

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 996**

51 Int. Cl.:

**F16C 3/02** (2006.01)

**B29C 70/88** (2006.01)

**B29C 70/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2015** **E 15169437 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018** **EP 3098462**

54 Título: **Árbol motor en ejecución híbrida**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.05.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KLÖTZER, ALEXANDER**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 668 996 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**

Árbol motor en ejecución híbrida

**Descripción**

5 La invención se refiere a un árbol motor, en particular para una turbomáquina, en ejecución híbrida según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Por el documento US 6 464 591 B1 se conoce ya un árbol motor en ejecución híbrida. El árbol motor mostrado en dicho documento comprende una pluralidad de capas superpuestas en dirección radial en al menos una zona axial parcial, alternándose capas metálicas formadas por al menos un material metálico con capas de material compuesto de fibras formadas por al menos un material compuesto de fibras. Mediante esta al menos una zona axial parcial, unos elementos de aplicación de carga, que están formados por un material metálico y dispuestos en cada caso en un extremo del árbol motor, se unen a una zona central formada exclusivamente por el material compuesto de fibras. Gracias a la estructura de capas del árbol motor, éste puede someterse a cargas sumamente altas y los elementos de aplicación de carga respectivos están particularmente bien unidos a la zona central formada por el material compuesto de fibras.

15 Este árbol motor en ejecución híbrida ya conocido presenta la desventaja de que no es muy resistente a las altas temperaturas. Muchos materiales compuestos de fibras son menos resistentes a la temperatura que los materiales metálicos. En particular, una temperatura de un material compuesto de fibras a la que éste se inflame puede ser considerablemente menor que en el caso de un material metálico. Debido a la acción de altas temperaturas, una unión de una matriz de material y fibras contenidas en la misma del material compuesto de fibras puede deshacerse al menos parcialmente y de este modo debilitar el árbol motor estructuralmente.

20 Por el documento DE 600 30 220 T2 se conoce un árbol que presenta un elemento de espacio intermedio con cavidades que se extienden en dirección longitudinal. En cada una de las cavidades está dispuesto un haz de fibras, presentando cada haz de fibras varias fibras de refuerzo unidas entre sí, definiendo el elemento de espacio intermedio una matriz metálica que rodea haces de fibras y está unida a los mismos. Al mismo tiempo, el elemento de espacio intermedio puede estar revestido con una capa metálica exteriormente en dirección radial.

25 El objetivo de la presente invención es crear un árbol motor en ejecución híbrida del tipo mencionado al principio, que sea sumamente termoestable.

30 Este objetivo se logra mediante un árbol motor con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones subordinadas respectivas se indican configuraciones ventajosas con perfeccionamientos convenientes de la invención.

35 La invención se refiere a un árbol motor, en particular para una turbomáquina, en ejecución híbrida que comprende una pluralidad de capas superpuestas en dirección radial en al menos una zona axial parcial, en el que se alternan capas metálicas, formadas por al menos un material metálico, con capas de material compuesto de fibras, formadas por al menos un material compuesto de fibras. Según la invención está previsto en este contexto que la capa radialmente más exterior de la al menos una zona axial parcial del árbol motor sea una capa metálica, que revista por completo exteriormente en dirección radial la capa de material compuesto de fibras radialmente más exterior. De este modo, la capa de material compuesto de fibras más exterior está protegida contra las altas temperaturas por la capa metálica más exterior, con lo que el árbol motor es sumamente termoestable. La capa metálica más exterior que reviste la capa de material compuesto de fibras más exterior puede, con el material metálico, disipar el calor que actúe sobre el árbol motor considerablemente mejor de lo que es posible mediante el material compuesto de fibras. En particular, la aportaciones de calor locales particularmente grandes pueden repartirse sumamente bien por todo el árbol motor. En caso dado, de este modo es posible también utilizar un material compuesto de fibras menos termoestable, con lo que es posible producir el árbol motor de un modo sumamente económico. Además, la capa metálica más exterior puede proteger sumamente bien el material compuesto de fibras contra otras influencias ambientales, como por ejemplo medios agresivos, disolventes y/o reacciones de combustión en una cámara de combustión.

