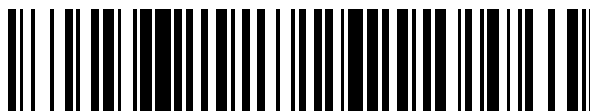


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 441 016**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

F16C 19/18 (2006.01)

F16C 19/38 (2006.01)

F16C 23/08 (2006.01)

F16C 27/04 (2006.01)

F16C 33/38 (2006.01)

F16C 33/30 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

F16C 33/60 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2005 E 05761316 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 1907692**

54 Título: **Un cojinete de cabeceo para una turbina eólica y uso del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.01.2014

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 44
8200 Aarhus N , DK**

72 Inventor/es:

**BECH, ANTON y
MADDEN, GERRY**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 441 016 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 cojinete de cabeceo para una turbina eólica y uso del mismo

Antecedentes de la invención

La invención se refiere a una turbina eólica de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, y al uso de la misma.

5 Descripción de la técnica relacionada

Una turbina eólica conocida en la técnica comprende una torre de turbina eólica y una góndola de turbina eólica situada en la parte superior de la torre. Un rotor de turbina eólica con tres palas de turbina eólica se conecta a la góndola mediante un árbol de baja velocidad, que se extiende hacia fuera de la parte delantera de la góndola como se ilustra en la figura 1.

10 Las turbinas eólicas modernas controlan la carga en el rotor cabeceando las palas a favor y contra el viento de entrada. Se hace cabecear las palas para optimizar la salida o para proteger la turbina eólica de sobrecargas dañinas.

Para realizar el cabeceo cada pala está provista de un cojinete de cabeceo entre el buje y la pala, y algún tipo de mecanismo, lo más frecuente un cilindro hidráulico, para proporcionar la fuerza para cabecear la pala y mantenerla en una posición dada. Este montaje de cabeceo permite que cada pala sea girada aproximadamente 90° alrededor de su eje longitudinal.

15 La carga eólica sobre las palas aumenta a medida que las turbinas eólicas modernas aumentan de tamaño, y a medida que tanto las palas como el buje aumentan de tamaño se vuelven relativamente más blandos y flexibles. Estos hechos convierten a los cojinetes de cabeceo en componentes cruciales del rotor, ya que tienen que ser capaces de transferir el momento producido por la carga eólica al buje y al mismo tiempo permitir que las palas puedan girar libremente y de modo preciso.

20 Para asegurar esto la solución obvia sería simplemente aumentar el tamaño de los cojinetes de cabeceo, pero las bolas de los cojinetes ya han alcanzado prácticamente el límite de lo que se puede producir industrialmente, y bolas más grandes serían por lo tanto económicamente desventajosas. Además, el tamaño del anillo aumentaría con el aumento del tamaño de bola y por lo tanto aumentarían significativamente el coste y peso del cojinete.

25 Otra solución sería dotar a la pala de más de un cojinete, separados entre sí, como se muestra, por ejemplo, en los documentos DE 3415428 A1 y US 4.668.109. Esto es ventajoso ya que permite que cojinetes relativamente pequeños transfieran el momento. Pero este diseño consume espacio y requiere un alto grado de rigidez, y por lo tanto aumenta el coste y peso tanto del buje como de las palas.

30 El documento SE 416990 (B) describe un estribo de articulación para una turbina eólica adaptada para articular las palas de captura de viento de la turbina con su buje de un modo movable. El documento US 4.668.109A describe una chumacera con cojinetes cargados por resorte para una turbina eólica.

Un objetivo de la invención es, por lo tanto, proporcionar un cojinete de cabeceo para una turbina eólica grande moderna sin las desventajas mencionadas.

35 Especialmente, es un objetivo de la invención proporcionar un cojinete de cabeceo para una turbina eólica eficiente en costes y peso, que pueda transferir las cargas sobre y desde las palas al buje sin reducir la durabilidad o funcionalidad de los cojinetes.

La invención

40 La invención proporciona una turbina eólica que comprende al menos dos palas de turbina eólica con control de cabeceo. Cada pala comprende uno o más cojinetes de cabeceo que incluyen dos o más anillos del cojinete, y medios de control de cabeceo para cabecear las palas por medio de los cojinetes. Las palas están montadas en un buje por medio de los cojinetes de cabeceo, comprendiendo el uno o más cojinetes de cabeceo medios de mejora de la flexibilidad separados para controlar las cargas en los cojinetes, caracterizados porque los medios de mejora de la flexibilidad separados incluyen una o más placas unidas a uno o más de dichos anillos del cojinete por medio de, por ejemplo, tornillos, pernos, espárragos, remaches, medios adhesivos o soldaduras.

45 Es ventajoso dotar a los cojinetes de cabeceo de medios de mejora de la flexibilidad separados, ya que los medios de mejora de la flexibilidad aseguran la durabilidad o funcionalidad del cojinete incluso aunque los anillos del cojinete estén distorsionados por la carga sobre y desde las palas. Así pues, los cojinetes pueden transferir un mayor momento o carga sin que el peso o el coste del cojinete aumenten demasiado.

Se debe enfatizar que el término "buje" debe ser entendido como la parte de la turbina eólica a la que se unen las

palas. El término “buje” cubre por lo tanto igualmente el dispositivo de batimiento al que se unen las palas en turbinas eólicas de batimiento.

En un aspecto de la invención, dichos cojinetes comprenden dos hileras de elementos de rodadura.

5 Cuantas más hileras de elementos de rodadura haya, más sensible es la vida y la funcionalidad del cojinete a una distorsión de los anillos del cojinete. Por lo tanto, es ventajoso proporcionar un cojinete que comprenda dos hileras de elementos de rodadura con medios de mejora de la flexibilidad separados.

Se debe enfatizar que el término “elementos de rodadura” debe ser entendido como cualquier tipo de piezas de rodadura de un cojinete tales como bolas, rodillos, agujas u otros.

En un aspecto de la invención, dichos cojinetes comprenden tres o más hileras de elementos de rodadura.

10 Así pues, se consigue un modo de realización ventajoso de la invención.

En un aspecto de la invención, dichos cojinetes comprenden uno o más primeros y uno o más segundos medios de mejora de la flexibilidad separados.

15 Al dotar a los cojinetes tanto de unos primeros como de unos segundos medios de mejora de la flexibilidad separados, el cojinete se hace más flexible. Esto es ventajoso ya que se asegura la durabilidad o funcionalidad del cojinete, incluso aunque los anillos del cojinete estén distorsionados.

En un aspecto de la invención, dichos medios de mejora de la flexibilidad separados están desplazados de las superficies de transferencia de carga de dichos anillos del cojinete.

20 Es ventajoso situar los medios de mejora de la flexibilidad separados alejados de las superficies de los anillos del cojinete sobre los que ruedan los elementos de rodadura, ya que esto permite un diseño más sencillo de los medios de mejora de la flexibilidad separados y permite que los medios de mejora de la flexibilidad otorguen más flexibilidad al cojinete.

En un aspecto de la invención, al menos uno de dichos uno o más anillos del cojinete comprenden orificios pasantes para medios de unión de la pala tales como tornillos, pernios, espárragos o remaches.

25 Es ventajoso que uno o más de los anillos del cojinete comprendan orificios pasantes ya que esto permite un medio sencillo de unión del cojinete.

En un aspecto de la invención, dichos cojinetes comprenden tres anillos del cojinete.

30 Los cojinetes que comprenden tres anillos del cojinete comprenden siempre al menos dos hileras de elementos de rodadura. Cuantas más hileras de elementos de rodadura haya más sensible es la durabilidad y funcionalidad del cojinete a una distorsión de los anillos del cojinete. Por lo tanto, es ventajoso proporcionar un cojinete que comprenda tres anillos del cojinete con medios de mejora de la flexibilidad separados.

