

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 985 663**

51 Int. Cl.:

F01D 5/22 (2006.01)

F01D 5/14 (2006.01)

F01D 5/16 (2006.01)

F01D 11/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2021** **E 21152941 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2024** **EP 3865666**

54 Título: **Pala para una turbomáquina con una envoltura**

30 Prioridad:

11.02.2020 EP 20156506

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
06.11.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SKURA, KRZYSZTOF;
EICHLER, CHRISTIAN y
FRIEDRICH, LUTZ

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 985 663 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

Pala para una turbomáquina con una envoltura

5 Descripción

La presente invención se refiere a una pala para una turbomáquina que comprende una envoltura que está dispuesta en un lado de punta de la pala con una superficie exterior con al menos una banda circunferencial dispuesta sobre la misma, al menos un primer bolsillo encastrado en la superficie exterior y un revestimiento duro dispuesto en al menos un borde de la envoltura.

En la técnica anterior se conocen palas para turbomáquinas que comprenden una envoltura que se posiciona en el lado de la punta de la pala. En algunas realizaciones, para lograr una buena amortiguación de las vibraciones, las palas están dispuestas una al lado de la otra y contactan entre sí en áreas de contacto dispuestas en los bordes de la envoltura. Estas áreas de contacto suelen estar provistas de un revestimiento duro para mantener la abrasión mecánica a un nivel bajo. Si bien es posible lograr buenas cualidades de vibración proporcionando a las palas una envoltura exterior, el peso o la masa de la propia envoltura aumenta la carga centrífuga sobre la pala durante la rotación alrededor del eje del motor, provocando de este modo mayores tensiones en la raíz de la pala y el perfil aerodinámico. Por lo tanto, el peso o la masa y, en particular, el equilibrio del peso o la masa de la envoltura exterior, contribuyen significativamente a la carga y a las tensiones que actúan sobre una pala. Por lo tanto, el peso o la masa de la envoltura exterior tiene una influencia sustancial sobre un exceso de carga sobre la raíz de la pala y el disco y esta afecta a su vida útil total.

Además, las distintas áreas de la envoltura exterior están sujetas a distintos requisitos de resistencia. Por lo tanto, el diseño estructural y la distribución de la masa dentro de la envoltura deben equilibrarse para reducir la carga sobre la pala durante la rotación. Por lo tanto, las realizaciones conocidas comprenden, por ejemplo, uno o más bolsillos encastrados en la superficie exterior de una envoltura y/o estructuras de refuerzo. Otro requisito para el diseño de una pala es impedir que las envolturas de la pala se enrollen por deformación plástica. Dependiendo del espesor de la envoltura, los bordes de la envoltura pueden enrollarse en sus extremos e introducir fuertes tensiones de flexión en los filetes entre la envoltura y la punta de la pala. Las envolturas se enrollan debido a la carga de flexión en los bordes de la envoltura que producidas por las cargas de presión de gas, así como por las cargas centrífugas. Un ejemplo de una pala conocida que tiene una envoltura exterior con un diseño ligero se describe en la solicitud de patente europea EP 3 269 932 A1, que se refiere a una pala de turbina de gas moldeada a medida. Otros ejemplos de envolturas son conocidos de los documentos FR3077600A1, US9963980B2 y DE102009030566A1. Otro desafío de diseño surge cuando se dispone un revestimiento duro en al menos un borde de la envoltura, ya que el revestimiento duro está sujeto a cargas circunferenciales que deben ser soportadas por la envoltura.

Por lo tanto, un objeto de esta invención es proporcionar una pala mejorada para una turbomáquina que comprende un revestimiento duro en al menos un borde de la envoltura que proporciona un diseño ligero en ese borde, pero también un soporte suficiente para el revestimiento duro.

Se obtiene una pala mejorada para una turbomáquina mediante la solución de la reivindicación independiente adjunta. El objeto de las reivindicaciones dependientes proporciona desarrollos adicionales de la invención.