45 La capa metálica puede estar configurada por ejemplo como una lámina metálica. Todas las capas metálicas y todas las capas de material compuesto de fibras pueden presentar el mismo material, pero también pueden utilizarse diferentes materiales. De este modo es posible configurar el árbol motor particularmente adaptado a la carga y/o ligero. Gracias a la capa metálica radialmente más exterior, el árbol motor presenta también una rigidez sumamente grande. Gracias a la ejecución híbrida del árbol motor, el árbol motor puede ser sumamente ligero. En particular, gracias a la estructura estratificada de las capas metálicas y las capas de material compuesto de fibras es posible transmitir al mismo tiempo sumamente bien momentos de torsión y momentos de flexión. Gracias al revestimiento metálico exterior, el árbol motor es sumamente robusto con respecto al transporte, el manejo y el montaje.

55 La capa metálica radialmente más exterior posibilita además la configuración de una superficie del árbol motor sumamente lisa. Mediante una superficie lisa se perjudica mucho menos por ejemplo un sistema de aire secundario, que puede ser por ejemplo un sistema de refrigeración, de una turbomáquina, en particular de un motor de avión.

Además, el árbol motor resulta sumamente fácil de equilibrar. Los pesos de equilibrado, en particular pesos de equilibrado metálicos, pueden fijarse muy fácilmente a la capa metálica radialmente más exterior. Por ejemplo, los pesos de equilibrado metálicos pueden soldarse fácilmente a la capa metálica. Gracias a la capa metálica radialmente más exterior, que también puede denominarse revestimiento metálico, puede predefinirse además ya una forma para la posterior estructura de capas del árbol motor. De este modo es posible una fabricación sumamente sencilla y puede garantizarse una marcha sumamente concéntrica del árbol motor.

Preferiblemente, el material compuesto de fibras se dispone en distintas capas en formaciones planas con ángulos diferentes y alternantes. Para lograr una transmisión de momento de giro particularmente buena, las fibras están orientadas preferiblemente de manera bidireccional con +/- 45 grados. Para la transmisión del momento de flexión, las fibras están orientadas preferiblemente de manera unidireccional con 0 grados. Como procedimiento de fabricación resulta adecuada por ejemplo una fabricación integral del árbol motor mediante procedimientos ECM/PECM. Los espesores de capa del árbol motor pueden ser diferentes en tamaño con arreglo a la carga. El árbol motor puede emplearse por ejemplo como un árbol de alta presión, un árbol de baja presión o un árbol para un grupo auxiliar de un motor de aviación.

Mediante un área de solapamiento particularmente grande en dirección axial entre las capas metálicas y las capas de material compuesto de fibras se logra una capacidad de carga sumamente alta del árbol motor en relación con la flexión. En suma, se obtiene un material compuesto de laminado metálico cerrado exteriormente en dirección radial y de alta capacidad de carga.

Según la invención está previsto además que en al menos una de las capas metálicas y/o en un elemento de aplicación de carga del árbol motor esté dispuesto al menos un elemento de unión geométrica en el que se apoye al menos una de las capas de material compuesto de fibras. De este modo pueden transmitirse sumamente bien momentos de giro de las capas metálicas a las capas de material compuesto de fibras y viceversa. Mediante el elemento de unión geométrica se crea una estructura sumamente adaptada a las fibras para la colocación del tejido, especialmente de *rovings*, de las capas de material compuesto de fibras. El elemento de unión geométrica puede ser por ejemplo un saliente en el elemento de aplicación de carga o en una capa metálica. En caso de varias capas, puede producirse a partir de esto una unión de material metálico-material compuesto de fibras que es sumamente resistente en relación con las fuerzas de torsión.

Según la invención está previsto además que el elemento de unión geométrica sobresalga hacia el interior de al menos una de las capas de material compuesto de fibras. De este modo, la capa de material compuesto de fibras puede seguir extendiéndose axialmente en línea recta a lo largo del árbol motor sin que sea necesario curvarla en dirección radial para lograr un apoyo en el elemento de unión geométrica. De este modo es posible una ejecución del árbol motor sumamente adaptada al material compuesto de fibras.

