

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 197**

51 Int. Cl.:

F01D 21/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2014** E 14177235 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017** EP 2829687

54 Título: **Método para fabricar una carcasa de confinamiento**

30 Prioridad:

23.07.2013 DE 102013214389

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

08.11.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**HILLER, SVEN-JÜRGEN;
GEIGER, PETER;
BAYER, ERWIN;
HESS, THOMAS;
WITTMER, JENS;
KUFNER, PETRA y
STANKA, RUDOLF**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 641 197 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

Método para fabricar una carcasa de confinamiento

Antecedentes de la invención

Ámbito de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una parte de carcasa para una turbomáquina, como por ejemplo una turbina de gas estacionaria o un motor de aeronave, la cual rodea en sentido periférico, al menos en parte, al canal de flujo de la turbomáquina e incluye una pared que discurre en sentido periférico, en cuyo lado exterior radial están configuradas estructuras absorbentes de energía, las cuales absorben energía en gran medida con una acción mecánica dirigida hacia fuera de manera radial.

10 Estado de la técnica

En el caso de las turbomáquinas, tales como turbinas de gas estacionarias o motores de aeronave, en el compresor o la turbina se emplean aspas de rotor que funcionan rápidamente, las cuales se mueven a gran velocidad alrededor de un eje de rotación a lo largo del eje longitudinal (dirección axial) de la turbomáquina. Debido a las altas velocidades de rotación de las aspas de rotor existe el peligro de que, al romperse un aspa de rotor, un fragmento del aspa de rotor perfora la carcasa circundante a causa de las altas fuerzas centrífugas y, además, cause daños a la turbomáquina. En particular, en el caso de los motores de aeronaves se deben impedir fragmentos de aspas de rotor al abandonar la carcasa, con el fin de evitar que, a causa de los fragmentos que salen, se produzcan daños en la estructura de la aeronave, como por ejemplo en las alas o en la cabina de pasajeros.

15 Por lo tanto, es conocido prever un denominado confinamiento en la carcasa (confinamiento de carcasa), el cual presenta estructuras absorbentes de energía, con el fin de impedir fragmentos al salir de la carcasa, en donde la energía cinética de los fragmentos de las estructuras que absorben energía del confinamiento de carcasa es absorbida, o bien reducida. Ejemplos de partes de carcasa de este tipo están descritos en el documento US 6.979.172 B1, el documento US 5.403.148 A, el documento US 4.547.122 A, el documento EP 0286815 B1, el documento DE 10 2007 042 767 A1, el documento DE 19956444 B4, el documento EP 1726787 A2, el documento 20 US 2006/0165519 A1 y el documento EP 1589195 A1.

En estos documentos están descritas diferentes ejecuciones de estructuras absorbentes de energía, como por ejemplo azulejos cerámicos alojados en carcasas metálicas, la disposición de plásticos reforzados con fibra, así como la previsión de estructuras de cuña o espumas metálicas y la disposición de distintas combinaciones de materiales. No obstante, los confinamientos de carcasa descritos están contruidos o bien de forma muy compleja, con el fin de alcanzar un buen efecto absorbente de energía y, por consiguiente, de difícil fabricación, o bien están contruidos de manera sencilla y, por ende, de fácil fabricación, aunque en este caso sufren de una deficiente absorción de energía. Por consiguiente, se debe hallar un compromiso equilibrado entre las estructuras absorbentes de energía ventajosas y una fabricación sencilla.

25 Un procedimiento de conformidad con el preámbulo de la reivindicación 1 es conocido del documento DE 10 2011 108957 A1. En aras de la integridad, cabe mencionar además los documentos FR 2 663 412 A1, FR 2 581 400 A1 y EP 2 305 985 A2.

Descripción de la invención

Misión de la invención

30 Por lo tanto, es misión de la presente invención proporcionar un procedimiento para la fabricación de una carcasa con un confinamiento (zona de refuerzo), en donde la carcasa garantiza una absorción de energía lo más óptima posible y, por lo tanto, una retención segura de fragmentos de aspas de rotor en la carcasa y que, por otra parte, tiene que ser fácil de fabricar.

Solución técnica

45 Este problema se soluciona por medio de un procedimiento para la fabricación de una parte de carcasa para una turbomáquina con las características de la reivindicación 1. Ejecuciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

La invención se basa en el reconocimiento de que estructuras absorbentes de energía complejas, las cuales posibilitan una óptima absorción energética de la energía cinética de fragmentos de aspas de rotor, se pueden generar por capas mediante procedimientos de fabricación generativos. Por lo tanto, por medio de procedimientos de fabricación generativos se pueden fabricar de manera fácil estructuras absorbentes de energía muy complejas, de forma que el conflicto de objetivos se puede resolver, por una parte, con estructuras absorbentes de energía, las cuales presentan un cierto grado de complejidad y, por otra parte, con procedimientos de fabricación sencillos.

