

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 233**

51 Int. Cl.:

F03D 80/70 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

F16C 33/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2016 E 16382508 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **11.09.2024 EP 3318749**

54 Título: **Aerogenerador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente modificada:
24.01.2025

73 Titular/es:

NORDEX ENERGY SPAIN, S.A.U. (100.00%)
Polígono Industrial Barasoain Parcela 2
31395 Barasoain (Navarra), ES

72 Inventor/es:

PASCUAL RESANO, JAVIER;
ARISTEGUI LANTERO, JOSE LUIS;
ARLABÁN GABEIRAS, TERESA;
GARCÍA SAYÉS, JOSÉ MIGUEL y
NÚÑEZ POLO, MIGUEL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 805 233 T5

DESCRIPCIÓN

Aerogenerador

5 **OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invención se incluye en el campo técnico de los aerogeneradores. Se describe un aerogenerador que comprende un sistema de tensado que permite aumentar la rigidez de un cojinete que conecta una pala y un buje del aerogenerador.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

15

Un aerogenerador comprende generalmente una torre y una góndola situada en la parte superior de la torre. Un rotor de aerogenerador que comprende usualmente tres palas está conectado a la góndola a través de un árbol que está conectado a un generador con o sin una caja de engranajes.

20

Los aerogeneradores modernos están provistos de un sistema de control de paso para controlar la carga en el rotor que está configurado para inclinar las palas hacia dentro y fuera del viento para modular la captación de energía cuando el viento disminuye o aumenta. Las palas se inclinan para optimizar la salida o para proteger el aerogenerador de sobrecargas perjudiciales.

25

Para realizar el control de paso, cada pala está provista de un cojinete de paso situado generalmente entre el buje y la pala, y un mecanismo, usualmente un cilindro hidráulico o un motor eléctrico, para proporcionar la fuerza necesaria para inclinar la pala y mantenerla en una posición dada. Esta disposición de inclinación permite a cada pala girarse aproximadamente 90° alrededor de su eje longitudinal. El cojinete de paso también se encarga de transferir las cargas desde las palas al buje.

30

Para aumentar la energía capturada del viento, en los aerogeneradores modernos se usan palas más largas y, por lo tanto, rotores más grandes. Esto implica también que la carga de viento que actúa sobre las palas aumenta, lo que puede conducir a una mayor deformación de las palas y del buje. Estos hechos hacen que los cojinetes de paso se vuelvan en aún más cruciales para el comportamiento correcto del rotor, ya que tienen que ser capaces de transferir al buje las cargas inducidas a las palas por la carga de viento y, al mismo tiempo, permitir una rotación precisa y suave de las palas.

35

En los aerogeneradores de paso controlado, estas cargas, que no son constantes y dependen del ángulo de paso de la pala en cada momento, se transfieren desde las palas al buje a través del cojinete de paso, que se convierte en uno de los componentes más críticos del aerogenerador.

40

Por lo tanto, los cojinetes de paso están sometidos a cargas extremas y de fatiga desde el momento de flexión sobre las solapas y el borde de las palas. Debido a la diferencia de rigidez entre las palas y el buje a lo largo del perímetro de la raíz de la pala, esas cargas pueden dar lugar a deformaciones irregulares a lo largo del cojinete de paso, que puede aumentar la concentración de tensiones en varias partes del mismo y provocar un fallo prematuro.

45

Para evitar estos efectos indeseables anteriores que reducen la vida útil del cojinete y con el objetivo de mantener su funcionalidad, se han utilizado varias soluciones en el estado de la técnica. La solución más sencilla es la ampliación del cojinete de paso en al menos una de sus dimensiones: diámetro, altura o espesor, lo que aumenta el coste y el peso del cojinete de manera significativa.

50

En esta solución, el diseño de todo el cojinete está determinado por la tensión máxima que puede que aparezca solo en una posición de ángulo de paso particular, lo cual conlleva a una solución sobredimensionada para el resto de ángulos de paso.

55

Otras soluciones se basan en la adición de placas de refuerzo unidas a al menos uno de los anillos del cojinete para evitar aumentar su tamaño. En algunos casos, debido a la dimensión de las placas de refuerzo, su instalación es complicada, especialmente cuando las palas ya están unidas al buje.

60

El documento WO2007003866 (A1) divulga un cojinete para conectar palas de u aerogenerador a un buje y está situado entre al menos una raíz de una pala de aerogenerador y al menos una conexión de buje, que comprende al menos un anillo interior, al menos un anillo exterior y al menos un refuerzo unido a uno de los anillos del cojinete.

65

Aunque en estas soluciones el uso de material se puede reducir con respecto a la opción que comprende un aumento del tamaño de los cojinetes, la solución requiere el mecanizado de las placas de refuerzo, que también aumenta el coste de la solución de refuerzo.

Los documentos EP2045464 y EP 2985458 describen un dispositivo de rodamiento giratorio para un aerogenerador para unir una pala del aerogenerador al buje del rotor. incluyen un anillo externo fijado al buje del rotor, un anillo

interno fijado a la pala del aerogenerador y una pluralidad de elementos rodantes dispuestos entre el anillo externo y el anillo interno. Comprenden además una parte receptora de fuerza fijada buje o formada integralmente con el buje, y que está configurada para recibir el transmisor de fuerza desde una superficie circunferencial externa de anillo externo cuando el anillo externo está a punto de deformarse hacia afuera en una dirección radial del anillo exterior.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención describe un aerogenerador de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende un buje, al menos una pala y al menos un cojinete de paso para conectar la al menos una pala en el buje, comprendiendo el al menos un cojinete de paso al menos un anillo interior y un anillo exterior, y al menos una pista de rodadura.

El aerogenerador comprende además al menos un sistema de tensado configurado para ejercer una fuerza de compresión radial en al menos una parte del anillo exterior del al menos un cojinete de paso.

Ese sistema de tensado permite aumentar la rigidez resultante del al menos un cojinete de paso para reducir la diferencia en el nivel de tensión a lo largo del cojinete. Es frecuente tener tensiones más altas en partes específicas de los anillos del cojinete que en otras partes durante el funcionamiento del aerogenerador. A veces hay puntos específicos en los anillos del cojinete en los que se pueden encontrar concentraciones de esfuerzos que pueden causar el fallo del cojinete. Estas concentraciones de esfuerzos pueden ser causadas por:

- alta rugosidad de los orificios de los pernos (los pernos se utilizan para la unión de los cojinetes a la raíz de la pala y al buje);
- defectos locales causados durante la fabricación;
- secciones débiles de los cojinetes (en general, las áreas en las que se introducen los elementos de rodadura del cojinete);
- alta corrosión en los orificios de los pernos;
- secciones críticas debido al aumento de las cargas en posiciones particulares del aerogenerador.

El al menos un sistema de tensado del aerogenerador de la invención actúa como un refuerzo del cojinete de paso que resuelve los problemas antes mencionados fortaleciendo las áreas más cargadas del al menos un cojinete de paso, al tiempo que garantiza una transición suave de rigidez del conjunto formado por el al menos un cojinete de paso y el sistema de tensado.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña un conjunto de dibujos como parte integral de dicha descripción, en el que, con carácter ilustrativa y no limitativa, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 muestra la posición del sistema de tensado en el aerogenerador.

La figura 2 muestra la fuerza ejercida en el anillo del cojinete mediante un elemento de tensado del sistema de tensado del aerogenerador.

La figura 3 muestra la posición del sistema de tensado en el cojinete donde se aprecian una vista en sección transversal y frontal.

La figura 4 muestra un ejemplo que no cae bajo el alcance de la reivindicación 1 en el que solo hay un elemento de anclaje del sistema de tensado y también muestra las diferentes secciones de los elementos de tensado y anclaje.

La figura 5 muestra un sistema de tensado que comprende cuatro elementos de tensado, siendo los elementos de tensado unos cordones y dos elementos de anclaje; también se muestra una sección del sistema de tensado.

La figura 6 muestra un sistema de tensado que comprende ocho elementos de tensado, siendo los elementos de tensado unos cordones, y dos elementos de anclaje.