Al dotar a los anillos del cojinete de una o más placas es posible controlar la rigidez de los anillos del cojinete, y por lo tanto asegurar que, incluso aunque los anillos se deformen, el cojinete continúa siendo completamente funcional y ninguna parte del cojinete se daña o se somete a tensiones excesivas.

35 En un aspecto de la invención, al menos una de dichas una o más placas es una placa de refuerzo que proporciona una rigidez adicional no uniforme o sustancialmente no uniforme a dicho anillo del cojinete sobre el que está incorporada.

Al fabricar las placas de modo que proporcionen una rigidez no uniforme al anillo del cojinete sobre el que se incorporan, las placas pueden dotar a los cojinetes de rigidez y/o flexibilidad en donde se necesita, sin aumentar demasiado el peso de los cojinetes.

40 En un aspecto de la invención, dicha rigidez adicional no uniforme o sustancialmente no uniforme se proporciona por medio de uno o más orificios en dichas placas de refuerzo.

Es ventajoso dotar a las placas de uno o más orificios, ya que es un modo sencillo y eficiente de controlar la rigidez y/o flexibilidad de las placas.

45 En un aspecto de la invención, dichos medios de mejora de la flexibilidad separados comprenden dos o más jaulas de elementos de rodadura separadas radialmente.

Es ventajoso dotar a los cojinetes de diversas jaulas de elementos de rodadura separadas radialmente, ya que esto permite la posibilidad de variar las distancias entre las jaulas y aumentar así la flexibilidad de los cojinetes.

En un aspecto de la invención, dichas jaulas de elementos de rodadura están separadas por zonas de compresión.

Al separar las jaulas de elementos de rodadura por medio de zonas de compresión el cojinete se vuelve más flexible.

En un aspecto de la invención, dichas zonas de compresión están formadas integralmente en uno o en ambos de los extremos longitudinales de dichas jaulas de elementos de rodadura.

- 5 Formar las zonas de compresión integralmente en los extremos de las jaulas de elementos de rodadura es ventajoso, ya que proporciona un modo sencillo y eficiente en costes de proporcionar un cojinete con zonas de compresión.

En un aspecto de la invención, dichas zonas de compresión formadas integralmente están formadas como ranuras transversales en las jaulas de elementos de rodadura.

- 10 Las ranuras transversales en las jaulas de elementos de rodadura son un modo sencillo y eficiente en costes de proporcionar un cojinete con zonas de compresión.

En un aspecto de la invención, las ranuras transversales enfrentadas de jaulas de elementos de rodadura yuxtapuestas se realizan transversalmente desde lados opuestos.

Al hacer ranuras en las jaulas de elementos de rodadura desde lados opuestos, las ranuras enfrentadas forman conjuntamente una zona de compresión sencilla y eficiente.

- 15 En un aspecto de la invención, dichas zonas de compresión son piezas de compresión separadas de dichas jaulas de elementos de rodadura.

Al utilizar piezas de compresión separadas para dichas jaulas de elementos de rodadura es posible utilizar bloques de goma, muelles u otros como las zonas de compresión. Esto es ventajoso, ya que proporciona un modo sencillo y eficiente en costes de dotar a un cojinete de zonas de compresión.

- 20 En un aspecto de la invención, dichos medios de mejora de la flexibilidad separados incluyen elementos de rodadura huecos, tales como rodillos huecos.

Al fabricar los elementos de rodadura huecos, estos se vuelven más flexibles y por lo tanto se mejora su capacidad de gestionar la distorsión y desalineamiento de los anillos del cojinete.

- 25 En un aspecto de la invención, el orificio en dichos rodillos huecos tiene un diámetro mayor en los extremos que en el centro.

La distorsión y el desalineamiento de los anillos del cojinete da como resultado que un extremo de, por ejemplo, un rodillo tenga que transferir una carga mayor que el resto del rodillo. Por lo tanto es ventajoso hacer el orificio de un diámetro mayor en los extremos y hacer el orificio de un diámetro menor en el centro, para hacer que el elemento de rodadura sea más rígido frente a cargas distribuidas homogéneamente.

- 30 En un aspecto de la invención, el orificio en dichos rodillos huecos es un orificio pasante recto.

Dotar a los rodillos de orificios pasantes rectos es un modo sencillo y eficiente en costes de dotar al rodillo de propiedades de flexibilidad mejoradas.

En un aspecto de la invención, el orificio en dichos rodillos huecos es un orificio ciego en uno o en ambos extremos de dichos rodillos huecos.

- 35 Dotar a los rodillos de un orificio ciego en los extremos es un modo sencillo y eficiente en costes de dotar al rodillo de propiedades de flexibilidad mejoradas y mantener la rigidez de los rodillos frente a cargas distribuidas homogéneamente.

En un aspecto de la invención, dichos medios de mejora de la flexibilidad separados incluyen rodillos de diámetro variable.

- 40 Si los rodillos son de diámetro variable, se mejora su capacidad de gestionar la distorsión y desalineamiento de los anillos del cojinete. Esto es ventajoso ya que proporciona un cojinete más flexible.

En un aspecto de la invención, dichos rodillos son redondeados en una dirección longitudinal.

Redondear los rodillos en una dirección longitudinal es un modo sencillo y eficiente en costes de dotar a los rodillos de la capacidad de gestionar la distorsión y desalineamiento de los anillos del cojinete.

- 45 En un aspecto de la invención, dichos rodillos se abomban en el centro.

Al hacer que los rodillos se abomben en el centro, son capaces de gestionar la distorsión y desalineamiento de los anillos del cojinete más eficientemente.

La invención prevé asimismo el uso de una turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 28, en la que dicha turbina eólica es una turbina eólica de cabeceo de velocidad variable.

5 Figuras

La invención se describirá en lo que sigue con referencia a las figuras, en las que

la fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna grande vista desde el frente,

la fig. 2 ilustra una sección transversal de un buje de la turbina eólica conectado a un buje mediante un cojinete de cabeceo que comprende placas,

10 la fig. 3 ilustra el mismo modo de realización de un cojinete de cabeceo que se ilustra en la fig. 2, visto desde arriba,

la fig. 4 ilustra una parte de una sección transversal de un cojinete de cabeceo que comprende tres hileras de elementos de rodadura,

la fig. 5 ilustra una parte de una sección transversal de un cojinete de cabeceo que comprende seis hileras de elementos de rodadura,

15 la fig. 6 ilustra una parte de una sección transversal de un cojinete de cabeceo que comprende medios de compensación de ángulo,

la fig. 7 ilustra el mismo modo de realización de un cojinete de cabeceo que se ilustra en la fig. 6, visto desde arriba,

la fig. 8 ilustra un modo de realización de un rodillo hueco, visto desde el frente y el lateral,

la fig. 9 ilustra un modo de realización de un rodillo redondeado, visto desde el frente y el lateral,

20 la fig. 10 ilustra una parte de una sección transversal de un cojinete de cabeceo que comprende rodillos,

la fig. 11 ilustra una parte de una sección transversal de otro cojinete de cabeceo que comprende rodillos,

la fig. 12 ilustra un modo de realización de jaulas de elementos de rodadura y piezas de compresión separadas,

la fig. 13 ilustra un modo de realización de jaulas de elementos de rodadura que comprenden zonas de compresión,

25 la fig. 14 ilustra el mismo modo de realización de jaulas de elementos de rodadura que se ilustra en la fig. 13, en un estado comprimido, y

la fig. 15 ilustra una parte de una sección trasversal de un cojinete de cabeceo que comprende jaulas de elementos de rodadura.

