

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 574**

51 Int. Cl.:

F01D 5/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.08.2012 E 12179983 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 2696033**

54 Título: **Elemento de álabe de una turbomáquina con capa de compensación dúctil, correspondiente turbomáquina, procedimiento para la producción del elemento de álabe y de la turbomáquina**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.07.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**STEINHARDT, ERICH;
SMARSLY, WILFRIED y
WERNER, ANDRÉ**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 674 574 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

Elemento de álabe de una turbomáquina con capa de compensación dúctil, correspondiente turbomáquina, procedimiento para la producción del elemento de álabe y de la turbomáquina

Antecedentes de la invención

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un elemento de álabe de una turbomáquina, en particular de una turbina de gas, preferentemente de un motor de aeronave con un elemento de fijación, con el que el elemento de álabe está dispuesto en un alojamiento de la turbomáquina, presentando el elemento de álabe en la zona del elemento de fijación una zona de núcleo y una zona de envoltura que envuelve la zona de núcleo al menos parcialmente y estando formada la zona de núcleo por un material de base de álabe, que es más frágil que el material de envoltura de la zona de envoltura. Además, la presente invención se refiere a una turbomáquina correspondiente con un elemento de álabe de este tipo así como a una turbomáquina en la que un elemento de álabe está dispuesto con un elemento de fijación en un alojamiento de una turbomáquina. Además, la presente invención se refiere a procedimientos correspondientes para la producción de elementos de álabe o turbomáquinas.

15 Estado de la técnica

Por el documento DE 10 2005 054 172 A1, que desvela un elemento de álabe de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y una turbomáquina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 8, se conoce un álabe de una turbomáquina, en el que en el pie de álabe del álabe a partir de un material poco dúctil a frágil, como por ejemplo a partir de un material de trabajo de TiAl, está prevista una capa de compensación dúctil para reducir picos de tensión cuando el pie de álabe entra en contacto con un alojamiento de pie de álabe en el que está dispuesto el álabe, de modo que el material de trabajo frágil del álabe se protege contra la formación de grietas o destrucción por rotura. Como alternativa, un correspondiente pie de álabe podría elaborarse también manteniendo tolerancias muy apretadas o podrían configurarse correspondientes formas bombeadas para evitar ya la aparición de picos de tensión. No obstante, estas medidas son muy costosas, de modo que la provisión de capas de compensación dúctiles es una alternativa ventajosa.

No obstante, en las capas de compensación existe una problemática en que en ciertas circunstancias la vida útil de las capas de compensación es muy baja y a pesar de la provisión de capas de compensación correspondientes no pueden evitarse o disminuirse suficientemente los picos de tensión.

En aras de la exhaustividad, también se hace referencia a los documentos DE 10 2009 030398 A1, EP 1 561 905 A1 y US 5 106 266 A, que desvelan elementos de álabe similares.

Divulgación de la invención

Objetivo de la invención

Correspondientemente, el objetivo de la presente invención, en el caso de componentes de una turbomáquina, que están formados por materiales menos dúctiles o frágiles, tales como por ejemplo álabes de materiales de trabajo de TiAl, es posibilitar una disminución de picos de tensión en un periodo de tiempo más largo, de modo que las tolerancias de producción para estos componentes pueden reducirse más y se consigue un aumento de la vida útil. Además, puede prescindirse de la provisión de estructuras esféricas para evitar picos de tensión. Además, debe evitarse que para solucionar los problemas de almacenamiento, es decir, por ejemplo evitar la formación de grietas en los álabes en la disposición de pies de álabes en alojamientos de pie de álabe, tengan que realizarse modificaciones en los materiales de trabajo de base usados. Como alternativa, la invención debe posibilitar un uso variable de materiales de trabajo de base para aumentar así las libertades de diseño.