Como procedimientos de fabricación generativos se pueden emplear diferentes procedimientos, en los cuales es

5 posible una construcción por capas de un componente a partir de materiales en polvo, como por ejemplo soldadura por láser selectiva o soldadura por haz de electrones selectiva, en las cuales, por medio de rayos láser o haces de electrones se sueldan entre sí partículas de material en forma de polvo en las zonas de capas de polvo, en donde debe producirse el componente correspondiente. De la misma forma, por medio de rayos láser o haces de electrones también se pueden sinterizar entre sí partículas de polvo, de manera que también se puede emplear una sinterización por rayos láser selectiva o una sinterización por haces de electrones selectiva. Además, se pueden fabricar componentes por capas mediante inyecciones de aire frío de polvo, en donde las partículas de polvo se inyectan a gran velocidad, de forma que éstas se sueldan en frío. Por consiguiente, este procedimiento también se puede emplear para la fabricación generativa de partes de carcasa correspondientes. Además, también se pueden emplear otros procedimientos de fabricación generativos, en los cuales las partículas de polvo se unen entre sí por capas.

15 Por lo tanto, como estructuras absorbentes de energía se pueden fabricar geometrías de componentes complejas y/o asociaciones de materiales, las cuales posibilitan una absorción de energía óptima con respecto a una acción mecánica dirigida hacia fuera de manera radial por medio de fragmentos de aspas de rotor. Por geometrías de componentes complejas se entienden en este caso formas de componentes, las cuales, mediante un movimiento y/o deformación correspondiente, pueden absorber la mayor cantidad de energía posible de un fragmento que sale de un aspa de rotor. De forma adicional o como alternativa, se pueden emplear asociaciones de materiales, esto es, componentes de diferentes materiales o componentes materiales, con el fin de reducir de manera eficaz la energía cinética de los fragmentos que salen.

20 Las estructuras geométricas pueden incluir estructuras de cavidad hueca, estructuras de esfera hueca, estructuras de panel, estructuras de capas, estructuras de fibras, estructuras de tejidos, estructuras de rejillas, estructuras de cadenas, estructuras de mallas, estructuras que se extienden de manera radial y demás estructuras de deformación.

25 Por estructuras de cavidad hueca se entienden estructuras, en las cuales están previstas cavidades huecas definidas, de manera que el material circundante puede sufrir una deformación correspondiente o una rotura, sin que una fisura que se cree pueda extenderse inmediatamente por todo el componente. De conformidad con la invención, la estructura de cavidad hueca incluye una disposición de esferas huecas, las cuales están unidas entre sí de forma fija. Además, también pueden estar previstas estructuras de panel, esto es, estructuras en forma de paneles de abejas. Como estructuras de cavidad hueca se pueden utilizar asimismo estructuras de rejillas, las cuales pueden estar formadas por medio de nervios conectados entre sí en sentido transversal en forma de un entramado. Por rejillas no solo se entiende en este caso una cuadrícula en el sentido matemático, sino cualquier tipo de disposición de partes a modo de nervio en forma bidimensional o dimensional formando espacios intermedios.

30 Por estructuras de fibras se entienden estructuras, en las cuales se disponen materiales de fibras con o sin material matriz circundante, o bien embuticiones a lo largo de la pared que rodea el canal de flujo, en donde la dirección longitudinal de las fibras puede estar orientada en sentido periférico en torno al canal de flujo. De forma adicional o como alternativa, las fibras también pueden estar dispuestas, no obstante, en una dirección longitudinal, a saber, en paralelo a la dirección axial, en la parte de carcasa. Como fibras pueden tenerse en cuenta distintos materiales fibrosos, como por ejemplo fibras de plástico y, en particular, fibras de aramida.

40 Por estructuras de tejidos se entienden estructuras de formaciones filiformes, las cuales se cruzan transversalmente entre sí con el objetivo de formar un tejido. En particular, los hilos en la estructura de tejido se pueden cruzar entre sí perpendicularmente y varios tejidos planos pueden estar dispuestos uno encima de otro. En comparación con las estructuras trenzadas, en las cuales los hilos están únicamente entrelazados uno dentro de otro en la dirección de su extensión longitudinal, las estructuras de tejidos ofrecen estructuras especialmente estables y, por lo tanto, absorbentes de energía gracias a sus hilos o formaciones filiformes dispuestos de manera transversal uno con otro y, en particular, perpendicularmente. Además, los hilos, o bien las formaciones filiformes no pueden estar unidos entre sí de manera fija en sus puntos de cruce, de forma que estos se pueden mover relativamente uno con el otro. Esto posibilita, en el caso de una disposición de la estructura de tejido plana que discurre en paralelo a o dentro de la pared circundante en la dirección periférica de la parte de carcasa con un fragmento que sale de manera radial de un aspa de rotor, que se absorba una primera parte de la energía cinética del fragmento por medio de un tensado recíproco correspondiente de los hilos del tejido. Lo mismo es válido para estructuras reticulares de hilos o formaciones filiformes o estructuras de cadenas con eslabones dispuestos uno dentro del otro.