La invención propone una pala para una turbomáquina que comprende una envoltura dispuesta en un lado de punta de la pala con una superficie exterior que tiene al menos una banda circunferencial dispuesta en la misma, al menos un bolsillo encastrado en la superficie exterior de la envoltura y un revestimiento duro dispuesto en al menos un borde de la envoltura. Un primer bolsillo encastrado en la superficie exterior está dispuesto adyacente al revestimiento duro, en donde el primer bolsillo está abierto al borde y en donde, entre el primer bolsillo y el revestimiento duro, está dispuesta una pared de soporte para soportar el revestimiento duro durante el contacto del borde de la envoltura con el borde de otra envoltura.

La pala para una turbomáquina comprende una envoltura que está dispuesta en su lado de punta y que se extiende esencialmente en la dirección circunferencial de rotación del disco de pala. La superficie exterior radial de la envoltura se denomina a continuación en la memoria la superficie exterior de la envoltura. Al menos una banda circunferencial está dispuesta alineada circunferencialmente con respecto a la dirección de rotación del disco de pala y la turbomáquina, respectivamente. Normalmente, el espesor radial de dichas bandas es constante en la dirección circunferencial. El diseño de las envolturas que tienen al menos una banda alineada circunferencialmente se denomina en forma de hueso de perro. Tal diseño permite un alto grado de refuerzo tanto en la dirección circunferencial como en la dirección axial.

Al menos un primer bolsillo está dispuesto en la superficie exterior de la envoltura, encastrado en la superficie exterior para reducir la masa de la envoltura en donde no es necesaria a efectos de resistencia, logrando así una reducción del peso de la envoltura. Dependiendo del diseño, los requisitos de resistencia se obtienen normalmente mediante nervaduras (de refuerzo), por ejemplo, formadas por partes no encastradas de la envoltura y la superficie exterior de la envoltura, respectivamente. Al menos un primer bolsillo está abierto al borde de la envoltura, eliminando de este

modo material de la cara de extremo de la envoltura. En relación con esta invención, a continuación en la memoria, las caras frontal y de extremo de la envoltura en dirección circunferencial, respectivamente, se denominan "borde" de la envoltura. La eliminación de material en el borde tiene un gran efecto en el ahorro de peso y en un mejor equilibrio de la envoltura debido a su distancia respecto al perfil aerodinámico, con el riesgo de que el borde se enrolle por deformación plástica.

La envoltura comprende además un revestimiento duro dispuesto en al menos un borde de la envoltura. Como ya se ha explicado, en un disco de pala, las palas están dispuestas una al lado de la otra y contactan entre sí en áreas de contacto dispuestas en bordes adyacentes de las envolturas. Normalmente, se usan elementos de revestimiento duro que se sueldan en recesos preparados. Las fuerzas resultantes del contacto entre las envolturas se transfieren a través del revestimiento duro a la envoltura y, por lo tanto, a la pala. En el diseño propuesto, durante el contacto del borde de la envoltura con el borde de otra envoltura, el revestimiento duro se soporta mediante una pared de soporte.

Por razones de peso, equilibrio de peso y resistencia de la envoltura, un primer bolsillo encastrado en la superficie exterior y abierto al borde de la envoltura está dispuesto a una distancia del revestimiento duro en el otro lado de una pared de soporte. En el diseño de envoltura propuesto de la pala, la combinación de una carga reducida de la pala como resultado del primer bolsillo abierto en el borde lateral de la envoltura y la pared de soporte también sirve para evitar que el borde de la envoltura se enrolle por deformación plástica.

Una cara lateral del primer bolsillo se une a la pared de soporte con un radio que corresponde al menos a la longitud de la extensión más corta de la pared de soporte. En un ejemplo, el radio puede ser al menos 1,5 o 2 veces la longitud de la extensión más corta de la pared de soporte, y puede ser como máximo hasta 1,5 veces la longitud de la extensión más grande de la pared de soporte, en particular, como máximo, hasta 1,4 o 1,3 veces la longitud de la extensión más grande de la pared de soporte.