Descripción detallada

30 La fig. 1 ilustra una turbina eólica 1, que comprende una torre 2 y una góndola de turbina eólica 3 situada en la parte superior de la torre 2. El rotor de turbina eólica 4, que comprende dos palas de turbina eólica 5, está conectado a la góndola 3 mediante un árbol de baja velocidad, que se extiende hacia fuera de la parte delantera de la góndola 3.

La fig. 2 ilustra una sección transversal de una pala de turbina eólica 5 conectada a un buje 7 mediante un modo de realización de un cojinete de cabeceo 9. En este modo de realización, el cojinete de cabeceo 9 es un cojinete de bolas de tres hileras 27, pero podría ser asimismo un cojinete de dos o de cuatro hileras 27.

35 El cojinete de cabeceo tiene que transferir fuerzas procedentes principalmente de tres fuentes diferentes. La pala 5 (y los propios cojinetes 9, por supuesto) están bajo la influencia constante de la fuerza de gravitación. La dirección de la fuerza gravitacional varía dependiendo de la posición de las palas 5, lo que induce diferentes cargas sobre los cojinetes de cabeceo 9. Cuando la pala está en movimiento, el cojinete 9 está asimismo bajo la influencia de una fuerza centrífuga, que produce principalmente una tracción axial en el cojinete 9. Finalmente, los cojinetes 9 están bajo la influencia de las cargas eólicas sobre las palas 5. Esta fuerza es con mucho la carga más grande sobre los cojinetes 9 y produce un momento masivo, que tiene que soportar los cojinetes 9.

40 Como el mecanismo de cabeceo de una turbina eólica de cabeceo tradicional 1 puede inclinar habitualmente la pala 5 un poco más de 90°, la carga sobre los cojinetes de cabeceo 9 no es en modo alguno uniforme en funcionamiento normal. La carga eólica sobre la pala 5 hará que la pala 5 tire en la parte del anillo interno 26 del cojinete 9 orientada

5 hacia el viento, y empuje sobre la parte del anillo interno 26 que se aleja del viento. Cuando el anillo interno 26 es estirado forzosamente por la pala 5, las bolas son empujadas hacia fuera y hacia arriba en un ángulo de, aproximadamente, 45°, como se indica mediante las flechas. Esta fuerza dará como resultado una tracción axial en el anillo externo 24 y un empuje radial en el anillo externo 24. Como la parte inferior del anillo externo 24 está fijada contra el buje 7, la parte superior del anillo 24 tendrá una tendencia a flexionarse. Igualmente, el anillo interno 26 tendrá una tendencia a flexionarse en la parte inferior, ya que está fijado contra la pala en la parte superior. Si esta flexión crece demasiado, una o más de las hileras 27 serán incapaces de transferir las cargas, lo que podría conducir a una carga dañina sobre el resto de las bolas. Debido a la dirección de las fuerzas, este problema es más pronunciado en la parte del cojinete orientada hacia el viento. Esta flexión podría ser reducida haciendo los anillos más gruesos, y por tanto más rígidos, pero esto aumentaría significativamente el coste y peso del cojinete.

10 Los cojinetes de bolas de múltiples hileras son relativamente baratos debido al diseño comprobado y relativamente sencillo, pero presentan la desventaja de ser relativamente altos en relación a la anchura, lo que los hace relativamente mediocres en relación a la transferencia de grandes fuerzas de par.

15 La fig. 2 ilustra por lo tanto que el extremo libre del anillo externo 24 está dotado de una placa externa 10. La placa externa 10 está fijada al anillo externo 24 y permite así la posibilidad de dotar al anillo externo 24 de rigidez cuando esta se necesita. Igualmente, el anillo interno 26 está dotado de una placa interna 11. Para asegurar la flexibilidad de la placa interna 11 en los lugares adecuados, la placa 11 está provista de un orificio 8, que permite que el anillo interno 26 se flexione un poco en la parte inferior para compensar una ligera flexión en la parte superior del anillo externo 24, y asegurar así una distancia constante entre los dos anillos 24, 26 y una carga sustancialmente idéntica en todas las hileras 27 de bolas 13.

20 La fig. 3 ilustra el mismo modo de realización de un cojinete de cabeceo que se ilustra en la fig. 2 visto desde arriba. En este modo de realización de la invención, la placa externa 10 está conformada como un anillo semicircular anular con anchura creciente hacia el centro del semicírculo. Este diseño asegura la mayor rigidez cuando la flexión del anillo externo 24 es máxima. En este modo de realización de la invención, la placa externa 10 cubre aproximadamente 180° del anillo externo 24, aunque en otro modo de realización la placa externa podría cubrir más o menos del anillo externo 24, o podría estar formada como un anillo anular completo de 360°. En otro modo de realización de la invención, la placa externa 10 podría ser asimismo de anchura constante.

25 La fig. 3 ilustra asimismo que la placa interna 11 está dotada de un orificio de placa 8 conformado como una elipse. El orificio 8 está situado asimismo cerca de la parte del cojinete 9 en donde la carga sobre el anillo externo 24 es máxima. En otro modo de realización de la invención, el orificio 8 podría tener otra forma tal como circular, poligonal, o la flexibilidad podría ser proporcionada por medio de un número de orificios 8 estratégicamente situados.

30 La fig. 4 ilustra una parte de una sección transversal de un cojinete de cabeceo 9 que comprende tres hileras 27 de elementos de rodadura 13. En este modo de realización de la invención, el cojinete de cabeceo 9 comprende un anillo de cojinete externo 24 y un anillo de cojinete interno 26. La figura ilustra además que el cojinete 9 comprende tres hileras 27 de bolas 13. Las tres hileras de elementos de rodadura 13 tienen el mismo diámetro, ilustrado por d1.

35 La fig. 5 ilustra una parte de una sección transversal de un cojinete de cabeceo 9 que comprende dos columnas de cada tres hileras 27 de elementos de rodadura 13. Entre el anillo de cojinete externo 24 y el anillo de cojinete central 25 se sitúan tres hileras 27 de bolas 13 en el mismo diámetro d2. Entre el anillo de cojinete central 25 y el anillo de cojinete interno 26 se sitúan otras tres hileras 27 de elementos de rodadura 13 en un diámetro común d1, que es distinto de d2.

40 La fig. 6 ilustra una parte de una sección transversal de un cojinete de cabeceo 9 que comprende medios de compensación de ángulo 14. En un cojinete 9 ordinario de este tipo, la hilera 27 superior y/o inferior de rodillos 13 presionaría contra la sección intermedia durante el funcionamiento normal. Para asegurar la larga vida de los rodillos 13 y del cojinete 9, la carga transferida tiene que estar distribuidas homogéneamente sobre toda la superficie del rodillo. Esto se podría asegurar si los anillos fueran muy fuertes y rígidos, pero esto significaría igualmente un aumento significativo del coste y peso.

45 La fig. 6 ilustra por lo tanto que el cojinete 9 está dotado de medios de compensación de ángulo 10 en forma de dos anillos separados provistos de una superficie en planta 16 orientada hacia los rodillos 13 y una superficie semicircular 15 orientada hacia la sección intermedia 29. En otro modo de realización de la invención, la superficie plana 16 podría estar dotada de un surco, en el que rodarían los rodillos 13 y/o la superficie semicircular 15 podría estar formada como una superficie plana con esquinas más o menos redondeadas.

50 Los medios de compensación de ángulo 10 podrían estar fabricados de acero endurecido, aunque serían aun así tan flexibles que se podrían retorcer un poco para compensar cualquier diferencia de ángulo entre la superficie del rodillo y la superficie opuesta de la sección intermedia 29.