55 Las estructuras de tejidos pueden presentar en particular hilos con una estructura de onda, los cuales forman valles de ondas y crestas de ondas, en donde los valles y las crestas están distanciados. Además, en estas estructuras de tejidos se pueden entretejer nervios de refuerzo, las cuales limitan el movimiento de los hilos al tensarse en caso de que aparezca un fragmento y favorecen la absorción de la energía.

En el caso de estructuras de tejidos de este tipo, las cuales pueden estar dispuestas en una o varias capas a lo largo de la superficie circunferencial en torno al canal de flujo, los fragmentos que salen de manera radial conducen a un tensado de la estructura de tejidos y a una primera absorción de energía provocada de este modo, antes de que otra energía sea absorbida por deformación elástica y deformación plástica hasta la rotura de los hilos del tejido.

En el caso de las estructuras de cadenas absorbentes de energía, puede tratarse de cadenas lenticulares individuales con eslabones entrelazados entre sí en unión continua o de estructuras de cadenas planas, esto es, bidimensionales, o espaciales, esto es, tridimensionales, con cadenas lineales dispuestas una sobre otra y una al lado de otra, las cuales pueden estar además encadenadas entre sí. Tanto las estructuras de cadenas como también las estructuras de mallas y/o las estructuras de tejidos pueden estar dispuestas una sobre otra en una o varias capas, en particular en la dirección radial.

Por estructuras de pliegue se entienden estructuras, en las cuales se produce un determinado pliegue, cuando en la dirección radial se efectúa una acción mecánica, como por ejemplo la aparición de un fragmento de un aspa de rotor. Por ejemplo, una estructura de pliegue puede estar formada por una estructura de acordeón, en la cual están dispuestos de manera angular el uno con el otro varios elementos planos con forma de placa, de manera que en las zonas de unión entre los elementos con forma de placa se hace necesario un trabajo de deformación, cuando los elementos planos con forma de placa se comprimen el uno contra el otro y la estructura de pliegue se pliega. De la misma manera, pueden estar previstas estructuras con forma de meandro o estructuras similares, en las cuales, por medio del plegado, o bien la compresión, se debe realizar el trabajo de deformación. Estas estructuras de pliegue pueden estar previstas como estructuras individuales en una zona de refuerzo (confinamiento de carcasa) de una parte de carcasa o varias estructuras de pliegue pueden estar dispuestas una al lado de la otra en la dirección axial. Además, pueden estar previstas otras estructuras de deformación, en las cuales, con una deformación en la dirección radial, es posible una alta absorción de energía, las cuales presentan formas diferentes. En particular, pueden estar dispuestas estructuras que se extienden de manera radial, esto es, elementos constructivos, o bien componentes con la dimensión máxima en la dirección radial en la zona de refuerzo (confinamiento), con el objetivo de reducir de manera eficaz la energía cinética de un fragmento de un aspa de rotor cuando éste aparece.

Por medio de los procedimientos de fabricación generativos se pueden realizar tanto estructuras, las cuales se fabrican completamente de manera generativa, como también estructuras, en las cuales solamente se fabrican de manera generativa algunas partes, mientras que otras partes se generan de manera convencional. De conformidad con la invención, se fabrican partes de carcasa con zonas de refuerzo (confinamiento), las cuales presentan como mínimo en parte una estructura de doble pared metálica, la cual incluye una cavidad de la carcasa, en la cual están dispuestas esferas huecas de material cerámico, las cuales se unen entre sí por adherencia de materiales, por ejemplo, mediante sinterización o mediante aglomerantes. En este caso, la estructura de doble pared metálica se genera mediante un procedimiento de fabricación generativo, mientras que las esferas huecas de material cerámico se introducen posteriormente en la cavidad y, allí, mediante sinterización o un aglomerante debidamente vertido, se unen entre sí por adherencia de materiales. En particular, el proceso de sinterización también se puede favorecer por medio de un nanopolvo cerámico o por medio de un compuesto metálico organometálico.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS Otras ventajas, particularidades y características de la presente invención se hacen evidentes con la siguiente descripción detallada de los ejemplos de realización por medio de los dibujos adjuntos. Los dibujos muestran de forma puramente esquemática en

- la Fig. 1, un corte longitudinal parcial a lo largo de la dirección axial de una turbomáquina;
- la Fig. 2, un corte transversal de una parte de carcasa con montaje generativo;
- la Fig. 3, un diagrama que muestra la secuencia de procedimiento de fabricación de la parte de carcasa de la Fig. 2;
- la Fig. 4, una vista de sección a través de otra forma de realización no de conformidad con la invención de una parte de carcasa;
- la Fig. 5, una vista de sección a través de otra forma de realización no de conformidad con la invención de una parte de carcasa;
- la Fig. 6, otra vista de sección de una parte de carcasa no de conformidad con la invención;
- la Fig. 7, una representación de una estructura de tejidos de una estructura absorbente de energía y en
- la Fig. 8, una vista de sección de otro ejemplo de realización no de conformidad con la invención de una parte de carcasa.