En una realización de la pala, el radio de la cara lateral del bolsillo es aproximadamente 1,2 veces la extensión del revestimiento duro con respecto a (a lo largo de) la pared de soporte, p. ej., en el intervalo de $1,2 \pm 0,1$ veces esta longitud. Esta relación entre el radio de la cara lateral del bolsillo y la extensión del revestimiento duro permite una distribución especialmente beneficiosa de la tensión dentro de la envoltura de la pala.

El radio de la cara lateral del bolsillo permite una distribución uniforme de la tensión adyacente al área de revestimiento duro. De este modo, un radio más grande distribuye la tensión a un área más grande. Por ejemplo, el radio puede oscilar entre 1,5 y 4,0 mm. Por tanto, también es posible que, en la cara de extremo de la envoltura, la desviación radial realice la unión a la pared de soporte todavía no en paralelo a la pared de soporte.

La pala para una turbomáquina propuesta permite un diseño más equilibrado y ligero de la envoltura, que tiene un revestimiento duro dispuesto en al menos un borde, pero también un soporte suficiente para el revestimiento duro durante el contacto con la pala adyacente, y permite una distribución ventajosa de la tensión.

En algunas realizaciones de la pala, al menos un bolsillo adicional está dispuesto en la superficie exterior de la envoltura, en donde el área entre dos bolsillos forma una nervadura de refuerzo. El uso de bolsillos adicionales permite reducir adicionalmente el peso de la envoltura exterior. Al usar más bolsillos, el área entre dos bolsillos forma nervaduras de refuerzo que deben disponerse y diseñarse según los requisitos de resistencia de la envoltura.

Los bolsillos y/o nervaduras adicionales pueden permitir diseños especialmente ventajosos en términos de rigidez, peso y distribución de la tensión.

La envoltura comprende además un segundo bolsillo cerrado y un tercer bolsillo cerrado axialmente adyacente que están separados por una primera nervadura de refuerzo.

Los "bolsillos cerrados" están confinados en la dirección lateral, es decir, en la dirección circunferencial y/o axial de la turbomáquina, p. ej., por nervaduras y/o aletas de refuerzo y, por lo tanto, no están abiertos a un borde de la envoltura. La dirección lateral es perpendicular a la dirección radial.

El segundo bolsillo y el primer bolsillo pueden disponerse circunferencialmente adyacentes y pueden estar separados por una segunda nervadura de refuerzo.

En una de las realizaciones mencionadas anteriormente, la envoltura puede comprender además un cuarto bolsillo abierto que está dispuesto circunferencialmente opuesto al primer bolsillo.

En la misma, el cuarto bolsillo y el segundo bolsillo pueden estar dispuestos circunferencialmente adyacentes y pueden estar separados por una tercera nervadura de refuerzo.

En una o más de las realizaciones mencionadas anteriormente, la envoltura puede comprender además un quinto bolsillo abierto que está dispuesto circunferencialmente adyacente al tercer bolsillo y/o axialmente opuesto al primer bolsillo y que está separado del quinto bolsillo por una cuarta nervadura de refuerzo.

En una realización de la pala, la pared de soporte tiene una forma sustancialmente rectangular o romboidal según una vista superior de la envoltura. La pared de soporte que tiene forma rectangular o romboidal sirve, por un lado, para absorber las fuerzas que actúan sobre el revestimiento duro y, por otro lado, para transmitir las y/o distribuir las dentro de la envoltura. En este contexto, sustancialmente rectangular o romboidal significa que la pared de soporte tiene dos lados sustancialmente paralelos, un lado orientado hacia el revestimiento duro y el otro lado orientado hacia el primer bolsillo. El borde de la envoltura forma un lado frontal de la forma sustancialmente rectangular o romboidal y un lado imaginario, dispuesto aproximadamente en el extremo del revestimiento duro, en particular, en paralelo al lado frontal, forma el segundo lado de extremo (imaginario) de la forma rectangular o romboidal. Los lados orientados hacia el revestimiento duro y el primer bolsillo incluyen un ángulo de entre 0° (en paralelo) y 30° .