El al menos un elemento de aplicación de carga del árbol motor está unido al menos a la capa metálica radialmente más exterior. El elemento de aplicación de carga puede estar formado por ejemplo por un material metálico y estar dispuesto de forma axialmente adyacente a la zona axial parcial del árbol motor que está fabricada en capas. Al mismo tiempo, el elemento de aplicación de carga puede estar configurado como un componente metálico macizo. Mediante la unión a la capa metálica radialmente más exterior se obtiene una superficie lateral exterior cerrada del árbol motor, con lo que éste es sumamente robusto y termoestable. En particular, la capa metálica radialmente más exterior puede estar unida al elemento de aplicación de carga en una unión por adherencia de materiales, por ejemplo mediante soldadura por haz electrónico. Las demás capas metálicas también pueden estar unidas al elemento de aplicación de carga de forma similar. Habitualmente, un árbol motor presenta al menos en los dos extremos axiales un elemento de aplicación de carga. Este elemento de aplicación de carga funciona entonces como una especie de parte de conexión para la estructura de capas de la zona axial parcial del árbol motor. De este modo se consigue una fuerte unión del elemento de aplicación de carga con el resto del árbol motor, de manera que las fuerzas pueden transmitirse sumamente bien.

Los elementos de aplicación de carga se emplean preferiblemente en la zona en la que está dispuesta una unión árbol-cubo o árbol-árbol. En los elementos de aplicación de carga pueden transmitirse sumamente bien al árbol motor fuerzas de otros componentes. Por ejemplo puede atornillarse fácilmente otro componente a un elemento de aplicación de carga formado por un cuerpo metálico macizo para una transmisión de fuerzas. En la zona estratificada del árbol motor esto significaría en cambio una debilitación estructural del árbol motor.

En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que el árbol motor esté configurado como un árbol hueco y que la capa radialmente más interior del árbol motor sea una capa metálica, que revista por completo interiormente en dirección radial la capa de material compuesto de fibras radialmente más interior. Las ventajas de la capa metálica radialmente más interior, que reviste interiormente la capa de material compuesto de fibras radialmente más interior, son análogas a las del revestimiento metálico más exterior. Mediante tal revestimiento metálico interior puede protegerse sumamente bien la superficie interior del árbol hueco contra influencias ambientales. De este modo, el árbol motor también es sumamente termoestable y robusto en su superficie interior.

En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que al menos una capa metálica radialmente interior se extienda por una zona axial parcial menor que al menos una de las capas de material compuesto de fibras. Por

ejemplo, el árbol motor puede presentar solamente capas metálicas radialmente interiores en las zonas terminales respectivas, mientras que en una zona central presenta exclusivamente capas interiores de material compuesto de fibras. De este modo, el árbol puede presentar una proporción muy alta de material compuesto de fibras y ser así sumamente ligero y/o transmitir fuerzas sumamente altas. La capa metálica radialmente interior puede ser en este contexto cualquier capa, con excepción de la capa metálica radialmente más exterior. Es decir que también en la zona central del árbol motor está prevista siempre como capa más exterior una capa metálica. Cuando la capa metálica radialmente más interior reviste por completo interiormente en dirección radial la capa de material compuesto de fibras radialmente más interior, la capa metálica radialmente interior se trata de una capa metálica entre la capa metálica radialmente más exterior y la capa metálica radialmente más interior. En este caso, por lo tanto, en la zona central al menos una capa de material compuesto de fibras está revestida interiormente en dirección radial y exteriormente en dirección radial con, en cada caso, una capa metálica.

En otra configuración ventajosa de la invención está previsto en este contexto que la capa metálica radialmente interior que se extiende por una zona axial parcial menor que al menos una de las capas de material compuesto de fibras se extienda sólo en dos zonas axiales terminales del árbol motor. De este modo, el árbol motor puede tener en estas zonas terminales una configuración sumamente termoestable y al mismo tiempo sumamente ligera. En las dos zonas axiales terminales, las capas metálicas radialmente interiores pueden disipar las aportaciones de calor respectivas sumamente bien a otros componentes del árbol, situados a continuación de las dos zonas terminales fuera de la zona axial parcial con la estructura de capas. En una zona central del árbol motor puede estar prevista en este caso una proporción muy alta de material compuesto de fibras, con lo que el árbol motor tiene una configuración sumamente ligera.