La fig. 7 ilustra el mismo modo de realización de un cojinete de cabeceo ilustrado en la fig. 6 visto desde arriba. Los

medios de compensación de ángulo 10 se ilustran en línea de puntos como un anillo completo de 360°. En otro modo de realización de la invención, los medios de compensación de ángulo 10 podrían estar fabricados de diversas piezas de anillo individuales o unidas, por ejemplo para disminuir los costes de producción.

5 La fig. 8 ilustra modos de realización de un anillo hueco 12 visto desde el frente y el lateral. Los rodillos 13 en los cojinetes de rodillos 9, como los ilustrados en las figs. 4, 8 y 9, son todos ellos muy sensibles a diferencias de ángulo entre los distintos anillos 24, 25, 26. Si uno de los anillos 24, 25, 26 está bajo la influencia de una carga pesada, el diseño de los cojinetes 9 daría como resultado una diferencia de ángulo tal, si los anillos 24, 25, 26 no son lo suficientemente fuertes y rígidos. Para asegurar que los rodillos 13 no se dañan por tal diferencia de ángulo, los rodillos 13 podrían estar dotados de un orificio 22 en el centro, que le proporciona tal flexibilidad que el rodillo 12 no se daña, incluso aunque la carga sobre el mismo no esté distribuida homogéneamente.

10 En este modo de realización de la invención, el orificio 22 es más grande cerca de los extremos del rodillo 12, para asegurar la mayor flexibilidad donde más se necesita, aunque en otro modo de realización de la invención el orificio podría ser recto o la flexibilidad se podría proporcionar mediante un orificio ciego en uno o en cada extremo del rodillo 12.

15 La fig. 9 ilustra un modo de realización de un rodillo redondeado 28 visto desde el frente y el lateral. Como se explicó anteriormente, las diferencias de ángulo entre los anillos del cojinete 24, 25, 26 pueden dañar los rodillos 13 o reducir su vida. Para dotar a los cojinetes 9 de la flexibilidad que les permita gestionar la distorsión de los anillos del cojinete 24, 25, 26, los rodillos 13 podrían estar dotados de una superficie de rodadura curvada, ya sea haciendo que se abomben o redondeando 17 los dos bordes.

20 La fig. 10 y la fig. 11 ilustran partes de secciones transversales de dos modos de realización diferentes de cojinetes de cabeceo 9. En estos cojinetes 9 no se disponen medios de compensación de ángulo, de modo que si los anillos del cojinete 24, 25, 26 se distorsionan por las cargas sobre y/o desde las palas 5, se podrían dañar los rodillos o sus superficies de contacto opuestas respectivas. En estos tipos de cojinetes, los medios de mejora de la flexibilidad, tales como medios de compensación de ángulo 14, placas internas y/o externas 10, 11, rodillos huecos 12, rodillos redondeados 28 o cualquier combinación de los mismos, permitirían que los cojinetes 9 transfirieran una carga mucho mayor de lo que sería posible de otro modo sin aumentar significativamente el coste o el peso de los cojinetes.

25 La fig. 12 ilustra un modo de realización de jaulas de elementos de rodadura 19. Para asegurar que los elementos de rodadura 13 del cojinete de cabeceo 9 están separados y permanecen en su sitio, los elementos de rodadura 13 están provistos de jaulas de elementos de rodadura 19. Esta podría ser una única jaula de 360° que asegura una distancia constante entre todos los elementos de rodadura 13, pero si uno o más anillos del cojinete 24, 25, 26 se distorsionan, podría surgir una fuerza que separara uno o más de los elementos de rodadura 13. Si la distancia mutua de los elementos de rodadura 13 está fija, esta fuerza podría dañar potencialmente los elementos de rodadura 13 o sus superficies de contacto correspondientes en los anillos del cojinete 24, 25, 26. Como se ilustra en la fig. 12, las jaulas de elementos de rodadura 19 podrían estar divididas en un número de jaulas 19 separadas, que se mantienen separadas mediante piezas de compresión 6. Las piezas de compresión 6 pueden ser comprimidas y absorber por lo tanto parte de las fuerzas de separación. Las piezas de compresión 6 podrían ser, por ejemplo, bloques de goma, muelles metálicos u otros dispositivos o materiales elásticos.

30 En este modo de realización de la invención, cada jaula 19 contiene 4 bolas, aunque en otro modo de realización de la invención la jaula 19 podría contener dos, tres, cinco, seis o más bolas o rodillos 13.

40 La fig. 13 ilustra otro modo de realización de las jaulas de elementos de rodadura 19. En este modo de realización de la invención, cada jaula 19 comprende una zona de compresión 20, en forma de una ranura transversal 21, formada integralmente en la jaula 19. Las jaulas 19 podrían estar fabricadas de algún tipo de placa de acero, que podría ser cortada por soplete o por láser a la forma deseada.

45 La fig. 14 ilustra el mismo modo de realización de jaulas de elementos de rodadura 19 ilustrado en la fig. 3, en un estado comprimido.

La fig. 15 ilustra una parte de una sección transversal de un modo de realización de un cojinete de cabeceo 9 que comprende jaulas de elementos de rodadura 19.

50 La invención ha sido ejemplificada anteriormente con referencia a ejemplos específicos de medios de mejora de la flexibilidad separados en cojinetes de cabeceo 9 para una turbina eólica 1. Sin embargo, se debe entender que la invención no se limita a los ejemplos concretos descritos anteriormente, sino que puede ser diseñada y alterada de múltiples formas dentro del ámbito de la invención como se especifica en las reivindicaciones.

Lista

1. turbina eólica

- 2. torre
- 3. góndola
- 4. rotor
- 5. pala
- 5 6. pieza de compresión
- 7. buje
- 8. orificio de placa
- 9. cojinete de cabeceo
- 10. placa externa
- 10 11. placa interna
- 12. rodillo hueco
- 13. elementos de rodadura
- 14. medios de compensación de ángulo
- 15. superficie de contacto semicircular
- 15 16. superficie de rodadura plana
- 17. redondeo
- 18. orificio pasante
- 19. jaula de elementos de rodadura
- 20. zona de compresión
- 20 21. ranura transversal
- 22. orificio de rodillo
- 23. lecho de elementos de rodadura
- 24. anillo externo
- 25. anillo central
- 25 26. anillo interno
- 27. hilera de elementos de rodadura
- 28. rodillo redondeado
- 29. sección intermedia
- d1 diámetro común de hileras de elementos de rodadura
- 30 d2 diámetro común de otras hileras de elementos de rodadura