La figura 7 muestra el sistema de tensado con dos y cuatro elementos de tensado, siendo los elementos de tensado unos cordones, dispuestos en paralelo.

La figura 8 muestra una pluralidad de elementos de tensado apilados juntos para trabajar en una zona específica del cojinete.

La figura 9 muestra el par de torsión en el anillo del cojinete cuando el eje longitudinal del elemento de tensado no está siempre contenido en el mismo plano transversal al eje del cojinete.

La figura 10 muestra un elemento de anclaje flotante con un avellanado para colocar el elemento de anclaje, y el anillo exterior del cojinete que comprende una ranura en la superficie exterior en la que están situados los elementos de tensado.

5 La figura 11 muestra un elemento de anclaje.

La figura 12 muestra un elemento de anclaje en la que hay una ranura para recibir los elementos de tensado que no están anclados a este elemento de anclaje.

10 La figura 13 muestra un elemento de fijación configurado para fijar el al menos uno de los dos extremos del elemento de tensado al al menos un elemento de anclaje.

15 El aerogenerador comprende al menos un buje (3), al menos una pala (2) y al menos un cojinete de paso (1) para conectar la al menos una pala (2) al buje (3). El al menos un cojinete de paso (1) comprende al menos un anillo interior (4), un anillo exterior (5) y al menos una pista de rodadura (6).

20 La característica esencial del aerogenerador es que comprende al menos un sistema de tensado (7) configurado para ejercer una fuerza de compresión radial en al menos una parte del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1).

En la figura 1, se representa el sistema de tensado (7) del aerogenerador. Como se puede ver, el sistema de tensado (7) se coloca, en este caso, alrededor del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1).

25 La figura 2 representa esquemáticamente el efecto de una fuerza de tensado (F) aplicada a un sistema de tensado (7) que se ve como una fuerza de compresión radial (RC) aplicada al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1). En este ejemplo, el sistema de tensado (7) aplica la fuerza a todo el perímetro exterior del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1).

30 El sistema de tensado (7) comprende:
- al menos un elemento de tensado (8) con dos extremos (10);
- al menos un elemento de anclaje (9) configurado para recibir al menos uno de los dos extremos (10) de dicho elemento de tensado (8); y
- al menos un elemento de fijación (11) configurado para fijar el al menos uno de los dos extremos (10) del elemento de tensado (8) a dicho al menos un elemento de anclaje (9).

35 El elemento de fijación (11) coopera con el elemento de anclaje (9) para fijar la posición del al menos uno de los dos extremos (10) del elemento de tensado (8) con respecto al elemento de anclaje (9). Permite soportar las fuerzas de tensado una vez aplicadas.

40 Preferiblemente, el sistema de tensado (7) comprende al menos dos elementos de tensado (8) que están fijados cada uno a un elemento de anclaje (9) diferente.

45 En un ejemplo, el al menos un elemento de anclaje (9) comprende al menos un orificio (15) configurado para colocar el al menos uno de los dos extremos (10) del al menos un elemento de tensado (8), tal que la al menos un elemento de tensado (8) tiene uno de sus dos extremos (10) que pasa a través del al menos un orificio (15) y el al menos un elemento de fijación (11) se utiliza para fijar el elemento de tensado (8) al elemento de anclaje (9) una vez que se tensa. Una vez que el sistema de tensado (7) está totalmente montado y se aplica una tensión (F) a los elementos de tensado (8), se ejerce una fuerza de compresión radial (RC) al anillo exterior del al menos un cojinete de paso (1), que a su vez confiere una mayor rigidez a dicho al menos un cojinete de paso (1) en la región donde se encuentra el elemento de tensado (8). Esa fuerza (F) afecta a dicho al menos un cojinete de paso (1), comprimiéndolo radialmente, como se muestra en la figura 2. Esto es particularmente beneficioso para la reducción de las deformaciones del al menos un cojinete de paso (1), que podría resultar en un aumento de daño por fatiga durante la operación.

55 En otra ejemplo, el anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1) comprende una superficie plana próxima a la al menos una pala (2) y una superficie plana próxima al buje (3), y en ella el elemento de tensado (8) está situado más próximo a la superficie plana próxima a la al menos una pala (2) que a la superficie plana próxima al buje (3).

60 Este ejemplo es particularmente beneficioso cuando el anillo exterior (5) del al menos un cojinete (1) está unido al buje (3), ya que en el área próxima al buje (3) la rigidez resultante del al menos un cojinete (1) es mayor que en el área opuesta al mismo (cerca de la superficie plana más próxima a la al menos una pala (2)), lo que significa que las deformaciones del cojinete en el área próxima al buje (3) serían menores que en el área opuesta a la misma en un aerogenerador del estado de la técnica. Con el uso de un sistema de tensado (7), la rigidez resultante se incrementa donde las deformaciones habrían sido mayores, es decir, por medio de la localización el sistema de tensado (7) más próximo a la superficie plana próxima a la al menos una pala (2).

Esto es particularmente beneficioso en el caso del al menos un cojinete de paso (1) que comprende al menos dos pistas de rodadura (6), tal como se representa en la figura 3. En este caso, el sistema de tensado (7) permite el aumento de la rigidez del al menos un cojinete de paso (1) en la región donde es más necesario. Como se ha explicado, cuando el anillo exterior (5) está unido al buje (3), la región del al menos un cojinete (1) más cerca del buje (3) es más rígida que la región más cercana a la al menos una pala (2). Esto implica que, durante la operación, las cargas transferidas desde la al menos una pala (2) y el anillo interior (4) a través de los rodillos al anillo exterior (5) implican una mayor deformación en la región del anillo exterior (5) más cercana a la al menos una pala (2). La solución permite un comportamiento similar de las dos pistas de rodadura (6), manteniendo el ángulo de trabajo de los rodillos más cerca del ángulo óptimo (alrededor de 45°) en las dos pistas de rodadura (6).

En otro ejemplo que no forma parte de la invención, el elemento de tensado (8) está situado más próximo a la superficie plana próxima al buje (3) que a la superficie plana próxima a la al menos una pala (2). Este ejemplo es preferente cuando el anillo exterior (5) del al menos un cojinete (1) está unido a la al menos una pala (2).

En un ejemplo, el cojinete comprende al menos dos pistas de rodadura (6), cada una de las mismas cercana a una superficie plana del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1), como se ha descrito anteriormente. En este caso, los elementos de tensado (8) están dispuestos más próximos a la pista de rodadura (6) que está próxima a la al menos una pala (2) si el anillo exterior (5) está unido al buje (3), o están colocados más próximos a la pista de rodadura (6), que está próxima al buje (3) si el anillo exterior (5) está unido a la al menos una pala (2). La razón de esto es que los elementos de rodadura de la pista de rodadura trabajan en un punto de contacto óptimo debido a que el sistema de tensado (7) reduce las deformaciones en el área del al menos un cojinete de paso (1) donde están situados los elementos de rodadura.

El anillo exterior (5) del al menos un cojinete (1) comprende una primera superficie, que es sustancialmente plana para la conexión con el buje (3) o a la al menos una pala (2). Comprende además una segunda superficie opuesta a la primera superficie y una superficie interna lateral que comprende la pista de rodadura (6) y una superficie exterior lateral, opuesta a la superficie interior lateral y es la superficie exterior (14) del al menos un cojinete de paso (1). En la figura 3, se muestra un ejemplo en el que el sistema de tensado (7) está situado alrededor de la superficie exterior (14) del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1).

Como puede verse también en la figura 4, el sistema de tensado (7) puede estar dispuesto al menos parcialmente sobre la superficie exterior (14) del al menos un cojinete de paso (1), por ejemplo, estando los elementos de tensado (8) dispuestos al menos parcialmente sobre su superficie exterior (14). En las secciones que se muestran en dicha figura 4 puede apreciarse la posición de los elementos de tensado (8) con respecto a los elementos de anclaje (9).