En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que la capa metálica radialmente más exterior y/o la capa metálica radialmente más interior tengan un espesor mayor que el de las demás capas metálicas. De este modo, el árbol motor es sumamente robusto y puede disipar sumamente bien las aportaciones de calor. En particular, una capa metálica de mayor espesor, que sea la capa metálica radialmente más exterior o radialmente más interior, puede constituir muy bien una forma de partida para una fabricación de la estructura de capas posterior del árbol motor. La capa metálica radialmente más exterior y la capa metálica radialmente más interior pueden tener en este contexto un espesor diferente. Es decir que, dependiendo de los requisitos planteados al árbol motor, la capa metálica radialmente más exterior puede también tener un espesor mayor que el de la capa metálica radialmente más interior y viceversa.

En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que la capa de material compuesto de fibras esté formada por un material compuesto de fibras cerámico. En particular, el material compuesto de fibras cerámico puede tratarse de una cerámica fibrosa para altas temperaturas, por ejemplo de C/C, C/SIC o SIC/SIC. De este modo, el árbol motor es sumamente termoestable.

En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que las capas estén laminadas entre sí. Esto puede denominarse también laminado metálico. Mediante un laminado puede establecerse una unión sumamente buena entre las capas metálicas y las capas de material compuesto de fibras. En particular se consigue así una transmisión o distribución sumamente buena a las distintas capas de una aportación de calor. Así es también posible disipar bien aportaciones de calor localmente altas sin que el árbol motor se vea dañado. En caso de que el espesor de la capa metálica más exterior y/o de la capa metálica más interior sea mayor que el de las demás capas metálicas, éstas pueden servir también muy bien de útil de moldeo integrado para un laminado de las demás capas entre sí. Esto reduce nuevamente los costes de fabricación del árbol motor.

En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que al menos una fibra de la capa de material compuesto de fibras destinada a un apoyo en el elemento de unión geométrica esté enrollada alrededor del elemento de unión geométrica. De este modo, las fibras enrolladas alrededor del elemento de unión geométrica pueden someterse en muy gran medida o exclusivamente a una carga de tracción. Ésta es una carga muy adaptada al material de una capa de material compuesto de fibras, con lo que el árbol motor puede transmitir fuerzas sumamente grandes y/o ser sumamente ligero.

En otra configuración ventajosa de la invención está previsto que, para formar la al menos una zona axial parcial del árbol motor, al menos una capa metálica y una capa de material compuesto de fibras estén enrolladas en forma de espiral una sobre otra a lo largo de un eje longitudinal del árbol motor. En este caso, las capas están formadas al menos parcialmente por, por ejemplo, al menos una lámina metálica continua y al menos una formación plana de material compuesto de fibras continua. La capa metálica más exterior puede formarse en este contexto haciendo que la lámina metálica presente una vuelta más que la formación plana de material compuesto de fibras. Mediante la estructura de capas en forma de espiral del árbol motor, éste puede fabricarse de una manera sumamente rápida y económica.

Por lo tanto, el árbol motor puede fabricarse por ejemplo en un procedimiento en el que una lámina metálica, con una formación plana de material compuesto de fibras situada encima o debajo de la misma, se enrolla en forma de espiral a lo largo del eje longitudinal del árbol motor. Si el árbol motor ha de estar configurado como un árbol hueco, estas dos capas se enrollan con este fin por ejemplo sobre un núcleo, que puede retirarse a continuación. El material metálico y el material compuesto de fibras pueden unirse entre sí directamente durante el enrollamiento, en

particular mediante laminado, o a continuación del mismo. En este contexto, la capa metálica radialmente más exterior y/o la capa metálica radialmente más interior puede o pueden tener un espesor mayor que el de las capas metálicas interiores y servir de molde para un enrollamiento, una estructura de capas y/o un laminado. Por ejemplo, todas las capas interiores pueden producirse mediante el enrollamiento descrito de la lámina metálica sobre una formación plana de material compuesto de fibras, y la capa más exterior puede producirse mediante la unión subsiguiente de una envoltura metálica. Esta envoltura metálica puede consistir por ejemplo también en dos cubiertas que se unen, especialmente se sueldan, entre sí. La zona axial parcial del árbol motor en la estructura de capas puede cerrarse en sus extremos radiales respectivos mediante los elementos de aplicación de carga. Las capas metálicas pueden unirse a los elementos de aplicación de carga, especialmente mediante un soldeo.