EJEMPLOS DE REALIZACIÓN

Aunque la presente invención se describe en detalle por medio de los siguientes ejemplos de realización, para el experto en la materia resulta obvio que la invención no está limitada a estos ejemplos de realización.

La Fig. 1 muestra una sección parcial a través de una turbomáquina, como por ejemplo un motor de aeronave, con una parte de carcasa 1, la cual rodea un canal de flujo 2, el cual se extiende de manera axial a lo largo del eje longitudinal 3. En el canal de flujo 2 están montados discos giratorios 4, en los cuales están dispuestas aspas de rotor 5. Las aspas de rotor 5 se mueven a gran velocidad de rotación en torno al eje longitudinal 3, tal y como está señalado por medio de la flecha. Si, por ejemplo, un aspa de rotor 5 llega a romperse por la intrusión de un cuerpo

extraño o por cualquier otro motivo, entonces el fragmento 5' del aspa de rotor 5 es acelerado hacia fuera de manera axial debido a las fuerzas centrífugas, amenazando así con perforar la carcasa 1. No obstante, para evitar que se dañen los componentes colindantes con la turbomáquina, como por ejemplo las alas de los aviones, debido a los fragmentos 5' que salen hacia fuera, en la parte de carcasa 1 correspondiente están previstas en las zonas, en las cuales están dispuestas espas de rotor, zonas de refuerzo 6, las cuales están configuradas con estructuras absorbentes de energía, las cuales absorben la energía de los fragmentos rotos y pueden reducirla, de manera que los fragmentos 5' no pueden salir de la carcasa 1.

En el ejemplo de realización de la Fig. 1 las zonas de refuerzo 6 están configuradas como estructuras de doble pared selladas de la carcasa 1, las cuales incluyen una cavidad hueca de carcasa, en la cual está dispuesta una estructura hueca 7 de material cerámico.

De conformidad con la invención, la parte de carcasa 1 se fabrica mediante un procedimiento de fabricación generativo, como soldadura láser selectiva.

Como puede observarse en la Fig. 2, el montaje de la parte de carcasa 1 se realiza a lo largo del eje longitudinal, o bien de la dirección axial, tal y como está representado por medio de la flecha 9.

La parte de carcasa 1 se construye en este caso de manera generativa a partir de un material metálico, en donde se aplica por capas polvo metálico. La parte de carcasa 1 incluye en este caso fundamentalmente una pared 8 cilíndrica que rodea el canal de flujo, la cual está configurada con doble pared en la zona de refuerzo 6, con el fin de formar una cavidad hueca de carcasa, en la cual se pueden colocar las esferas huecas de material cerámico.

Como se desprende de la Fig. 3 con las imágenes parciales a) a d), la estructura de doble pared 8 se construye en un primer momento de manera generativa en la zona de refuerzo 6, con el fin de configurar la cavidad de carcasa 10. De forma continua con el montaje de la cavidad de carcasa 10 o por pasos tras la finalización parcial o total de la cavidad de carcasa 10 las esferas huecas 11 de material cerámico se rellenan con o sin un aglomerante, como por ejemplo un compuesto de platino orgánico. Tras el sellado total de la cavidad de carcasa 10 con la estructura de doble pared 8, se aplica a la parte de carcasa 1 un tratamiento térmico, con el fin de sinterizar las esferas huecas de material cerámico y, en su caso, el aglomerante introducido. Por ejemplo, como aglomerante se pueden utilizar nanopartículas de material cerámico, para facilitar una unión entre sí por adherencia de materiales de las esferas huecas de material cerámico. En caso de utilizarse un aglomerante organometálico, como por ejemplo un compuesto de platino organometálico, el tratamiento térmico también puede realizarse antes del sellado de la cavidad de carcasa 10, con el fin de permitir que el componente orgánico, el cual se descompone con el tratamiento térmico, salga de la cavidad de carcasa 10.

Con el procedimiento de fabricación mostrado en la Fig. 3 en las imágenes parciales a) a d) se pueden generar de manera rentable y sencilla geometrías de componentes complejas y asociaciones de materiales como estructuras absorbentes de energía. En el ejemplo de realización de las Figs. 1 a 3 se puede configurar una estructura de doble pared 8 con la forma que se desee a partir de un material metálico y combinarse con una estructura de esfera hueca 7 de material cerámico, con el fin de evitar que fragmentos 5' de espas de rotor salgan de la carcasa 1. Si, en concreto, un fragmento 5' impacta en la zona de refuerzo 6 de la carcasa 1, el fragmento 5' debe atravesar en primer lugar la zona marginal dispuesta en el interior de forma radial de la estructura de doble pared 8 metálica y, después, la estructura de esfera hueca 7 de material cerámico, en donde por medio de la deformación de la estructura de pared hueca metálica y de la estructura de esfera hueca de material cerámico se absorbe tanta energía que se obstaculiza que el fragmento 5' salga de la carcasa 1.