Solución técnica

Este objeto se soluciona mediante un elemento de álabe con las características de la reivindicación 1 así como una turbomáquina con las características de la reivindicación 8. Además, la presente invención propone un procedimiento para la producción de una turbomáquina con las características de la reivindicación 13 y un procedimiento para la producción de un elemento de álabe con las características de la reivindicación 14. Los diseños ventajosos son objeto de las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la presente invención se propone en un elemento de álabe, tal como por ejemplo un álabe individual o un segmento de corona de álabe, una turbomáquina, que presenta un elemento de fijación con una zona de núcleo frágil y una zona de envoltura dúctil (capa de compensación) para la disposición en un alojamiento de otro componente, prever como material de envoltura un material de trabajo pseudo- o superelástico.

Mediante la provisión de un material de base de álabe modificado en la ductilidad, es decir, un material que está presente también ya en la zona de núcleo del elemento de álabe o de un correspondiente elemento de fijación del elemento de álabe, puede conseguirse un aumento de la vida útil, dado que mediante la configuración del tipo similar

del material de envoltura hasta dar material de base de álabe se evita un desprendimiento de la zona de envoltura durante el funcionamiento.

5 Mediante el uso de materiales de trabajo pseudo- o superelásticos puede posibilitarse una ductilidad especialmente elevada de la capa de compensación o de la zona de envoltura, de modo que se garantiza una fuerte disminución de picos de tensión.

Por material de trabajo pseudo- o superelástico se entiende todo material que puede facilitar una elevada deformación elástica mediante correspondientes transformaciones de fase dentro del material de trabajo, como es el caso en aleaciones con memoria de forma.

10 Además, la presente invención propone según otro aspecto, para el cual se requiere protección independientemente y en combinación con otros aspectos de la presente invención, en lugar del elemento de fijación de un elemento de álabe o adicionalmente a ello la zona de superficie de un alojamiento, en el que se dispone un elemento de álabe, dotarla de una capa de compensación correspondientemente dúctil, siendo la ductilidad de la capa de compensación, es decir, del material de superficie de alojamiento, mayor que la ductilidad del material de base de álabe, siendo el material de superficie de alojamiento un material de trabajo pseudo- o superelástico para posibilitar
15 así la disminución de picos de tensión durante un contacto correspondiente del elemento de fijación con el alojamiento.

Para configurar una zona de superficie dúctil de un alojamiento se consideran esencialmente los mismos materiales que se usan también en la zona de envoltura dúctil de un elemento de álabe.

20 Las aleaciones pseudo- o superelásticas para formar capas de compensación dúctiles en forma de zonas de envoltura sobre elementos de álabe o zonas de superficie dúctiles en alojamientos pueden estar formadas a base de sistemas de cobalto-níquel-aluminio, cobalto-níquel-galio, aluminio-níquel-cobalto o níquel-manganeso-galio. En particular, son apropiadas aleaciones pseudo- o superelásticas a base de aluminio-níquel-cobalto, dado que estas pueden usarse tanto como aleaciones superelásticas como presentar en un ajuste estructural cuasicristalino una dureza suficiente para poder ofrecer una protección contra el desgaste, de modo que es posible una combinación
25 correspondiente de capas de este tipo con una buena adherencia mutua. En este caso es apropiada en particular una aleación Al₃₅Ni₂₀Co₂₀.

Sobre la zona de envoltura puede estar aplicada en general una capa de protección contra el desgaste para aumentar la vida útil. Como capa de protección contra el desgaste se consideran sistemas de protección contra el
30 desgaste conocidos, aunque en particular capas de protección contra el desgaste a base de estructuras cuasicristalinas, tales como por ejemplo la aleación Al₃₅Ni₂₀Co₂₀ mencionada anteriormente. No obstante, son posibles también otras estructuras cuasicristalinas tales como Ti₆₀(Mn,Fe,Cr)₂₅Si₅O₁₀ o Ti₄₅Cr₃₈Ni₁₇. Los materiales cuasicristalinos se caracterizan por una estructura ordenada, pero aperiódica, y poseen una alta dureza y buena resistencia a la oxidación, de modo que son especialmente adecuados como capas de protección contra el desgaste para capas de compensación dúctiles en los presentes casos de aplicación.