REIVINDICACIONES

1. Una turbina eólica (1) que comprende
al menos dos palas de turbina eólica con control de cabeceo (5), comprendiendo cada pala (5) uno o más cojinetes de cabeceo (9) que incluyen dos o más anillos del cojinete (24, 25, 26), y
5 medios de control de cabeceo para cabecear dichas palas (5) por medio de dichos cojinetes (9),
estando montadas dichas palas (5) en un buje (7) por medio de dichos cojinetes de cabeceo (9);
dichos uno o más cojinetes de cabeceo (9) comprenden medios de mejora de la flexibilidad separados (10, 11, 12, 14, 19, 20, 28) para controlar cargas en dichos cojinetes (9);
caracterizada por que
10 dichos medios de mejora de la flexibilidad separados (10, 11, 12, 14, 19, 20, 28) incluyen una o más placas (10, 11) incorporadas a uno o más de dichos anillos del cojinete (24, 25, 26) por medio de, por ejemplo, tornillos, pernos, espárragos, remaches, medios adhesivos o soldaduras.
2. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dichos cojinetes (9) comprende dos hileras (27) de elementos de rodadura (13).
- 15 3. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que dichos cojinetes (9) comprenden tres o más hileras (27) de elementos de rodadura (13).
4. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos cojinetes (9) comprenden uno o más primeros y uno o más segundos medios de mejora de la flexibilidad separados (10, 11, 12, 14, 19, 20, 28).
- 20 5. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos medios de mejora de la flexibilidad separados (10, 11, 12, 14, 19, 20, 28) están desplazados de las superficies de transferencia de carga de dichos anillos del cojinete (24, 25, 26).
6. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que al menos uno de dichos uno o más anillos del cojinete (24, 25, 26) comprenden orificios pasantes (18) para medios de unión de la pala (5) tales como tornillos, pernos, espárragos o remaches.
25
7. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos cojinetes (9) comprenden tres anillos del cojinete (24, 25, 26).
8. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el número de dichas una o más placas (10, 11) incorporadas a uno o más de dichos anillos del cojinete (24, 25, 26) es uno.
- 30 9. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-7, en la que el número de dichas una o más placas (10, 11) incorporadas a uno o más de dichos anillos del cojinete (24, 25, 26) es más de uno.
10. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichas una o más placas (10, 11) incorporadas a uno o más de dichos anillos del cojinete (24, 25, 26) comprenden una placa externa (10).
35
11. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichas una o más placas (10, 11) incorporadas a uno o más de dichos anillos del cojinete (24, 25, 26) comprenden una placa interna (11).
12. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1-7 y/o de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en la que dichas una o más placas (10, 11) incorporadas a uno o más de dichos anillos del cojinete (24, 25, 26) comprenden una placa externa (10) y una placa interna (11).
40
13. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 12, en la que al menos una de dichas una o más placas (10, 11) es una placa de refuerzo (10, 11) que proporciona una rigidez adicional no uniforme o sustancialmente no uniforme a dicho anillo del cojinete (24, 25, 26) sobre el que está incorporada.
- 45 14. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 13, en la que dicha rigidez adicional no uniforme o sustancialmente no uniforme se proporciona por medio de uno o más orificios (8) en dichas placas de refuerzo (10, 11).

ES 2 441 016 T3

15. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que dichos medios de mejora de la flexibilidad separados (10, 11, 12, 14, 19, 20, 28) comprenden dos o más jaulas de elementos de rodadura (19) separadas radialmente.
- 5 16. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 15, en la que dichas jaulas de elementos de rodadura (19) están separadas por zonas de compresión (20).
17. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 16, en la que dichas zonas de compresión (20) están formadas integralmente en uno o en ambos de los extremos longitudinales de dichas jaulas de elementos de rodadura (19).
- 10 18. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 17, en la que dichas zonas de compresión (20) formadas integralmente se forman como ranuras transversales (21) en las jaulas de elementos de rodadura (19).
19. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 18, en la que ranuras transversales (21) enfrentadas de jaulas de elementos de rodadura (19) yuxtapuestas se realizan transversalmente desde lados opuestos.
- 15 20. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 16, en la que dichas zonas de compresión (20) son piezas de compresión (6) separadas de dichas jaulas de elementos de rodadura (19).
21. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que dichos medios de mejora de la flexibilidad (10, 11, 12, 14, 19, 20, 28) incluyen elementos de rodadura huecos tales como rodillos huecos (12).
- 20 22. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 21, en la que el orificio (22) en dichos rodillos huecos (12) tiene un diámetro mayor en los extremos que en el centro.
23. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 21, en la que el orificio (22) en dichos rodillos huecos (12) es un orificio pasante recto.
24. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 21, en la que el orificio (22) en dichos rodillos huecos (12) es un orificio ciego en uno o en ambos extremos de dichos rodillos huecos (12).
- 25 25. Una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que dichos medios de mejora de la flexibilidad separados (10, 11, 12, 14, 19, 20, 28) incluyen rodillos (13) con un diámetro variable.
26. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 25, en la que dichos rodillos están redondeados (17) en una dirección longitudinal.
27. Una turbina eólica (1) de acuerdo con la reivindicación 25, en la que dichos rodillos se abomban en el centro.
- 30 28. Uso de una turbina eólica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27, en la que dicha turbina eólica (1) es una turbina eólica (1) de cabeceo de velocidad variable.