En un ejemplo, el al menos un elemento de anclaje (9) está situado cerca de una región del al menos un cojinete de paso (1) sometida a una mayor carga o que requiere mayor refuerzo, de tal manera que el elemento de tensado (8) está sometido a una mayor tensión en esta región, que a su vez implica una compresión mayor del anillo exterior (5) (la tensión a lo largo del elemento de tensado (8) es mayor cerca de su extremo (10) donde se aplica la fuerza de tracción (F), es decir, cerca del al menos un elemento de anclaje (9), ya que debido a las pérdidas la tensión disminuye a lo largo del mismo).

En las figuras 5 y 6 se representa un árbol principal (13) para conectar el buje (3) al tren de accionamiento del aerogenerador. Preferiblemente, en un ejemplo, el sistema de tensado (7) comprende al menos dos elementos de anclaje (9).

En un ejemplo, los dos elementos de anclaje (9) se colocan más cerca de un área de conexión del árbol principal (13) del aerogenerador que en el lado opuesto. En particular, los elementos de anclaje (9) están situados en una posición perimetral con respecto al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1) que forma un ángulo de hasta 90° con la proyección del eje del árbol principal (13) del aerogenerador en un plano perpendicular al eje del al menos un cojinete de paso (1) (marcado como la referencia de 0° en las figuras 5 y 6). La conexión con el árbol principal (13) proporciona una rigidez más alta al buje (3) y al al menos un cojinete de paso (1) en las áreas próximas a dicha junta, requiriendo así una fuerza de tensado inferior, mientras que se requiere un nivel de tensión más alto en zonas más distantes.

En un ejemplo, el elemento de anclaje (9) está unido de manera desmontable al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1). En otro ejemplo, el elemento de anclaje (9) está unido de manera desmontable al buje (3). Además, en otros ejemplos, el elemento de anclaje (9) puede ser una parte del buje (3).

En el ejemplo en el que el elemento de anclaje (9) está unido de forma desmontable a anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1), el elemento de anclaje (9) es un elemento de anclaje flotante (9) que tiene una superficie de contacto configurada para que coincida con una superficie exterior (14) del al menos un cojinete de paso (1), de tal manera que el sistema de tensado (7) permanece en una posición fija después de aplicar una cierta tensión al elemento de tensado (8). De esta manera, no hay necesidad de ninguna fijación adicional del al menos un elemento de anclaje (9) al al menos un cojinete de paso (1), siendo la fuerza de compresión resultante y la fricción entre el sistema de tensado (7) y la superficie exterior (14) del anillo exterior (5) del al menos un cojinete (1) las fuerzas

responsables de mantener el sistema en la posición adecuada. La fuerza de tensión (F) aplicada al elemento de tensado (8) se transforma en una fuerza de compresión radial (RC) hacia el al menos un cojinete de paso (1) que afecta a todo el sistema de tensado (7) (incluyendo los elementos de tensado (8), así como los elementos de anclaje flotantes (9)).

En este ejemplo en el que los elementos de anclaje (9) son elementos de anclaje flotantes (9), la tensión a lo largo de todo el perímetro del al menos un cojinete de paso (1) es aproximadamente homogénea y está distribuida uniformemente. El uso de un elemento de anclaje flotante (9) puede implicar la realización de un avellanado para alojar, al menos parcialmente, el elemento de anclaje (9).

En un ejemplo, el al menos un elemento de tensado (8) comprende al menos un cordón (es decir, un tendón o un cable), y el al menos un cordón tiene preferiblemente dos extremos (10) unidos al por lo menos un elemento de anclaje (9).

El sistema de tensado (7) está configurado para mantener un eje longitudinal del al menos un elemento de tensado (8) en el mismo plano transversal respecto al eje del al menos un cojinete de paso (1) a lo largo de toda la longitud del al menos un elemento de tensado (8).

Para este propósito, la geometría del al menos un elemento de anclaje (9) está configurada para mantener el eje longitudinal del al menos un elemento de tensado (8) en el mismo plano transversal respecto al eje del al menos un cojinete de paso (1) a lo largo de toda la longitud del al menos un elemento de tensado (8). Esta característica técnica implica, en un ejemplo en el que un elemento de tensado (8) tiene dos extremos (10) unidos a un solo elemento de anclaje (9), que el elemento de anclaje (9) comprende al menos dos orificios (15) configurados para colocar los dos extremos (10) de un elemento de tensado (8), en el que cada uno de los al menos dos orificios (15) comprende un eje de tal manera que los ejes de los al menos dos orificios (15) son coplanarios, preferiblemente en al menos alguna extensión, estando el eje longitudinal de los dos orificios (15) comprendido dentro del mismo plano transversal al eje del al menos un cojinete de paso (1). Este ejemplo se puede ver, por ejemplo, en la figura 4. Por otra parte, en un ejemplo en el que los dos extremos (10) del al menos un elemento de tensado (8) están unidos a dos elementos de anclaje (9), respectivamente, como puede verse en los ejemplos de las figuras 5 y 6, esta característica técnica implica que cada uno de los dos elementos de anclaje (9) comprende al menos un orificio (15) configurado para asignar los dos extremos (10) del al menos un elemento de tensado (8), en el que cada uno del al menos un orificio (15) de los dos elementos de anclaje (9) son coaxiales en al menos alguna extensión, estando un eje longitudinal de cada uno del al menos un orificio (15) comprendido dentro de un mismo plano transversal que un eje del al menos un cojinete de paso (1). En este ejemplo, los dos elementos de anclaje (9) están situados entre sí de tal manera que los orificios (15) para la colocación de los dos extremos (10) de un elemento de tensado (8) son coaxiales en al menos alguna extensión (cada orificio (15) estando comprendido en uno de los dos elementos de anclaje diferentes (9)), estando el eje longitudinal de los dos orificios (15) comprendido dentro del mismo plano transversal al eje del al menos un cojinete de paso (1).

Dichos elementos de anclaje (9), en un ejemplo con múltiples elementos de tensado (8) pueden permitir, además, el paso de los elementos de tensado (8) que no están unidos a los mismos, de modo que sus ejes se mantienen en un plano transversal respecto al eje del al menos un cojinete de paso (1) mientras se mantiene la distancia entre los elementos de tensado (8). Esto evita que el sistema de tensado (7) ejerza una fuerza fuera de un plano transversal al eje del al menos un cojinete de paso (1).

En el ejemplo mostrado en la figura 5, el sistema de tensado (7) comprende cuatro elementos de tensado (8) (que son cordones en este caso) y dos elementos de anclaje (9), estando cada elemento de anclaje (9) configurado para cooperar con cuatro elementos de fijación (11) para fijar los cuatro extremos (10) de dos cordones una vez tensados. La longitud de cada uno de esos dos cordones permite cubrir casi todo el perímetro del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1).

En un ejemplo, la fuerza aplicada a cada uno de los cordones es sustancialmente la misma. En el ejemplo anterior, la fuerza aplicada a cada uno de los cordones es de 150 kN para una solución particular aplicada a un aerogenerador de multimegavatios.

En un ejemplo alternativo mostrada en la figura 6, el sistema de tensado (7) comprende ocho elementos de tensado (8) (que son cordones en este caso) y dos elementos de anclaje (9), estando configurado cada elemento de anclaje (9) para cooperar con ocho elementos de fijación (11) para fijar un extremo (10) de cada uno de los cordones del ejemplo. La longitud de cada uno de estos cordones no cubre todo el perímetro del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1). En lugar de ello, cubre al menos el perímetro entre los dos elementos de anclaje (9).

En un ejemplo particular, la fuerza de tensión (F) aplicada a los cordones que cubren un sector más cercano al árbol principal (13) es menor que la fuerza de tensión (F) aplicada a los cordones que cubren el resto del al menos un cojinete de paso (1).

Con tal objetivo, el al menos un elemento de anclaje (9) está situado en una región dentro de 30-90° desde el árbol principal (13) del aerogenerador, para reforzar más una región del al menos un cojinete de paso (1) en la proximidad de los sectores de 70-110° y 250-290°. En el sector próximo al eje principal (13), la fuerza de tensión (F) puede ser menor que en el sector opuesto en el mismo.