En una realización de la pala, el lado más corto de la pared de soporte está dispuesto en el borde de la envoltura. En esta realización, normalmente, el lado más corto del revestimiento duro está dispuesto adyacente y en línea con respecto al lado frontal de la pared de soporte en el borde de la envoltura, de modo que el lado más largo del revestimiento duro está soportado por la pared de soporte.

En una realización de la pala, el primer bolsillo tiene sustancialmente la misma extensión que el revestimiento duro con respecto a la pared de soporte. También, en este diseño, la pared de soporte sirve, además de para soportar el revestimiento duro, para reforzar la envoltura con respecto a la reducción de material resultante del primer bolsillo.

En una realización de la pala, la pared de soporte se extiende formando un ángulo α con respecto a la dirección circunferencial. Este diseño permite que la pared de soporte absorba las fuerzas orientadas en dirección circunferencial y que actúan sobre el revestimiento duro. Cuanto más cerca está el ángulo α de 90° con respecto a la dirección circunferencial, mayor será la fuerza dirigida circunferencialmente que la pared de soporte puede absorber del revestimiento duro, en particular, las fuerzas que resultan del contacto con una envoltura de otra pala.

En una realización de la pala, el primer bolsillo se extiende desde la pared de soporte hasta la banda circunferencial. En esta realización, el primer bolsillo abierto se extiende a lo largo de una proporción mayor del borde de la envoltura empezando por la pared de soporte. Este diseño permite reducciones de peso relativamente grandes de la envoltura, en particular, en al menos un borde, manteniendo al mismo tiempo la resistencia requerida.

En una realización de la pala, la profundidad del primer bolsillo con respecto a la superficie exterior oscila entre 0,2 y 0,7 veces el espesor total de la envoltura en el área de la pared de soporte. Además, este diseño permite reducciones de peso relativamente grandes de la envoltura, en particular, en al menos un borde, manteniendo al mismo tiempo la resistencia requerida.

En una realización de la pala, la profundidad del primer bolsillo es aproximadamente 0,5 veces el espesor total de la envoltura en el área de la pared de soporte. Además, este diseño permite reducciones de peso relativamente grandes de la envoltura, en particular, en al menos un borde, manteniendo al mismo tiempo la resistencia requerida.

En una realización de la pala, los bordes de la envoltura tienen un diseño esencialmente en forma de Z. En este diseño, dos envolturas y superficies de contacto adyacentes, de la envoltura tienen, respectivamente, una forma esencialmente de Z para contactar con superficies de contacto correspondientes de palas y envolturas dispuestas de forma adyacente, respectivamente. Este diseño permite que las palas dispuestas adyacentes que comprenden una envoltura en forma de Z se soporten entre sí durante el funcionamiento de la turbomáquina o un disco proporcionado con palas diseñadas al efecto, obteniéndose por tanto estabilidad mecánica. Del mismo modo, se reduce la flexión o torsión no deseadas de las envolturas y las palas, respectivamente.

En un aspecto adicional, la invención se refiere a una turbomáquina que comprende una pala que comprende los elementos y características descritos en la descripción anterior en referencia a una pala para una turbomáquina.

Otras ventajas, características y posibles aplicaciones de la presente invención se describirán a continuación junto con las figuras.

Se muestran en:

la Fig. 1: una representación esquemática de una pala ilustrativa para una turbomáquina que tiene una envoltura dispuesta en el lado de punta;

la Fig. 2: una vista superior de la superficie de la envoltura de la pala ilustrativa mostrada en la Fig. 1; y

la Fig. 3: un detalle de la vista superior de la envoltura de la Fig. 2.