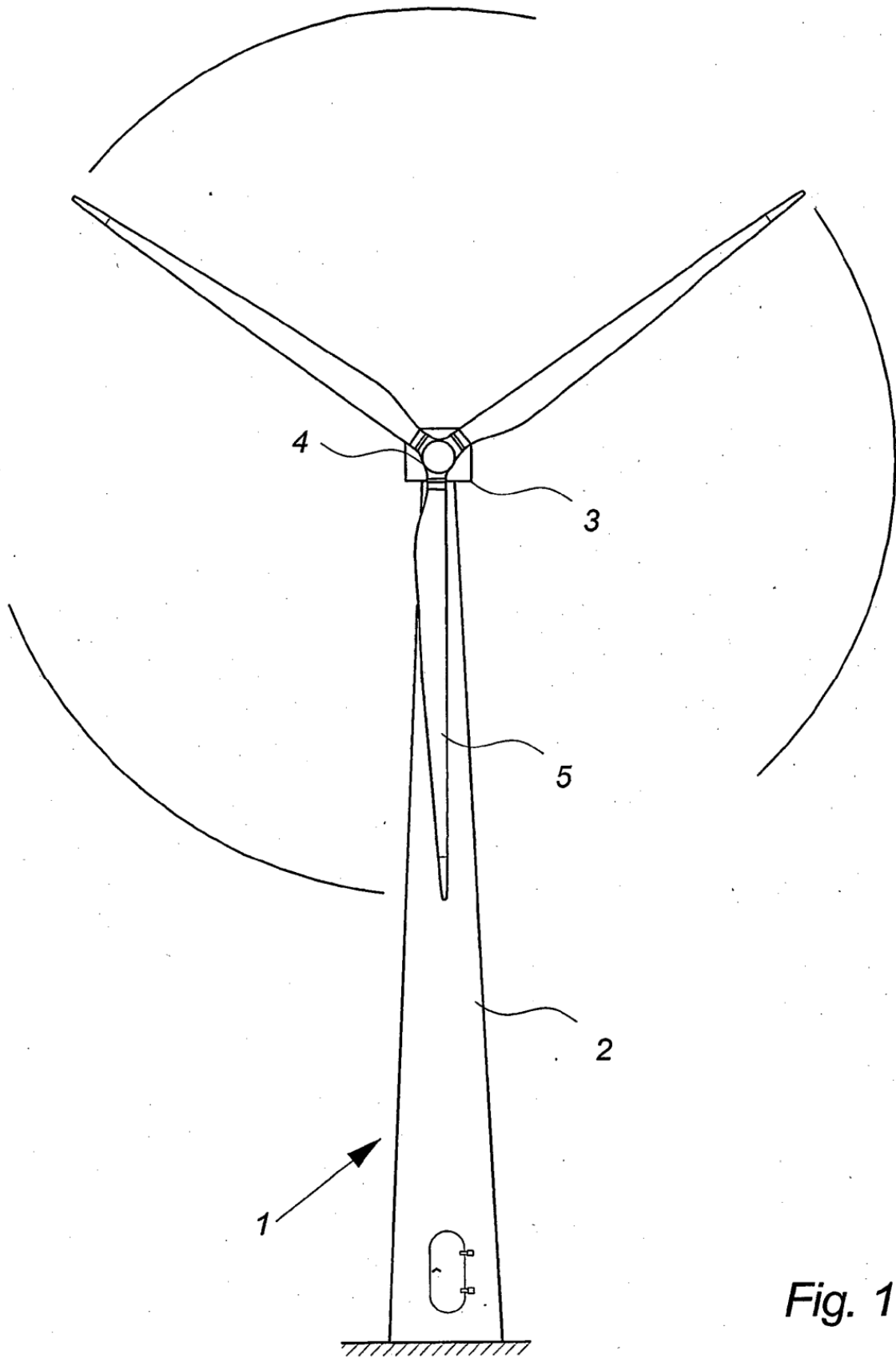


Fig. 1

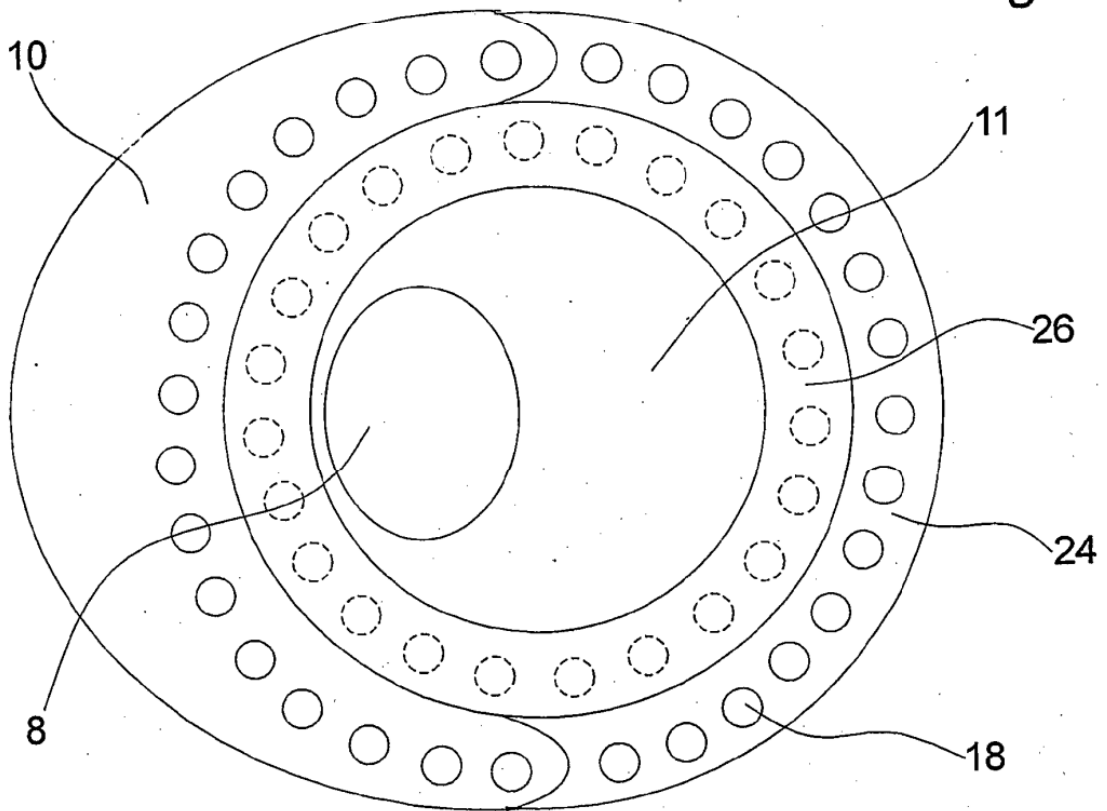
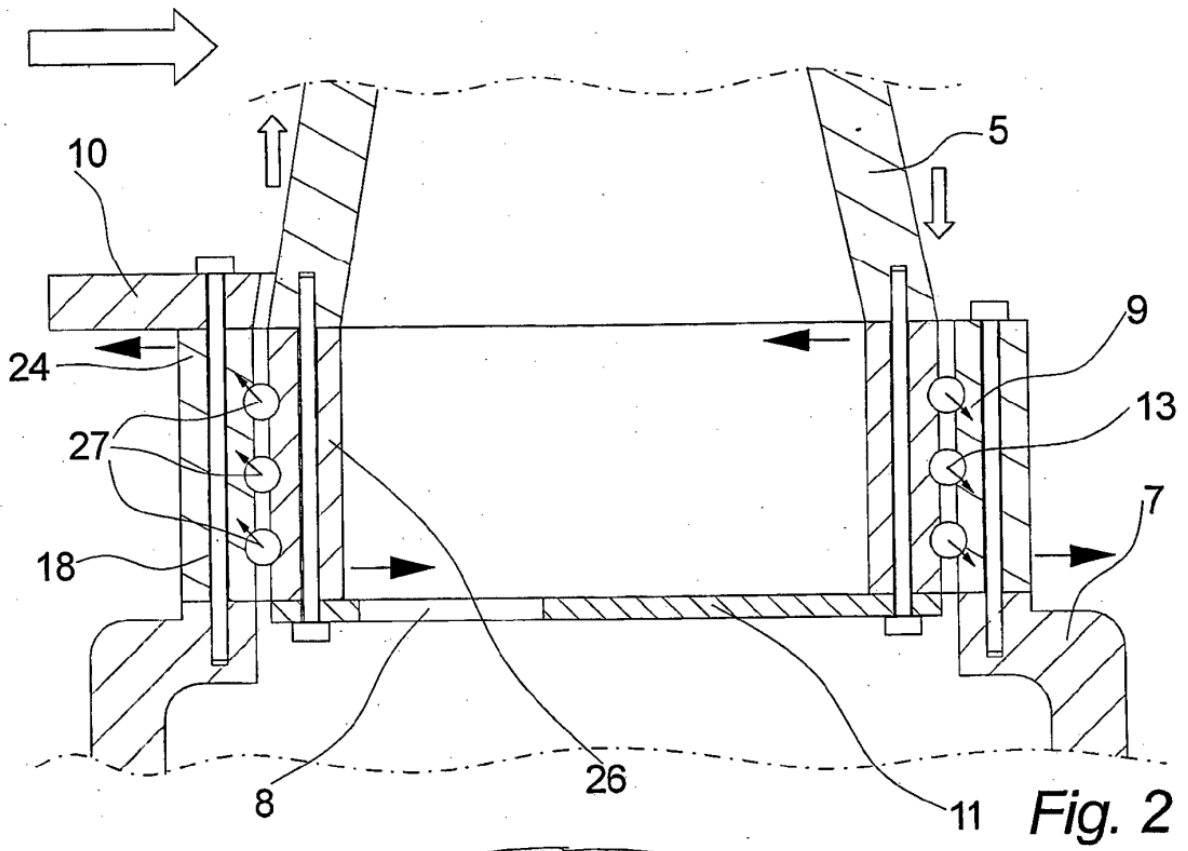


