

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 756 025**

51 Int. Cl.:

B22D 25/02 (2006.01)

B22C 9/00 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.01.2015 PCT/EP2015/050326**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.07.2015 WO15104370**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.01.2015 E 15700442 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3092094**

54 Título: **Molde de varias piezas, procedimiento de fabricación, cubo del rotor y aerogenerador**

30 Prioridad:

10.01.2014 DE 102014200276

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

24.04.2020

73 Titular/es:

**SENVION GMBH (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**TREDE, ALF y
MEIERDIERKS, SABINE**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 756 025 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

Molde de varias piezas, procedimiento de fabricación, cubo del rotor y aerogenerador

5 La invención se refiere a un molde de varias piezas para un cubo de rotor de un aerogenerador con dos o más conexiones de pala de rotor que comprende una caja de moldeo superior, una caja de moldeo inferior y un núcleo, delimitando el molde en el estado ensamblado, en el que la caja de moldeo superior y la caja de moldeo inferior se superponen en un plano de división y rodean al núcleo, un espacio hueco que presenta la forma del cubo de rotor a fabricar, orientándose un eje de rotor central en el molde de forma vertical y perpendicular al plano de división, presentando cada conexión de pala de rotor una brida de pala y un elemen.

10 to de refuerzo de pala de rotor dispuesto en el interior de la conexión de pala de rotor. La invención se refiere además a un procedimiento de fabricación, a un cubo de rotor y a un aerogenerador.

15 Los cubos de rotor de los aerogeneradores modernos con dos o más conexiones de pala de rotor se fabrican normalmente en un proceso de fundición. Un material frecuentemente utilizado es el hierro fundido con grafito esférico (GJS) o hierro fundido nodular, que es menos quebradizo que el acero fundido. Dado que los cubos de rotor son piezas de gran volumen, es importante producir cubos de rotor estables y de paredes delgadas. Además se pretende que la producción resulte económica.

20 Dado que los cubos de rotor se funden con paredes muy finas, se utilizan elementos de refuerzo para reforzar los cubos de rotor en las zonas de conexión de las palas, por ejemplo, elementos de refuerzo anulares que se disponen en el interior de una conexión de pala de rotor y que absorben las fuerzas de deformación. Se puede tratar, por ejemplo, de refuerzos anulares. Estos elementos de refuerzo anulares tienen la misma inclinación que la conexión de pala para absorber y distribuir de forma óptima las cargas de deformación. Este tipo de refuerzo es utilizado por el solicitante, por ejemplo, en las series de construcción de instalaciones MM82, MM92, MM100, 3.XM y 5/6M.

25 Con el aumento del tamaño del aerogenerador, el cubo de rotor también debe crecer en sus dimensiones. Sin embargo, para poder representar un diseño económico, el grosor de la pared del cubo de rotor no puede crecer proporcionalmente, ya que se producirían pesos muy elevados. Esto también daría lugar a problemas técnicos de fabricación, puesto que el cierre de las cajas de moldeo del molde no sería posible o sólo sería posible con dificultad a causa de las dimensiones del núcleo. En el caso de núcleos de grandes volúmenes de rotor también es cada vez más importante que se reduzcan los aumentos de costes específicos debidos al crecimiento del tamaño mediante la simplificación del proceso de fabricación.

30 Según el documento EP 1 930 584 A2, un cubo esférico ligero de un aerogenerador de eje horizontal comprende una placa de refuerzo que se dispone con la carcasa de cubo en el borde periférico de una conexión de pala de rotor circular. La misma se dispone por uno de los lados de forma excéntrica y comprende una abertura excéntrica que contiene el centro de la parte redonda. Mediante una disposición desigual de la placa de refuerzo y de la abertura en la cara interior de la brida circular se suprimen los fuertes desequilibrios debidos a la fundición del cubo y se consigue una resistencia equilibrada.

35 En el documento EP 2 653 719 A2 se revela un cubo para un rotor de un aerogenerador. El cubo comprende un cuerpo hueco que puede girar en torno a un eje de giro. El cuerpo hueco comprende una brida de conexión de pala de rotor y una zona de brida rodeada por la brida de conexión de pala de rotor. El cubo comprende además un alma de refuerzo que se extiende dentro de la zona de brida y forma una superficie de alma. Un perfil lateral del plano de alma se extiende a lo largo del eje de giro del cubo y se orienta en un ángulo cónico con respecto al eje de giro.

40 La presente invención tiene así por objeto proporcionar un molde de fundición de varias piezas, un procedimiento de fabricación, un cubo de rotor y un aerogenerador con un cubo de rotor correspondiente, que con el aumento de las dimensiones ofrezcan suficiente rigidez con un peso comparativamente reducido y, al mismo tiempo, buenas posibilidades de fabricación a un bajo coste.

45 Esta tarea se resuelve con un molde de varias piezas para un núcleo de rotor de un aerogenerador con dos o más conexiones de pala de rotor, que comprende una caja de moldeo superior, una caja de moldeo inferior y un núcleo, delimitando el molde en el estado ensamblado, en el que la caja de moldeo superior y la caja de moldeo inferior se superponen en un plano de división y rodean al núcleo, un espacio hueco que presenta la forma del cubo de rotor a fabricar, orientándose un eje de rotor central en el molde de forma vertical y especialmente perpendicular al plano de división, presentando cada conexión de pala de rotor una brida de pala y un elemento de refuerzo de pala de rotor dispuesto en el interior de la conexión de pala de rotor, disponiéndose los planos de conexión de las bridas de pala respectivamente en un primer ángulo con respecto al eje de rotor central y atravesando el eje de rotor los mismos por debajo o por encima del plano de división ampliado por el hecho de que los refuerzos de conexión de pala crean planos de refuerzo dispuestos en un segundo ángulo, que difiere del primer ángulo, con respecto al eje de rotor central. El plano final de la brida de pala es, en el marco de la invención, el plano en el que se fija una pala de rotor con su raíz.