La Fig. 4 muestra otra parte de carcasa 1' no de conformidad con la invención con una zona de refuerzo 6', en la cual está prevista otra forma de realización de una estructura absorbente de energía. La estructura absorbente de energía de la forma de realización de la Fig. 4 está formada por varias estructuras de pliegue 13 paralelas, dispuestas una junto a la otra en la dirección axial y orientadas de manera radial, cuya extensión longitudinal, esto es, la dirección con la mayor dimensión longitudinal, está orientada de manera radial. La estructura de pliegue 13 está formada por una pluralidad de zonas de placas 21, las cuales están dispuestas una con otra en ángulo agudo a lo largo de bordes 23, en donde los bordes 22 están dispuestos en la dirección radial uno detrás de otro y alternativamente desplazados de manera axial, de manera que se produce una estructura de acordeón. Al impactar un fragmento 5', la estructura de pliegue 13 se dobla a lo largo de los bordes 22, de forma que la zona de placas 21 se mueven una tras otra. De esta manera se consume energía de deformación y, al mismo tiempo, se proporciona un tramo de pared más grueso, el cual debe ser atravesado por el fragmento 5' que impacta.

La Fig. 5 muestra otra forma de realización no de conformidad con la invención de una parte de carcasa 1'' con una zona de refuerzo 6'' que, de igual manera a la zona de refuerzo 6' de la Fig. 4 con la estructura de pliegue 13, se puede fabricar completamente de manera generativa, de manera que no sólo se puede fabricar de manera generativa la estructura de doble pared de la zona de refuerzo 6'', sino también la estructura absorbente de energía introducida en la cavidad de carcasa. Por lo tanto, de esta manera se pueden realizar geometrías de componentes y/o asociaciones de materiales complejas, los cuales garantizan una alta absorción de energía.

5 En el caso de la forma de realización de la Fig. 5 la estructura absorbente de energía está formada por medio de una estructura de capas 14, la cual está configurada a base de varias capas individuales dispuestas una encima de otra en la dirección radial, en donde las capas individuales pueden estar formadas a partir de distintos materiales. Además, en las capas individuales pueden realizarse diferentes geometrías de componentes, como por ejemplo estructuras de cavidad, estructuras de panal, estructuras de rejillas y otras similares.

10 La Fig. 6 muestra otra forma de realización más no de conformidad con la invención de una parte de carcasa 1''' con una zona de refuerzo 6''', en la cual están previstas varias estructuras absorbentes de energía en forma de inserciones 15, las cuales pueden estar dispuestas respectivamente en cavidades de carcasa separadas o en una cavidad de carcasa común. En el ejemplo de realización de la Fig. 6 están configuradas las inserciones 15 como inserciones 15 dispuestas una con la otra de manera radial una encima de otra y colocadas de manera axial.

La Fig. 7 muestra una estructura de tejido 16, la cual puede formar, por ejemplo, una inserción 15 de la parte de carcasa 1'''.

15 La estructura de tejido 16 está formada a partir de dos capas, las cuales están respectivamente tejidas a partir de varios hilos paralelos 17 y 18, en donde los extremos de los hilos 17 y 18 están unidos el uno al otro de manera fija. En medio los hilos 17, 18 están entretejidos mutuamente, esto es, cruzados. En la zona de cruce 19 de la estructura de tejido 16 los hilos 17, 18 no están unidos el uno al otro de manera fija, sino que se pueden mover en relación el uno con el otro. Los hilos paralelos 17, 18 forman respectivamente una estructura de onda con correspondientes valles de ondas y crestas de ondas, en donde entre las crestas de ondas de un grupo de hilos y los valles de ondas del otro grupo de hilos están formados espacios intermedios, en los cuales están dispuestos nervios de refuerzo 20.

20 En el caso de una estructura de tejido 16 de este tipo, un fragmento 5' que impacta de un aspa de rotor 5 puede provocar en primer lugar un movimiento de los hilos 17, 18 el uno con el otro, de manera que los hilos se tensan, en donde se evita un movimiento demasiado amplio de los hilos 17, 18 por medio de los nervios de refuerzo 20. Mediante el tensado de los hilos 17, 18 en la estructura de tejido 16 se absorbe ya energía. Adicionalmente, se absorbe más energía por medio de la deformación elástica de los hilos 17, 18 y de los nervios de refuerzo 20.

25 Además, para la penetración de un fragmento 5' se necesitaría reunir energía para la rotura de los hilos 17, 18, de manera que con una estructura de este tipo se proporcione una protección eficaz para que ningún fragmento de aspas de rotor 5 salga de la carcasa de una turbomáquina.

Una compleja estructura de tejido 16 de este tipo, tal y como está mostrada en la Fig. 7, también puede generarse por medio de procedimientos de fabricación generativos.

