



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 707 804**

⑮ Int. Cl.:  
**F03D 1/06**  
(2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑥ Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2010 PCT/EP2010/070387**

⑦ Fecha y número de publicación internacional: **30.06.2011 WO11076795**

⑨ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2010 E 10796042 (9)**

⑩ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 2516845**

---

④ Título: **Un buje para una turbina eólica y un método para fabricar el buje**

⑩ Prioridad:

**21.12.2009 DK 200970287  
21.12.2009 US 288617 P**

④ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**05.04.2019**

⑩ Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)  
Hedeager 42  
8200 Aarhus N, DK**

⑩ Inventor/es:

**BECH, ANTON y  
BITSCH, MICHAEL LUNDGAARD**

⑩ Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 707 804 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

Un buje para una turbina eólica y un método para fabricar el buje

### Campo de la invención

La presente invención se refiere a un buje para una turbina eólica. El buje de la invención es fácil de manejar durante la fabricación y el transporte, si bien el tamaño del buje es muy grande. Además, la invención se refiere a un método para fabricar un buje de ese tipo.

### Antecedentes de la invención

En la industria de la energía eólica existe una tendencia de producir turbinas eólicas de tamaño creciente. De ese modo, el tamaño de las partes individuales de las turbinas eólicas, tales como el buje, también aumenta. Las partes grandes son difíciles de manejar durante la fabricación así como durante el transporte desde la instalación de fabricación hasta el lugar de funcionamiento de la turbina eólica. Por ejemplo, cuando una parte, tal como un buje, se fabrica usando una técnica de colada, se forma un molde inicialmente por arena, y se vierte metal líquido en el molde. Cuando la parte se ha enfriado, se retira de la arena, y la arena se limpia y se reutiliza para formar el siguiente molde. En el caso de que la parte que se cuela sea relativamente pequeña, el molde de arena puede formarse en una cubierta de tal manera que se usa una cantidad mínima de arena. Cuando la parte se ha enfriado, se mueve la cubierta que incluye la arena y la parte que se cuela, usando una grúa, a una posición en la que se abre la cubierta, liberando de ese modo la arena y la parte que se cuela. Esto hace que sea fácil preparar la arena para su reutilización. En el caso de que la parte que se cuela sea relativamente grande y pesada, las grúas que se usan normalmente para este fin no podrán elevar una cubierta que incluye arena y la parte que se cuela. Por tanto, es necesario formar el molde de arena directamente en una depresión o similares en el suelo. En este caso, la arena debe retirarse manualmente de la depresión, y la cantidad de arena requerida para formar el molde aumenta.

Además, la flotabilidad de la arena hace que las fuerzas actúen sobre la parte que se cuela. Si se cuelan partes muy grandes, la cantidad de arena es también muy grande, y las fuerzas que actúan sobre la parte que se cuela pueden, de ese modo, llegar a ser excesivas.

Además, es muy difícil mover partes grandes de turbina eólica, tales como bujes. Los vehículos usados para mover las partes deben ser muy grandes, y puede ser difícil maniobrar tales vehículos en carreteras normales, y puede perturbar el tráfico normal. Los vehículos también deben poder soportar el peso de las partes, y la distribución de peso a lo largo del vehículo puede no ser uniforme, planteando de ese modo exigencias adicionales del vehículo.

Finalmente, el manejo de partes grandes de turbina eólica en el lugar de fabricación y el lugar de funcionamiento de la turbina eólica es difícil, simplemente debido al gran tamaño y peso elevado de las partes.

El documento US 6.942.461 da a conocer un buje de pala de rotor para una instalación de energía eólica. El buje de pala de rotor está dividido en un núcleo de buje y un número de porciones de buje exteriores que corresponden al número de palas de rotor. Las porciones de buje exteriores están conectadas cada una al núcleo de buje y a una pala de rotor. El núcleo de buje es una parte relativamente grande, y por tanto, las desventajas en cuanto al manejo y fabricación de partes grandes no se evitan mediante este buje.

El documento WO 01/42647 da a conocer un buje de rotor de turbina eólica que comprende dos carcasa que están adheridas entre sí a través de un plano que se extiende transversalmente del eje de rotación del buje. Las carcasa están fabricadas con un material compuesto.

Se conoce otro buje de la técnica anterior a partir del documento WO2008/003389.

### 40 Descripción de la invención

Un objeto de las realizaciones de la invención es proporcionar un buje para una turbina eólica que es fácil de manejar durante la fabricación y el transporte.

Un objeto adicional de las realizaciones de la invención es proporcionar un buje para una turbina eólica que puede fabricarse usando una técnica de colada, si bien el buje es muy grande.

45 Incluso otro objeto adicional de las realizaciones de la invención es proporcionar un método para fabricar un buje para una turbina eólica, permitiendo dicho método la fabricación de bujes incluso muy grandes usando una técnica de colada.

Incluso otro objeto adicional de las realizaciones de la invención es proporcionar un método para fabricar un buje grande para una turbina eólica usando una técnica de colada, donde el procedimiento de colada se realiza usando menos trabajo manual que los métodos de la técnica anterior.

Según un primer aspecto, la invención proporciona un buje para una turbina eólica, comprendiendo el buje una carcasa continua que forma un cuerpo hueco con una brida de árbol principal adaptada para conectar el buje a un

árbol principal y una o más bridas de pala, estando adaptada cada brida de pala para conectar el buje a una pala de turbina eólica, estando ensamblado el cuerpo hueco a partir de al menos dos partes de buje conectadas entre sí a través de una o más porciones de conexión, estando colada cada parte de buje a partir de un material colable, en el que al menos una brida de pala y/o la brida de árbol principal comprende una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a otra parte de buje.

Como el buje comprende al menos dos secciones, las al menos dos secciones se unen a lo largo de una línea divisoria. Como la línea divisoria interseca al menos una de las bridas de pala y/o la brida de árbol principal, la al menos una brida de pala y/o la brida principal comprende una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a otra parte de buje. Por tanto, según la invención, la(s) porción/porciones de conexión interseca(n) al menos una brida de pala y/o la brida de árbol principal.

Como las bridas pueden ser partes separadas que están unidas al buje, la brida de pala y/o la brida de árbol principal pueden comprender una sección que está unida a una de las partes de buje y una sección que está unida a otra parte de buje.

Alternativamente, las bridas pueden formar parte del buje, y por tanto al menos una brida de pala y/o la brida de árbol principal comprende una sección que forma parte de una de las partes de buje y una sección que forma parte de otra parte de buje.

Debe entenderse que un buje que comprende una carcasa continua es un buje formado por una carcasa que, cuando se ensambla, forma una única entidad, es decir las al menos dos partes de buje no son móviles una con respecto a la otra cuando se ensamblan, a excepción de deformaciones durante su uso. La carcasa continua puede, sin embargo, comprender uno o más orificios, tales como aberturas para empleados de mantenimiento u otras personas que tienen que acceder al buje durante el montaje del mismo en una góndola o durante el mantenimiento de la turbina eólica.

En el presente contexto, el término 'turbina eólica' debe interpretarse como que significa un aparato que puede transformar energía del viento en energía eléctrica, preferiblemente para su suministro a una red eléctrica. Un conjunto de palas de turbina eólica extraen la energía del viento, produciendo de ese modo la rotación del rotor. Los movimientos de rotación del rotor se transfieren a un generador, ya sea directamente a través de una parte de estator y una parte de rotor, o a través de un tren de transmisión, por ejemplo incluyendo un árbol principal, un sistema de engranajes y un árbol de entrada para el generador.

El buje es la parte de la turbina eólica que porta las palas de turbina eólica. El buje rota cuando las palas de turbina eólica extraen energía del viento. En caso de que la turbina eólica sea de una clase que comprende un tren de transmisión para transferir los movimientos de rotación del rotor al generador, el buje puede estar conectado ventajosamente a un árbol principal de tal manera que los movimientos de rotación del buje se transfieren a movimientos de rotación del árbol principal. En el buje de la presente invención, el árbol principal se conecta al buje a través de una brida de árbol principal en el buje y una brida correspondiente en el árbol principal. De manera similar, las palas de turbina eólica están conectadas al buje a través de bridas de pala respectivas y bridas correspondientes en las palas de turbina eólica, preferiblemente a través de un rodamiento de pala.

El buje comprende al menos dos partes de buje, estando conectada cada parte de buje a al menos otra parte de buje a través de una o más porciones de conexión. Por tanto, el buje está dividido en un número de partes más pequeñas que se fabrican por separado y se ensamblan posteriormente para formar el buje. Dado que las partes de buje son más pequeñas que el buje resultante, son más fáciles de manejar durante la fabricación y el transporte de lo que lo serían en caso de que el buje se fabricase en una única pieza.

Las partes de buje están conectadas entre sí a través de una o más porciones de conexión. Las porciones de conexión son superficies de contacto coincidentes formadas en las partes de buje para permitir una conexión adecuada entre las partes de buje, formando de ese modo el buje. Las porciones de conexión pueden comprender, por ejemplo, bridas o porciones similares a bridas.

Las porción/porciones de conexión interseca(n) al menos una brida de pala y/o la brida de árbol principal. Por tanto, al menos una de las bridas formadas en el buje se forma a partir de porciones de al menos dos partes de buje diferentes. Por consiguiente, el buje se divide de tal manera que no hay 'porción de núcleo' con un gran volumen interno, cuando el buje no está ensamblado. De ese modo, se garantiza que las partes de buje tienen tamaños razonables, y que son fáciles de manejar, por ejemplo durante la fabricación y el transporte.

Cuando se ensambla, el buje comprende una carcasa continua que forma un cuerpo hueco, estando ensamblado el cuerpo hueco a partir de al menos dos partes de buje conectadas entre sí a través de una o más porciones de conexión.

Las partes de buje se han colado con un material colable. Por consiguiente, cada una de las partes de buje se fabrica usando una técnica de colada. Esto es una ventaja ya que la colada es un método de fabricación de bajo coste, y las partes resultantes son relativamente resistentes y duraderas. Es un requisito que un buje para una turbina eólica sea resistente y duradero, en particular en el caso de turbinas eólicas grandes, ya que el buje

normalmente soporta grandes cargas durante su funcionamiento. Además, dado que el buje comprende al menos dos partes de buje que se cuelan por separado, y dado que las partes de buje son significativamente más pequeñas que el buje resultante, debido a la(s) porción/porciones de conexión que intersecan al menos una brida, es posible realizar la colada usando cubiertas tal como se describió anteriormente, reduciendo de ese modo la necesidad de trabajo manual durante el procedimiento de colada, y facilitando la reutilización de la arena usada para formar el molde de colada.

En resumen, el buje de la invención es fácil de manejar durante la fabricación y el transporte, debido a las al menos dos partes de buje. Se fabrica usando una técnica rentable, que también proporciona un buje resistente y duradero que puede soportar las cargas esperadas durante su funcionamiento.

10 Las partes de buje pueden fabricarse a partir de un metal colado, tal como hierro colado, por ejemplo hierro colado dúctil esferoidal, EN-GJS- 400-18, o cualquier otra clase adecuada de metal colado.

Cada una de lasbridas puede formar una abertura en la carcasa continua en un espacio interno dentro del cuerpo hueco.

