la definición de las condiciones de proceso y medición con miras a la caracterización de propiedades específicas del objeto de la invención han de considerarse como abarcados también por el ámbito de la invención incluso en el marco de desviaciones - por ejemplo, debido a errores de medición, errores de sistema, errores de pesaje, tolerancias-DIN y similares.

REIVINDICACIONES

1. Segmento de banda de cubierta (20) de un álabe móvil (12), en particular un álabe de turbina de gas, que comprende una estructura de rigidización (22) elevada con respecto a una superficie (24) de segmento de banda de cubierta, en el que la estructura de rigidización (22) está configurada por lo menos seccionalmente en forma de cruz y la estructura de rigidización (22) comprende al menos dos nervios (26) dispuestos en forma de cruz, cuyos ejes principales (H) forman un ángulo predeterminado (α) entre ellos para ajustar un nivel de tensión dentro del segmento de banda de cubierta (20), caracterizado por que la estructura de rigidización (22) limita lateralmente al menos una zona discreta (24) de superficie de segmento de banda de cubierta, configurándose una cavidad por medio de la limitación lateral de la estructura de rigidización (22).
- 5 2. Segmento de banda de cubierta (20) según la reivindicación 1, caracterizado por que los ejes principales (H) de los nervios (26) forman uno con otro un ángulo (α) comprendido entre 20° y 90°.
3. Segmento de banda de cubierta (20) según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que la estructura de rigidización (22) comprende al menos un nervio (26) que está dispuesto a lo largo de una línea de tensión del segmento de banda de cubierta (20) y/o perpendicularmente a ella.
- 15 4. Segmento de banda de cubierta (20) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la estructura de rigidización (22) comprende al menos un nervio (26) que presenta en perfil una altura constante y/o dependiente de su ubicación a lo largo de toda su extensión longitudinal.
5. Segmento de banda de cubierta (20) según la reivindicación 4, caracterizado por que el al menos un nervio (26) presenta una altura de entre 0,1 cm y 10 cm.
- 20 6. Segmento de banda de cubierta (20) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la estructura de rigidización (22) comprende al menos un nervio (26) que presenta a lo largo de toda su extensión longitudinal un perfil en sección transversal que se elige en función de un perfil de tensión del segmento de banda de cubierta (20) sin este nervio (26).
- 25 7. Segmento de banda de cubierta (20) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la estructura de rigidización (22) comprende transiciones de superficie redondeadas hacia la superficie (24) de segmento de banda de cubierta.
8. Segmento de banda de cubierta (20) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la estructura de rigidización (22) limita lateralmente cuatro y/o seis zonas discretas (24) de superficie de segmento de banda de cubierta.
- 30 9. Segmento de banda de cubierta (20) según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que éste presenta dos superficies de contacto (28) dispuestas una enfrente de otra y sustancialmente en forma de Z en sección longitudinal para la adición de superficies de contacto (28) correspondientes de dos segmentos de banda de cubierta adicionales (20).
- 35 10. Segmento de banda de cubierta (20) según la reivindicación 9, caracterizado por que la estructura de rigidización (22) comprende por lo menos un nervio (26) que se extiende entre las dos superficies de contacto (28).
- 40 11. Turbomáquina, en particular turbina de gas térmica, con un rotor que comprende al menos un álabe móvil (12) con un segmento de banda de cubierta (20) dispuesto en una zona extrema radial del álabe móvil (12), en la que el segmento de banda de cubierta (20) presenta una estructura de rigidización (22) elevada con respecto a una superficie (24) de segmento de banda de cubierta, caracterizada por que el segmento de banda de cubierta (20) está configurado según una de las reivindicaciones 1 a 10.

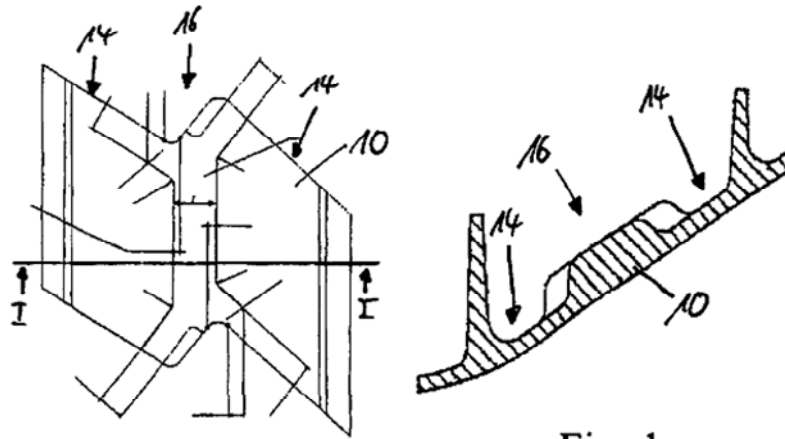


Fig. 1

(Estado de la técnica)