30 La Fig. 8 muestra otra forma de realización más no de conformidad con la invención de una parte de carcasa 1'''' con una zona de refuerzo 6'''''. En el caso de la forma de realización de la Fig. 8 no está prevista ninguna estructura de doble pared, sino únicamente una pared 8 que rodea el canal de flujo en la dirección perimetral, en cuyo lado exterior de manera radial está prevista una estructura absorbente de energía en forma de una estructura de cadena 23. La estructura de cadena se compone de una pluralidad de eslabones, los cuales están dispuestos uno dentro del otro en una estructura tridimensional a modo de cota de malla. Una estructura de este tipo también se puede fabricar de forma rentable mediante un procedimiento de fabricación generativo. A pesar de la disposición de la estructura de cadena 23 de manera radial hacia fuera en una pared individual de la parte de carcasa, una estructura de cadena 23 de este tipo puede preverse también en una cavidad de carcasa, por ejemplo, como inserción 15.

35

40 Aunque la presente invención se ha descrito de manera detallada por medio de los ejemplos de realización, para un experto en la materia resulta obvio que la invención no está limitada a estos ejemplos de realización, sino que, más bien, son posibles modificaciones de modo que se pueden omitir características individuales o realizarse otro tipo de combinaciones de características, siempre y cuando no se salga del ámbito de protección de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la fabricación de una parte de carcasa para la zona de las aspas de rotor de una turbomáquina, en donde la parte de carcasa rodea un canal de flujo de una turbomáquina al menos en parte en la dirección perimetral e incluye una pared (8) circundante en la dirección circunferencial, en cuyo lado exterior de manera radial están configuradas estructuras absorbentes de energía, las cuales, con una acción mecánica orientada hacia fuera de manera radial, absorben un alto grado de energía de deformación, en donde la parte de carcasa (1) está construida por capas al menos en parte con un procedimiento de fabricación generativo, caracterizado, por que
- 10 la parte de carcasa (1) se construye de manera generativa en la dirección axial como cilindro hueco metálico con al menos en parte estructura de doble pared, la cual define entre sí una cavidad de carcasa (10), en donde en la cavidad de carcasa se introducen, de manera continua o por pasos tras la finalización de al menos partes de la cavidad de carcasa, esferas huecas (11) de material cerámico en la cavidad de carcasa, en donde con las esferas huecas de material cerámico se introduce en la cavidad de carcasa un aglomerante y las esferas huecas (11) de material cerámico se unen entre sí mediante sinterización por adherencia de materiales.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado, por que el procedimiento de fabricación generativo se elige de soldadura selectiva, soldadura por haz de electrones selectiva, sinterización por rayos láseres selectiva, sinterización por haces de electrones selectiva e inyecciones de gas frío.
- 20 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado, por que las estructuras absorbentes de energía incluyen geometrías de componentes complejas y/o uniones de materiales a base de diferentes materiales metálicos y/o diferentes materiales cerámicos y/o diferentes materiales poliméricos y/o combinaciones de ellos.
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado, por que además, las geometrías de componentes incluyen al menos un elemento del grupo, las estructuras de panel, estructuras por capas (14) con capas estratificadas en la dirección radial, estructuras de fibras, estructuras de tejidos, estructuras de cadena, estructuras de mallas, estructuras de pliegues (13), estructuras de deformación y
- 30 estructuras que se extienden de manera radial.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado, por que como aglomerante en la cavidad de carcasa se introduce un aglutinante organometálico o un nanopolvo de material cerámico.
- 35 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado, por que las estructuras absorbentes de energía presentan al menos otra estructura absorbente de energía, la cual está seleccionada del grupo que presenta estructuras de tejidos, estructuras de rejillas, estructuras de cadena, estructuras de mallas, estructuras de pliegue (13), estructuras de deformación y estructuras con extensión
- 40 longitudinal que se extienden de manera radial.
7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado, por que las otras estructuras absorbentes de energía se forman a partir de un tejido (16) con al menos dos estructuras (17, 18) filiformes dispuestas en transversal la una a la otra y que se cruzan, las cuales se pueden mover en sus puntos de cruce en relación una con la otra, en donde las estructuras filiformes están unidas entre sí de manera fija en sus extremos y/o incluyen entre sí nervios de refuerzo (20), en donde las estructuras filiformes presentan en particular en la dirección radial elevaciones e inclinaciones onduladas.
- 45

8. Procedimiento según la reivindicación 6,

caracterizado, por que

5 las otras estructuras absorbentes de energía se forman a partir de una cadena o una estructura de cadena lisa o multidimensional con varias cadenas encadenadas la una a la otra en paralelo con una pluralidad de eslabones entrelazados entre sí.

9. Procedimiento según la reivindicación 6,

caracterizado, por que

10 las otras estructuras absorbentes de energía se configuran como estructuras de acordeón (13), en las cuales los bordes de pliegue transcurren en la dirección circunferencial y están dispuestos en la dirección radial uno detrás del otro y, alternativamente, desplazados de manera axial el uno al otro, de manera que estos están orientados en la dirección radial para un plegamiento.