Por ejemplo, en dicho ejemplo de la figura 6, se puede aplicar diferente tensión a los elementos de tensado (8) (cordones) a-d que a los elementos de tensado (8) (cordones) e-f. En este ejemplo, los elementos de anclaje (9) están preferiblemente unidos al buje (3) o a dicho al menos un cojinete de paso (1) de tal manera que la fuerza de tensión (F) aplicada a los cordones puede variar entre sectores consecuentemente.

En un ejemplo, el sistema de tensado (7) cubre aproximadamente todo el perímetro del al menos un cojinete de paso (1). En un ejemplo alternativo, al menos una parte de los cordones se extiende a lo largo una extensión angular parcial del al menos un cojinete de paso (1). En un ejemplo adicional, esta extensión cubre al menos 180°.

Preferiblemente, se puede aplicar diferente a al menos dos elementos de tensado (8) unidos a diferentes elementos de anclaje (9). Por lo tanto, esos al menos dos elementos de tensado (8) fijado cada uno a un elemento de anclaje (9) diferente se pueden tensar independientemente.

También preferiblemente, la tensión aplicada a los elementos de tensado (8) que cubren el sector más cercano al árbol principal (13) es menor que la tensión aplicada a los elementos de tensado (8) que cubren el resto del al menos un cojinete de paso (1). Por lo tanto, al menos un elemento de tensado (8) que cubre un primer sector más cercano al árbol principal (13) que un segundo sector más lejano del árbol principal (13) que el primer sector, y al menos un elemento de tensado (8) que cubre el segundo sector, en el que el al menos un elemento de tensado (8) que cubre el primer sector se puede tensar a una tensión más baja que el al menos un elemento de tensado (8) que cubre el segundo sector.

En un ejemplo, los elementos de tensado (8) están situados sobre la superficie exterior (14) del al menos un cojinete de paso (1). Esto puede verse mejor en las figuras 5 y 6. En ambas figuras, el anillo interior (4) del al menos un cojinete de paso (1) no se ha representado.

Alternativamente hay algunos elementos de guiado (16) que incluyen al menos un orificio para el paso del al menos un elemento de tensado (8) y están unidos al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1), tal como para guiar el elemento de tensado (8) a lo largo de los mismos. Los elementos de guiado (16) pueden estar unidos a dicho al menos un cojinete de paso (1) a través de una pluralidad de pernos, y en un ejemplo estos pernos son algunos de los pernos utilizados para la conexión de la al menos una pala (2) al buje (3) del aerogenerador. En este ejemplo, los elementos de tensado (8) no se colocan en la superficie exterior (14) del al menos un cojinete de paso (1).

En un ejemplo alternativo, los elementos de guiado (16) conectados al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1) pueden ser quitados del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1) una vez que el al menos un elemento de tensado (8) se ha colocado en su posición o permanece en dicha posición trabajando como un elemento de seguridad.

En un ejemplo, los dos extremos (10) de un elemento de tensado (8) están fijados a un mismo elemento de anclaje (9), mientras que, en un ejemplo alternativo, los dos extremos (10) están fijados cada uno a un elemento de anclaje (9) diferente.

El uso de varios elementos de tensado (8) permite aumentar gradualmente la rigidez del al menos un cojinete de paso (1). Así, dependiendo de las cargas que va a soportar un aerogenerador y, más en particular, el al menos un cojinete de paso (1) que va a estar en una posición determinada (dependiendo de las condiciones del viento y de operación), puede ajustarse el número de elementos de tensado (8). En la figura 7 están representados ejemplos del sistema de tensado (7) con dos y cuatro cordones dispuestos en paralelo.

En la figura 7, están representados algunos elementos de tensado (8) del sistema de tensado (7), que son una serie de cordones colocados juntos. Preferiblemente, como se muestra en la figura 8, el sistema de tensado (7) comprende una pluralidad de elementos de tensado (8), es decir, cordones, situados uno al lado del otro, de tal manera que cada uno de ellos ejerce una parte de la fuerza de compresión radial (RC).

En un ejemplo, varias capas de elementos de tensado (8) se pueden colocar una encima de la otra para aumentar aún más la fuerza radial de compresión (RC) transmitida a dicho al menos un cojinete de paso (1). La inclusión de más de una capa, por ejemplo, dos capas como en la figura 8, permite la aplicación de una fuerza de compresión radial superior (RC) a al menos un cojinete de paso (1), pero mantener todavía la fuerza aplicada sobre el área requerida del al menos cojinete (1) (debido a restricciones de limitación de espacio, es decir, las dimensiones del anillo de cojinete y el diámetro requerido de los cordones para una tensión dada, pueden ser necesarias varias capas para aplicar una determinada fuerza de compresión radial (RC) sobre el carril de rodadura (6) más cerca de la al menos una pala (2), por ejemplo, en el caso de que el anillo exterior (5) esté conectado en el buje (3)).

En un ejemplo, los elementos de tensado (8) se apilan en al menos dos capas. En general, los cordones tienen un límite de tensión que no puede ser superado y, dependiendo del nivel de tensión necesario, mediante la colocación de los cordones uno al lado del otro, existe la posibilidad de que i) o bien el nivel de tensión no se alcance porque se utiliza un número insuficiente de cordones, o ii) que una fuerza de compresión se ejerza en una zona del al menos un cojinete de paso (1) en el que no es conveniente tenerla, ya que los cordones cubren también esta zona. Por lo tanto, con un ejemplo que comprende cordones apilados en al menos dos niveles, se permite concentrar la fuerza de compresión en la zona más conveniente, por ejemplo, en la proximidad de una pista de rodadura (6) particular, dependiendo de que la conexión del anillo exterior (5) sea a una pala (2) o al buje (3).

La figura 8 muestra un sistema de tensado en el que los elementos de tensado (8) comprenden cordones, y en el que los cordones están apilados en dos capas, una capa situada más próxima al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1) que comprende cuatro cordones y una capa apilada sobre ella y que comprende tres cordones. En esta figura, el anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1) está conectado al buje (3) y el al menos un cojinete de paso (1) comprende dos pistas de rodadura (6). Por lo tanto, las dos capas de cordones apilados están dispuestas en la proximidad de la pista de rodadura (6) más próxima al buje (3) para reducir las deformaciones en esta área.

Además, en esta solución, se coloca un elemento entre al menos dos capas de cordones, que está configurado tal que se evita la transmisión de las cargas que no son fuerzas de compresión a los cordones situados en la capa más cercana al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1) a partir de los cordones apilados sobre las mismas. Por lo tanto, los cordones situados en la capa más cercana al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1) no tienden a separarse debido a fuerzas no deseadas ejercidas por los cordones de la capa apilada sobre los mismos.

Si el eje longitudinal de los elementos de tensado (8) (que son, por ejemplo, los cordones) no está contenido dentro del mismo plano transversal al eje del al menos un cojinete de paso (1) a lo largo de toda su longitud, se genera un pequeño brazo de palanca. Este brazo de palanca, unido a la fuerza de tensión (F), crea un par de torsión indeseable (M) en el al menos un cojinete de paso (1), como se ve en la figura 9.

Por lo tanto, en un ejemplo preferido, el elemento de anclaje (9) comprende al menos dos orificios (15) (como se muestra en las figuras 10 a 12) cuyos ejes son coplanarios, y que están separados por una cierta distancia para permitir la colocación de ambos extremos de un cordón y realizar los trabajos de tensado requeridos.

A su vez, el elemento de anclaje (9) y el elemento de tensado (8) están colocados de tal manera que el eje del elemento de tensado (8) es coplanario con el eje de los al menos dos orificios (15), de tal manera que se evita el brazo de palanca. Esta es una característica importante para el correcto funcionamiento del sistema de tensado (7). Además, el plano es perpendicular al eje del al menos un cojinete de paso (1).