35 La zona de envoltura del elemento de álabe, que puede estar aplicada al igual que la superficie de alojamiento como revestimiento, puede aplicarse igual que la superficie de alojamiento con los más diversos procedimientos de revestimiento, tal como por ejemplo mediante procedimientos térmicos, en particular procedimientos de pulverización térmicos o pulverización cinética de gas frío (procedimiento K3 de compactación cinética de gas frío). También pueden usarse deposiciones en fase gaseosa mediante la deposición química en fase vapor (*chemical vapor
40 deposition CVD*) o la deposición física en fase vapor (*physical vapor deposition PVD*).

Durante la deposición de las capas pueden deponerse estas de manera porosa o compacta. En particular en el caso de la provisión de una capa de protección contra el desgaste pueden deponerse de manera compacta las capas de compensación en forma de la zona de envoltura o de la zona de superficie de alojamiento, mientras que en una
45 deposición porosa puede usarse un lubricante para reducir la fricción entre el elemento de fijación del elemento de álabe y el alojamiento.

El elemento de fijación del elemento de álabe puede ser en particular un pie de álabe, que está dispuesto en un alojamiento de pie de álabe de un disco de turbina, de modo que, por tanto, el alojamiento está formado por el alojamiento de pie de álabe. El material de trabajo de base del álabe puede ser en particular un material de trabajo de TiAl, entendiéndose por material de trabajo de TiAl todo material de trabajo que presenta como constituyentes
50 con las proporciones más grandes titanio y aluminio o comprende fases intermetálicas tales como (α_2 -Ti₃Al o γ -TiAl). Además, los materiales de trabajo de TiAl pueden comprender otros elementos de aleación, tales como niobio o manganeso.

La indicación de sistemas de materiales de trabajo a base de elementos químicos determinados significa que los materiales comprenden esencialmente estos elementos. En particular, la suma de las proporciones puede constituir la mayoría del material o las proporciones individuales de los elementos químicos mencionados representan las mayores proporciones del material de trabajo. En las indicaciones de material de trabajo en las que detrás de los símbolos de los elementos químicos están indicados números en el mismo plano, los números significan las proporciones de los elementos químicos en % en peso. En las fórmulas químicas con números se trata de
55

indicaciones sobre las respectivas proporciones en el compuesto, tal como por ejemplo en fases intermetálicas.

Descripción de las figuras

Los dibujos adjuntos muestran de forma meramente esquemática en

- 5 la Figura 1 un corte transversal a través de un pie de álabe de un álabe de una turbomáquina, que está dispuesta en un alojamiento de álabe en un disco de la turbomáquina;
- la Figura 2 una representación en corte parcial mediante una zona de superficie del pie de álabe de la Figura 1; y en
- la Figura 3 una vista en corte a través de una zona de superficie de un pie de álabe según otra forma de realización.

10 Ejemplos de realización

Otras ventajas, distintivos y características de la presente invención se aclaran en la siguiente descripción detallada de ejemplos de realización mediante los dibujos adjuntos. No obstante, la invención no está limitada a estos ejemplos de realización.

- 15 La Figura 1 muestra un corte transversal esquemático a través de un elemento de fijación 10, configurado como pie de álabe, de un álabe de rodete de turbina de gas, estando posicionado el elemento de fijación 10 del álabe de rodete de turbina de gas en una sección de alojamiento 11 (alojamiento de pie de álabe) de un rotor 12. Durante el funcionamiento, el álabe de turbina de gas rota junto con el rotor en dirección de la flecha 13 representada en la Figura 1.

- 20 El elemento de fijación 10 del álabe de rodete de turbina de gas dispone de un contorno exterior 14 en forma de abeto, estando adaptado un contorno interior 15 de la sección de alojamiento 11 al contorno exterior 14 del elemento de fijación 10. El elemento de fijación 10 perfilado en forma de abeto dispone de salientes 16, que engranan en entalladuras 17 perfiladas correspondientemente de la sección de alojamiento 11.