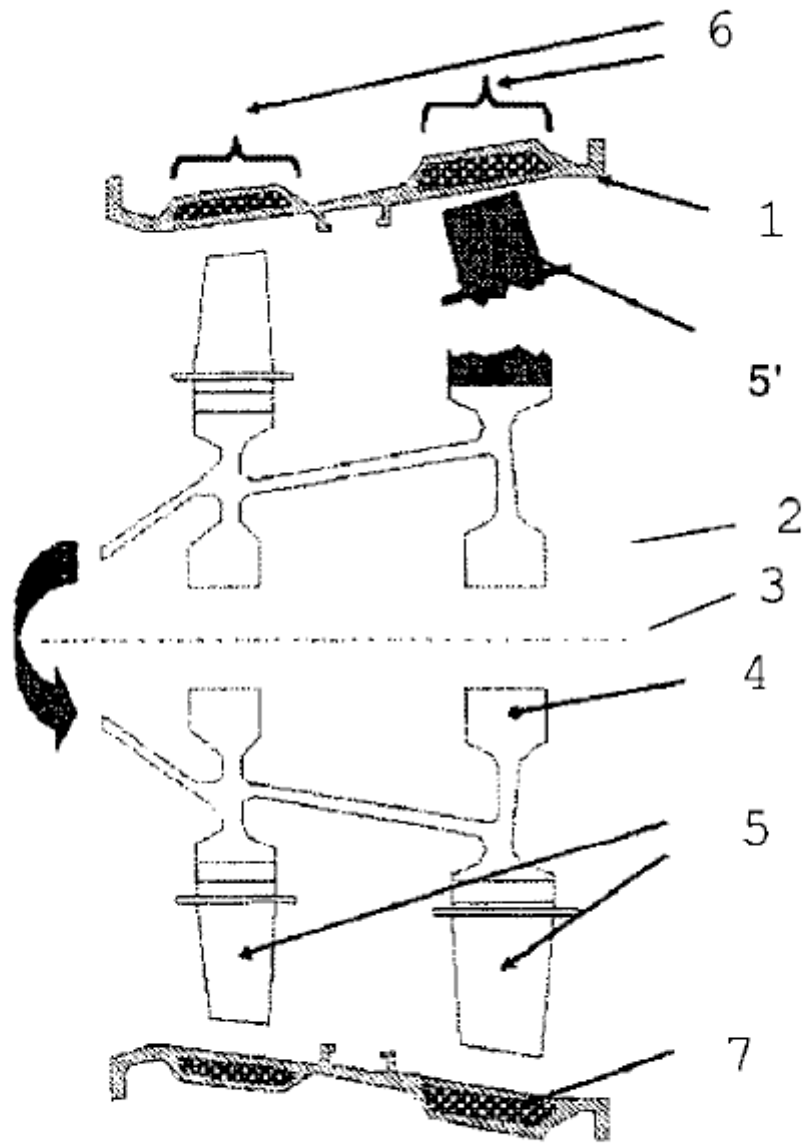


Fig. 1

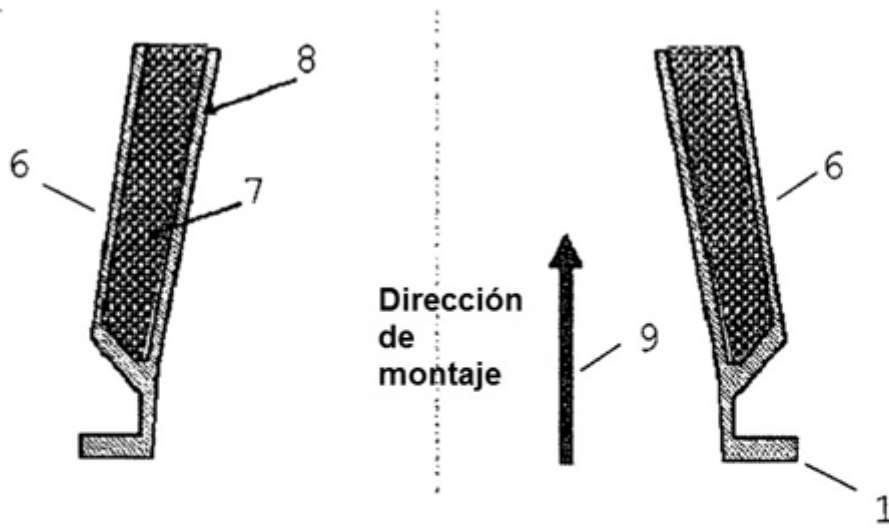


Fig. 2

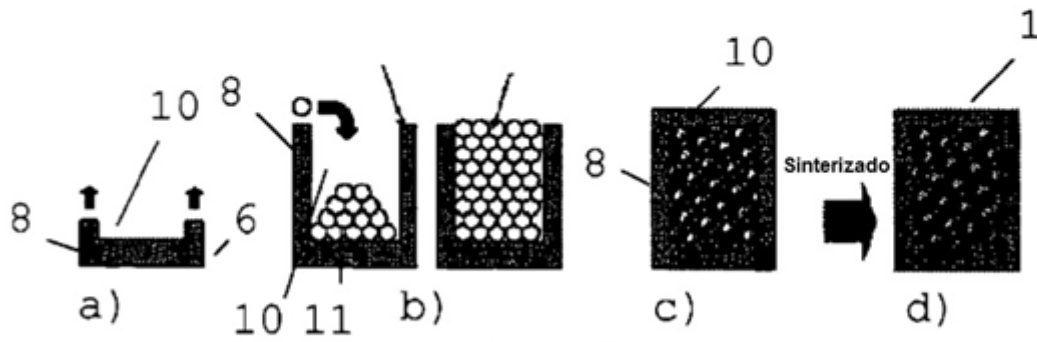


Fig. 3

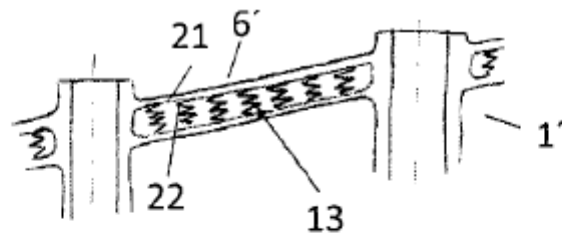


Fig. 4