La Fig. 1 muestra una representación esquemática de una pala ilustrativa 10 para una turbomáquina que tiene una envoltura 12 posicionada en el lado de la punta de la pala 10. La envoltura 12 comprende una superficie exterior 14 con dos bandas circunferenciales 16 dispuestas sobre la misma. Este diseño también se denomina diseño de "hueso de perro", que permite un alto grado de refuerzo de la envoltura 12 y la pala 10, respectivamente, tanto en la dirección

circunferencial como en la dirección axial. En el lado opuesto de la punta de la pala, donde está situada la envoltura 12, está dispuesta la raíz de la pala 18. Entre la raíz 10 de la pala y la envoltura 12, está dispuesto el perfil aerodinámico 17 de la pala 10.

La **Fig. 2** muestra una vista superior de la envoltura 12 de la pala ilustrativa 10 mostrada en la Fig. 1. La envoltura de la realización ilustrativa comprende varios bolsillos 21, 22, 23, 24, 25 que forman un rebaje en la superficie exterior 14 y dos revestimientos duros 26, 27 dispuestos en cada borde 31, 32 de la envoltura 12. Un primer bolsillo 22 encastrado en la superficie exterior 14 está abierto al borde 32 y está dispuesto adyacente al revestimiento duro 26. Entre el primer bolsillo 22 y el revestimiento duro 26 está dispuesta una pared 28 de soporte para soportar el revestimiento duro 28 durante el contacto del borde 32 de la envoltura 12 con el borde de otra envoltura 11 (que se indica esquemáticamente en el lado derecho). La envoltura 12 de la pala 10 también comprende bolsillos 21, 23, 24, 25 adicionales que están dispuestos en la superficie exterior 14 de la envoltura 12 y las áreas entre dos bolsillos 21, 22, 23, 24, 25 forman nervaduras 41, 42, 43, 44 de refuerzo. Como también se muestra en la Fig. 2, los bordes 31, 32 de la realización ilustrativa de la envoltura 12 tienen un diseño esencialmente en forma de Z.

En particular, como se ilustra en la **Fig. 2**, la envoltura 12 comprende además un segundo bolsillo 21 cerrado y un tercer bolsillo 24 cerrado axialmente adyacente que están separados por una primera nervadura 44 de refuerzo. El segundo bolsillo 21 y el primer bolsillo 22 están dispuestos circunferencialmente adyacentes y separados por una segunda nervadura 42 de refuerzo.

En el ejemplo de la **Fig. 2**, la envoltura 12 comprende además un cuarto bolsillo 25 abierto que está dispuesto circunferencialmente opuesto al primer bolsillo 22.

El cuarto bolsillo 25 y el segundo bolsillo 21 están dispuestos circunferencialmente adyacentes y separados por una tercera nervadura 41 de refuerzo.

En el ejemplo de la **Fig. 2**, la envoltura 12 comprende además un quinto bolsillo abierto 23 que está dispuesto circunferencialmente adyacente al tercer bolsillo 24 y axialmente opuesto al primer bolsillo 22 y que está separado del quinto bolsillo 23 por una cuarta nervadura 43 de refuerzo.

La **Fig. 3** muestra un detalle de la vista superior de la envoltura de la Fig. 2. La Fig. 3 muestra el borde 32 de la envoltura 12 y el primer bolsillo 22 con más detalle. En la realización ilustrativa de la pala 10, la pared 28 de soporte tiene una forma sustancialmente romboidal según una vista superior de la envoltura 12, en donde el lado más corto de la pared 28 de soporte está dispuesto en el borde 32 de la envoltura 12. El primer bolsillo 22 está encastrado en la superficie exterior 14 de la envoltura 12 y tiene sustancialmente la misma extensión que el revestimiento duro 26 con respecto a la pared 28 de soporte.