De la descripción siguiente de un ejemplo de realización preferido, así como del dibujo, se desprenden otras ventajas, características y detalles de la invención. Las características y combinaciones de características anteriormente mencionadas en la descripción, así como las características y combinaciones de características mencionadas a continuación en la descripción de las figuras y/o mostradas sólo en las figuras, no son utilizables solamente en la combinación respectivamente indicada, sino también en otras combinaciones o por separado, sin abandonar el marco de la invención.

Muestran:

Fig. 1 en una vista en sección de un detalle, una zona axial parcial de un árbol motor con una estructura de capas;

Fig. 2 en una vista esquemática en perspectiva, una vista en sección del árbol motor según la Fig. 1;

Fig. 3 en una vista esquemática en perspectiva, una vista en sección de una forma de configuración alternativa del árbol motor según la Fig. 1; y

Fig. 4 en una vista esquemática en perspectiva, otra vista en sección de la forma de configuración del árbol motor según la Fig. 3.

La Fig. 1 muestra, en una vista esquemática en sección de un detalle, un árbol motor 10 para una turbomáquina, en particular un motor de avión. El árbol motor 10 está producido en ejecución híbrida. El árbol motor 10 comprende una pluralidad de capas superpuestas en dirección radial en al menos una zona axial parcial 12. En las figuras 1 a 4, la dirección radial está señalada mediante la flecha 14 y la dirección axial mediante la flecha 16. En la estructura de capas del árbol motor 10, en la zona axial parcial 12, se alternan capas metálicas 20, formadas por al menos un material metálico, con capas 26 de material compuesto de fibras, formadas por al menos un material compuesto de fibras. El árbol motor 10 está configurado aquí como un árbol hueco con una cavidad 22. La capa radialmente más exterior 18 de la al menos una zona axial parcial 12 del árbol motor 10 es una capa metálica 20 que reviste por completo exteriormente en dirección radial la capa 24 de material compuesto de fibras radialmente más exterior. Esta capa radialmente más exterior 18 se denomina en lo que sigue también capa metálica radialmente más exterior 18.

Mediante esta disposición de las capas, la capa 24 de material compuesto de fibras radialmente más exterior está sumamente bien protegida por la capa metálica radialmente más exterior 18 contra influencias ambientales. De este modo es posible en particular disipar sumamente bien una aportación de calor local particularmente alta. En particular, la capa metálica radialmente más exterior 18 puede disipar una aportación de calor hacia un elemento 28 de aplicación de carga que delimita en dirección axial la estructura de capas de la zona axial parcial 12 del árbol motor 10. Con este fin, la capa metálica radialmente más exterior 18 está unida al elemento 28 de aplicación de carga en una unión por adherencia de materiales por ejemplo mediante soldadura por haz electrónico.

El elemento 28 de aplicación de carga sirve para unir el árbol motor 10 a, por ejemplo, otro árbol o a un rotor. Para ello puede presentar elementos estructurales respectivos, que pueden verse especialmente bien en la vista en perspectiva de la representación en sección del árbol motor 10 de la Fig. 2. Con la capa metálica radialmente más exterior 18, el elemento 28 de aplicación de carga forma una superficie lisa y enrasada del árbol motor 10. Gracias a esta superficie lisa se influye muy poco o no se influye en absoluto por ejemplo en un sistema de aire secundario del árbol motor 10. Gracias a su superficie metálica radialmente exterior, el árbol motor 10 puede también equilibrarse sumamente bien. Además, el árbol motor 10 es así sumamente robusto durante el manejo, durante el montaje y durante el transporte.