- 25 En el sentido de la invención aquí presente, el elemento de fijación 10 del álabe de rodete de turbina de gas está formado por dos zonas separadas funcionalmente entre sí, en concreto por una zona de núcleo 18 y una zona de envoltura 19 que envuelve por todos lados la zona de núcleo 18. La zona de núcleo 18 está incrustada, por tanto, en la zona de envoltura 19.

- 30 La zona de núcleo 18 del elemento de fijación 10 está formada de acuerdo con la invención por un material de trabajo relativamente frágil, así como relativamente ligero, que presenta una ductilidad relativamente baja. Por tanto, la zona de núcleo 18 puede estar formada por un material de trabajo cerámico o por un material de trabajo intermetálico. Por tanto, cuando la zona de núcleo 18 está formada por un material de trabajo intermetálico, la misma está formada preferentemente por un material de trabajo de TiAl.

- 35 La zona de envoltura 19, en la que está incrustada la zona de núcleo 18, está formada de acuerdo con la invención por un material de trabajo con una ductilidad relativamente alta, un material de trabajo pseudo- o superelástico. La zona de envoltura 19 puede estar formada por un material de trabajo metálico, que está adaptado al material de trabajo metálico del rotor 12, es decir, presenta una composición de materiales de trabajo similar, pero no idéntica, a la del rotor. En el ejemplo de realización mostrado de la Figura 1 está realizada la zona de envoltura 19 de una sola capa o un solo estrato. Como alternativa, la zona de envoltura puede estar configurada también de varias capas o de varios estratos.

- 40 En el ejemplo de realización mostrado de la Figura 1, la zona de envoltura 19 está realizada de manera relativamente gruesa y aplicada sobre un contorno exterior, que no es exacto en el contorno final, de la zona de núcleo 18. La zona de envoltura 19 del elemento de fijación 10 está mecanizada de tal modo que el contorno exterior 14 del mismo, el cual define el contorno exterior del elemento de fijación 10, está adaptado al contorno interior 15 de la zona de alojamiento 11 del rotor 12. En este caso, la zona de núcleo 18 del elemento de fijación 10, que está formada por un material de trabajo relativamente frágil, así como relativamente ligero, puede presentar un contorno discrecional. La zona de envoltura 19, que está formada por un material de trabajo metálico, puede adaptarse con procedimientos de mecanizado en curso al contorno final deseado.

- 45 A diferencia de ello, también es posible que la zona de núcleo 18 presente ya un contorno exterior, que es exacto en el contorno final, y solo esté reducida por lo que respecta a sus dimensiones en el grosor de la zona de envoltura 19. En este caso, la zona de envoltura 19 está realizada de manera relativamente delgada, dado que en este caso no se requiere ningún mecanizado con exactitud en el contorno final de la misma.

- 50 En el ejemplo de realización de la Figura 1 se partió de que en el caso del elemento de fijación 10 se trata de un pie de álabe de un álabe de rodete de turbina de gas. Como ya se mencionó, la invención, no obstante, no está limitada al uso de álabes de rodete rotatorios, más bien la invención puede usarse en álabes de rodete estacionarios. Los álabes de rodete estacionarios de este tipo pueden disponer de varios elementos de fijación a modo de gancho, a

modo de brida o a modo de pivote, estando configurado, por tanto, preferentemente cada elemento de fijación de los álabes de rodete estacionarios como se describe con referencia a la Figura 1 para un álabe de rodete.

5 Como alternativa, en lugar de la zona de superficie del pie de álabe o adicionalmente a ello, puede estar revestida también la zona de superficie del alojamiento de álabe con el material de trabajo dúctil. En este caso, (también) la superficie o el revestimiento del alojamiento de pie de álabe asume en las cargas correspondientes la disminución de picos de carga presionándose el pie de álabe al interior de la superficie dúctil o el revestimiento del alojamiento de pie de álabe.