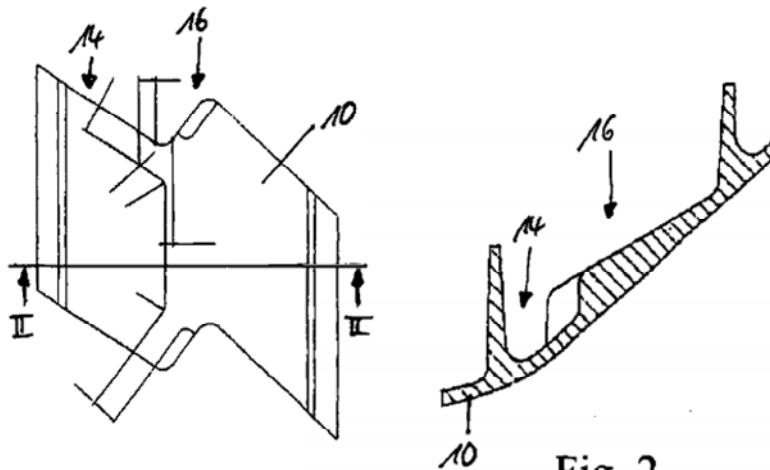


Fig. 2

(Estado de la técnica)

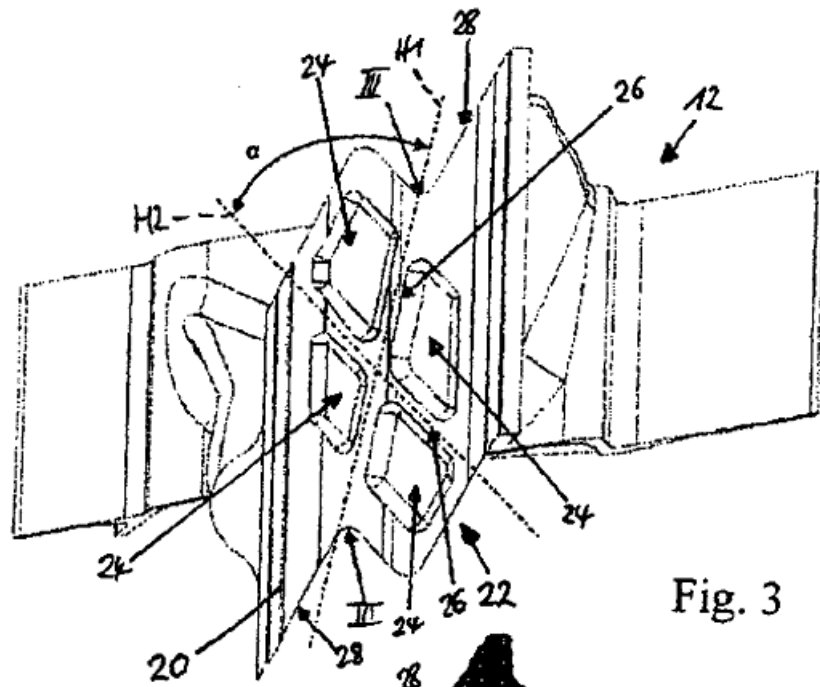


Fig. 3