En la realización ilustrativa, la pared 28 de soporte se extiende formando un ángulo α con respecto a la dirección circunferencial C. Como se muestra en la Fig. 3, la pared 28 de soporte está dispuesta formando un ángulo α de aproximadamente 45° con respecto a la dirección circunferencial. Este diseño permite que la pared 28 de soporte absorba las fuerzas F orientadas en la dirección circunferencial C y que actúan sobre el revestimiento duro 26, tal como, en particular, las fuerzas que resultan del contacto con una envoltura 11 de otra pala.

La cara lateral 22a del primer bolsillo 22 se une a la pared 28 de soporte con un radio R que corresponde en particular al menos a la longitud de la extensión 28a más corta de la pared 28 de soporte y como máximo a 1,5 veces a la longitud de la extensión 28b más grande de la pared 28 de soporte. En la realización ilustrativa, el radio R de la cara lateral 22a del primer bolsillo 22 es aproximadamente 1,2 veces la extensión 26a del revestimiento duro 26 con respecto a la pared 28 de soporte. El primer bolsillo 22 de la realización ilustrativa mostrada en la Fig. 3 se extiende desde la pared 28 de soporte hasta la banda circunferencial 16. La profundidad del primer bolsillo 22 con respecto a la superficie exterior 14 está en el intervalo de 0,2 a 0,7 veces y, en particular, aproximadamente 0,5 veces el espesor total de la envoltura 12 en el área de la pared 28 de soporte.

Signos de referencia

	10	pala
5	11	envoltura de otra pala
	12	envoltura
	14	superficie exterior de la envoltura
10	16	banda circunferencial
	17	perfil aerodinámico de la pala
15	18	raíz de la pala
	21	segundo bolsillo
	22	primer bolsillo
20	22a	cara lateral del primer bolsillo
	23	quinto bolsillo
25	24	tercer bolsillo
	25	cuarto bolsillo
	26	revestimiento duro
30	26a	extensión del revestimiento duro con respecto a la pared de soporte
	27	revestimiento duro
35	28	pared de soporte
	28a	extensión más corta de la pared de soporte
	28b	extensión más grande de la pared de soporte
40	31	borde de la envoltura
	32	borde de la envoltura
45	41	tercera nervadura de refuerzo
	42	segunda nervadura de refuerzo
	43	cuarta nervadura de refuerzo
50	44	primera nervadura de refuerzo
	C	dirección circunferencial
55	F	fuerza
	R	radio
	α	ángulo