En las figuras 11 y 12 se muestran dos tipos de elementos de anclaje (9). En la figura 11, se muestra un elemento de anclaje (9) para el anclaje de los extremos (10) de dos cordones que pasan a través de los orificios (15). En la figura 12 se muestra un elemento de anclaje (9) que comprende, además, una ranura (12) para el paso de los cordones que no están anclados a dicho elemento de anclaje (9).

No obstante el tipo de anclaje utilizado, en un ejemplo, el anillo exterior (5) comprende un rebaje en la superficie exterior para asignar el elemento de tensado (8) para evitar su movimiento a lo largo de la dirección axial del al menos un cojinete de paso (1).

La principal ventaja de este aerogenerador con respecto a los propuestos en el estado de la técnica es que el al menos un cojinete de paso (1) se refuerza sin aumento de tamaño.

Además, la rigidez del al menos un cojinete de paso (1) se puede mejorar, ya sea de forma homogénea a lo largo de su perímetro o de manera diferente en diferentes sectores de acuerdo a sus necesidades mediante una selección apropiada del número y de la posición de los elementos de anclaje (9) y la fuerza de tensado (F) aplicada a los elementos de tensado (8) que conectan los elementos de anclaje (9).

Además, un único diseño para el buje (3) y al menos un cojinete de paso (1) se pueden utilizar en diferentes posiciones (por lo tanto, sometidas a diferentes condiciones de carga) y con diferentes modelos de aerogenerador (incluyendo rotores más grandes y torres más altas), configurando el refuerzo del cojinete como se requiere según las condiciones de carga (por ejemplo, mediante una selección apropiada del número y de la posición de los elementos de anclaje (9), el número de elementos de tensado (8) y la tensión aplicada a cada uno de ellos, etc.).

REIVINDICACIONES

1. Un aerogenerador, que comprende:

- un buje (3);

- al menos una pala (2); y

- al menos un cojinete de paso (1) para conectar la al menos una pala (2) al buje (3), comprendiendo el al menos un cojinete de paso (1):

- al menos un anillo interior (4) unida a la pala (2),

- un anillo exterior (5), unida al buje (3) y que comprende una superficie plana próxima a la pala (2) y una superficie plana próxima al buje (3),

- al menos una pista de rodadura (6);

tal que el aerogenerador comprende además al menos un sistema de tensado (7) que comprende al menos un elemento de tensado (8) con dos extremos (10); dicho elemento de tensado (8) ubicado más próximo a la superficie plana próxima a la pala (2) que a la superficie plana próxima al buje (3), donde el sistema de tensado (7) está configurado para ejercer una fuerza de compresión radial en al menos una parte del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1) cuando una tensión es aplicada al al menos un elemento de tensado (8), caracterizado por qué el al menos un elemento de tensado (8) comprende al menos un cordón, y donde el sistema de tensado (7) comprende además:

- al menos un elemento de anclaje (9) configurado para recibir al menos uno de los dos extremos (10) de dicho elemento de tensado; y

- al menos un elemento de fijación (11) configurado para fijar el al menos uno de los dos extremos (10) del elemento de tensado (8) a dicho al menos un elemento de anclaje (9)

donde el sistema de tensado (7) comprende al menos dos elementos de tensado (8) que están fijados cada uno a un elemento de anclaje (9) diferente, y donde los al menos dos elementos de tensado (8) fijados cada uno a un elemento de anclaje (9) diferente se pueden tensar independientemente.

2. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizado por que el al menos un elemento de anclaje (9) es acoplable de forma desmontable al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1).

3. Aerogenerador según la reivindicación 2, caracterizado por que el al menos un elemento de anclaje (9) comprende una superficie de contacto configurada para coincidir con una superficie exterior (14) del anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1), de tal manera que el sistema de tensado (7) permanece en una posición fija después de aplicar una cierta tensión a dicho al menos un elemento de tensado (8).

4. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizado por que el al menos un elemento de anclaje está acoplado de modo desmontable al buje (3).

5. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizado por que el al menos un elemento de anclaje (9) es una parte del buje (3).

6. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizado por que el sistema de tensado (7) está configurado para mantener un eje longitudinal del al menos un elemento de tensado (8) en el mismo plano transversal respecto al eje del al menos un cojinete de paso (1) a lo largo de toda la longitud del al menos un elemento de tensado (8).

7. Aerogenerador según la reivindicación 6, caracterizado por que los dos extremos (10) del al menos un elemento de tensado (8) están unidos a un solo elemento de anclaje (9).

8. Aerogenerador según la reivindicación 7, caracterizado por que el único elemento de anclaje (9) comprende al menos dos orificios (15) configurados para colocar los dos extremos (10) del al menos un elemento de tensado (8), en el que cada uno de los al menos dos orificios (15) comprende un eje, de tal manera que los ejes de los al menos dos orificios (15) son coplanarios.

9. Aerogenerador según la reivindicación 8, caracterizado por que los al menos dos orificios (15) del único elemento de anclaje (9) están separados una cierta distancia.

10. Aerogenerador según la reivindicación 6, caracterizado por que los dos extremos (10) del al menos un elemento de tensado (8) están unidos a dos elementos de anclaje (9), respectivamente.

11. Aerogenerador según la reivindicación 10, caracterizado por que cada uno de los dos elementos de anclaje (9) comprende al menos un orificio (15) configurado para asignar los dos extremos (10) del al menos un elemento de tensado (8), en el que cada uno del al menos un orificio (15) de los dos elementos de anclaje (9) son coaxiales en al menos alguna extensión, estando un eje longitudinal de cada uno del al menos un orificio (15) comprendido dentro de un mismo plano transversal que un eje del al menos un cojinete de paso (1).

12. Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que comprende un árbol principal (13) para conectar el buje (3) a un tren de accionamiento y el sistema de tensado (7) comprende al menos dos elementos de anclaje (9).
- 5 13. Aerogenerador según la reivindicación 12, caracterizado por que los al menos dos elementos de anclaje (9) se colocan a 90° o un ángulo inferior con respecto al árbol principal (13).
- 10 14. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizado por que comprende al menos un elemento de tensado (8) que cubre un primer sector más cercano al árbol principal (13) que un segundo sector más alejado del árbol principal (13) que el primer sector, y al menos un elemento de tensado (8) que cubre el segundo sector, en el que el al menos un elemento de tensado (8) que cubre el primer sector se puede tensar a una tensión más baja que el al menos un elemento de tensado (8) que cubre el segundo sector.
- 15 15. Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado por que además comprende al menos un elemento de guiado que incluye al menos un orificio para el paso del al menos un elemento de tensado (8), en el que el elemento de guiado está configurado para unirse al anillo exterior (5) del al menos un cojinete de paso (1).
- 20 16. Aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por que el al menos un cojinete de paso (1) comprende un avellanado configurado para alojar, al menos parcialmente, el al menos un elemento de anclaje (9).