Fig. 3

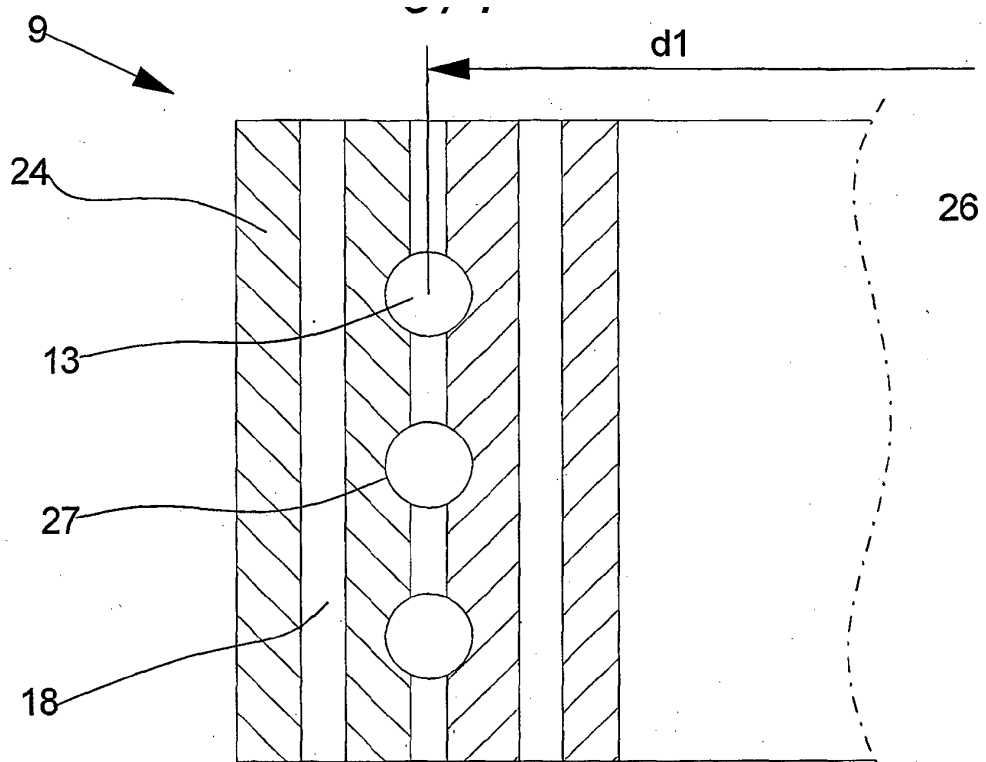


Fig. 4

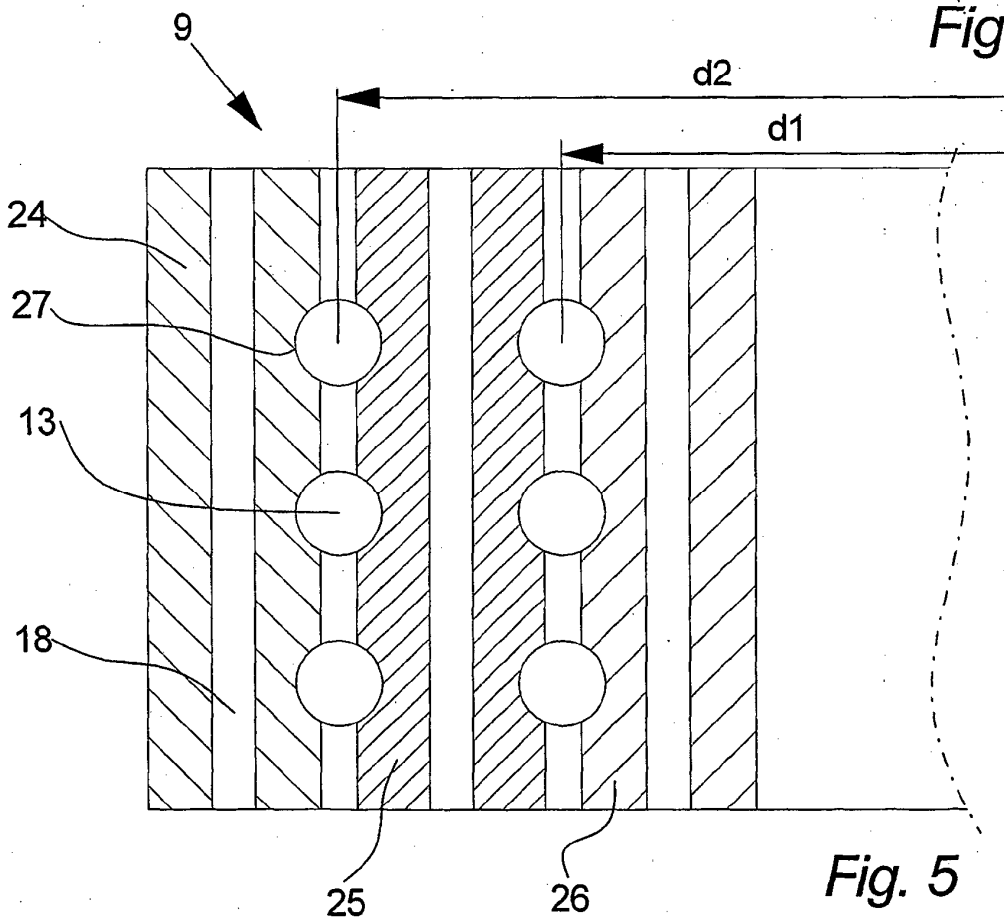


Fig. 5

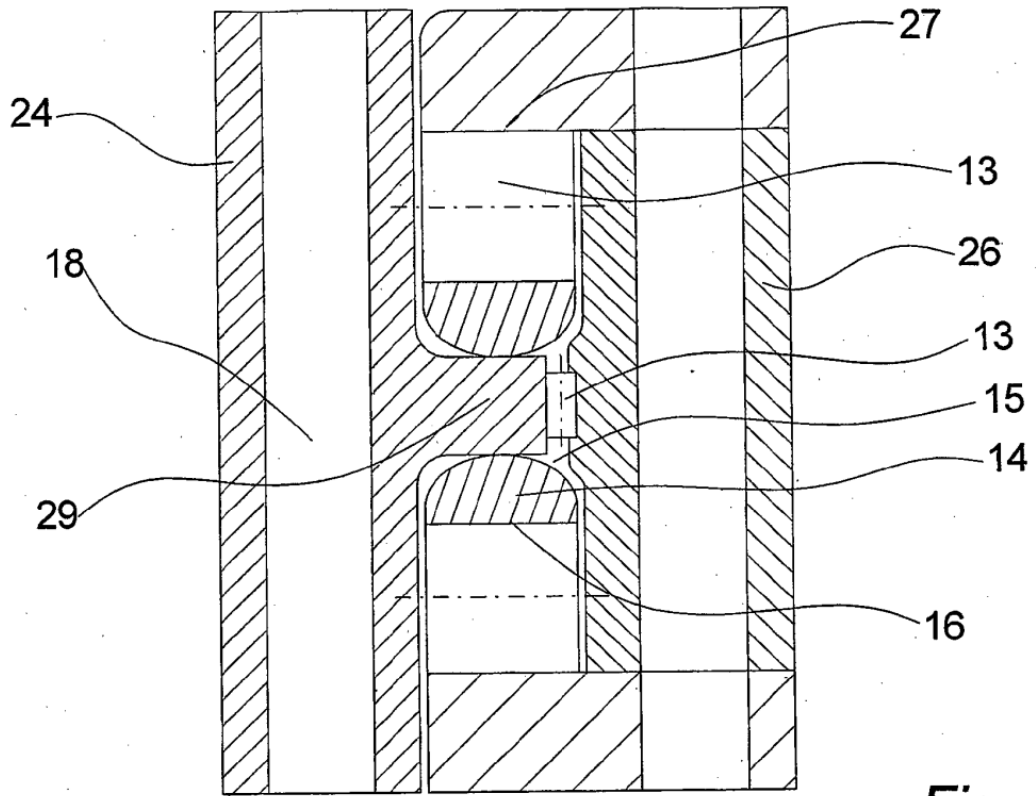


Fig. 6

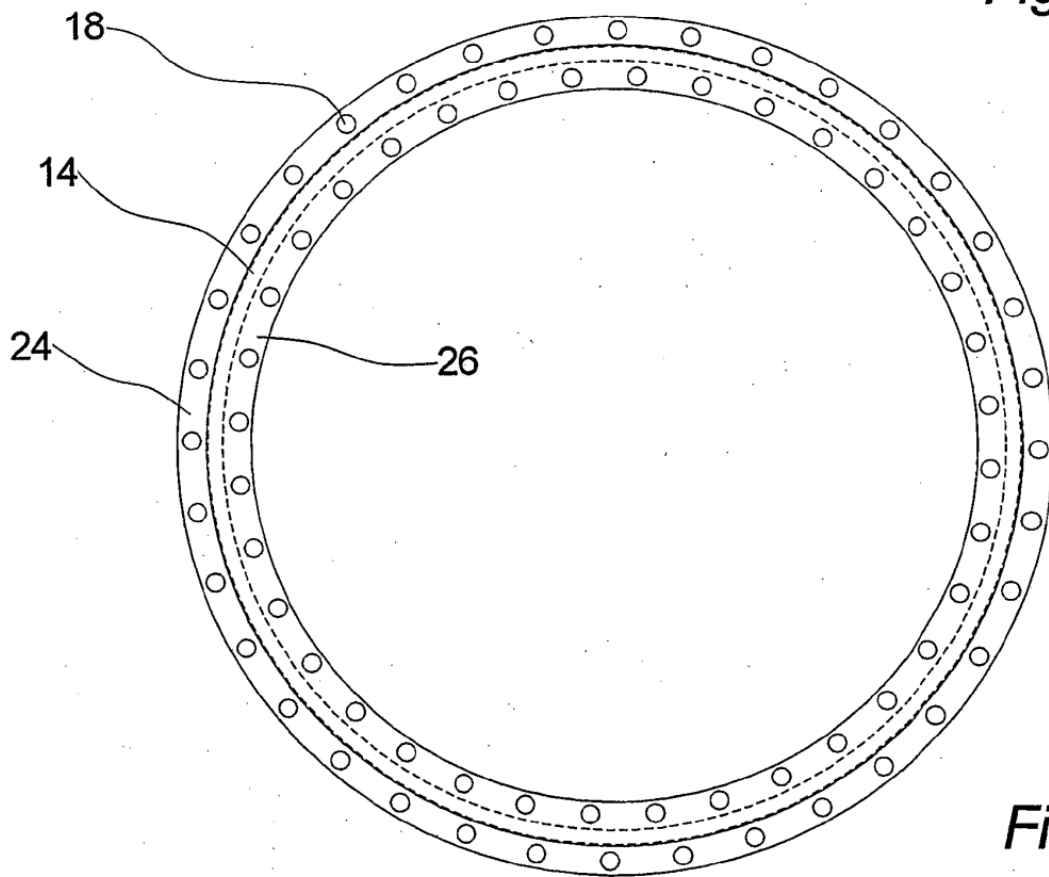