Los planos de refuerzo de pala extendidos de acuerdo con la invención son, geoméricamente definidos, llanos y resultan de la disposición y orientación del elemento de refuerzo de la conexión de pala en la conexión de pala de rotor. Los ángulos primero y segundo deben entenderse en particular como ángulos polares en relación con el eje de

- rotor central. El segundo ángulo forma ángulos de 0°, de manera que también se incluye el paralelismo con el eje de rotor central. El primer ángulo es preferiblemente mayor que 2°, en especial mayor que 3°, en especial de entre 3° y 6°. En el caso habitual, en el que el lado del cubo de rotor orientado hacia la góndola se encuentra en la parte superior del molde con el eje del rotor vertical, el eje del rotor atraviesa el plano de refuerzo preferiblemente por debajo del plano de división. Esto significa que una pala de rotor, que está conectada a la conexión de pala correspondiente, penetra ligeramente en el viento o se separa de una torre del aerogenerador. Durante el funcionamiento, el viento afluente la vuelve a doblar. Sin embargo, desde el punto de vista técnico de fabricación también es posible el caso inverso, en el que el eje del rotor atraviesa el plano de refuerzo por encima del plano de división.
- 5 Otra definición geométrica resulta de los vectores de las normales sobre los diferentes planos, es decir, los vectores perpendiculares a los planos. Los vectores de las normales sobre el plano final de una conexión de pala de rotor, por un lado, y sobre el plano de refuerzo de la misma conexión de pala de rotor, por otro lado, también forman entre sí un ángulo igual al ángulo de diferencia entre el primer ángulo y el segundo ángulo. Este ángulo de diferencia es, según la invención, desigual a 0°, preferiblemente mayor que 2°, y con especial preferencia mayor que 3°.
- 10 En dirección perimetral o acimutal, las conexiones de pala de rotor se desplazan en 180° en caso de rotores de dos palas, en 120° en caso de rotores de tres palas, etc. Los datos de posición y de ángulo también se refieren a la posición de fundición en la que el eje de rotor central es perpendicular al suelo o paralelo a la dirección de la fuerza de gravedad.
- 15 Con la selección según la invención de dos ángulos diferentes o ángulos polares de los planos finales de las bridas de pala, por un lado, y de los planos de refuerzo, por otro lado, con respecto al eje de rotor central, resulta por primera vez posible separar la caja de moldeo superior y la caja de moldeo inferior mediante un simple movimiento vertical. Convencionalmente, el plano de refuerzo se alinea paralelo al plano final de las bridas de las palas, es decir, con una inclinación clara de aproximadamente 3° a 6°. Esto conlleva el inconveniente adicional de que el núcleo, que debe ser destruido posteriormente durante el desmoldeo, se tiene que fabricar al menos en dos partes con una división en el mismo plano de división. Debido a la inclinación del plano de refuerzo, hasta ahora ha sido necesario enhebrar la caja de moldeo superior de forma oblicua a través del núcleo y depositarla finalmente en la caja de moldeo inferior. La separación según la invención de los planos del final de la vida de pala y del plano de refuerzo permite ahora suprimir este enhebrado oblicuo y posibilitar una simple colocación vertical de la caja de moldeo superior sobre la caja de moldeo inferior y el núcleo. Como consecuencia, el procedimiento de fabricación es más rápido y económico. El núcleo ya no se tiene que realizar de manera que sobresalga.
- 20 Preferiblemente, los planos de refuerzo de los refuerzos de conexión de las palas se alinean paralelamente al eje de rotor central o se desvían del eje de rotor central en una pequeña medida angular que en términos numéricos es especialmente menor que el primer ángulo, en particular en menos de 1° a 2°. La orientación paralela representa una disposición especialmente sencilla, la segunda alternativa también permite una holgura suficiente y una dimensión de sobreenhebrado suficiente, de manera que el enhebrado o sobreenhebrado también se pueda llevar a cabo con facilidad. Los vectores de las normales de los planos de refuerzo en el centro de los respectivos elementos de refuerzo de conexión de pala o de la respectiva conexión de pala de rotor se desarrollan preferiblemente a través del eje de rotor central. En el caso de los elementos de refuerzo de conexión de pala, los vectores de las normales sobre los respectivos niveles de refuerzo corresponden a los vectores de las normales de los propios refuerzos de conexión de pala. Los refuerzos de conexión de pala planos se consideran ventajosos, ya que permiten un moldeado especialmente sencillo en el molde.
- 25 Una simplificación adicional se consigue si los refuerzos de conexión de pala se configuran de forma cónica o doblada y si presentan en un plano transversal, especialmente perpendicular al eje de rotor central, un ángulo de cono o un pliegue, en particular con un ángulo interior de 176° a 179,5°, especialmente de unos 179°, quedando el plano de sección transversal definido por el plano de división del molde y/o pasando el mismo por los centros o cerca de los centros de al menos dos conexiones de pala de rotor, especialmente a una distancia de menos de una décima parte de los radios de las conexiones de pala de rotor con respecto a los centros de las conexiones de pala de rotor. Un pliegue o ángulo de cono de este tipo facilita considerablemente la fabricación del núcleo, ya que facilita su desmoldeo no destructivo de su modelo. Este pliegue o ángulo del cono mínimo facilita además el enhebrado de la caja superior del molde sobre el núcleo. En caso de un refuerzo de conexión de pala doblado, el refuerzo de conexión de pala se divide en dos superficies planas ligeramente inclinadas la una hacia la otra que se juntan en el pliegue o en una línea de plegado. Esta línea de plegado se encuentra preferiblemente en el plano de división del molde. En el caso de un refuerzo de conexión de palas cónico, el término de ángulo de cono es en este contexto el ángulo interno del cono y no se debe confundir con el "ángulo de cono" del cubo del rotor, que también se utiliza comúnmente en la terminología técnica y que corresponde al primer ángulo entre el plano final de las conexiones de pala de rotor y el eje de rotor.
- 30 También este tipo de refuerzo ligeramente doblado o cónico crea un plano de refuerzo definido, por ejemplo, de manera que el plano de refuerzo, visto o ponderado a través de la superficie del refuerzo de conexión de pala, tenga la distancia media más pequeña con respecto al refuerzo, es decir, al refuerzo anular o similar.
- 35 En el caso de los refuerzos de conexión de pala cónicos y doblados, esto se puede especificar incluso con mayor precisión a través de los vectores de las normales. Por lo tanto, en el caso de los refuerzos de conexión de pala cónicos, o sea, en forma de cono, con una superficie de base redonda u ovalada, un eje de simetría del cono es
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

también un vector de la normal sobre el plano de refuerzo correspondiente. En el caso de un refuerzo de conexión de pala doblado, el vector de la normal paralelo a la bisectriz del ángulo interno del pliegue y perpendicular a la línea de pandeo, o una bisectriz del ángulo interno del pliegue orientado de forma perpendicular a la línea de plegado del pliegue, es un vector de la normal sobre el plano de plegado asociado. Esto se refiere especialmente al caso de que la punta del cono o el pliegue se desarrollen en el centro o a través del centro de la conexión de pala.

La inclinación según la invención significa además que una línea de fijación del refuerzo de conexión de pala en la respectiva brida de pala fundamentalmente cilíndrica, presenta en dirección perimetral de la brida de pala una distancia variable con respecto al plano final de la respectiva conexión de pala de rotor que resulta del ángulo de diferencia entre el primer y el segundo ángulo. La distancia es preferiblemente mayor en el punto más retrasado de la conexión de pala de rotor orientado hacia la góndola y menor en el punto más adelantado orientado hacia la góndola. Esto equivale a la afirmación de que, en relación con el molde de fundición, en el que el eje de rotor se dispone de forma vertical y la conexión al tren de transmisión en la parte superior, el eje de rotor atraviesa los planos finales de las conexiones de pala de rotor respectivamente por debajo del plano de separación.