Las distintas capas 18, 20, 24, 26 del árbol motor 10 están laminadas entre sí. Es decir que están por ejemplo pegadas. Las capas metálicas 20 se extienden aquí con diferentes longitudes en dirección axial a lo largo del árbol motor 10. Esto puede verse especialmente bien en la Fig. 2. De este modo es posible una configuración del árbol motor 10 muy adaptada a la carga. Además, así puede estar formada por material compuesto de fibras una mayor proporción del árbol motor 10, con lo que éste tiene una configuración sumamente ligera. Como puede verse en la Fig. 2, el árbol motor 10 está formado en una zona central 30 exclusivamente por material compuesto de fibras, que está revestido con la capa metálica radialmente más exterior 18. De este modo es posible un ahorro muy grande de masa, siendo a pesar de ello el árbol motor 10 sumamente termoestable.

Como alternativa o adicionalmente, la capa de material compuesto de fibras radialmente más interior puede estar revestida por completo interiormente en dirección radial con la capa metálica radialmente más interior. Tal revestimiento radialmente interior es posible también en la zona central 30. Mediante el revestimiento interior se consiguen ventajas similares a las del revestimiento exterior en relación con la resistencia al calor y la robustez del árbol motor 10.

En el ejemplo de realización del árbol motor 10 mostrado en la Fig. 1 y en la Fig. 2, las capas metálicas radialmente interiores 20, o sea todas las capas metálicas 20 que no constituyen la capa metálica radialmente más exterior 18, pueden extenderse por una zona axial parcial menor que al menos una de las capas 26 de material compuesto de fibras. De este modo es posible una configuración del árbol motor 10 muy adaptada a la carga, con lo que éste puede ser más ligero y/o más robusto.

Varias de las capas metálicas 20 pueden producirse también mediante una lámina metálica continua. Estas láminas metálicas continuas se enrollan en forma de espiral a lo largo del eje longitudinal del árbol motor 10 unas sobre otras con una formación plana de material compuesto de fibras continua. En el caso de un árbol hueco, bien puede estar previsto con este fin un núcleo para el enrollamiento que pueda retirarse posteriormente, o bien la capa metálica radialmente más interior puede tener un gran espesor y de este modo constituir un molde para el enrollamiento. En este contexto, la capa metálica radialmente más exterior 18 puede formarse también mediante enrollamiento. En este caso, la lámina metálica se enrolla por ejemplo una vez más que una formación plana de material compuesto de fibras. Como alternativa, la capa metálica radialmente más exterior 18 puede también formarse mediante un elemento adicional. Por ejemplo, la capa metálica radialmente más exterior 18 puede formarse mediante dos medias cubiertas, que se unen entre sí mediante la capa 24 de material compuesto de fibras radialmente más exterior. La capa metálica radialmente más exterior 18 puede estar formada también por un tubo metálico. En ambos casos puede servir por ejemplo también de molde para un laminado y/o un enrollamiento del resto de la estructura de capas. De este modo, la fabricación resulta sumamente económica y sencilla. En particular es posible así, en caso dado, prescindir de un núcleo extraíble en la fabricación del árbol motor 10 configurado como un árbol hueco.

Las capas 26 de material compuesto de fibras pueden estar formadas por ejemplo por un material compuesto de fibras cerámico. De este modo, el árbol es nuevamente más termoestable. Como alternativa, el material compuesto de fibras puede consistir también en un material compuesto de fibras menos termoestable cuando la capa metálica radialmente más exterior 18 ofrezca una protección térmica suficientemente grande.

Las vistas esquemáticas en perspectiva del árbol motor 10 de la Fig. 3 y de la Fig. 4 muestran una forma de configuración alternativa del árbol motor 10. En ésta, unos elementos 32 de unión geométrica adicionales están dispuestos unos al lado de otros en la dirección periférica en un lado interior del elemento 28 de aplicación de carga.

En estos elementos 32 de unión geométrica configurados en forma de salientes puede apoyarse al menos una de las capas 26 de material compuesto de fibras. De este modo, el árbol motor 10 puede transmitir fuerzas sumamente grandes. Para una mayor claridad, tal capa 26 de material compuesto de fibras está representada en la Fig. 3, mientras que en la Fig. 4 no se muestra para que puedan verse mejor los elementos 32 de unión geométrica.