15 El buje puede comprender dos partes de buje, y la(s) porción/porciones de conexión puede(n) intersecar al menos una brida de pala, es decir al menos una de lasbridas de pala puede comprender una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a la otra parte de buje. Según esta realización, el buje preferiblemente comprende una parte trasera que tiene la brida de árbol principal formada completamente en la misma y una parte frontal dispuesta de manera opuesta a la parte trasera. En una realización similar, la parte trasera y/o la parte frontal pueden estar formadas por un número de partes de buje, por ejemplo dispuestas de manera circunferencial sobre un eje de rotación para el buje. En este caso, la parte trasera puede

20 formarse, por ejemplo, a partir de una única parte de buje, evitando de ese modo la división de la brida de árbol principal, y la parte frontal puede formarse a partir de un número de partes de buje, por ejemplo dos o tres, reduciendo de ese modo el tamaño de las partes de buje individuales usadas para esta parte del buje.

25 Como alternativa, el número de partes de buje puede ser igual al número debridas de pala, y la(s) porción/porciones de conexión puede(n) intersecar la brida de árbol principal, es decir la brida principal puede comprender una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a otra parte de buje. Según esta realización, las partes de buje están dispuestas preferiblemente de manera circunferencial con respecto a un eje de rotación del buje. Ventajosamente, las partes de buje pueden ser sustancialmente idénticas en tamaño y forma y pueden estar dispuestas de manera sustancialmente simétrica con respecto a las palas de turbina eólica. En una realización similar, una o más de las partes de buje pueden formarse a partir de dos o más partes de buje, por ejemplo una parte trasera y una parte frontal.

30 En la realización descrita anteriormente, la(s) porción/porciones de conexión puede(n) intersecar adicionalmente al menos una brida de pala, de modo que al menos una de lasbridas de pala comprende una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a otra parte de buje. En este caso, las partes del buje que están dispuestas entre lasbridas de pala están contenidas cada una preferiblemente en una única parte de buje. De ese modo, la resistencia de estas partes no se ve comprometida por conexiones entre partes de buje.

35 Como alternativa, la(s) porción/porciones de conexión puede(n) extenderse adicionalmente entre dosbridas de pala, es decir puede(n) intersecar al menos una región entre dosbridas de pala. En este caso, lasbridas de pala están contenidas cada una preferiblemente en una única parte de buje. De ese modo, la resistencia de lasbridas de pala no se ve comprometida por conexiones entre partes de buje.

40 Aún como otra alternativa, algunas porciones de conexión pueden intersecarbridas de pala, mientras que otras porciones de conexión pueden intersecar las regiones entre lasbridas de pala. En este caso, el número de partes de buje puede ser ventajosamente dos veces el número debridas de pala.

45 Debe indicarse que la presente invención también cubre realizaciones en las que el buje puede comprender cualquier número de partes de buje, siempre que haya al menos dos, y pueden estar dispuestas unas con respecto a las otras de cualquier manera que es apropiada para el buje específico.

50 Las partes de buje pueden estar conectadas entre sí mediante medios de conexión reversibles, tales como uno o más conjuntos de perno. Tales conjuntos permiten que las partes de buje estén fácilmente conectadas entre sí, y el ensamblaje puede incluso tener lugar en el lugar de funcionamiento de la turbina eólica. De ese modo, se facilita el transporte del buje desde el lugar de fabricación hasta el lugar de funcionamiento. Además, los medios de conexión reversibles permiten que las partes de buje se desconecten unas de las otras más adelante en el tiempo, por ejemplo con respecto a reparación, mantenimiento o retirada de la turbina eólica.

55 Como alternativa a los medios de conexión reversibles, las partes de buje pueden estar conectadas entre sí de manera permanente, por ejemplo por soldadura.

El buje puede comprender además uno o más elementos de refuerzo dispuestos en o cerca de la(s) brida(s). Con el

fin de reducir el tamaño y peso del buje, es deseable hacer la región entre las bridas tan pequeña o estrecha como sea posible. Sin embargo, esto introduce el riesgo de que la resistencia y rigidez de estas partes del buje pasen a ser demasiado bajas para soportar las cargas que se producen durante el funcionamiento de la turbina eólica. Disponiendo elementos de refuerzo en o cerca de las bridas, en particular en las regiones entre las bridas, puede

5 lograrse un tamaño pequeño y un peso bajo del buje sin que se vean comprometidas la resistencia y rigidez del buje, en particular en las regiones entre las bridas. El elemento de refuerzo puede ser de particular relevancia en las regiones entre las bridas de pala.

El/los elemento(s) de refuerzo puede(n) comprender una pared interior dispuesta dentro del cuerpo hueco a una distancia de la carcasa continua que puede verse como una pared principal, formando de ese modo una cavidad entre la pared interior y la carcasa continua. Según esta realización, el elemento de refuerzo en la forma de una pared interior y la carcasa continua proporcionan, en combinación, la resistencia y rigidez suficientes para las regiones entre las bridas. La cavidad garantiza que se obtengan la resistencia y rigidez sin aumentar el peso del buje de manera excesiva. La pared interior y la carcasa continua pueden formar un elemento tubular. Se sabe que un elemento de ese tipo tiene una rigidez que es casi tan alta como la de un objeto sólido con las mismas dimensiones exteriores. Sin embargo, el peso se reduce significativamente debido a la cavidad dentro del elemento.

10 La pared interior puede formar una parte integral de una parte de buje, y puede formarse, en este caso, directamente durante la colada de la parte de buje. Como alternativa, la pared interior puede fabricarse por separado y unirse posteriormente a una o más partes de buje, por ejemplo mediante conexiones de perno.

15 Alternativa o adicionalmente, el/los elemento(s) de refuerzo puede(n) comprender una o más costillas. Las costillas pueden formarse, por ejemplo, añadiendo material en forma de costillas en o cerca de las bridas, en particular en las regiones entre las bridas. Como alternativa, las costillas pueden formarse colando las regiones en o cerca de las bridas con un espesor de pared relativamente alto, y retirando posteriormente algunos de los materiales de pared. En cualquier caso, las costillas proporcionan rigidez y resistencia a las regiones en o cerca de las bridas sin aumentar de manera excesiva el peso del buje, de manera similar a la situación descrita anteriormente con referencia a la pared interior. El elemento de refuerzo puede ser de particular relevancia en las regiones entre las bridas de pala.

20 El buje puede comprender además al menos un elemento de rigidización que interconecta al menos dos porciones de conexión de una primera parte de buje y al menos dos porciones de conexión de una segunda parte de buje. Un elemento de rigidización de ese tipo proporciona rigidez adicional al buje, proporcionando de ese modo una construcción más rígida. El/los elemento(s) de rigidización puede(n) extenderse en el cuerpo hueco del buje. En este caso, el elemento de rigidización puede ser una placa sustancialmente sólida que interconecta todas de las porciones de conexión y rellena sustancialmente una sección transversal del buje. Como alternativa, el elemento de rigidización puede ser una placa sustancialmente sólida con una forma que difiere de una forma en sección transversal del buje en la posición del elemento de rigidización. Por ejemplo, en el caso de que una primera parte de buje comprenda tres porciones de conexión, estando adaptada cada una para conectarse a una porción de conexión de una segunda parte de buje, entonces el elemento de rigidización puede tener, por ejemplo, una forma sustancialmente triangular o una forma similar a una Y, estando dispuestos los ángulos del triángulo o los puntos de extremo de la 'Y' en las posiciones de las porciones de conexión. Como otra alternativa, el elemento de rigidización puede comprender un número de varillas o elementos planos alargados, interconectando cada uno dos conjuntos de porciones de conexión.

25 El buje puede comprender además al menos una sección de tubo que interconecta al menos dos de las partes de buje. Una sección de tubo puede interconectar directamente dos partes de buje, o dos partes de buje pueden interconectarse a través de dos o más secciones de tubo. En el caso de que el buje comprenda un elemento de rigidización tal como se describió anteriormente, una sección de tubo puede interconectar el elemento de rigidización y una de las partes de buje. La(s) sección/secciones de tubo proporciona(n) una construcción incluso más rígida del buje. En el caso de que el buje comprenda una parte frontal de buje y una parte trasera de buje, la(s) sección/secciones de tubo puede(n) estar dispuestas ventajosamente a lo largo de una dirección definida por el eje de rotación del buje durante su funcionamiento, y puede(n) estar dispuesta(s) para conectar un elemento de rigidización a la parte frontal de buje y/o a la parte trasera de buje.

30 35 40 45 50 Para reforzar adicionalmente el buje en las bridas de pala, el buje puede comprender además al menos uno elemento de refuerzo de brida de pala dispuesto en la(s) brida(s) de pala y que se extiende principalmente dentro de la abertura delimitada por la(s) brida(s), por ejemplo sustancialmente en el plano definido por la(s) brida(s). En una realización, un elemento de refuerzo de pala puede estar dispuesto en cada una de las bridas de pala.

55 60 El elemento de refuerzo de brida de pala puede comprender un elemento de placa circular que puede ser de un tamaño correspondiente al tamaño de las bridas de pala, proporcionando de ese modo una construcción más rígida del buje. El elemento de placa circular puede ser una placa sólida o puede ser una placa que tiene aberturas, tales como una abertura que permite a una persona acceder al cuerpo hueco de la carcasa. La abertura puede estar, por ejemplo, desfasada del centro del elemento de placa, por ejemplo para permitir un acceso más fácil desde el borde de la brida. Esto es particularmente relevante para turbinas eólicas grandes en las que la(s) brida(s) puede(n) ser de varios metros de diámetro.

El elemento de refuerzo de brida de pala puede comprender alternativamente un número de abrazaderas o elementos con forma de varilla que se extienden entre puntos en la periferia de la(s) brida(s).

Como alternativa o como complemento al elemento de refuerzo de brida de pala descrito anteriormente, el elemento de refuerzo de brida de pala puede comprender un elemento con forma de anillo. El elemento con forma de anillo 5 puede ser de un tamaño correspondiente al tamaño de la brida de pala y puede situarse en la parte superior de la brida de pala, proporcionando de ese modo una brida de pala más rígida con una resistencia mayor. Un elemento de refuerzo con forma de anillo similar puede usarse también para reforzar la brida de árbol principal.

Para facilitar el transporte del elemento con forma de anillo, este puede comprender al menos dos partes de anillo, tal como dos mitades, cuatro cuartos, u otro número de partes que forman un anillo cuando se sitúan con porciones 10 de extremo respectivas haciendo tope entre sí. Las partes de anillo pueden estar situadas de tal manera que al menos algunas de sus porciones de extremo cuando hacen tope entre sí, es decir las juntas que hacen tope entre las partes de anillo, pueden estar situadas desplazadas con respecto a la(s) porción/porciones de conexión, aumentando de ese modo la resistencia de la(s) porción/porciones de conexión.

Según un segundo aspecto, la invención proporciona un método para fabricar un buje para una turbina eólica, 15 comprendiendo el buje una carcasa continua que forma un cuerpo hueco con una brida de árbol principal adaptada para conectar el buje a un árbol principal, y una o más bridas de pala, estando adaptada cada brida de pala para conectar el buje a una pala de turbina eólica, comprendiendo el método las etapas de:

- colar al menos dos partes de buje,
- mecanizar una o más porciones de conexión en cada una de las partes de buje, y
- 20 - ensamblar las partes de buje a través de dichas porciones de conexión de tal manera que al menos una de las bridas de pala y/o la brida de árbol principal comprende una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a otra parte de buje.

Debe señalarse que un experto en la técnica reconocería fácilmente que cualquier característica descrita en 25 combinación con el primer aspecto de la invención también puede combinarse con el segundo aspecto de la invención, y viceversa.

Realizar el método según el segundo aspecto de la invención preferiblemente da como resultado un buje que se fabrica según el primer aspecto de la invención.