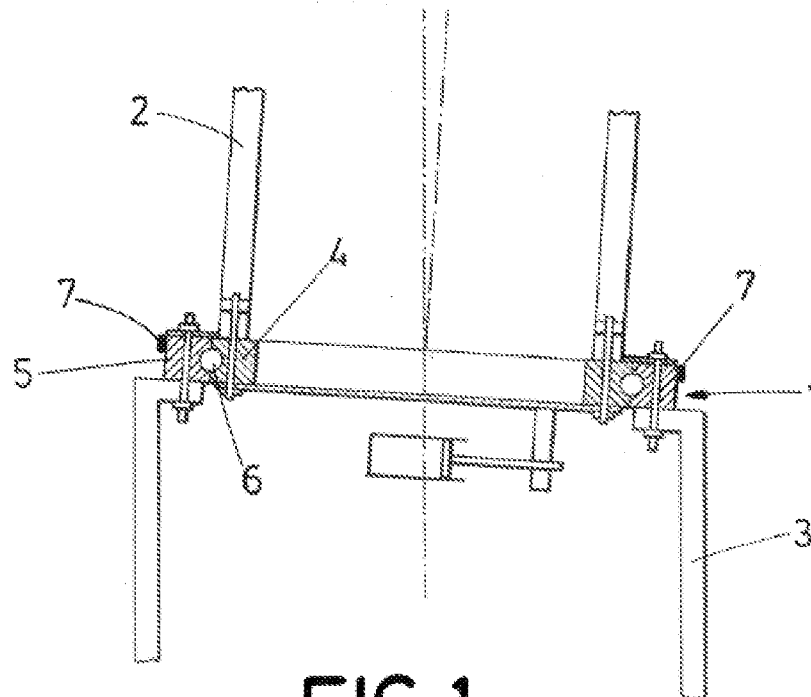


FIG.1

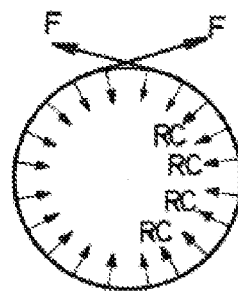


FIG.2

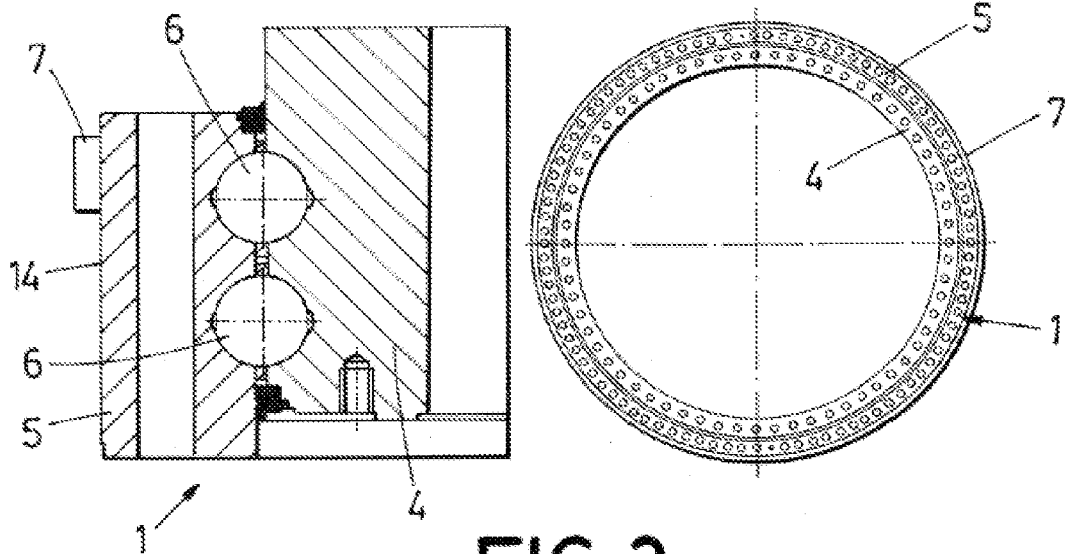


FIG.3

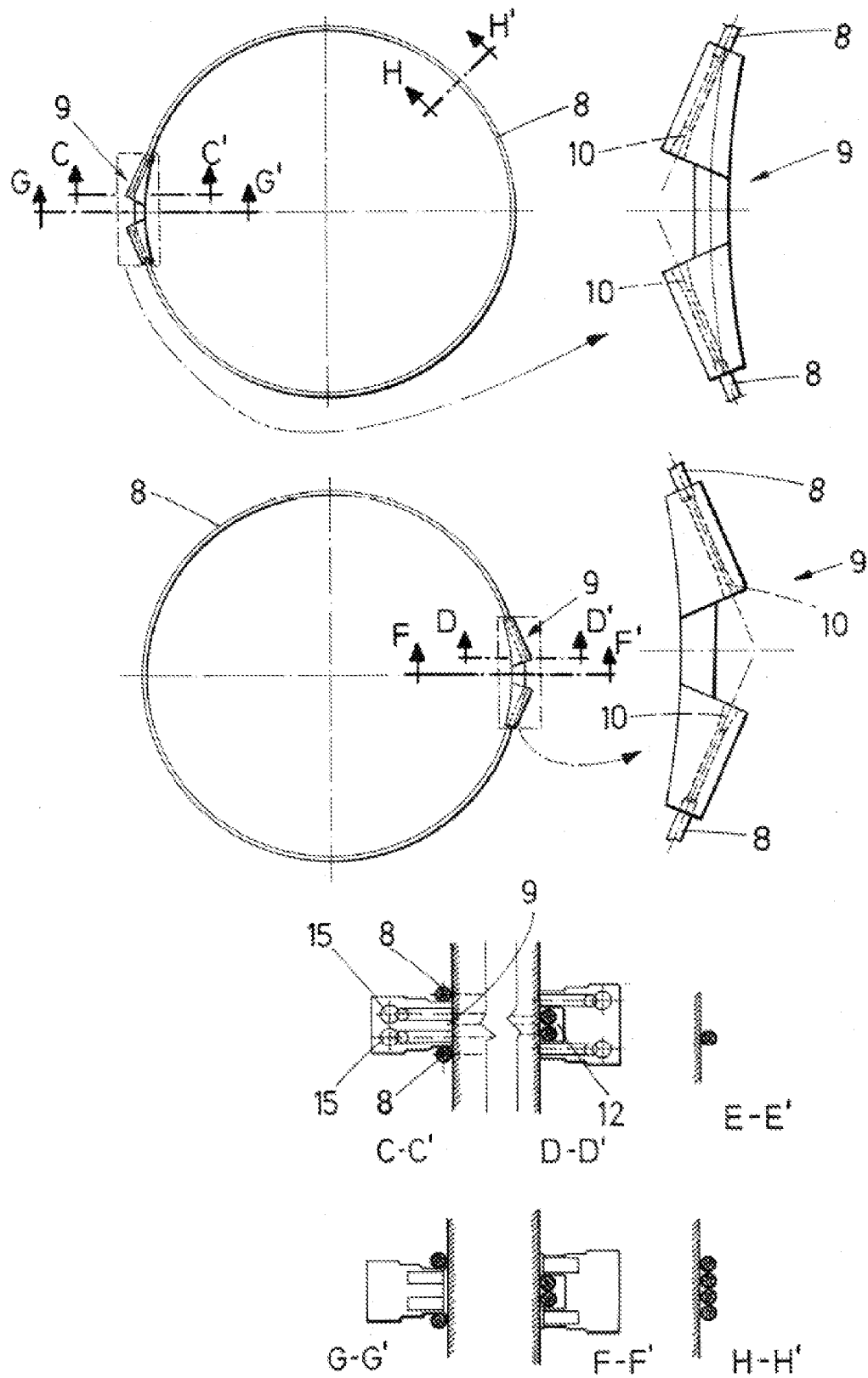


FIG.4