Los elementos 32 de unión geométrica pueden también estar dispuestos en una de las capas metálicas 20, en particular en la capa metálica radialmente más exterior 18. En este contexto, los elementos 32 de unión geométrica pueden sobresalir hacia el interior de varias de las capas 26 de material compuesto de fibras situadas más interiormente en dirección radial. Las respectivas capas 26 de material compuesto de fibras pueden, para una transmisión de fuerzas, apoyarse muy bien en los elementos 32 de unión geométrica. De este modo, el árbol motor 10 puede absorber fuerzas muy grandes sin que se produzca una deslaminación de las capas metálicas 20 con respecto a las capas 26 de material compuesto de fibras. En particular, el árbol motor 10 presenta así una construcción muy adaptada al material compuesto de fibras. En particular es posible que distintas fibras de las respectivas capas 26 de material compuesto de fibras destinadas a un apoyo en el elemento 32 de unión geométrica estén enrolladas alrededor del elemento 32 de unión geométrica. De este modo, estas fibras se someten principalmente o incluso exclusivamente a tracción. Los materiales compuestos de fibras pueden absorber bien especialmente las cargas de tracción. De este modo, se posibilita también una transmisión de fuerzas sumamente grande por parte del árbol motor 10 y/o el árbol motor 10 es sumamente ligero.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Árbol motor (10), en particular para una turbomáquina, en ejecución híbrida que comprende una pluralidad de capas (18, 20, 24, 26) superpuestas en dirección radial (14) en al menos una zona axial parcial (12), en el que se alternan capas metálicas (20), formadas por al menos un material metálico, con capas (26) de material compuesto de fibras, formadas por al menos un material compuesto de fibras,
- en el que la capa radialmente más exterior (18) de la al menos una zona axial parcial (12) del árbol motor (10) es una capa metálica (20), que reviste por completo exteriormente en dirección radial la capa (24) de material compuesto de fibras radialmente más exterior,
- caracterizado por que
- 10 en al menos una de las capas metálicas (20) y/o en un elemento (28) de aplicación de carga del árbol motor, al que está unida al menos la capa metálica radialmente más exterior (18), está dispuesto al menos un elemento (32) de unión geométrica en el que se apoya al menos una de las capas (24, 26) de material compuesto de fibras, sobresaliendo el elemento (32) de unión geométrica hacia el interior de al menos una de las capas (24, 26) de material compuesto de fibras.
- 15 2. Árbol motor (10) según la reivindicación 1,
- caracterizado por que
- el árbol motor (10) está configurado como un árbol hueco y la capa radialmente más interior del árbol motor (10) es una capa metálica (20), que reviste por completo interiormente en dirección radial la capa de material compuesto de fibras radialmente más interior.
- 20 3. Árbol motor (10) según la reivindicación 1,
- caracterizado por que
- al menos una capa metálica radialmente interior (20) se extiende por una zona axial parcial menor que al menos una de las capas (26) de material compuesto de fibras.
4. Árbol motor (10) según la reivindicación 3,
- 25 caracterizado por que
- la capa metálica radialmente interior (20) que se extiende por una zona axial parcial menor que al menos una de las capas (26) de material compuesto de fibras se extiende sólo en dos zonas axiales terminales opuestas del árbol motor.
5. Árbol motor (10) según una de las reivindicaciones precedentes,
- 30 caracterizado por que
- la capa metálica radialmente más exterior (18) y/o la capa metálica radialmente más interior tienen un espesor mayor que el de las demás capas metálicas (20).
6. Árbol motor (10) según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado por que
- 35 la capa (26) de material compuesto de fibras está formada por un material compuesto de fibras cerámico.
7. Árbol motor (10) según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado por que
- las capas (18, 20, 24, 26) están laminadas entre sí.
8. Árbol motor (10) según una de las reivindicaciones precedentes,
- 40 caracterizado por que
- al menos una fibra de la capa (26) de material compuesto de fibras destinada a un apoyo en el elemento (32) de unión geométrica está enrollada alrededor del elemento (32) de unión geométrica.
9. Árbol motor (10) según una de las reivindicaciones precedentes,
- caracterizado por que,

para formar la al menos una zona axial parcial (12) del árbol motor (10), al menos una capa metálica (20) y una capa (26) de material compuesto de fibras están enrolladas en forma de espiral una sobre otra a lo largo de un eje longitudinal del árbol motor (10).