10 Las Figuras 2 y 3 muestran de manera meramente esquemática una construcción correspondiente a modo de ejemplo de una zona de superficie del pie de álabe o de la superficie del alojamiento de pie de álabe. Con la referencia 1 se denomina el material de trabajo de base, sobre el que está aplicada una capa de compensación 2 a partir de un material dúctil. Cuando el material de trabajo de base 1 está formado por un material de trabajo de TiAl, la capa de compensación 2 puede estar formada, asimismo, por un material de trabajo de TiAl, que no obstante presenta una ductilidad mayor que el material de trabajo de base 1. Esto puede conseguirse, por ejemplo, mediante una composición química modificada del material de trabajo de TiAl o mediante una selección correspondiente de las condiciones de deposición del material de trabajo de TiAl y un ajuste de microestructura adecuado.

15 Además, la capa de compensación puede estar formada por materiales super- o pseudoelásticos a base del sistema Co-Ni-Al, Co-Ni-Ga, Al-Ni-Co o Ni-Mn-Ga. En particular, la capa de compensación puede estar formada por la fase intermetálica Ni₂MnGa.

20 La capa de compensación 2 puede estar depositada de manera porosa o puede estar realizada como capa compacta, en la que no están formados casi ningún poro o espacio libre. En una capa porosa puede aplicarse un lubricante sobre la superficie, que reduce la fricción entre el pie de álabe y el alojamiento de pie de álabe y, por tanto, contrarresta un desgaste.

25 En una configuración compacta de la capa de compensación 2 puede estar prevista una capa de protección contra el desgaste 3, como se representa en la Figura 3. Para la capa de protección contra el desgaste se consideran distintas posibilidades, pudiendo usarse en particular capas de protección contra el desgaste a partir de materiales cuasicristalinos tales como por ejemplo Te₆₀(Mn,Fe,Cr)₂₅Si₅O₁₀, Ti₄₅Zr₃₈Ni₁₇ o Al₆₅Ni₂₀Co₁₅. En particular el uso de Al₆₅Ni₂₀Co₁₅ para la capa de compensación 2 y la capa de protección contra el desgaste 3 es ventajoso, dado que un material de este tipo puede presentar tanto propiedades superelásticas como ofrecer una protección contra el desgaste en el caso de un ajuste de estructura cuasicristalino. Esto se aplica también a otros materiales a base de Al-Ni-Co. Debido a una modificación de aleaciones a base de Al-Ni-Co es posible, por tanto, una combinación ventajosa de capas muy similares con propiedades de protección contra el desgaste en el caso de un ajuste de estructura cuasicristalino y la facilitación de una elevada ductilidad mediante efectos superelásticos o pseudoelásticos. Para ello se necesitan únicamente pequeños cambios de la composición química, de modo que las capas correspondientes, debido a su composición química, se adhieren bien unas a otras.