Según el segundo aspecto de la invención, se fabrica un buje colando inicialmente al menos dos partes de buje. Una 30 o más porciones de conexión se mecanizan entonces en cada una de las porciones de buje, proporcionando de ese modo superficies de contacto que son adecuadas para conectar las partes de buje entre sí. A continuación, las partes de buje se conectan entre sí a través de las porciones de conexión, formando de ese modo el buje. Las partes de buje están conectadas de tal manera que al menos una brida de pala y/o la brida de árbol principal comprende una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a otra parte de buje, tal como se describió anteriormente con referencia al primer aspecto de la 35 invención. Por tanto, las partes de buje se cuelan por separado y se ensamblan posteriormente, y las ventajas descritas anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención en cuanto al procedimiento de colada y el manejo de las partes de buje se obtienen de ese modo.

El mecanizado de una o más de las porciones de conexión puede ser necesario para garantizar las dimensiones dentro de las tolerancias requeridas. Como la parte de buje puede ser cada una muy grande también puede ser 40 necesario mecanizar otras partes de las partes de buje. En una realización esto puede realizarse después del ensamblaje de las partes de buje. Puede ser especialmente ventajosa mecanizar las bridas que comprenden una sección que forma parte de una parte de buje y una sección que forma parte de otra parte de buje después del ensamblaje para cumplir con las tolerancias y facilitar de ese modo la unión de las palas de turbina eólica.

La etapa de ensamblar las partes de buje puede comprender sujetar al menos una porción de conexión de una parte 45 de buje con pernos a al menos una porción de conexión de otra parte de buje. Como alternativa, las partes de buje pueden ensamblarse mediante otros medios de conexión reversibles, tales como pasadores, o pueden ensamblarse de una manera irreversible, por ejemplo soldando las porciones de conexión entre sí.

La etapa de colar al menos dos partes de buje puede comprender colar una parte trasera que tiene la brida de árbol 50 principal formada en la misma y una parte frontal. Según esta realización, la brida de árbol principal está formada completamente en una parte de buje, y las bridas de pala están divididas cada una entre dos partes de buje. Como alternativa, el buje puede estar dividido de otra manera adecuada, en particular tal como se describió anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención.

El método puede comprender además la etapa de disponer un macho de colada en una región cerca de al menos 55 una brida de pala, antes o durante la etapa de colar al menos dos partes de buje, con el fin de formar una cavidad entre una pared interior y la carcasa continua en dicha región. Según esta realización, un elemento de refuerzo se

5 forma en o cerca de al menos una de las bridas de pala, definiendo el elemento de refuerzo una cavidad entre la pared interior y la carcasa continua. Las ventajas obtenidas mediante esto se describieron anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención. El hecho de que las partes de buje se cuelen por separado hace más fácil disponer el macho de colada en una posición apropiada de lo que sería en el caso de si el buje se colase en una pieza.

10 La etapa de ensamblar las partes de buje puede comprender conectar al menos un elemento de rigidización a al menos dos porciones de conexión de una primera parte de buje y a al menos dos porciones de conexión de una segunda parte de buje. Según esta realización, cuando se ensambla el buje, se dispone un elemento de rigidización entre los pares respectivos de porciones de conexión de dos partes de buje. El elemento de rigidización proporciona 15 rigidez adicional al buje tal como se describió anteriormente con referencia al primer aspecto de la invención.

15 Según un tercer aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende un buje según el primer aspecto de la invención.

20 Debe entenderse que un experto en la técnica reconocería fácilmente que cualquier característica descrita en combinación con los aspectos primero y segundo de la invención también puede combinarse con el tercer aspecto 15 de la invención.

#### **Breve descripción de los dibujos**

25 La invención se describirá ahora con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos en los que las figuras 1 y 2 son vistas en despiece ordenado de un buje según una primera realización de la invención, las figuras 3 y 4 son vistas en despiece ordenado de un buje según una segunda realización de la invención, las figuras 5 y 6 son vistas en despiece ordenado de un buje según una tercera realización de la invención, las figuras 7 y 8 son vistas en perspectiva de una parte frontal de buje para un buje según una cuarta realización de la invención, las figuras 9 y 10 son vistas en perspectiva de una parte trasera de buje del buje según la cuarta realización de la invención, la figura 11 es un detalle de la parte trasera de buje de las figuras 9 y 10, la figura 12 es una vista en despiece ordenado de un buje según una quinta realización de la invención, la figura 13 es una vista en despiece ordenado de un buje según una sexta realización de la invención, la figura 14 es una vista en despiece ordenado de un buje según una séptima realización de la invención, la figura 15 es una vista en despiece ordenado de un buje según una octava realización de la invención, las figuras 16 y 17 son vistas en despiece ordenado de un buje según una novena realización de la invención, las figuras 18 y 19 son vistas en despiece ordenado de un buje según una décima realización de la invención, y la figura 20 es una vista en despiece ordenado de un buje según una undécima realización de la invención.

#### **Descripción detallada de los dibujos**

35 Debe entenderse que la descripción detallada y ejemplos específicos, mientras que indican realizaciones de la invención, se proporcionan solo a modo de ilustración, dado que diversos cambios y modificaciones dentro del espíritu y alcance de la invención serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de esta descripción detallada.

40 Las figuras 1 y 2 son vistas en despiece ordenado de un buje 1 según una primera realización de la invención, visto desde dos ángulos diferentes. El buje 1 comprende una parte frontal de buje 2 y una parte trasera de buje 3. La parte trasera de buje 3 tiene una brida de árbol principal 4 formada en la misma. La brida de árbol principal 4 está adaptada para conectarse a un árbol principal (no mostrado) cuando se monta el buje 1 en una turbina eólica.

45 El buje 1 comprende además tres bridas de pala 5, estando adaptada cada una para tener una pala de turbina eólica conectada a la misma, a través de un rodamiento de pala.

45 La parte frontal de buje 2 y la parte trasera de buje 3 están dotadas cada una de tres porciones de conexión 6. Las porciones de conexión 6 están dispuestas en las regiones entre las bridas de pala 5, e intersecan las bridas de pala 5, es decir cada brida de pala 5 comprende una porción que forma parte de la parte frontal de buje 2 y una porción que forma parte de la parte trasera de buje 3.

- 5 Las partes de buje 2, 3 se fabrican por separado usando una técnica de colada. De ese modo, el tamaño de cada pieza que se cuela es de aproximadamente la mitad del tamaño del buje 1 en su totalidad. Esto hace más fácil manejar el buje durante el procedimiento de colada, tal como se describió anteriormente. Las partes de buje 2, 3 se ensamblan posteriormente conectando las porciones de conexión 6 entre sí en las posiciones mostradas en las figuras 1 y 2. Esto puede realizarse, por ejemplo, sujetando las porciones de conexión 6 entre sí con pernos, o soldándolas.
- 10 Las figuras 3 y 4 son vistas en despiece ordenado de un buje 1 según una segunda realización de la invención, visto desde dos ángulos diferentes. El buje 1 de las figuras 3 y 4 comprende tres partes de buje 7 dispuestas de manera circunferencial con respecto a un eje de rotación del buje 1 durante su funcionamiento. De manera similar a la realización de las figuras 1 y 2, el buje 1 comprende una brida de árbol principal 4 y tres bridas de pala 5.
- 15 Cada una de las partes de buje 7 comprende cuatro porciones de conexión 6, estando adaptada cada una para conectarse a una porción de conexión 6 de una de las otras partes de buje 7. Las porciones de conexión 6 están dispuestas de tal manera que cada una de ellas interseca una brida de pala 5, y la mitad de ellas interseca además la brida de árbol principal 4. Por tanto, cada brida de pala 5 comprende una porción que forma parte de una parte de buje 7 y una porción que forma parte de otra parte de buje 7. La brida de árbol principal 4 comprende tres porciones, formando cada una parte de una de las partes de buje 7. Las regiones entre las bridas de pala 5 están todas contenidas en una única parte de buje 7.
- 20 Las partes de buje 7 se fabrican por separado usando una técnica de colada y se ensamblan posteriormente para formar el buje 1 a través de las porciones de conexión 6 tal como se describió anteriormente con referencia a las figuras 1 y 2.
- 25 Las figuras 5 y 6 son vistas en despiece ordenado de un buje 1 según una tercera realización de la invención, visto desde dos ángulos diferentes. De manera similar a la realización de las figuras 3 y 4, el buje 1 de las figuras 5 y 6 comprende tres partes de buje 7 dispuestas de manera circunferencial con respecto a un eje de rotación del buje 1 durante su funcionamiento. El buje 1 comprende una brida de árbol principal 4 y tres bridas de pala 5.
- 30 30 Las partes de buje 7 se fabrican por separado usando una técnica de colada y se ensamblan posteriormente para formar el buje 1 a través de las porciones de conexión 6 tal como se describió anteriormente con referencia a las figuras 1 y 2.
- 35 Las figuras 7 y 8 son vistas en perspectiva de una parte frontal de buje 2 para un buje según una cuarta realización de la invención, visto desde dos ángulos diferentes. Tal como se describió anteriormente con referencia a las figuras 1 y 2, la parte frontal de buje 2 comprende porciones de tres bridas de pala 5. La parte frontal de buje 2 comprende además tres porciones de conexión 6 que están adaptadas para conectarse a porciones de conexión correspondientes de una parte trasera de buje.
- 40 40 En las regiones entre las bridas de pala 5, la parte frontal de buje 2 está dotada de paredes interiores 8. Las paredes interiores 8 están dispuestas a una distancia de la pared principal de la parte frontal de buje 2, siendo la pared principal parte de la carcasa continua del buje 1, formando de ese modo cavidades 9 entre las paredes interiores 8 y la pared principal de la parte frontal de buje 2. Las paredes interiores 8 proporcionan resistencia y rigidez adicionales en las regiones entre las bridas de pala 5. Las cavidades 9 garantizan que se obtengan la resistencia y rigidez adicionales sin aumentar el peso de la parte frontal de buje 2 de manera excesiva.
- 45 Las figuras 9 y 10 son vistas en perspectiva de una parte trasera de buje 3 para un buje según la cuarta realización de la invención, visto desde dos ángulos diferentes. La parte trasera de buje 3 comprende porciones de tres bridas de pala 5 y tres porciones de conexión 6. La parte trasera de buje 3 tiene además una brida de árbol principal 4 formada en la misma. Las porciones de conexión 6 están adaptadas para conectarse a las porciones de conexión 6 de la parte frontal de buje 2 de las figuras 7 y 8, formando de ese modo el buje. Cuando se unen las porciones de conexión 6 de la parte frontal de buje 2 y las porciones de conexión 6 de la parte trasera de buje 3, las bridas de pala 5 se forman mediante las porciones de brida de pala de la parte frontal de buje 2 y la parte trasera de buje 3, respectivamente.
- 50 La parte trasera de buje 3 también está dotada de paredes interiores 8 en las regiones entre las bridas de pala 5, estando dispuestas las paredes interiores 8 a una distancia de la pared principal de la parte trasera de buje 3, siendo la pared principal parte de la carcasa continua del buje 1, formando de ese modo cavidades 9 entre las paredes interiores 8 y la pared principal. Cuando las porciones de conexión 6 de la parte frontal de buje 2 (mostrada en las figuras 7 y 8) están conectadas a las porciones de conexión 6 correspondientes de la parte trasera de buje 3 (mostrada en las figuras 9 y 10), las paredes interiores 8 de la parte frontal de buje 2 y las paredes interiores 8 de la

parte trasera de buje 3 están dispuestas unas a continuación de las otras, formando de ese modo una pared interior sustancialmente continua 8 en cada una de las regiones entre las bridas de pala 5. Además, las cavidades 9 de la parte frontal de buje 2 y las cavidades 9 de la parte trasera de buje 3 también están dispuestas unas a continuación de las otras, formando de ese modo una cavidad sustancialmente continua 9 en cada una de las regiones entre las bridas de pala 5.