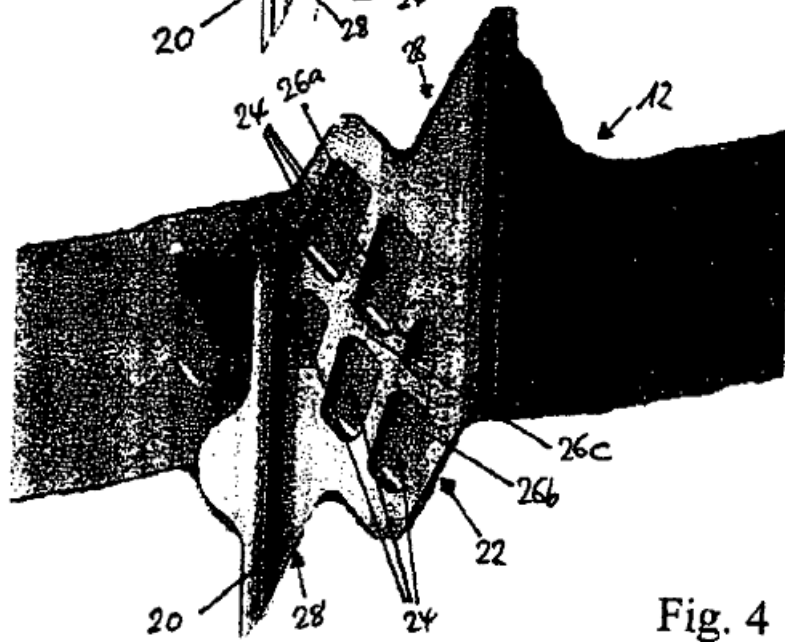


Fig. 4

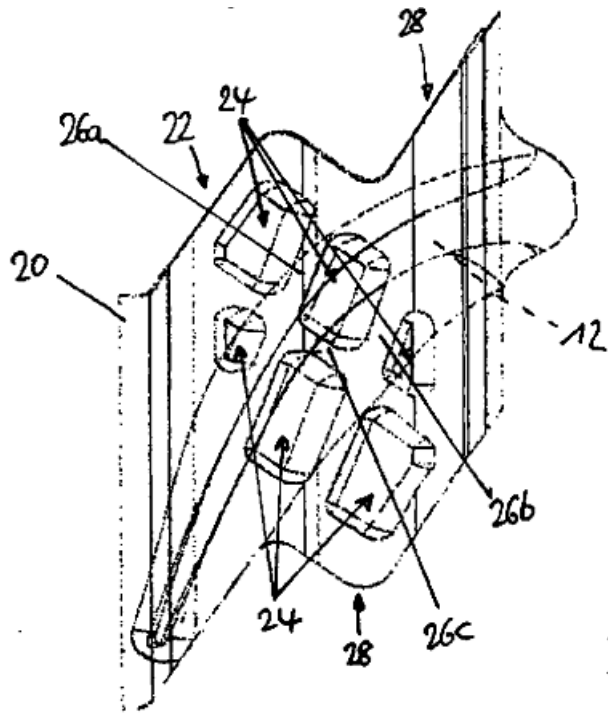


Fig. 5

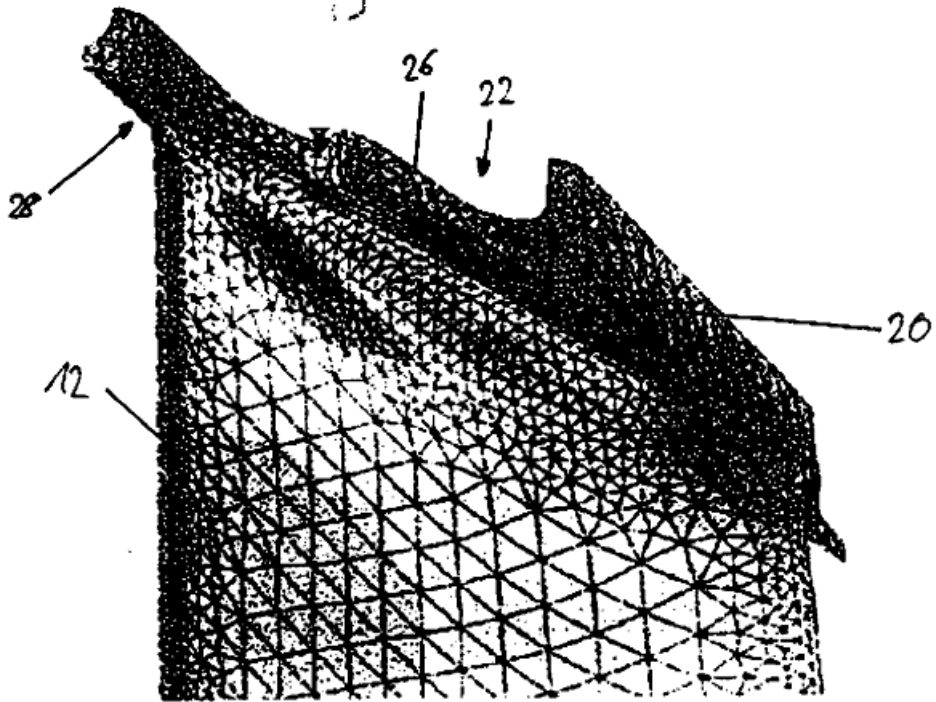


Fig. 6