35 Aunque la presente invención se ha descrito de manera detallada mediante los ejemplos de realización, para un experto en la materia es evidente que la invención no está limitada a estos ejemplos de realización, sino que más bien son posibles variaciones de tal manera que se omiten características individuales o se realizan combinaciones diferentes de características sin abandonarse el ámbito de protección de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento de álabe de una turbomáquina, en particular de una turbina de gas, preferentemente de un motor de aeronave, con un elemento de fijación (10) para la disposición en un alojamiento (11) de la turbomáquina, presentando el elemento de álabe en la zona del elemento de fijación una zona de núcleo (18) y una zona de envoltura (2, 19) que envuelve la zona de núcleo al menos parcialmente, y estando formada la zona de núcleo por un material de base de álabe, que es más frágil que el material de envoltura de la zona de envoltura, y estando formada la zona de envoltura por un revestimiento,
- caracterizada por que
- el material de envoltura es un material de trabajo pseudo- o superelástico.
- 10 2. Elemento de álabe según la reivindicación 1,
- caracterizada por que
- el material de envoltura está formado por una aleación pseudo- o superelástica a base de Co-Ni-Al, Co-Ni-Ga, Al-Ni-Co o Ni-Mn-Ga, en particular por Al₃₅Ni₂₀Co₂₀ o Ni₂MnGa.
3. Elemento de álabe según la reivindicación 1 o 2,
- 15 caracterizada por que
- sobre la zona de envoltura (2) está aplicada una capa de protección contra el desgaste (3).
4. Elemento de álabe según la reivindicación 3,
- caracterizada por que
- 20 la capa de protección contra el desgaste (3) está formada por una aleación pseudo- o superelástica o por materiales de trabajo a base de cuasicristales.
5. Elemento de álabe según una de las reivindicaciones anteriores 3 a 4,
- caracterizada por que
- la capa de protección contra el desgaste (3) comprende Ti₆₀(Mn,Fe,Cr)₂₅Si₅O₁₀, Ti₄₅Zr₃₈Ni₁₇ o Al₃₅Ni₂₀Co₂₀.
6. Elemento de álabe según una de las reivindicaciones anteriores,
- 25 caracterizada por que
- la zona de envoltura (2) está configurada de manera porosa o compacta.
7. Elemento de álabe según una de las reivindicaciones anteriores,
- caracterizada por que
- el elemento de fijación (10) es un pie de álabe y/o el material de base de álabe es un material de trabajo de TiAl.
- 30 8. Turbomáquina, en particular turbina de gas, preferentemente motor de aeronave, con un elemento de álabe, en particular según una de las reivindicaciones anteriores, y un alojamiento (11), en el que está dispuesto el elemento de álabe, comprendiendo el elemento de álabe un elemento de fijación (10), con el que el elemento de álabe está dispuesto en el alojamiento de la turbomáquina, presentando el elemento de álabe en la zona del elemento de fijación (10) un material de base de álabe, presentando el alojamiento en la zona de una superficie de contacto con
- 35 el elemento de fijación (10) una superficie de alojamiento, que está formada por un material de superficie de alojamiento, que presenta una ductilidad mayor que el material de base de álabe, caracterizada por que la superficie de alojamiento (2) está formada por un material de trabajo pseudo- o superelástico.
9. Turbomáquina según la reivindicación 8,
- caracterizada por que
- 40 la superficie de alojamiento (2) está formada por un revestimiento.
10. Turbomáquina según una de las reivindicaciones 8 a 9,
- caracterizada por que
- la superficie de alojamiento (2) está formada por una aleación pseudo- o superelástica a base de Co-Ni-Al, Co-Ni-

Ga, Al-Ni-Co o Ni-Mn-Ga, en particular por Al₃₅Ni₂₀Co₂₀ o Ni₂MnGa.

11. Turbomáquina según una de las reivindicaciones 8 a 10,

caracterizada por que

la superficie de alojamiento (2) está configurada de manera porosa o compacta.

5 12. Turbomáquina según una de las reivindicaciones 8 a 11,

caracterizada por que

el elemento de fijación (10) es un pie de álabe y el alojamiento (11) es un alojamiento de pie de álabe y/o el material de base de álabe es un material de trabajo de TiAl.

10 13. Procedimiento para la producción de una turbomáquina según una de las reivindicaciones 8 a 12, en el cual se facilita un alojamiento, en el que puede disponerse un elemento de álabe, comprendiendo el elemento de álabe un elemento de fijación, con el que el elemento de álabe se dispone en el alojamiento de la turbomáquina, y presentando el elemento de álabe en la zona del elemento de fijación un material de base de álabe, revistiéndose el alojamiento en la zona de una superficie de contacto con el elemento de fijación con un material de superficie de alojamiento, que presenta una ductilidad mayor que el material de base de álabe, caracterizado por que el material de superficie de alojamiento está formado por un material de trabajo pseudo- o superelástico, efectuándose el revestimiento mediante pulverización cinética de gas frío, procedimiento de pulverización térmica o mediante deposición en fase gaseosa.