El hecho de que el buje según la cuarta realización de la invención esté dividido en una parte frontal de buje 2 y una parte trasera de buje 3 y que las porciones de conexión 6 intersequen las regiones entre las bridas de pala 5 facilita la colada de las partes de buje 2, 3 de tal manera que se forman las paredes interiores 8 y las cavidades 9, ya que las cavidades 9 tienen extremos abiertos hacia las porciones de conexión 6. Esto permite disponer fácilmente un macho de colada durante el procedimiento de colada.

La figura 11 es un detalle de la parte trasera de buje 3 de las figuras 9 y 10, mostrando claramente una de las partes de pared 8 y la cavidad 9 correspondiente.

La figura 12 es una vista en despiece ordenado de un buje 1 según una quinta realización de la invención. El buje 1 comprende una parte frontal de buje 2 de esa clase mostrada en las figuras 7 y 8 y una parte trasera de buje 3 de esa clase mostrada en las figuras 9 y 10. Entre la parte frontal de buje 2 y la parte trasera de buje 3 se inserta un elemento de rigidización 10 en la forma de una placa sustancialmente triangular. El elemento de rigidización 10 interconecta las tres porciones de conexión 6 de la parte frontal de buje 2 y las tres porciones de conexión 6 de la parte trasera de buje 3, proporcionando de ese modo rigidez adicional al buje 1.

La figura 13 es una vista en despiece ordenado de un buje 1 según una sexta realización de la invención. El buje 1 de la figura 13 es muy similar al buje 1 de la figura 12. Sin embargo, en la figura 13 el elemento de rigidización 10 tiene una forma similar a una Y. De ese modo, la cantidad de material usado para el elemento de rigidización 10 se reduce en comparación con el elemento de rigidización 10 mostrado en la figura 12. Por consiguiente, se reduce el peso del elemento de rigidización 10, pero la rigidez proporcionada por el elemento de rigidización 10 es sustancialmente tan alta como la rigidez proporcionada por el elemento de rigidización de la figura 12.

La figura 14 es una vista en despiece ordenado de un buje 1 según una séptima realización de la invención. El buje 1 de la figura 14 es muy similar al buje 1 de la figura 13. Sin embargo, en la figura 14 se proporcionan tres aberturas adicionales 11 en el elemento de rigidización 10, reduciendo de ese modo aún más la cantidad de material usado para el elemento de rigidización 10, y reduciendo de ese modo aún más el peso del elemento de rigidización 10.

La figura 15 es una vista en despiece ordenado de un buje 1 según una octava realización de la invención. El buje 1 de la figura 15 es muy similar al buje 1 de la figura 14. Sin embargo, el buje 1 de la figura 15 está dotado además de dos secciones de tubo 12 que interconectan el elemento de rigidización 10 con la parte frontal de buje 2 y la parte trasera de buje 3, respectivamente. Las secciones de tubo 12 proporcionan rigidez adicional al buje 1.

Las figuras 16 y 17 son vistas en despiece ordenado de un buje 1 según una novena realización de la invención, visto desde dos ángulos diferentes. De manera similar a algunas de las realizaciones descritas anteriormente, el buje 1 comprende una parte frontal de buje 2 y una parte trasera de buje 3. La parte trasera de buje 3 tiene una brida de árbol principal 4 formada en la misma. El buje 1 comprende además tres bridas de pala 5, estando adaptada cada una para tener una pala de turbina eólica conectada a la misma, a través de un rodamiento de pala. La parte frontal de buje 2 y la parte trasera de buje 3 están dotadas cada una de tres porciones de conexión 6, adaptadas para conectarse por parejas entre sí. Cada una de las porciones de conexión 6 interseca una brida de pala 5, de tal manera que la brida de pala 5 comprende una sección que forma parte de la parte frontal de buje 2 y una sección que forma parte de la parte trasera de buje 3.

En las regiones entre las bridas de pala 5, el buje 1 está dotado de elementos de refuerzo en forma de costillas 13. Las costillas 13 proporcionan resistencia y rigidez adicionales a las regiones entre las bridas de pala 5, permitiendo de ese modo que estas regiones sean pequeñas o estrechas, permitiendo de ese modo que el tamaño del buje 1 se minimice. Dado que los elementos de refuerzo están en forma de costillas 13, en vez de estar en la forma de un aumento en el espesor de las paredes de la carcasa continua en las regiones entre las bridas de pala 5, la resistencia y rigidez adicionales se obtienen sin un aumento significativo en el peso del buje 1. Por tanto, las costillas 13 funcionan de una manera que es similar a las paredes interiores 8 mostradas en las figuras 7-15.

Las costillas 13 pueden formarse colando las costillas 13 directamente junto con las partes de buje 2, 3, es decir añadiendo material a la pared principal de la carcasa continua en las posiciones de las costillas 13. Alternativamente, la pared principal puede colarse con un espesor correspondiente al espesor de las costillas 13, y el material puede retirarse posteriormente con el fin de formar las costillas 13.

Las figuras 18 y 19 son vistas en despiece ordenado de un buje 1 según una décima realización de la invención, visto desde dos ángulos diferentes. El buje 1 de las figuras 18 y 19 es muy similar al buje 1 ilustrado en las figuras 7-11. Sin embargo, en la realización mostrada en las figuras 18 y 19, las paredes interiores 8 están en la forma de partes separadas, que están unidas al buje 1 en las regiones entre las bridas de pala 5, después de que la parte frontal de buje 2 y la parte trasera de buje 3 se hayan ensamblado a través de las porciones de conexión 6. Las paredes interiores 8 pueden unirse al buje 1 mediante conexiones de perno u otros medios de conexión reversibles

adequados. Como alternativa, las paredes interiores 8 pueden unirse al buje 1 de manera permanente, por ejemplo usando una técnica de soldadura.

Cuando se unen las paredes interiores 8 al buje 1, se forman cavidades entre las paredes interiores 8 y la carcasa continua del buje 1 en las regiones entre las bridas de pala 5. De ese modo, la resistencia y rigidez de las regiones entre las bridas de pala 5 aumentan sin aumentar significativamente el peso del buje 1, es decir se obtienen las ventajas descritas anteriormente con referencia a las figuras 7-11.

Una ventaja de proporcionar las paredes interiores 8 en la forma de partes fabricadas por separado, en vez de colarlas directamente con las partes de buje 2, 3, es que en algunos casos es más fácil fabricar por separado y unir posteriormente las paredes interiores 8 al buje 1 de lo que es formar el molde de colada de una manera que permite que las paredes interiores 8 se cuelen directamente con las partes de buje 2, 3.

La figura 20 es una vista en despiece ordenado de un buje 1 según una undécima realización de la invención. Tal como se describió anteriormente con referencia a las figuras 1 y 2, la parte frontal de buje 2 comprende porciones de tres bridas de pala 5. La parte frontal de buje 2 comprende además tres porciones de conexión 6 que se adaptan para conectarse a porciones de conexión 6 correspondientes de la parte trasera de buje 3.

El buje 1 comprende además elementos de refuerzo de brida de pala dispuestos en las bridas de pala 5. En la presente realización, el elemento de refuerzo de brida de pala comprende tres elementos de placa circular 14 y tres elementos con forma de anillo 15, cada uno para cada una de las bridas de pala 5.

Los elementos de placa 14 son de un tamaño correspondiente al tamaño de las bridas de pala 5, proporcionando de ese modo una construcción más rígida del buje 1. Los elementos de placa circular 14 tienen aberturas 16 que permiten a una persona acceder al cuerpo hueco de la carcasa.

Los elementos con forma de anillo 15 son de un tamaño correspondiente al tamaño de las bridas de pala 5 y están situados por encima de las bridas de pala 5 para proporcionar una brida de pala 5 más rígida con una resistencia mayor.

Cada uno de los elementos con forma de anillo 15 comprende cuatro partes de anillo 17. Dos de las juntas que hacen tope de los elementos con forma de anillo están situadas desplazadas con respecto a las porciones de conexión 6 mientras que las otras dos juntas que hacen tope están situadas por encima de la conexión entre la parte frontal de buje 2 y la parte trasera de buje 3.

## REIVINDICACIONES

1. Un buje (1) para una turbina eólica, comprendiendo el buje una carcasa continua que forma un cuerpo hueco con una brida de árbol principal (4) adaptada para conectar el buje a un árbol principal y una o más bridas de pala (5), estando adaptada cada brida de pala para conectar el buje a una pala de turbina eólica, estando ensamblado el cuerpo hueco a partir de al menos dos partes de buje (2, 3) conectadas entre sí a través de una o más porciones de conexión, estando colada cada parte de buje a partir de un material colable, en el que la brida de árbol principal comprende una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a otra parte de buje, caracterizado por el hecho de que el número de partes de buje es igual al número de bridas de pala.
- 5 2. Un buje según la reivindicación 1, en el que al menos una brida de pala comprende una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a otra parte de buje.
- 10 3. Un buje según la reivindicación 1 o 2, en el que la(s) porción/porciones de conexión se extiende(n) entre dos bridas de pala.
- 15 4. Un buje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las partes de buje están conectadas entre sí mediante medios de conexión reversibles.
- 20 5. Un buje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además uno o más elementos de refuerzo dispuestos en o cerca de la(s) brida(s).
6. Un buje según la reivindicación 5, en el que el/los elemento(s) de refuerzo comprende(n) una pared interior dispuesta dentro del cuerpo hueco a una distancia de la carcasa continua, formando de ese modo una cavidad entre la pared interior y la carcasa continua.
- 25 7. Un buje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos un elemento de rigidización que interconecta al menos dos porciones de conexión de una primera parte de buje y al menos dos porciones de conexión de una segunda parte de buje.
8. Un buje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos una sección de tubo que interconecta al menos dos de las partes de buje.
- 30 9. Un buje según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además al menos uno elemento de refuerzo de brida de pala dispuesto en la(s) brida(s) de pala.
10. Un buje según la reivindicación 9, en el que el elemento de refuerzo de brida de pala comprende un elemento de placa circular.
- 35 11. Un buje según la reivindicación 9 o 10, en el que el elemento de refuerzo de brida de pala comprende un elemento con forma de anillo.
12. Un método para fabricar un buje para una turbina eólica, comprendiendo el buje una carcasa continua que forma un cuerpo hueco con una brida de árbol principal adaptada para conectar el buje a un árbol principal, y una o más bridas de pala, estando adaptada cada brida de pala para conectar el buje a una pala de turbina eólica, comprendiendo el método las etapas de:
- colar al menos dos partes de buje, siendo el número de partes de buje igual al número de bridas de pala,
- mecanizar una o más porciones de conexión en cada una de las partes de buje, y
- 40 - ensamblar las partes de buje a través de dichas porciones de conexión de tal manera que la brida de árbol principal comprende una sección que forma parte de o está unida a una de las partes de buje y una sección que forma parte de o está unida a otra parte de buje.
13. Un método según la reivindicación 12, que comprende además una etapa de disponer un macho de colada en una región cerca de al menos una brida de pala, antes o durante la etapa de colar al menos dos partes de buje, con el fin de formar una cavidad entre una pared interior y la carcasa continua en dicha región.
- 45 14. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 12-13, en el que la etapa de ensamblar las partes de buje comprende conectar al menos un elemento de rigidización a al menos dos porciones de conexión de una primera parte de buje y a al menos dos porciones de conexión de una segunda parte de buje.
15. Una turbina eólica que comprende un buje según cualquiera de las reivindicaciones 1-11.