En el caso de los refuerzos de conexión de pala planos o cónicos, la propia línea de fijación se encuentra en un plano, mientras que en el caso de un refuerzo de conexión de pala doblado varía ligeramente en la dirección perimetral de acuerdo con la inclinación de las dos superficies parciales alrededor de un plano paralelo o igual al plano de refuerzo.

En los casos en los que el pliegue o la punta del cono del refuerzo de conexión de pala no están en el centro de la conexión de pala, el molde cónico o plegado se puede disponer de forma asimétrica. En este caso, el eje de simetría o las bisectrices antes mencionadas no son vectores de las normales sobre el plano formado por la línea de fijación. El plano de refuerzo corresponde también en este caso al plano formado por la línea de fijación.

Geoméricamente, el plano de la sección transversal se define normalmente por medio del plano de separación del molde y/o pasa por los centros de las conexiones de pala de rotor, en su caso cerca de los mismos. Éstas suelen ser circulares o aproximadamente circulares, encontrándose sus centros dentro o cerca del plano de división. La distancia entre el plano de sección transversal y los centros es preferiblemente de no más de una décima parte, con preferencia de menos de una vigésima parte del radio de una conexión de pala de rotor.

El núcleo se configura ventajosamente de una pieza o en una sola pieza, en especial a partir de una mezcla de arena y resina epoxídica o arena y resina furánica. De este modo se obtiene un molde muy sencillo que además elimina con facilidad los problemas de alineación de las distintas piezas. Durante la producción del molde, la mezcla se puede moldear todavía sobre un modelo y se compacta en una caja de fundición o en una caja de moldeo. Después de la solidificación de la resina epoxídica o de la resina furánica, el molde se desmoldea y queda disponible para la fundición. La parte superior y la parte inferior del molde también se fabrican preferiblemente, al menos en parte, de una mezcla de arena y resina epoxídica o de arena y resina furánica. Las superficies interiores de los moldes parciales y la superficie exterior del núcleo, que delimitan las cavidades de fundición, se recubren ventajosamente con una plumbagina, es decir, una pintura que asegura una superficie lisa del molde, para evitar inclusiones de arena en el cubo de rotor fundido.

Los refuerzos de conexión de pala presentan ventajosamente aberturas de acceso con un diámetro de al menos 60 cm.

Para un buen efecto de refuerzo, los refuerzos de conexión de pala se diseñan, en su caso con excepción de la abertura de acceso, de forma plana o anular, presentando los refuerzos de conexión de pala, especialmente en sus superficies exteriores, una nervadura, cuya superficie final exterior está alineada o coincide especialmente con el plano final de la respectiva brida de pala. La nervadura ocupa la parte exterior de la cavidad entre el plano de refuerzo o reforzamiento y el plano de conexión de pala o el plano final de la brida de pala y se aprovecha así para una estabilización y un refuerzo adicionales.

La tarea en la que se basa la invención también se resuelve mediante un procedimiento de fabricación para un cubo rotor de un aerogenerador, ensamblándose un molde de fundición de varias piezas según la invención descrito anteriormente, insertándose en primer lugar el núcleo en el molde parcial inferior y colocándose después el molde parcial superior sobre el molde parcial inferior, apoyándose el molde parcial superior en el molde parcial inferior de forma plana en el plano de división, introduciéndose y endureciéndose un material de fundición de cubo de rotor en la cavidad del molde, retirándose el molde después del endurecimiento del material de fundición de cubo de rotor, con lo que el núcleo, el molde parcial superior y el molde parcial inferior se destruyen respectivamente, al menos en parte, y sacándose el cubo de rotor del molde parcial inferior. Por lo tanto, este procedimiento incluye al menos la destrucción parcial del núcleo y de los moldes parciales durante el desmoldeo.

Después de la fundición, el cubo de rotor se enfría en el molde durante aproximadamente una o dos semanas, en su caso con refrigeración activa mediante tubos de refrigeración de cerámica, filtros y elementos de refrigeración insertados en los componentes del molde y por los que fluye el refrigerante. Cuando el molde se separa para quitar el cubo de rotor, la mezcla de arena de los moldes parciales y del núcleo se desintegra con relativa facilidad, al menos en el entorno directo del cubo de rotor.

Para el ensamblaje del molde, el molde parcial superior se baja ventajosamente en dirección vertical por encima del núcleo y se coloca sobre el molde parcial inferior. Esto simplifica el ensamblaje del molde y reduce el riesgo de dañar los moldes parciales y el núcleo antes de la fundición.

5 Antes de la fundición, el molde se sujeta preferiblemente en un marco de fundición. Como material de fundición del cubo del rotor se utiliza, por ejemplo, fundición nodular.

10 La tarea en la que se basa la invención también se resuelve por medio de un núcleo de rotor de un aerogenerador con dos o más conexiones de pala de rotor, que se fabrica o se puede fabricar especialmente en un molde según la invención descrito anteriormente y/o en un procedimiento de fabricación según la invención descrito anteriormente, presentando cada conexión de pala de rotor una brida de pala y un refuerzo de conexión de pala dispuesto en el interior de la conexión de pala de rotor, encontrándose los planos finales de las bridas de pala respectivamente en un primer ángulo con respecto a un eje de rotor central y atravesando el eje de rotor los mismos por debajo o por encima del plano de división, caracterizado por que los refuerzos de conexión de pala crean planos de refuerzo dispuestos en un segundo ángulo distinto al primer ángulo con respecto al eje de rotor central.

15 Los planos de refuerzo de los refuerzos de conexión de pala se alinean preferiblemente paralelos al eje de rotor central o se inclinan en un ángulo menor que la respectiva brida de pala hacia el eje de rotor central o contra el eje de rotor central, en especial en menos de 1° a 2° .

Los vectores de las normales sobre el plano de refuerzo en el centro de los respectivos refuerzos de conexión de pala pasan preferiblemente por el eje de rotor central.

20 Los refuerzos de conexión de pala se diseñan preferiblemente, en su caso con excepción de la abertura de acceso, de forma plana o anular, presentando los refuerzos de conexión de pala, especialmente en sus superficies exteriores, una nervadura, cuya superficie final exterior está alineada o coincide especialmente con el plano final de la respectiva brida de pala.

25 Los refuerzos de conexión de pala presentan además ventajosamente en un plano de sección transversal definido por el plano de división del molde un ángulo de cono o un pliegue que presenta en especial un ángulo interno de 176° a $179,5^\circ$, especialmente de unos 179° .

En relación con el cubo de rotor según la invención se considera preferiblemente, al igual que en relación con el molde según la invención, que el primer ángulo sea, en términos cuantitativos, mayor que 2° , en especial mayor que 3° , sobre todo de entre 3° y 6° y/o que un ángulo de diferencia entre el primer ángulo y el segundo ángulo sea mayor que 2° , en especial mayor que 3° .