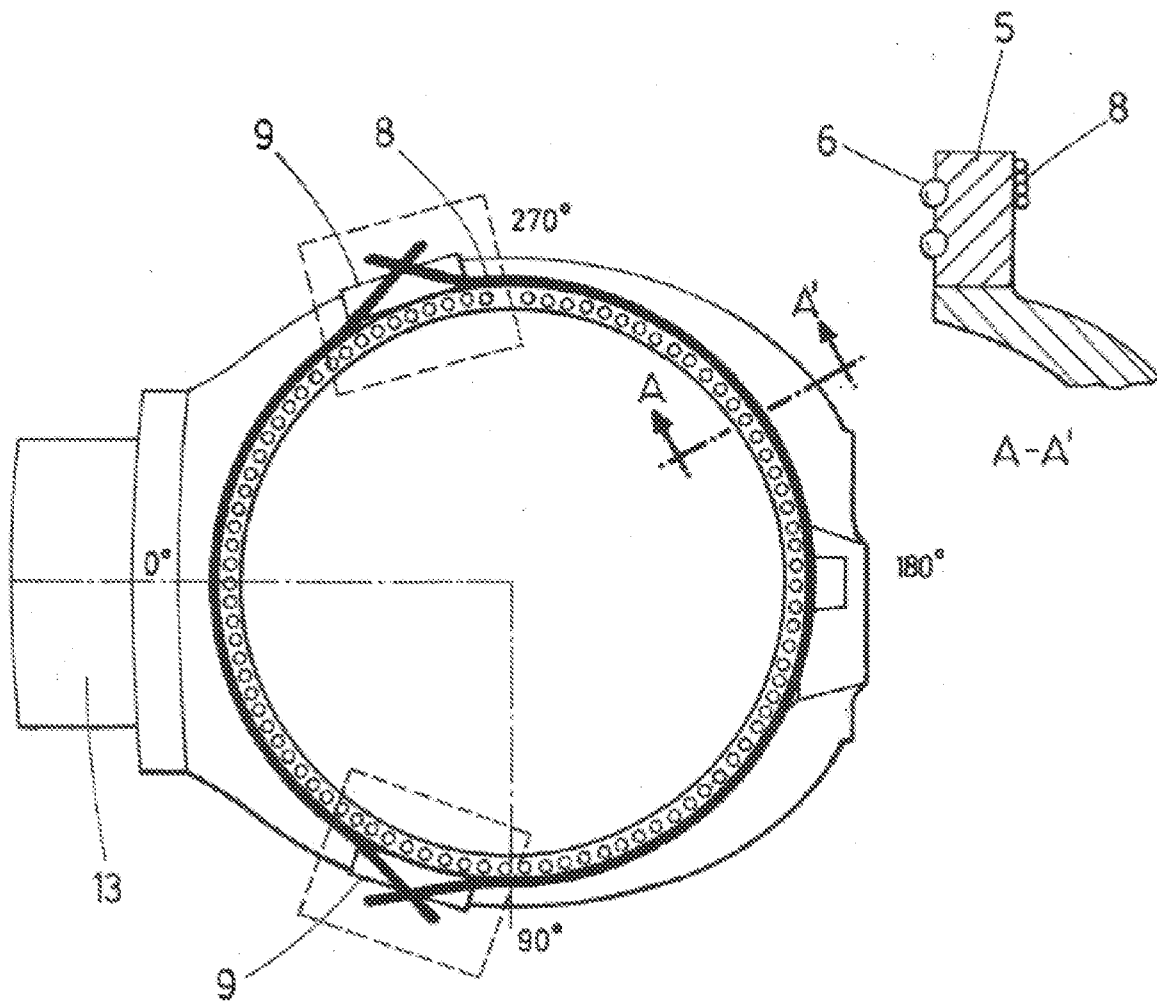


FIG.5

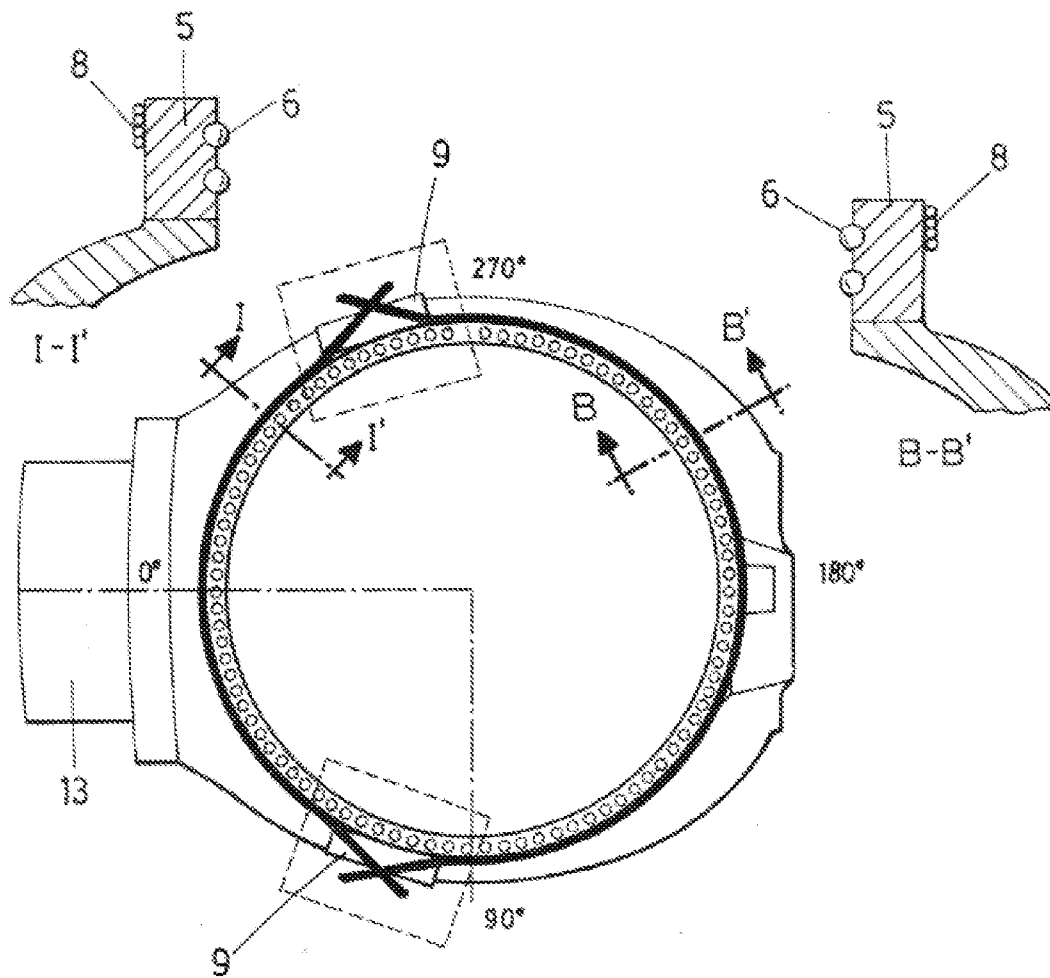


FIG. 6

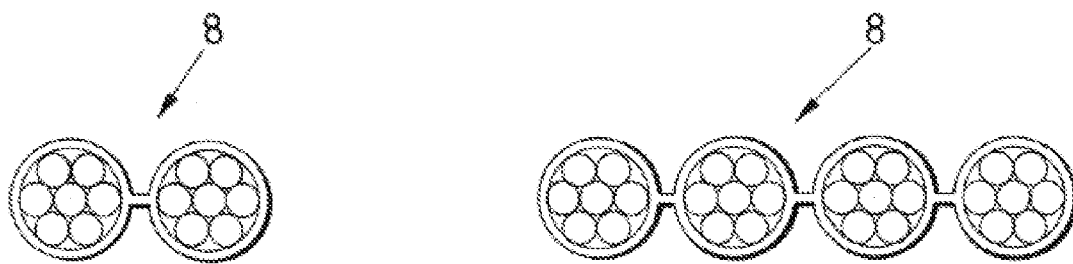


FIG.7

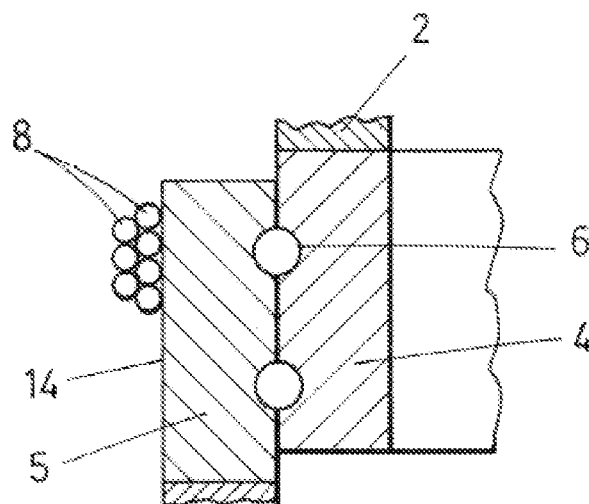


FIG.8

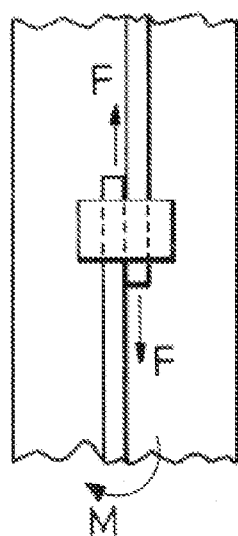