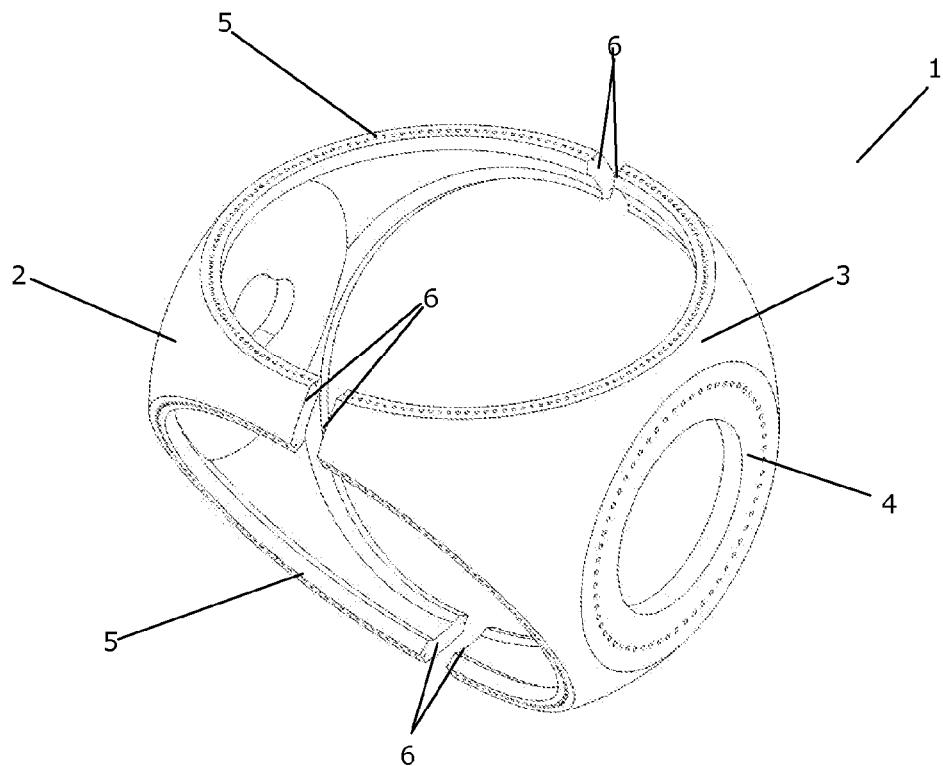


Fig. 1

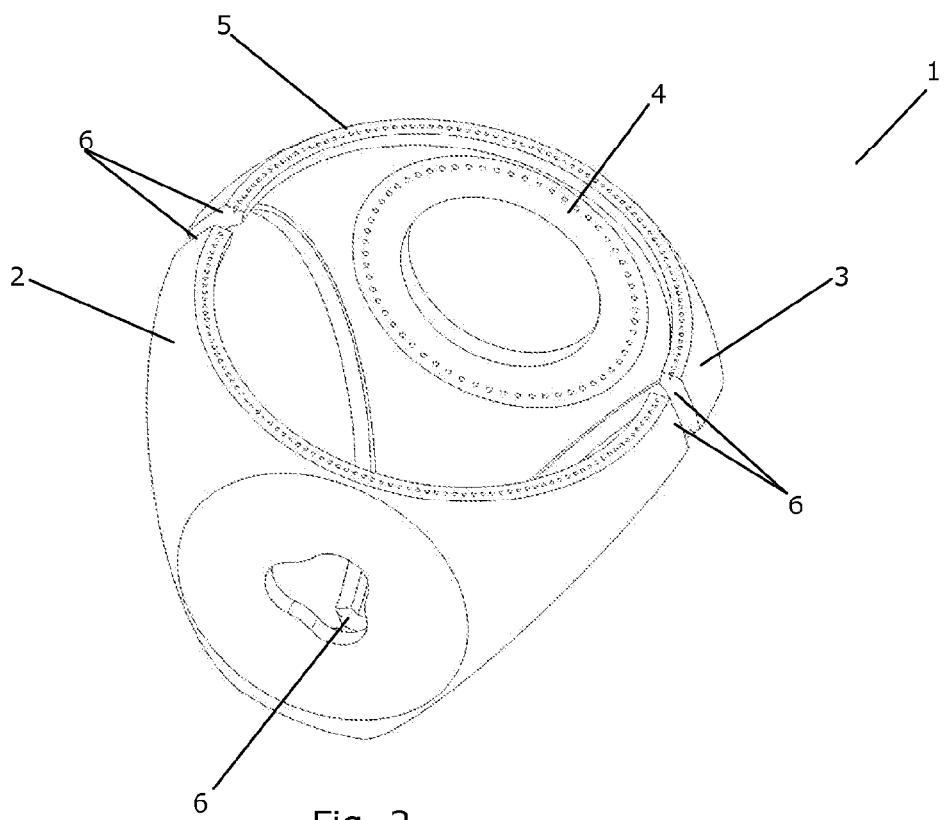


Fig. 2

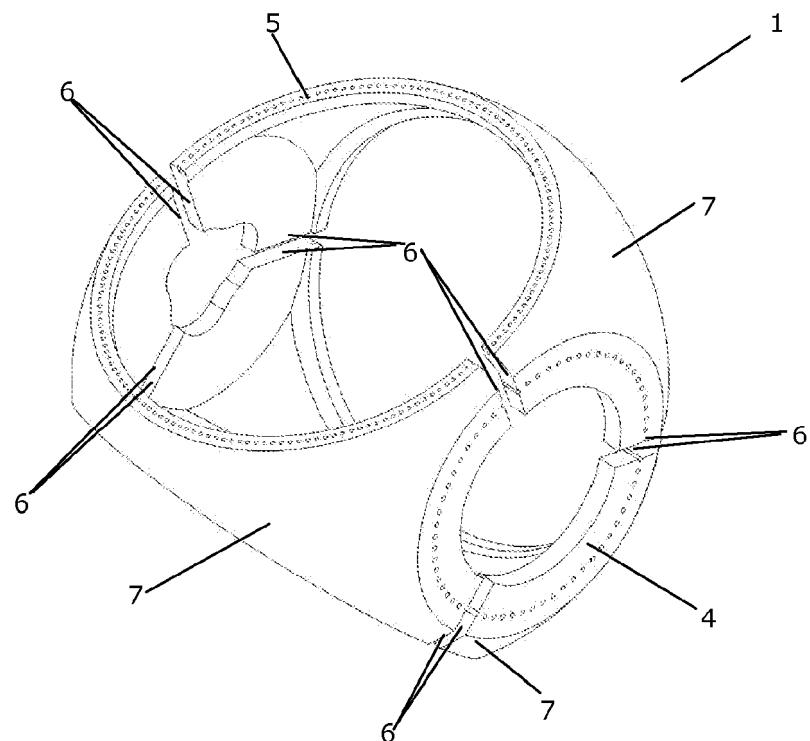


Fig. 3

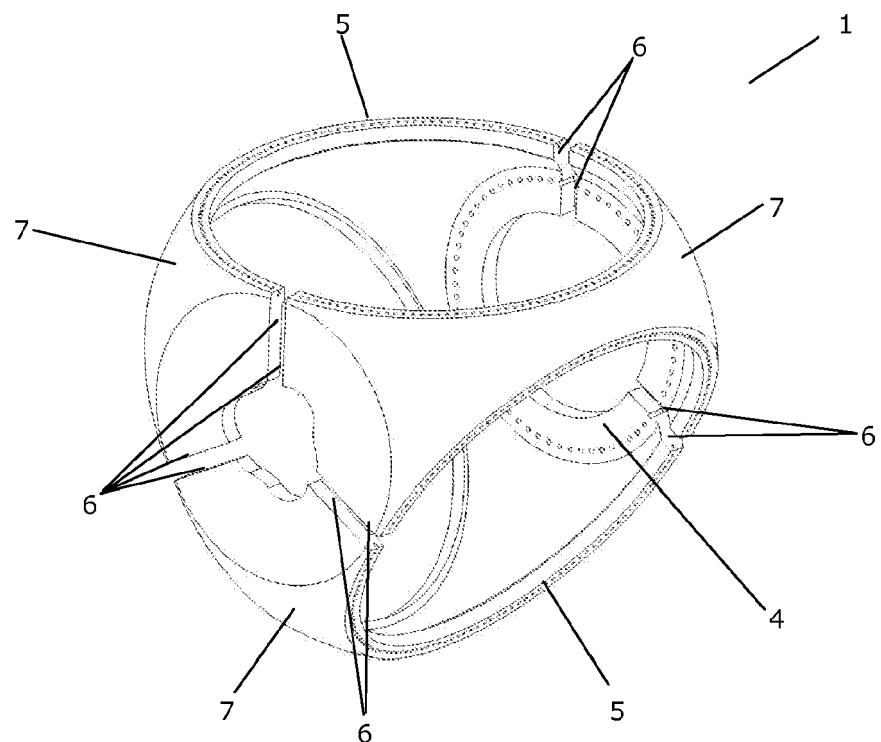


Fig. 4

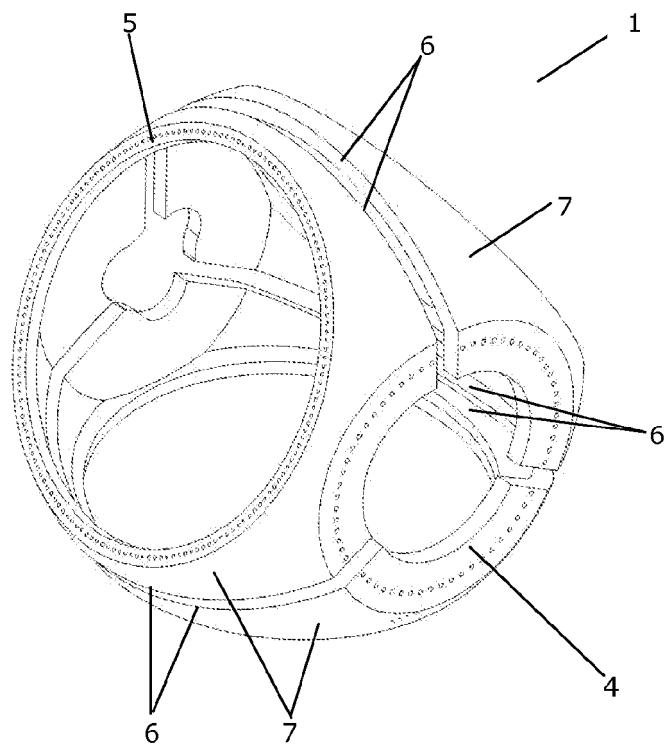


Fig. 5