30 Se prefiere además que, en el caso de refuerzos de conexión de pala planos, los vectores de las normales de los respectivos planos de refuerzo correspondan a los vectores de las normales de los refuerzos de conexión de pala o que, en el caso de refuerzos de conexión cónicos, un eje de simetría del cono sea también un vector de la normal sobre el plano de refuerzo correspondiente o que, en el caso de refuerzos de conexión de pala doblados, una bisectriz del ángulo interior de la línea de plegado orientada de forma perpendicular con respecto a una línea de plegado del pliegue, sea un vector de la normal sobre el plano de refuerzo correspondiente.

35 Con preferencia se prevé igualmente que una línea de fijación del refuerzo de conexión de pala presente en la respectiva brida de pala fundamentalmente cilíndrica, en dirección perimetral de la brida de pala, una distancia variable resultante con respecto al plano final de la respectiva conexión de pala de rotor resultante de la diferencia de ángulo entre el primer y el segundo ángulo, siendo especialmente la distancia en el punto más retrasado de la conexión de pala de rotor orientada hacia la góndola la más grande y en el punto más alejado del punto más adelantado de la góndola la más pequeña.

La tarea en la que se basa la invención también se resuelve por medio de un aerogenerador con un cubo de rotor según la invención antes descrito.

45 Las características, propiedades y ventajas mencionadas en relación con los distintos objetos de la invención, es decir, el molde de varias piezas, el procedimiento de fabricación, el cubo de rotor y el aerogenerador, también se aplican a los demás objetos de la invención relacionados entre sí.

Otras características de la invención se desprenden de la descripción de formas de realización de la invención junto con las reivindicaciones y los dibujos adjuntos. Las formas de realización según la invención pueden cumplir algunas de las características o una combinación de varias características.

50 La invención se describe a continuación, sin limitación de la idea general de la invención, a la vista de ejemplos de realización con referencia a los dibujos, señalándose expresamente dichos dibujos en relación con todos los detalles según la invención que no se explican detalladamente en el texto. Se muestra en la:

Figura 1 un molde de varias piezas según el estado de la técnica en una representación en sección transversal;

Figura 2 un molde de varias piezas según la invención en una representación en sección transversal;

55 Figura 3 una representación esquemática de un cubo de rotor según la invención y

Figura 4 una representación esquemática en perspectiva esquemática del cubo de rotor según la invención.

En los dibujos, los elementos y/o las piezas idénticos o similares se identifican respectivamente con los mismos números de referencia, por lo que se prescinde de una nueva presentación de los mismos.

En la figura 1 se muestra una sección transversal de un molde de varias piezas conocido por el estado de la técnica para un cubo de rotor de un aerogenerador con tres conexiones de pala de rotor para tres palas de rotor. El molde de varias piezas 101 comprende una caja de moldeo superior 102, una caja de moldeo inferior 103, que se juntan en un plano de división 107, así como un núcleo situado en la cavidad definida por las cajas de moldeo superior e inferior 102, 103. Las cajas de moldeo 102, 103 y el núcleo, que consiste en una parte de núcleo superior 104a y en una parte de núcleo inferior 104b, están hechas de un material de moldeo, por ejemplo, de una mezcla de arena y resina epoxídica o de una mezcla de arena y de resina furánica, que se destruye después de la fabricación del cubo de rotor.

Los componentes del molde, es decir, el molde parcial superior 102 y el molde parcial inferior 103, se fabrican respectivamente en su propia caja de moldeo o fundición. Para ello, en la mezcla de arena y resina se prepara respectivamente un modelo, por ejemplo de madera laminada y/o plástico, que se retira después de que la resina se haya endurecido. En el caso de socavados, el modelo puede ser de varias piezas o presentar piezas insertadas, de manera que el modelo de varias piezas se pueda retirar de la masa de moldeo endurecida sin dañar el molde. El núcleo se fabrica en un molde de núcleo.

El molde parcial superior 102 también se fabrica inicialmente con la cavidad orientada hacia arriba y se voltea para el ensamblaje del molde 101.

El molde de varias piezas 101 define una cavidad 110, que en la figura 1 ya se ha llenado con un material de fundición, mostrándose este relleno por medio de un rayado. Las zonas no rayadas no se han rellenado. La representación de la figura 1 es esquemática en la medida en la que las estructuras no situadas en el plano de sección también se indican mediante líneas finas. Para mayor claridad, se omiten un sistema de alimentación y tubos ascendentes del molde, así como los tubos de refrigeración, filtros y elementos de refrigeración.

La cavidad 110 del molde de varias piezas 101 define un cubo de rotor con tres conexiones de pala, de las que se representan dos conexiones de pala de rotor 120, 120'. A la izquierda se muestra una conexión de pala de rotor 120. Una conexión de pala de rotor 120' girada en 120° alrededor del eje de rotor central 108 se puede ver en una ilustración acortada en perspectiva. La conexión de pala de rotor 120 dispone, al igual que las otras dos conexiones de pala de rotor no representadas en sección transversal, de una brida de pala de rotor 122 que se encuentra en un plano final 123 inclinado normalmente en 3° a 6°, a veces más o menos, con respecto al eje de rotor 108.

En la figura 1 y en la parte superior del molde 101 se muestra una conexión del árbol de rotor 112 en forma de brida que rodea una abertura del tren de transmisión 116. En la caja de moldeo inferior 103 se puede ver, orientada verticalmente hacia abajo, la parte del cubo de rotor opuesta a la góndola, representándose una consola 114 para un accionamiento de paso que, con un dentado exterior, interactúa con una pala de rotor o una raíz de pala de rotor. En la zona de la consola 114 se muestra además un agujero o una abertura a través del cual el personal de mantenimiento puede acceder al cubo de rotor. Otros orificios de acceso 130, 130' se definen en la zona cercana a la góndola en la caja de moldeo superior 102 y se disponen respectivamente entre dos conexiones de pala de rotor 120, 120'.

Cada conexión de pala de rotor 120, 120' presenta además un refuerzo de conexión de pala de rotor 124, 124' en forma de refuerzo anular que en su centro presenta una abertura de acceso 126, 126'. A la izquierda de la sección transversal se observa que el espesor del material del refuerzo de la conexión de pala 124 es más fino que el de la brida de pala 122. Además, el refuerzo de conexión de pala 124, 124' desemboca hacia el interior en una estructura anular reforzada que refuerza la abertura de acceso 126.

El refuerzo de la conexión de pala 124 se encuentra en un plano de refuerzo 125 que, según la figura 1, es paralelo al nivel 123 de la brida de pala 122.

Otras estructuras que se pueden ver en la figura 1 son, por ejemplo, fijaciones 132, 134 para componentes como, por ejemplo, una cubierta que también recibe el nombre de spinner.

Como se ve en la figura 1, la parte superior del núcleo 104a sobresale en la zona de la brida de pala 122 de la parte inferior de la caja de moldeo superior 102 cerca del plano de división 107. Por lo tanto, no es posible colocar la caja de moldeo superior 102 simplemente de forma vertical desde arriba o tirar de ella hacia arriba después de la fabricación del cubo de rotor, ya que no existe un espacio de sobrehebrao suficiente para un movimiento vertical. Por esta razón, el núcleo 104a, 104b también debe ser de dos partes. La correspondiente fabricación del cubo de rotor no se considera, por lo tanto, rentable debido al aumento adicional del tamaño de los objetos a fabricar.