REIVINDICACIONES

1. Pala para una turbomáquina que comprende una envoltura (12) dispuesta en el lado de punta de la pala (10) que tiene una superficie exterior (14) que tiene al menos una banda circunferencial (16) dispuesta en la misma, al menos un bolsillo (21, 22, 23, 24, 25) encastrado en la superficie exterior (14) y un revestimiento duro (26, 27) dispuesto en al menos un borde (31, 32) de la envoltura (12), en donde un primer bolsillo (22) encastrado en la superficie exterior (14) está dispuesto adyacente al revestimiento duro (26), en donde el primer bolsillo (22) está abierto al borde (32) y en donde, entre el primer bolsillo (22) y el revestimiento duro (26), hay dispuesta una pared de soporte (28) para soportar el revestimiento duro (26) durante el contacto del borde (32) de la envoltura (12) con el borde de otra envoltura (11), caracterizada por que una cara lateral (22a) del primer bolsillo (22) se une a la pared (28) de soporte con un radio (R) que corresponde al menos a la longitud de la extensión (28a) más corta de la pared (28) de soporte y como máximo a 1,5 veces la longitud de la extensión (28b) más grande de la pared (28) de soporte, y por que la envoltura (12) comprende además un segundo bolsillo cerrado (21) y un tercer bolsillo cerrado (24) adyacente axialmente que están separados por una primera nervadura (44) de refuerzo.
2. Pala para una turbomáquina según la reivindicación 1, caracterizada por que el segundo bolsillo (21) y el primer bolsillo (22) están dispuestos circunferencialmente adyacentes y separados por una segunda nervadura (42) de refuerzo.
3. Pala para una turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la envoltura (12) comprende además un cuarto bolsillo abierto (25) que está dispuesto circunferencialmente opuesto al primer bolsillo (22).
4. Pala para una turbomáquina según la reivindicación 3, caracterizada por que el cuarto bolsillo (25) y el segundo bolsillo (21) están dispuestos circunferencialmente adyacentes y separados por una tercera nervadura (41) de refuerzo.
5. Pala para una turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la envoltura (12) comprende además un quinto bolsillo (23) abierto que está dispuesto circunferencialmente adyacente al tercer bolsillo (24) y/o axialmente opuesto al primer bolsillo (22) y está separado del quinto bolsillo (23) por una cuarta nervadura (43) de refuerzo.
6. Pala para una turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la pared (28) de soporte tiene una forma sustancialmente rectangular o romboidal según una vista superior de la envoltura (12).
7. Pala para una turbomáquina según la reivindicación 6, caracterizada por que el lado más corto de la pared (28) de soporte está dispuesto en el borde (32) de la envoltura (12).
8. Pala para una turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el primer bolsillo (22) tiene sustancialmente la misma extensión que el revestimiento duro (26) con respecto a la pared (28) de soporte.
9. Pala para una turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la pared (28) de soporte se extiende formando un ángulo (α) con respecto a la dirección circunferencial (C).
10. Pala para una turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el primer bolsillo (22) se extiende desde la pared (28) de soporte hasta la banda circunferencial (12).
11. Pala para una turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la profundidad del primer bolsillo (22) o de al menos uno del segundo al quinto bolsillos (21, 24, 25, 23) con respecto a la superficie exterior (14) varía entre 0,2 y 0,7 veces el espesor total de la envoltura (12) en el área de la pared (28) de soporte.
12. Pala para una turbomáquina según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que los bordes (31, 32) de la envoltura (12) tienen un diseño esencialmente en forma de Z.
13. Turbomáquina que comprende una pala (10) según una de las reivindicaciones 1 a 11.