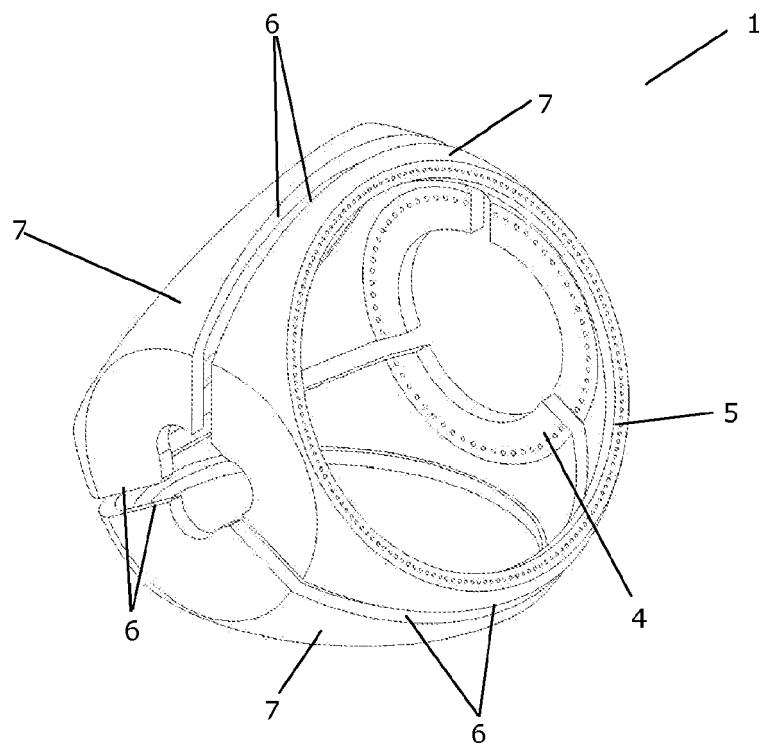


Fig. 6

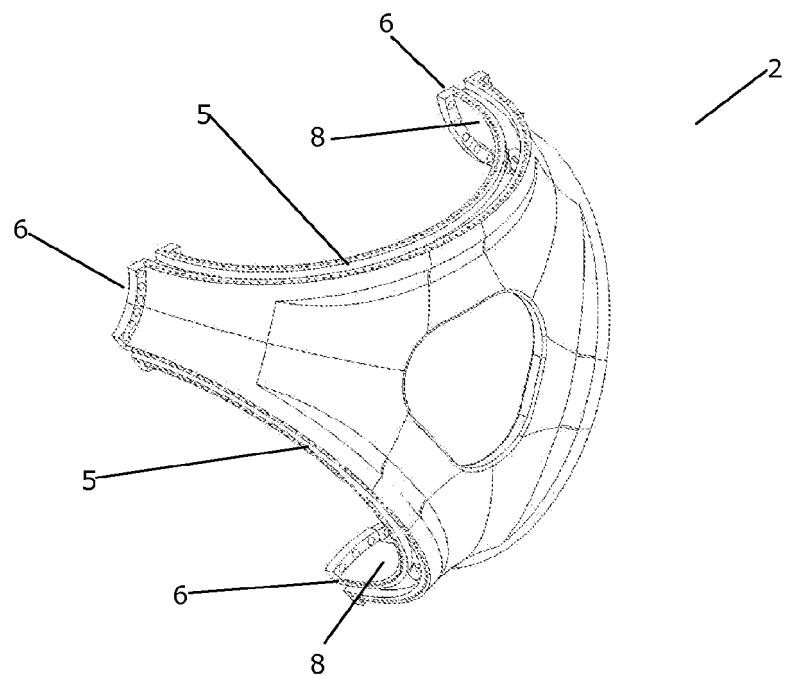


Fig. 7

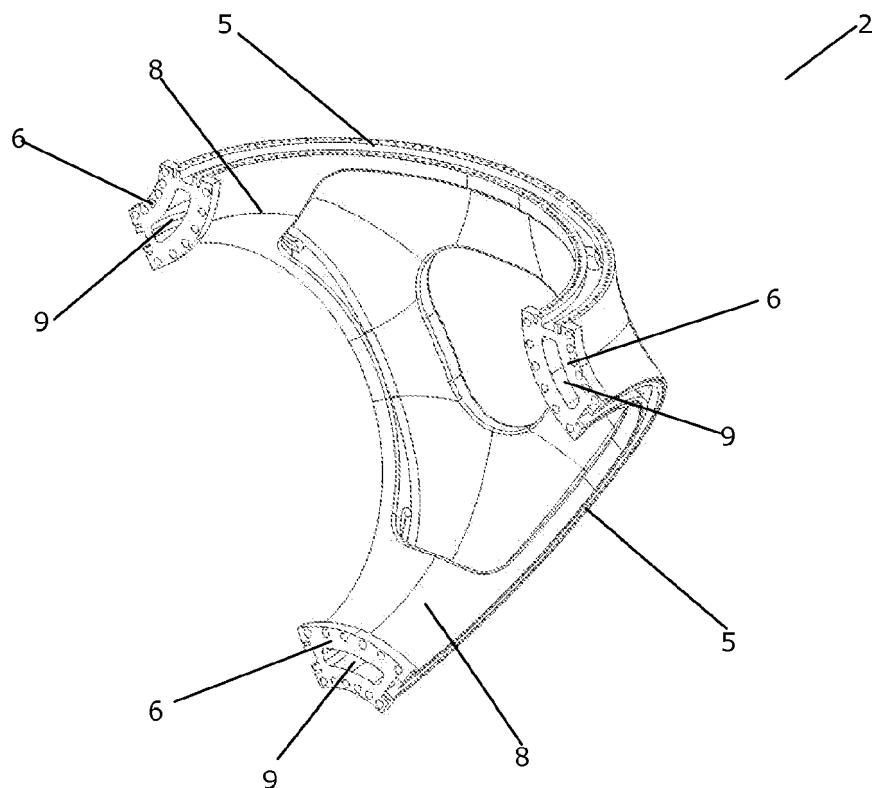


Fig. 8

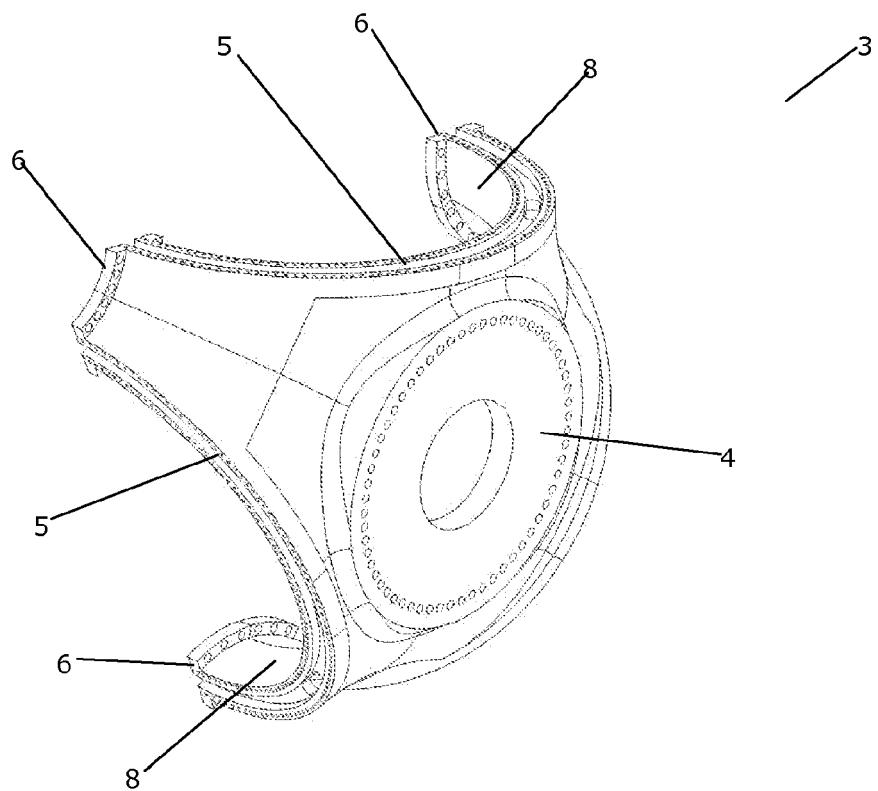


Fig. 9

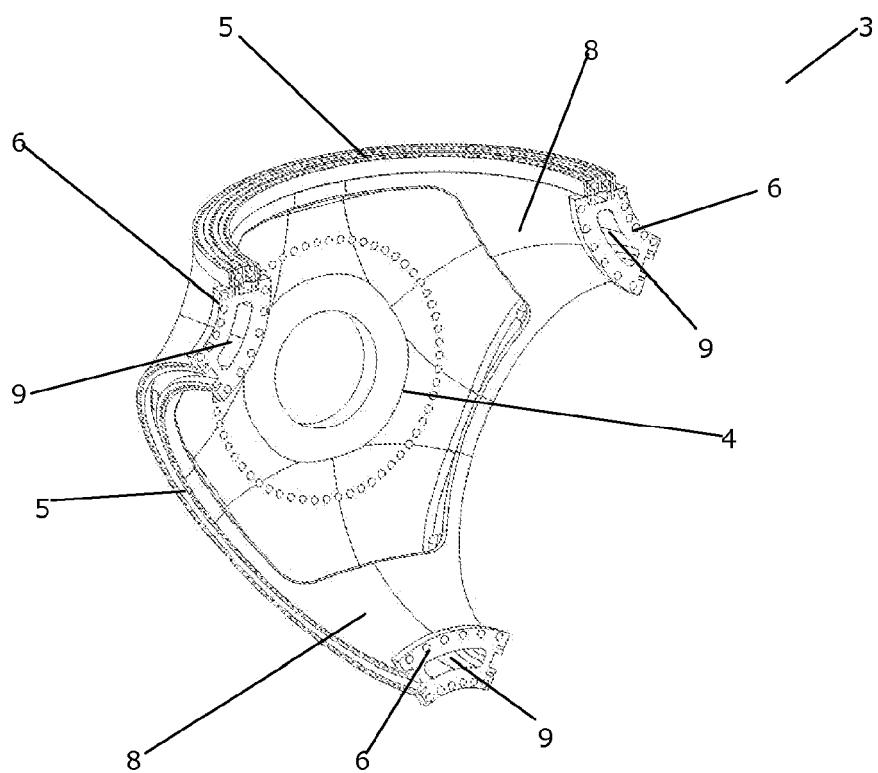


Fig. 10