La figura 2 muestra un molde 1 de varias piezas según la presente invención. Los números de referencia se reducen en 100 en comparación con los de la figura 1. El sistema de alimentación y de tubos ascendentes se vuelve a omitir.

El molde de varias piezas 1 presenta de nuevo una caja de moldeo superior 2, una caja de moldeo inferior 3 y un núcleo 4 realizado en este caso en una sola pieza. Las cajas de moldeo 2, 3 y el núcleo 4 están rodeados por un marco de fundición 5 que se fija alrededor de una brida de división 6 a lo largo de un plano de división 7 entre la caja de moldeo superior 2 y la caja de moldeo inferior 3. También se muestra un eje de rotor central 8. Frente a este eje de rotor central 8, la cavidad 10 para el cubo del rotor presenta una simetría de tres ejes o una simetría rotacional.

Una forma de realización alternativamente posible comprende una fijación de las cajas de moldeo 2, 3 con ayuda de pesas de lastre. Como alternativa a la producción en una caja de fundición, el cubo de rotor también se puede fabricar en un foso en el que las cajas de moldeo 2, 3 se fijan unas sobre otras mediante lastres.

5 En la figura 2 se muestra además que la cavidad 10 ya se ha llenado con un material de fundición, por ejemplo, grafito esferoidal. El eje de rotor central 8 se ha dispuesto verticalmente, encontrándose la conexión del eje de rotor 12 en la parte superior y encontrándose la parte del cubo de rotor opuesta a la góndola con las consolas 14, 14', 14" para los accionamientos de paso en la parte inferior.

10 A la izquierda se muestran una conexión de pala de rotor 20 con una brida de pala 22 y un refuerzo de conexión de pala 24. La brida de pala 22 se ha dispuesto en un plano final 23 inclinado hacia el eje de rotor central 8, de manera que las palas de rotor se separen ligeramente de la góndola. Este ángulo es de aproximadamente 3° a 6°.

15 A diferencia del molde conocido según la figura 1, el refuerzo de conexión de pala 24 se dispone según la figura 2 en el molde 1 verticalmente en su propio plano de refuerzo 25 que es paralelo al eje de rotor central 8. Como consecuencia de esta configuración se consigue un espacio de sobreenebrado del mismo grosor que la parte más estrecha del refuerzo de conexión de pala 24, aproximadamente en el punto señalado por las referencias 24 de la figura 2. En la figura 2 también se puede ver que la cara interior o la pared interior de la brida de pala 22 son perpendiculares al elemento de refuerzo de conexión de pala 24 y no al nivel final 23, lo que representa una simplificación técnica de la producción. El punto o punto de fijación en el que se coloca el refuerzo de conexión de pala 24 en la pared interior de la brida de pala 22 se encuentra en una línea de fijación marcada con la referencia 30. Esta línea de fijación 30 presenta con respecto al plano final 23 una distancia variable en dirección perimetral 31 de la brida de pala 22 que es grande en la zona superior y muy pequeña en la zona inferior. El cambio de distancia se debe a la diferencia de ángulo entre el plano final 23 y el plano de refuerzo 25 o el plano formado por la línea de fijación 30.

20

Lo mismo es válido en relación con las otras dos conexiones de pala de rotor, de las que una conexión de pala de rotor 20' se representa en perspectiva.

25 El refuerzo de conexión de pala 24 presenta igualmente una abertura de acceso 26.

También se muestran las fijaciones 32, 34, 36 para los componentes, por ejemplo, para un skinner, es decir, una cubierta del cubo de rotor.

30 En una sección ampliada identificada con "A" se muestra que el refuerzo de conexión de pala 24 puede presentar un pliegue 29 en el plano de división 7 que coincide con el plano de sección transversal 40, lo que facilita aún más el enhebrado. El ángulo interior del pliegue es inferior a 180° y puede variar ventajosamente entre 175° y 179,8°, especialmente alrededor de 179°. La sección "A" representa igualmente una sección transversal de un refuerzo de conexión de pala cónico en la zona de la punta del cono.

El pliegue 29 o la punta del cono se separa en la sección "A" de la figura 2 hacia afuera, es decir, se aleja del eje de rotor 8.

35 La figura 3 muestra un ejemplo de realización de un cubo de rotor 50 según la invención fabricado de acuerdo con la invención. Además de la ilustración de la figura 2, en esta vista lateral se muestra la estructura de una nervadura 28 con un refuerzo central de la abertura de acceso 26. Otros elementos de conexión fundidos o consolas, por ejemplo, para los sensores o similares, también se muestran en la zona y en el elemento de refuerzo de conexión de pala 24 sin las referencias.

40 La nervadura 28 proporciona un mayor refuerzo con un bajo consumo de material.

Como se puede ver en las figuras 2 y 3, el plano transversal 40 pasa por los centros de las conexiones de pala de rotor 20, 20', 20"

45 En la figura 4 se muestra el cubo de rotor según la invención 50 de la figura 3 en una representación en perspectiva. En comparación con la vista lateral de la figura 3, se puede apreciar en la vista en perspectiva de la figura 4 que la nervadura 28 coincide con su plano final con el plano final de la brida de pala 22, es decir, los nervios terminan con el plano final de la brida de pala 22, mientras que el refuerzo de conexión de pala 24 se dispone en otro ángulo distinto. Esto se puede ver con especial claridad por el hecho de que, en estado montado del cubo de rotor en el aerogenerador, los nervios de la nervadura 28 aumentan de altura en dirección al árbol de rotor y presentan una altura menor por el lado opuesto al árbol de rotor. De este modo, la respectiva brida de pala se refuerza hasta el plano final 23 de la respectiva brida de pala. También se puede observar que la distancia 31 en la pared interior de la brida de pala 22, entre la línea de fijación 30 y el plano final 23 con los orificios de pernos, varía en función de la inclinación de los dos planos.

50

55 Todas las características mencionadas, incluidas las que han de extraerse únicamente de los dibujos, así como las características individuales que se revelan en combinación con otras características, se consideran fundamentales para la invención por sí solas y en combinación. Las formas de realización según la invención se pueden cumplir por medio de algunas de las características o de una combinación de varias características. En el contexto de la invención, las características identificadas por "en especial" o "preferiblemente" han de entenderse como características facultativas.