FIG.9

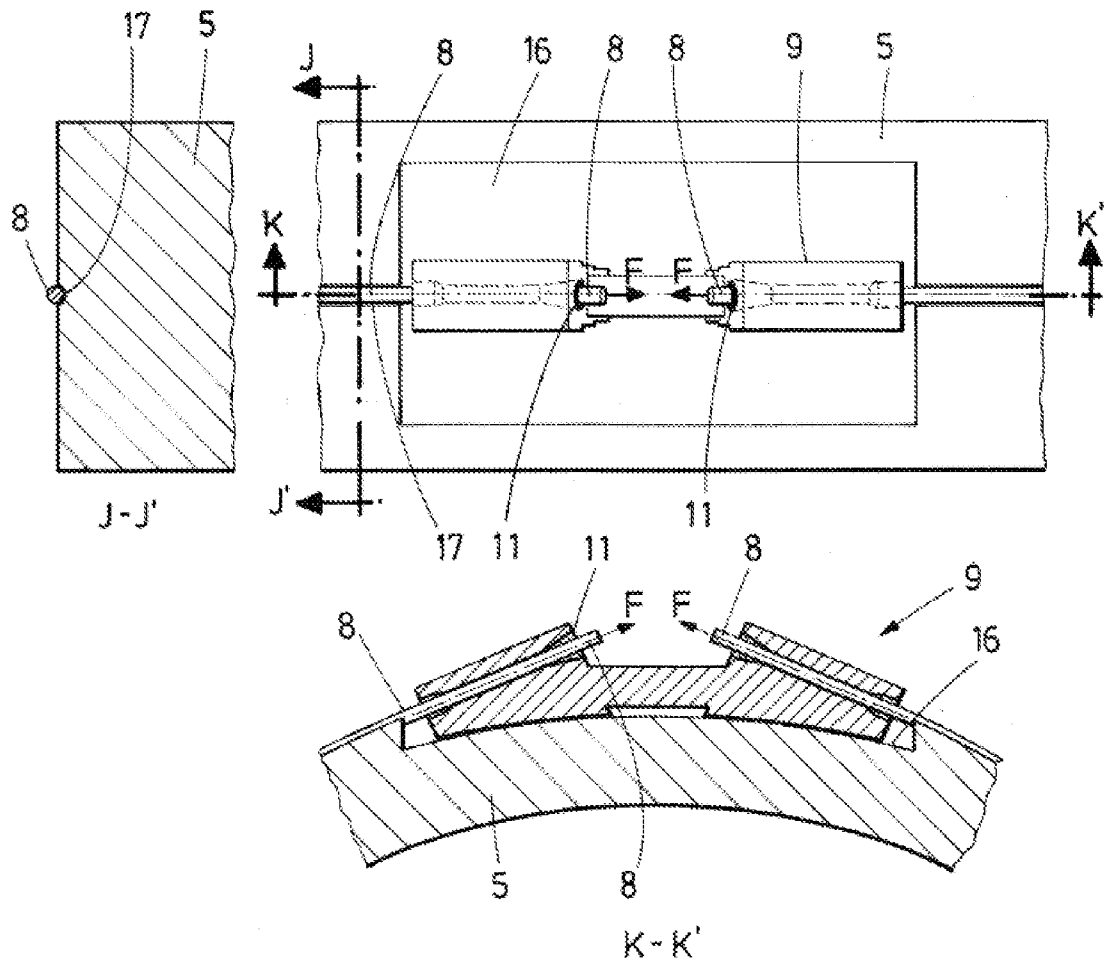


FIG.10

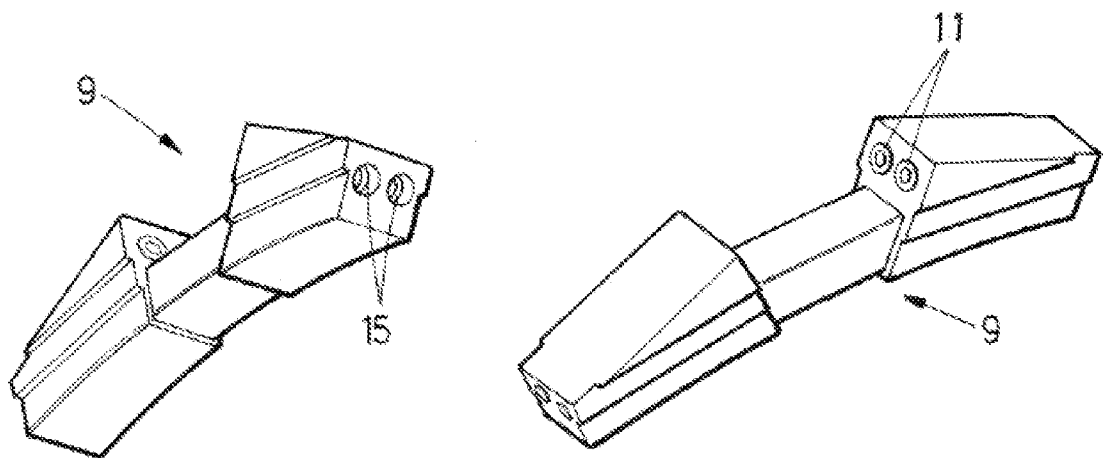


FIG.11

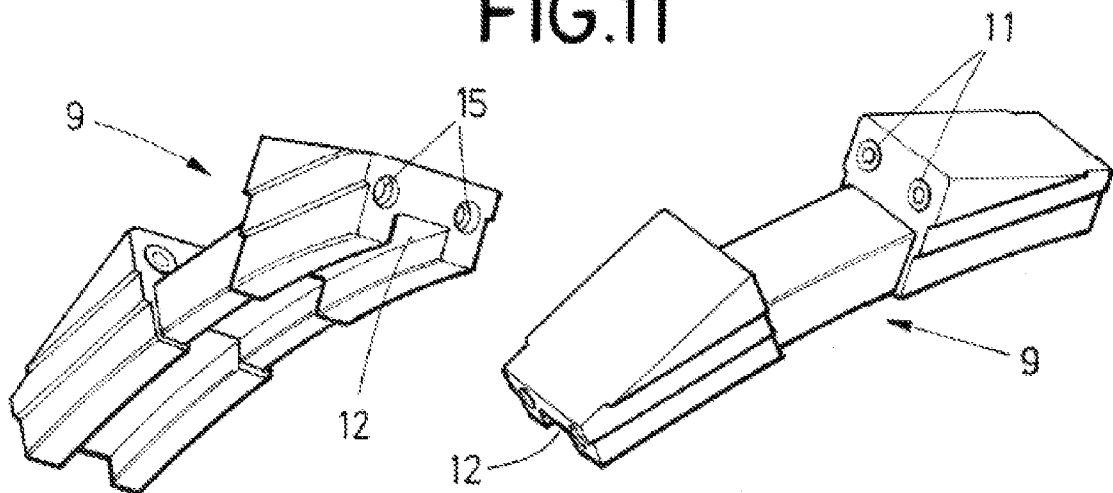


FIG.12

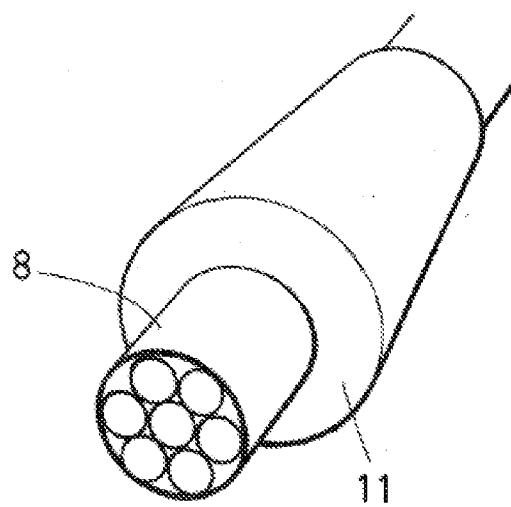


FIG.13