15 14. Procedimiento para la producción de un elemento de álabe de una turbomáquina según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el cual se facilita un cuerpo de base de álabe con un elemento de fijación, con el que el elemento de álabe puede disponerse en un alojamiento de la turbomáquina, estando formado el cuerpo de base de álabe por un material de base de álabe, y disponiéndose sobre el cuerpo de base de álabe una zona de envoltura por medio de revestimiento, comprendiendo la zona de envoltura un material de envoltura, que es más dúctil que el material de base de álabe del cuerpo de base de álabe,

caracterizada por que

25 el material de envoltura es un material de trabajo pseudo- o superelástico, que se aplica mediante pulverización cinética de gas frío, procedimiento térmico de pulverización o mediante deposición en fase gaseosa.

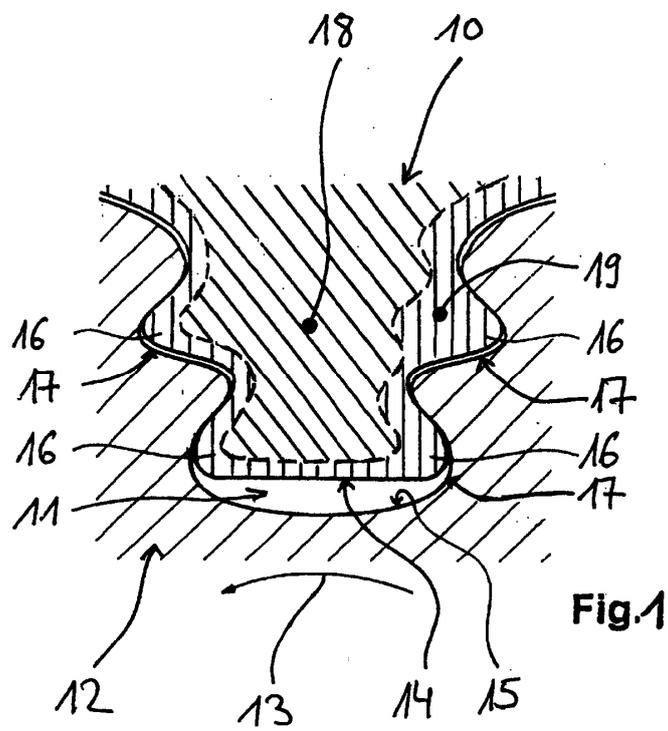


Fig.1

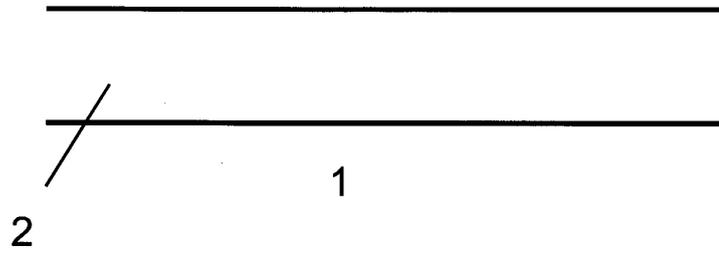


Fig. 2

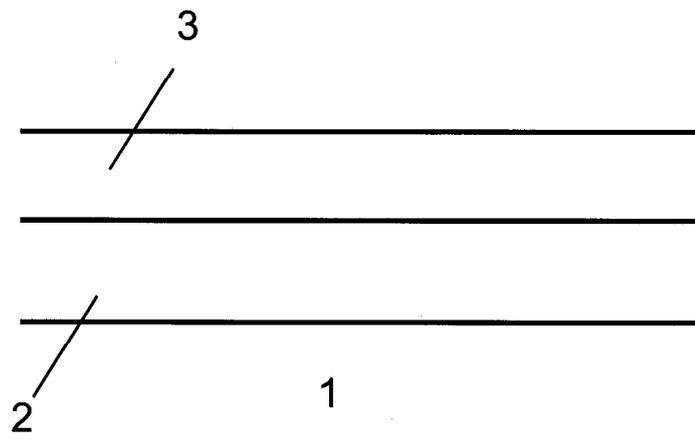


Fig. 3