Lista de referencias

	1	Molde de varias piezas
	2	Caja de moldeo superior
5	3	Caja de moldeo inferior
	4	Núcleo
	5	Bastidor de fundición
	6	Brida de división
	7	Plano de división
10	8	Eje de rotor central
	10	Cavidad para la fundición del cubo de rotor
	12	Conexión de árbol de rotor
	14, 14', 14"	Consola para el accionamiento de paso
	16	Orificio del tren de transmisión
15	20, 20', 20"	Conexión de pala de rotor
	22, 22', 22"	Brida de pala
	23	Plano final de la brida de pala
	24, 24', 24"	Refuerzo de conexión de pala
	25	Plano de refuerzo
20	26, 26', 26"	Abertura de acceso
	28, 28"	Nervadura
	29	Pliegue
	30	Línea de fijación
	31	Distancia
25	32, 34, 36	Fijación para componentes
	40	Plano de sección transversal del cubo de rotor
	50	Cubo de rotor
	101	Molde de varias piezas
	102	Caja de moldeo superior
30	103	Caja de moldeo inferior
	104a	Pieza de núcleo superior
	104b	Pieza de núcleo inferior
	105	Bastidor de fundición
	106	Brida de división
35	107	Plano de división
	108	Eje de rotor central
	110	Cavidad para la fundición del cubo de rotor
	112	Conexión del árbol de rotor
	114	Consola para el accionamiento de paso
40	116	Orificio del tren de transmisión
	120, 120'	Conexión de pala de rotor
	122, 122'	Brida de pala

ES 2 756 025 T3

	123	Plano final de la brida de pala
	124, 124'	Refuerzo de conexión de pala
	125	Plano de refuerzo
	126, 126'	Abertura de acceso
5	130, 130'	Orificio de acceso
	132, 134	Fijación para componentes

REIVINDICACIONES

1. Molde de varias piezas (1) para un cubo de rotor (50) de un aerogenerador con dos o más conexiones de pala de rotor (20, 20', 20") que comprende una caja de moldeo superior (2), una caja de moldeo inferior (3) y un núcleo (4), delimitando el molde (1) en estado ensamblado, en el que la caja de moldeo superior (2) y la caja de moldeo inferior (3) están superpuestas en un plano de división (7) y rodean el núcleo (4), una cavidad (10) que presenta la forma del cubo de rotor (50) a fabricar, orientándose un eje de rotor central (8) en el molde (1) de forma vertical y perpendicularmente con respecto al plano de división (7), presentando cada conexión de pala de rotor (20, 20', 20") una brida de pala (22, 22', 22") y un refuerzo de conexión de pala (24, 24', 24") dispuesto en el interior de la conexión de pala de rotor (20, 20', 20"), formando los planos finales (23) de las bridas de pala (22, 22', 22") respectivamente un primer ángulo con respecto al eje de rotor central (8) y atravesando el eje del rotor (8) los mismos por debajo o por encima del plano de división (7), caracterizado por que los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24") crean planos de refuerzo (25) dispuestos en un segundo ángulo, con respecto al eje de rotor central (8), que es diferente del primer ángulo.
2. Molde de varias piezas (1) según la reivindicación 1, caracterizado por que los planos de refuerzo (25) de los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24") se orientan paralelos al eje de rotor central (8) o difieren del eje de rotor central en una pequeña medida angular que, en términos cuantitativos, es especialmente menor que el primer ángulo, especialmente en menos de 1° a 2°.
3. Molde de varias piezas (1) según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que, en términos cuantitativos, el primer ángulo es superior a 2°, en especial superior a 3°, especialmente de entre 3° y 6° y/o por que un ángulo de diferencia entre el primer ángulo y el segundo ángulo es superior a 2°, en particular superior a 3°.
4. Molde de varias piezas (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24") se configuran de forma plana, cónica o plegada, presentando los refuerzos de conexión de pala cónicos o plegados (24, 24', 24") en el plano de división (7) del molde (1) un ángulo cónico o un pliegue (29), que presenta especialmente un ángulo interno de 176° a 179,5°, en especial, de aproximadamente 179°.
5. Molde de varias piezas (1) según la reivindicación 3 o 4, caracterizado por que, en el caso de los refuerzos de conexión de pala planos (24, 24', 24"), los vectores de las normales de los respectivos planos de refuerzo (25) corresponden a los vectores de las normales de los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24") o, en el caso de los refuerzos de conexión de pala cónicos (24, 24', 24"), un eje de simetría del cono también es un vector de la normal sobre el plano de refuerzo correspondiente (25) o, en el caso de los refuerzos de pala doblados (24, 24', 24"), una bisectriz del ángulo interior del pliegue (29), orientada perpendicular a una línea de fijación del pliegue (29), es un vector de la normal sobre el plano de rigidez correspondiente (25).
6. Molde de varias piezas (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que una línea de fijación (30) del refuerzo de conexión de pala (24, 24', 24") en la respectiva brida de pala fundamentalmente cilíndrica (22) en dirección perimetral de la brida de pala (22) presenta una distancia variable (31) resultante de la diferencia de ángulo entre el primer y el segundo ángulo y el plano final (23) de la respectiva conexión de pala de rotor (20, 20', 20"), siendo especialmente la distancia (31) en el punto más retrasado de la conexión de pala de rotor (20, 20', 20") orientada hacia la góndola la más grande y en el punto opuesto a la góndola la más pequeña.
7. Molde de varias piezas (1) según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el núcleo (4) se ha configurado de una pieza o en una sola pieza.
8. Molde de varias piezas (1) según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24"), en su caso con excepción de una abertura de acceso (26, 26', 26"), se configuran de forma plana o anular, presentando los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24"), especialmente en su superficie exterior, una nervadura (28, 28"), cuya superficie final queda alineada o coincide con el plano final (23) de la respectiva brida de pala (22, 22', 22").
9. Procedimiento de fabricación de un cubo de rotor (50) de un aerogenerador, ensamblándose un molde de varias piezas (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que en primer lugar se inserta el núcleo (4) en el molde parcial inferior (3) y después se coloca el molde parcial superior (2) sobre el molde parcial inferior (3), apoyándose el molde parcial superior (2) de forma plana en el molde parcial inferior (3) en el plano de división (7), introduciéndose un material de fundición de cubo de rotor en la cavidad (10) del molde (1) que se solidifica, retirándose el molde (1) después del endurecimiento del material de fundición del cubo de rotor, destruyéndose en este proceso el núcleo (4), el molde parcial superior (2) y el molde parcial inferior (3) respectivamente al menos en parte y sacándose el cubo de rotor (50) del molde parcial inferior (3).

10. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 9, caracterizado por que para el ensamblaje del molde (1), el molde parcial superior (2) se baja verticalmente por encima del núcleo (4) y se coloca sobre el molde parcial inferior (3).
- 5 11. Cubo de rotor (50) de un aerogenerador con dos o más conexiones de pala de rotor (20, 20', 20"), que se fabrica o se puede fabricar especialmente en un molde (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8 y/o en un procedimiento de fabricación según la reivindicación 9 o 10, presentando cada conexión de pala de rotor (20, 20', 20") una brida de pala (22, 22', 22") y un refuerzo de conexión de pala (24, 24', 24") dispuesto en el interior de la
10 conexión de pala de rotor (20, 20', 20"), formando los planos finales (23) de las bridas de pala (22, 22', 22") respectivamente un primer ángulo con respecto al eje de rotor central (8) y atravesando el eje de rotor (8) los mismos por debajo o por encima del plano de división (7), caracterizado por que los planos de refuerzo (25) de la conexión de pala (24, 24', 24") se disponen en un segundo ángulo con respecto al eje de rotor central (8) diferente del primer ángulo.
- 15 12. Cubo de rotor (50) según la reivindicación 11, caracterizado por que los planos de refuerzo (25) de los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24") se alinean paralelos al eje de rotor central (8) o se inclinan en un ángulo menor que el de la respectiva brida de pala (22, 22', 22") hacia el eje de rotor central (8) o en contra del eje de rotor central (8), especialmente en menos de 1° a 2°.
- 20 13. Cubo de rotor (50) según la reivindicación 11 o 12, caracterizado por que los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24"), en su caso con excepción de una abertura de acceso (26, 26', 26"), se configuran de forma plana o anular, presentando los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24"), especialmente en sus superficies exteriores, una nervadura (28, 28"), cuya superficie final exterior está alineada o coincide con el plano final (23) de la respectiva
25 brida de pala (22, 22', 22").
- 30 14. Cubo de rotor (50) según una de las reivindicaciones 11 a 13, caracterizado por que los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24") se configuran de forma plana, cónica o doblada, presentando los refuerzos de conexión de pala (24, 24', 24") cónicos o doblados, en un plano de sección transversal (40) dispuesto especialmente perpendicular al eje de rotor central (8), un ángulo cónico o un pliegue (29), que presenta un ángulo interior de 176° a 179,5°, en especial de unos 179°, definiendo el plano de división (7) el plano de sección transversal (40) del molde (1) y/o pasando el plano de sección transversal por los centros o cerca de los centros de las al menos dos conexiones de pala de rotor (20, 20', 20"), especialmente a una distancia de menos de una décima parte de los radios de las conexiones de pala de rotor (20, 20', 20") con respecto a los centros de las conexiones de pala de rotor (20, 20', 20").
35
15. Aerogenerador con un cubo de rotor (50) según una de las reivindicaciones 11 a 14.

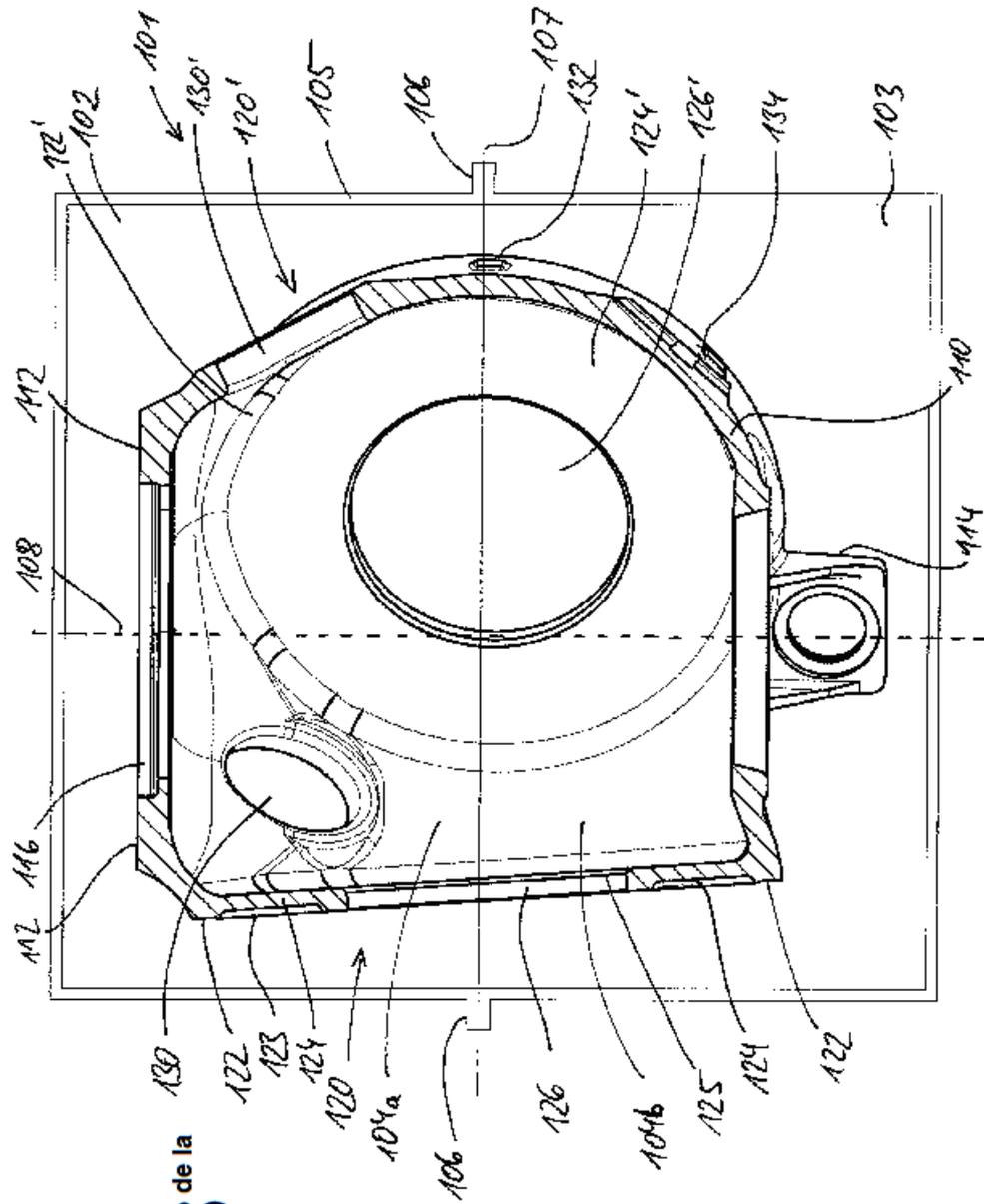
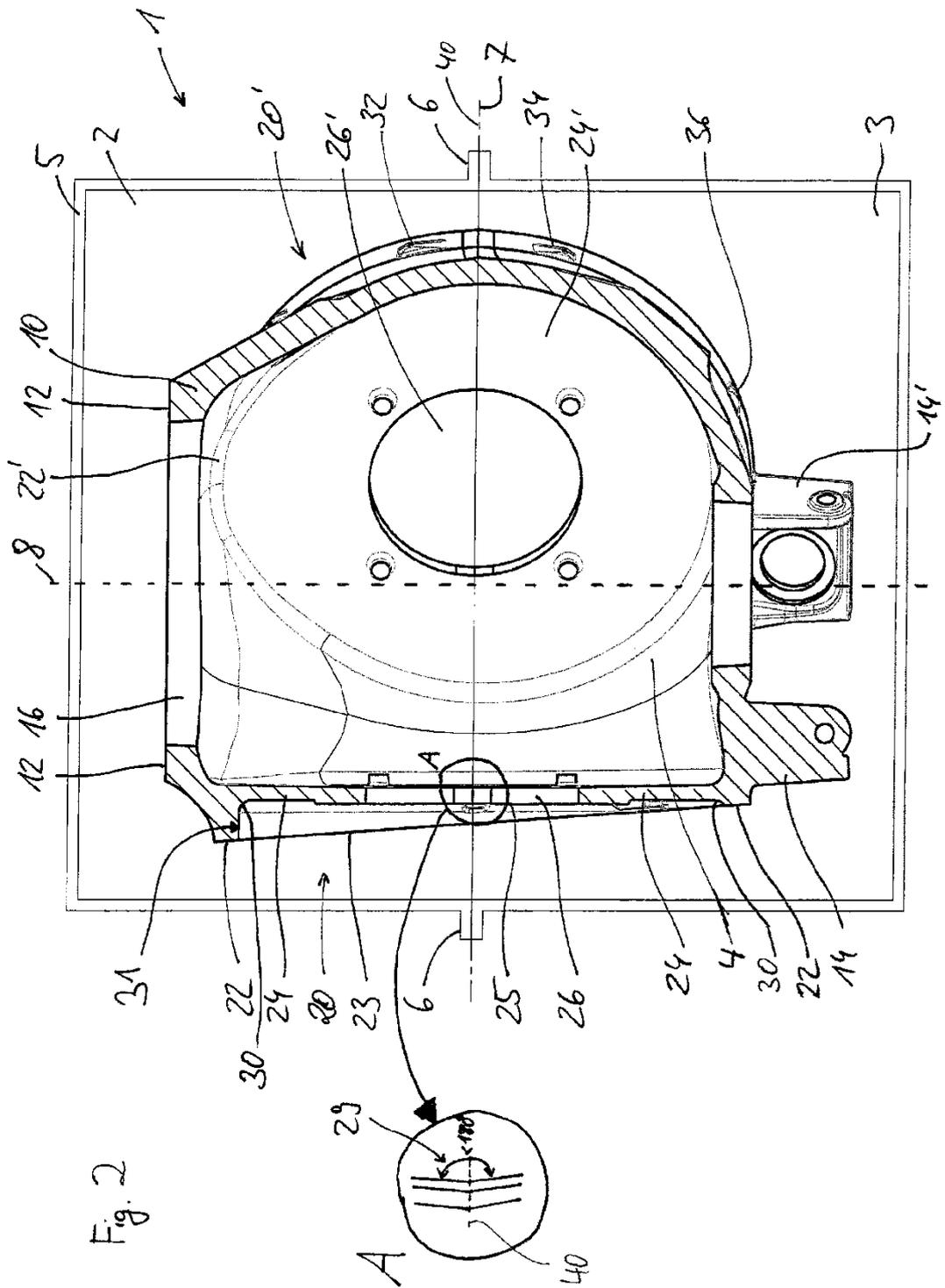