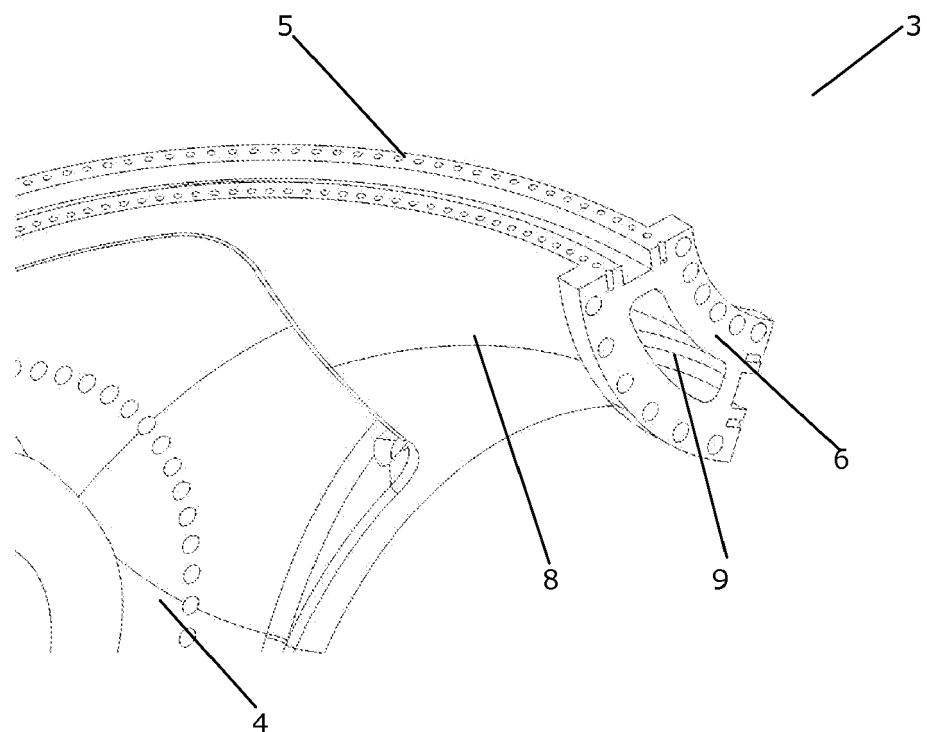


Fig. 11

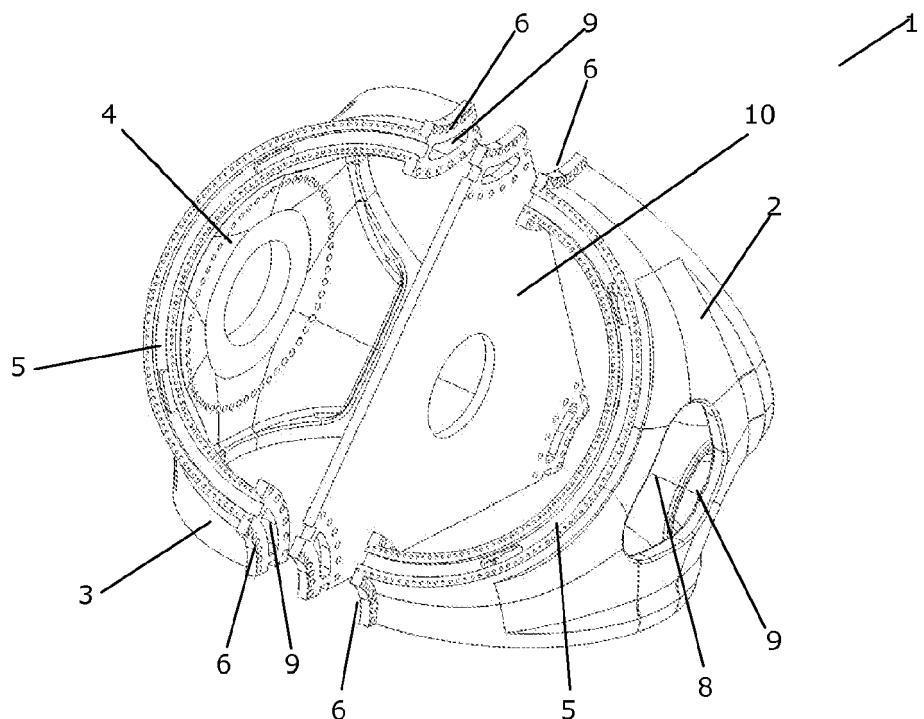


Fig. 12

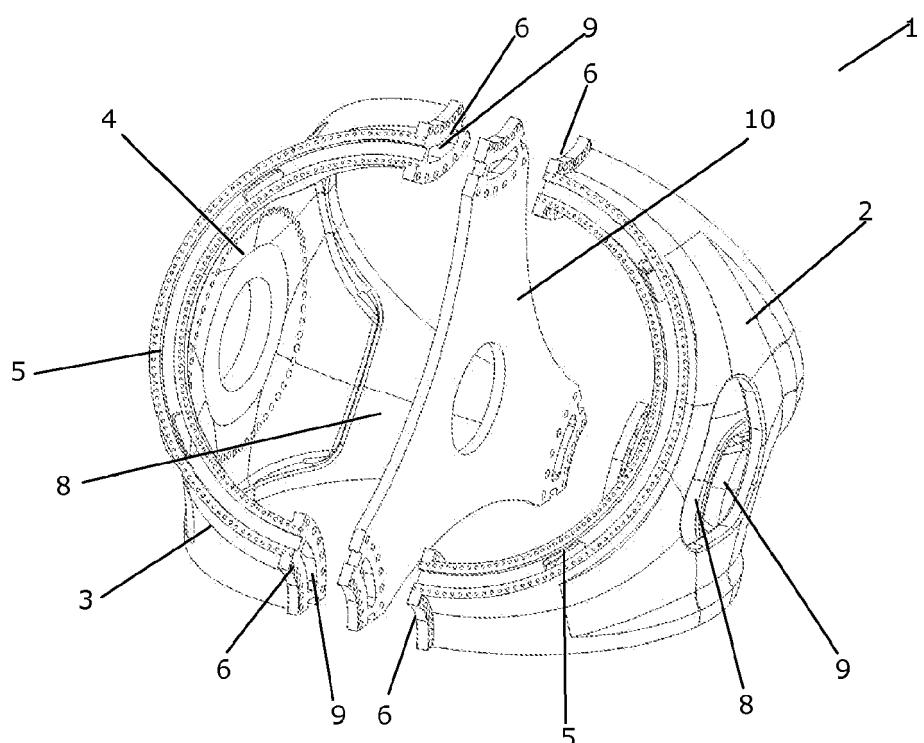


Fig. 13

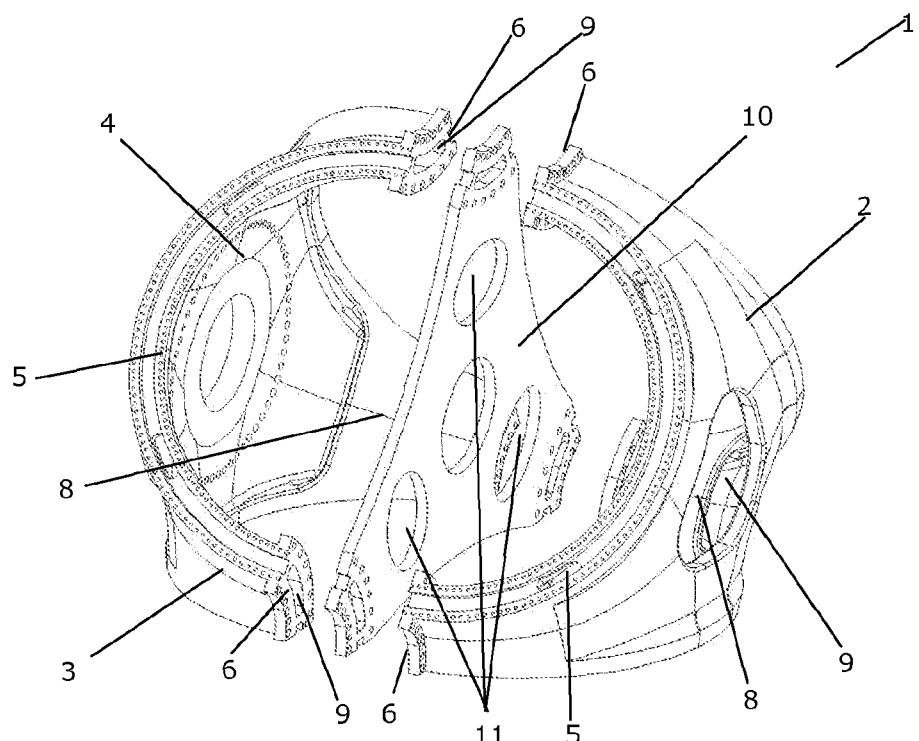


Fig. 14

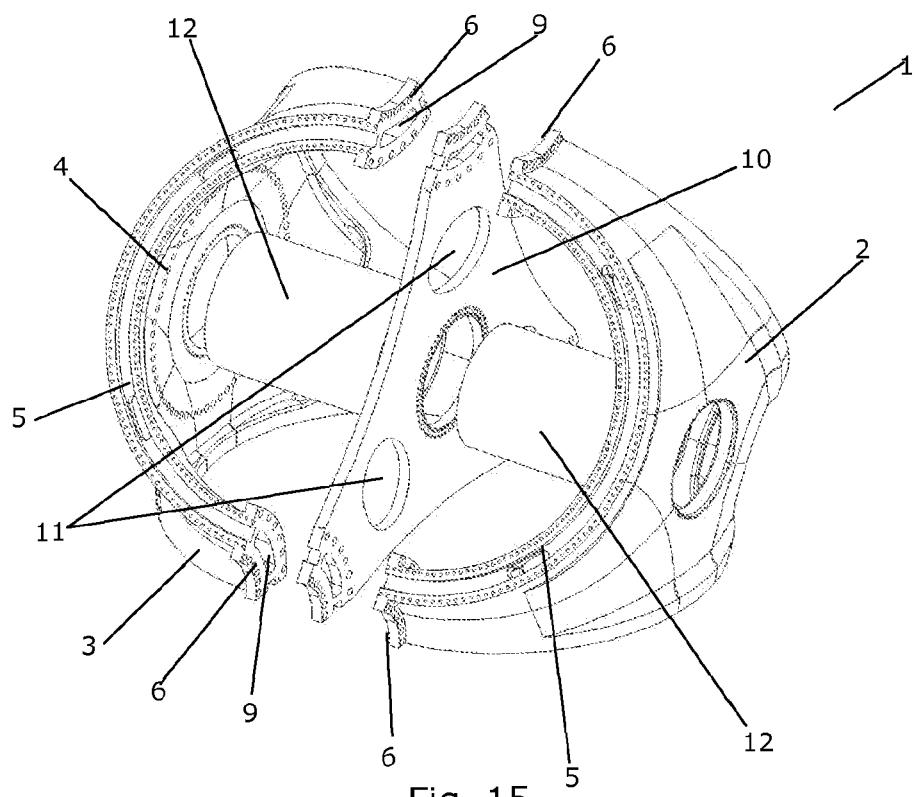


Fig. 15