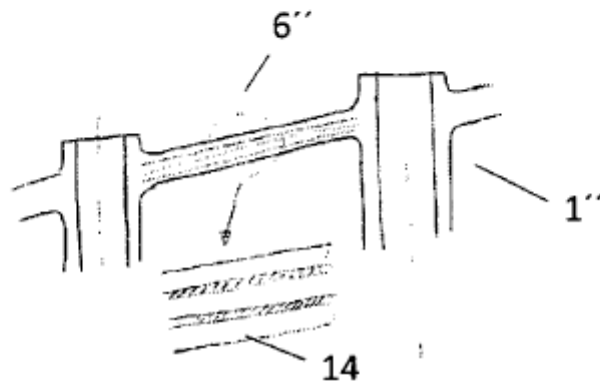


Fig. 5

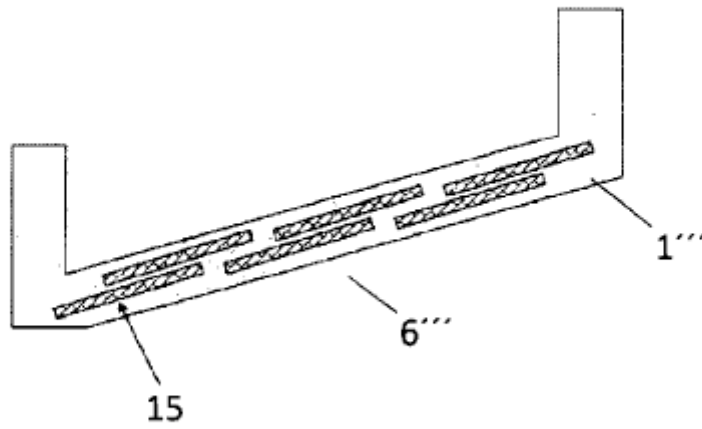


Fig. 6

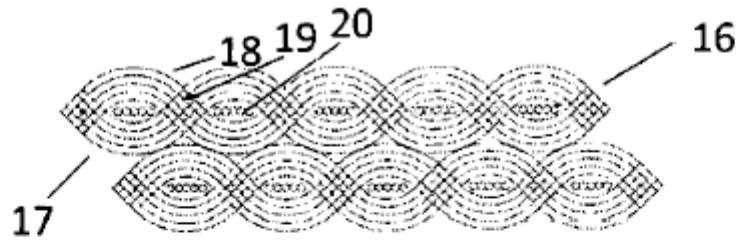


Fig. 7

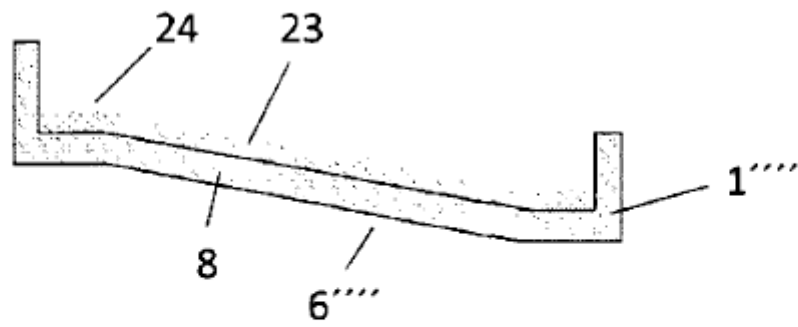


Fig. 8