Fig. 1
(Estado de la
técnica)



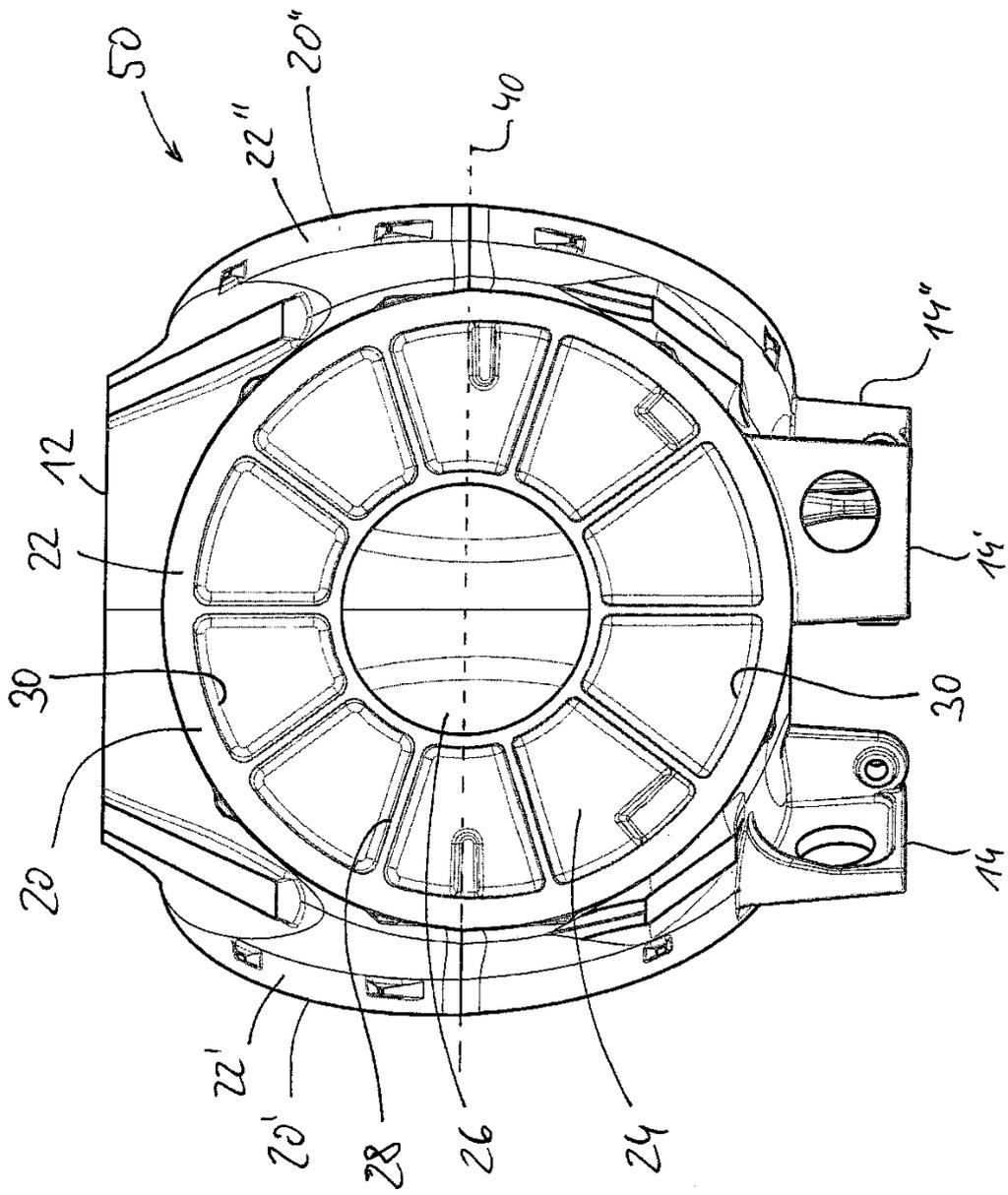


Fig. 3