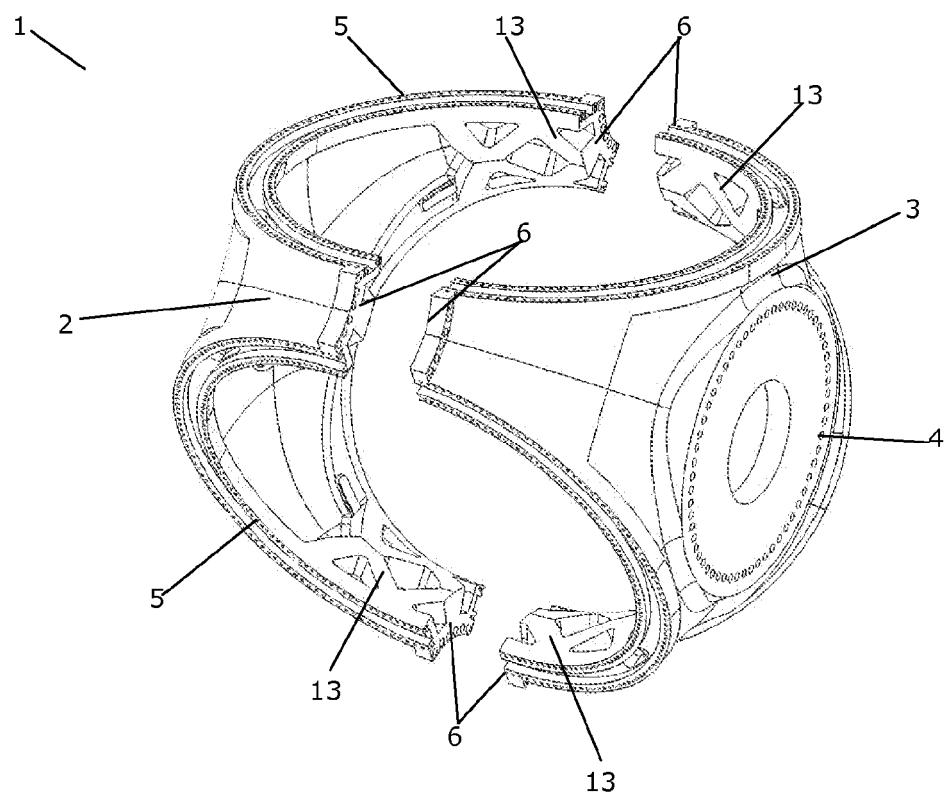


Fig. 16

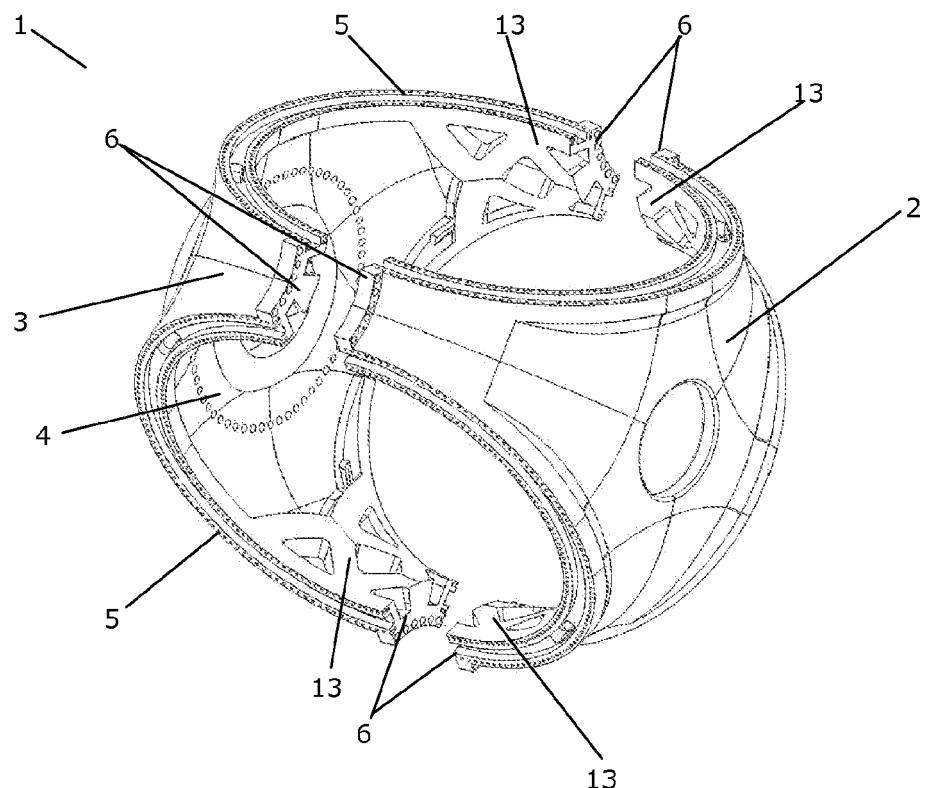


Fig. 17

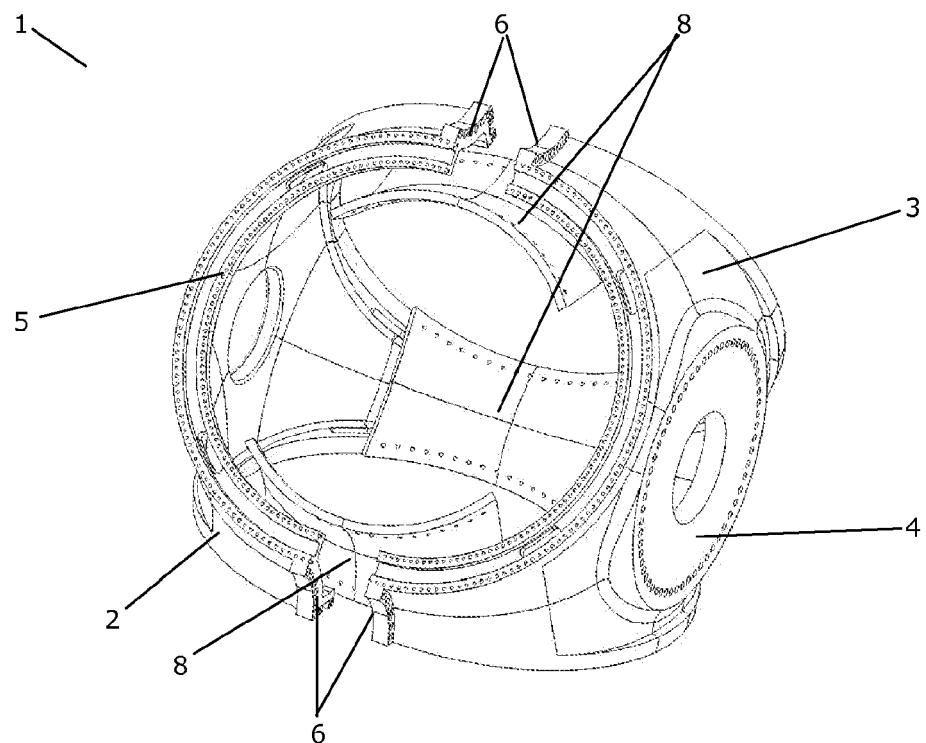


Fig. 18

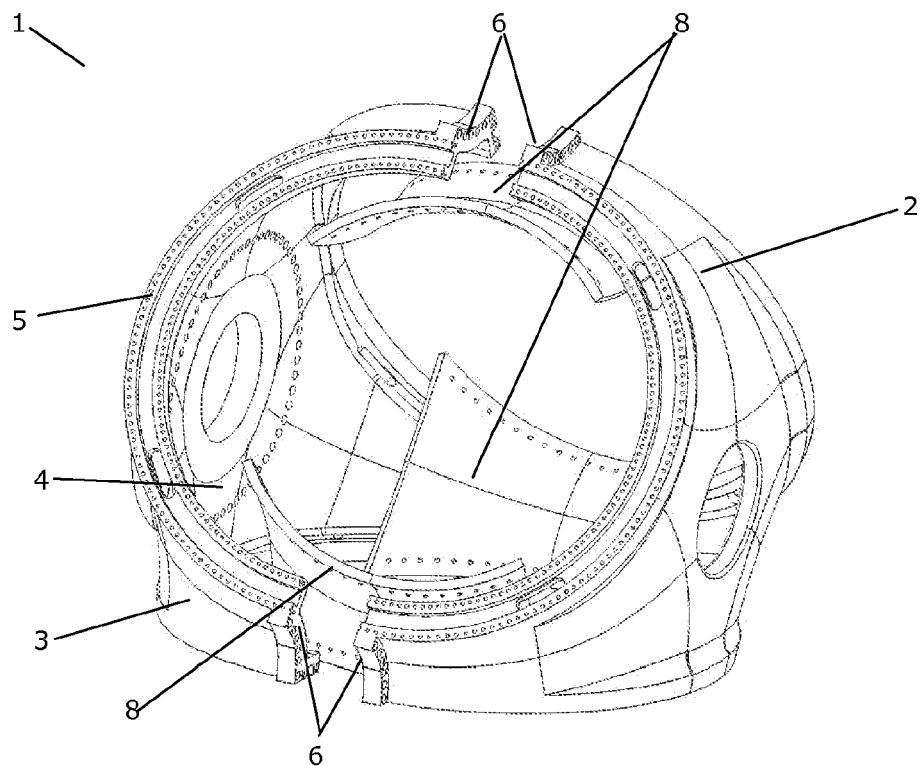


Fig. 19

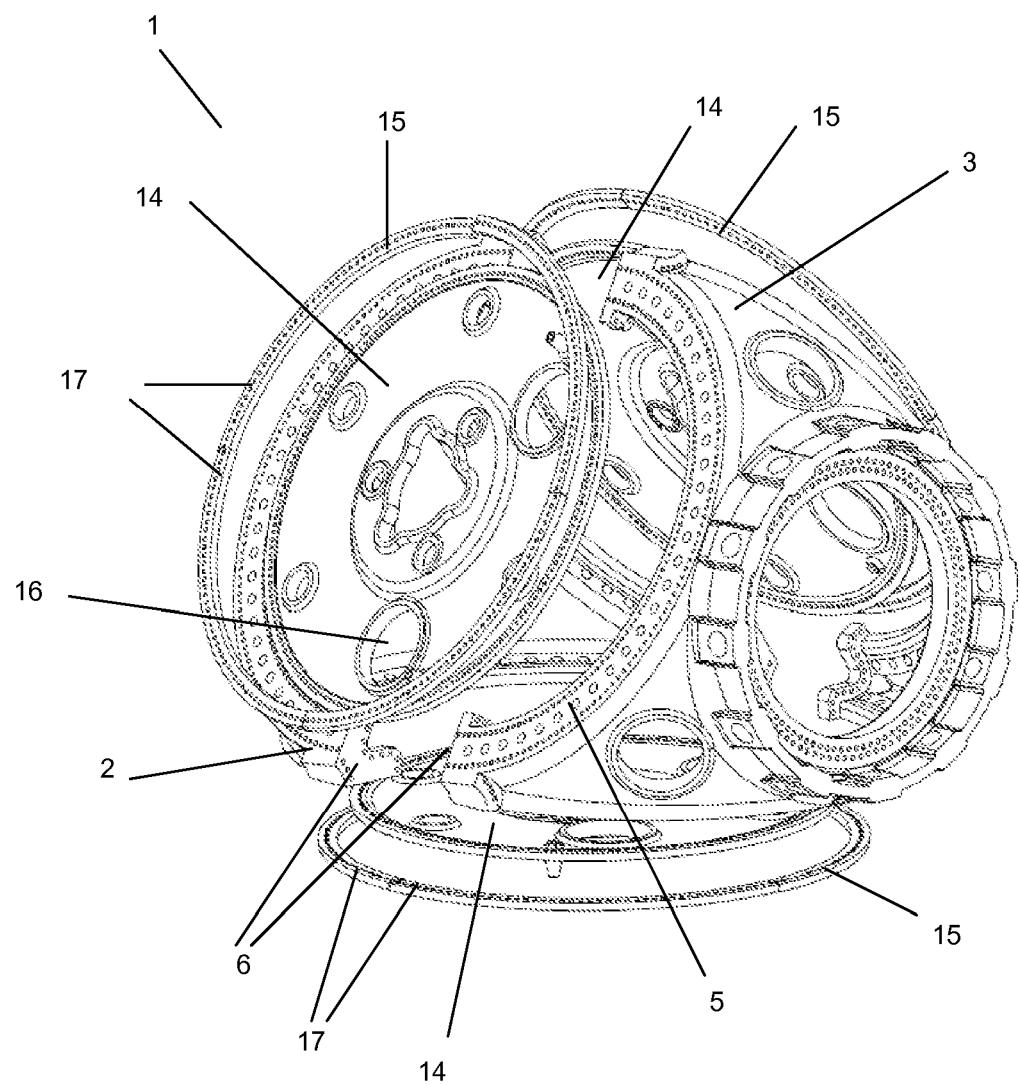


Fig. 20