Figura 1

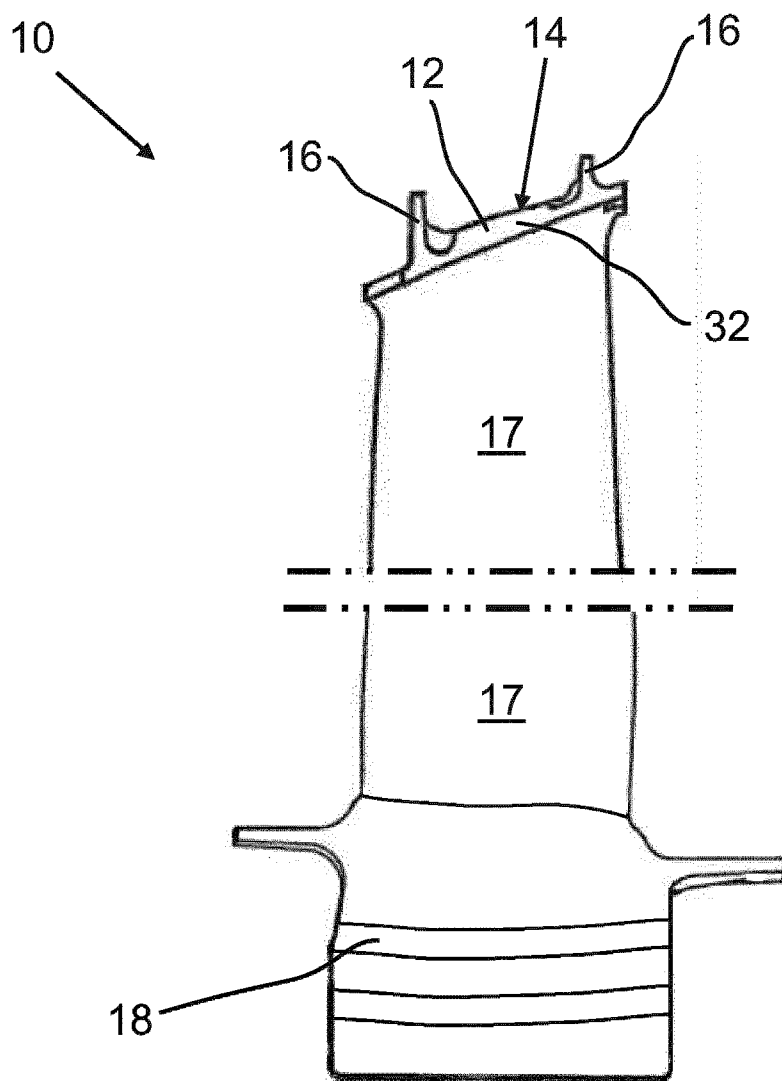


Figura 2

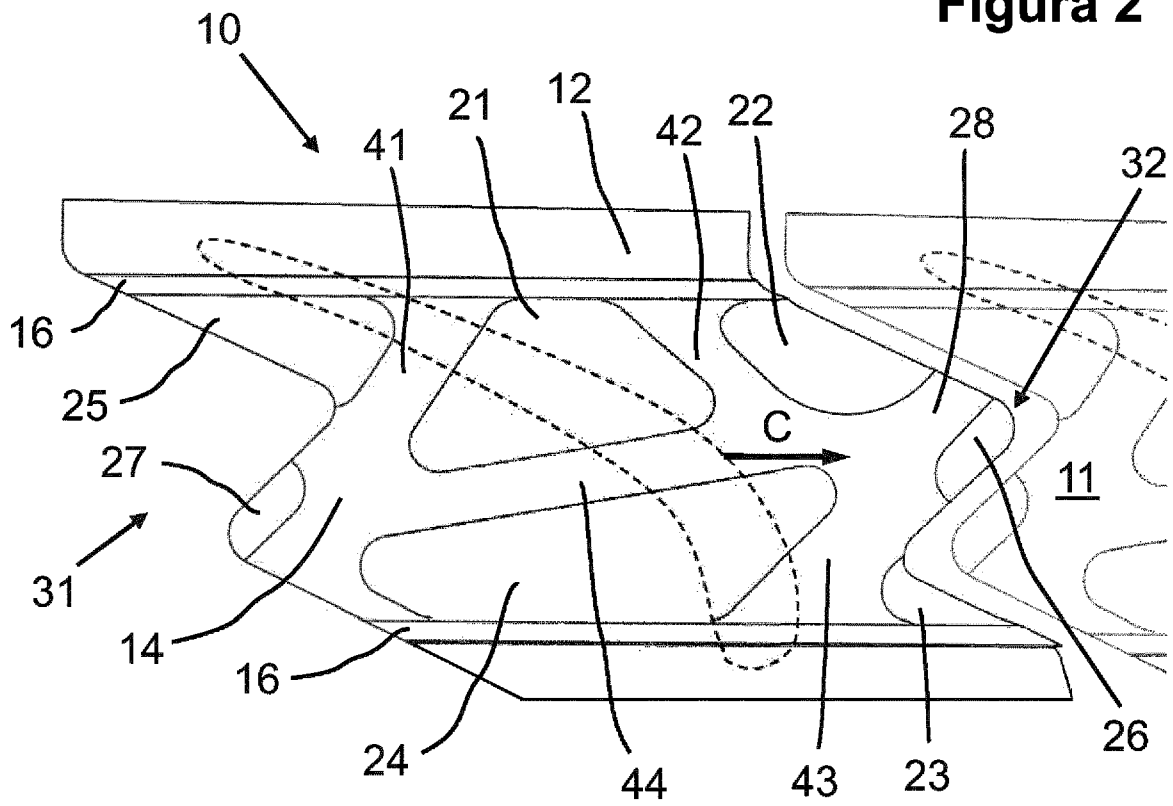


Figura 3