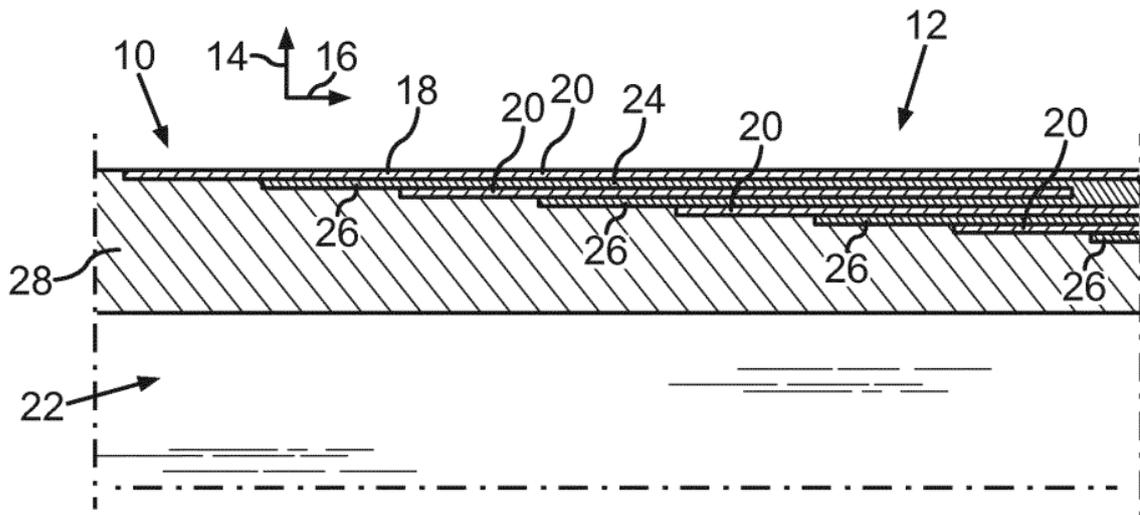


Fig.1

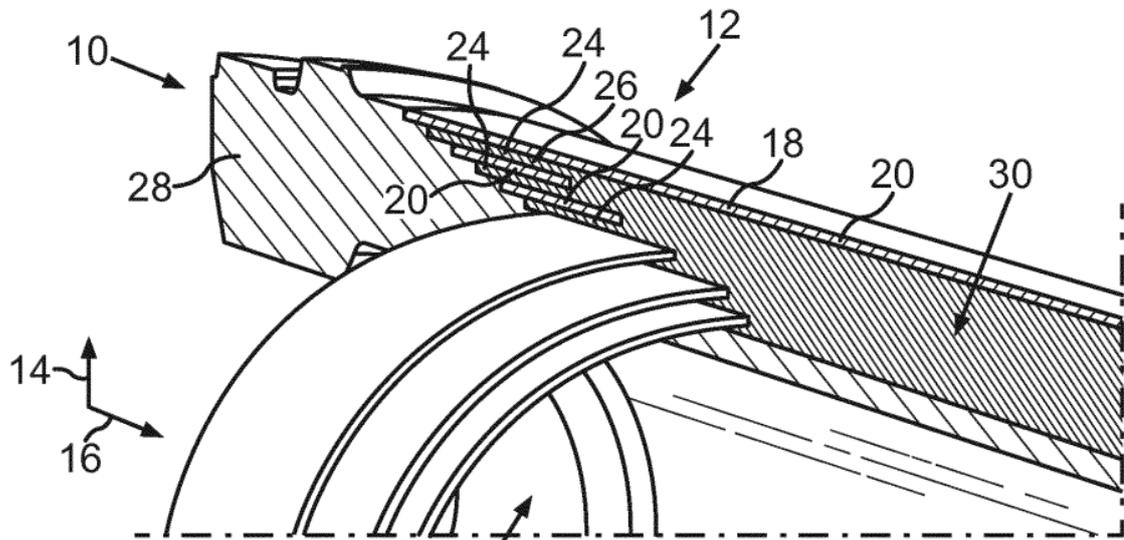


Fig.2