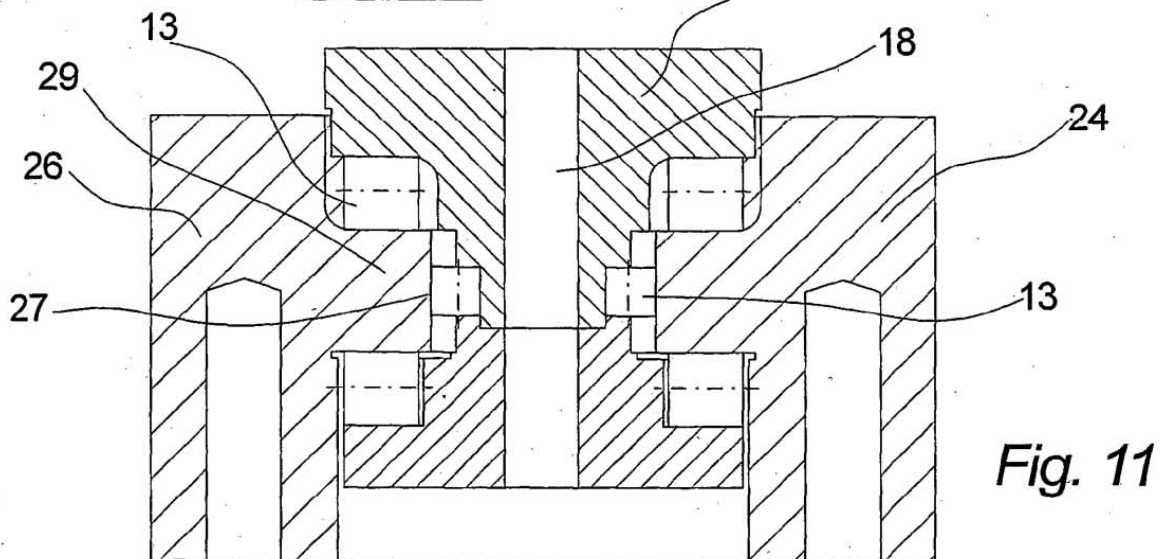
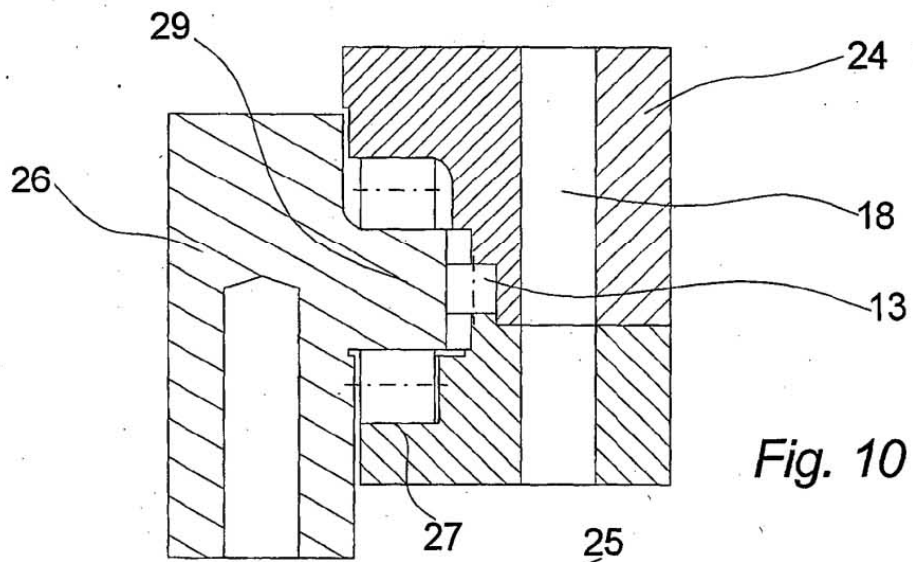
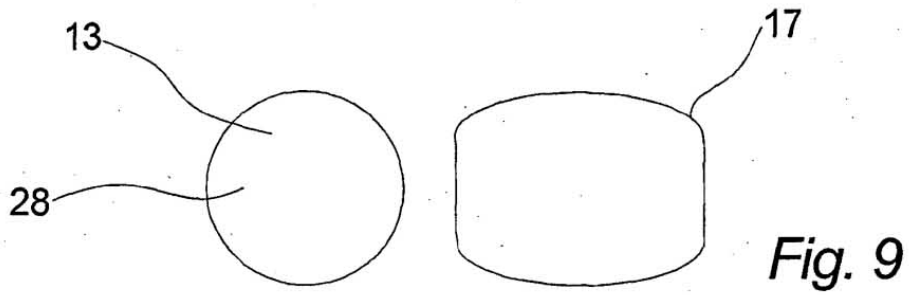
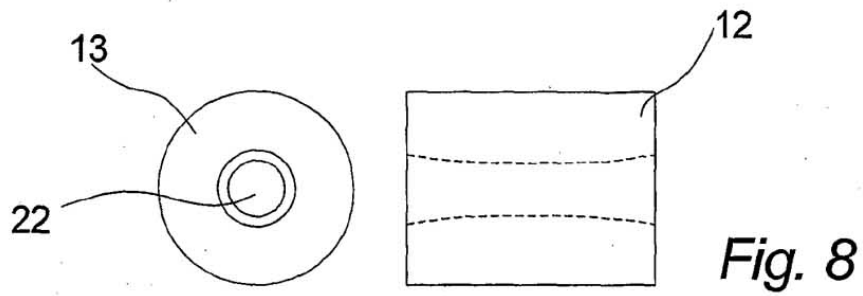
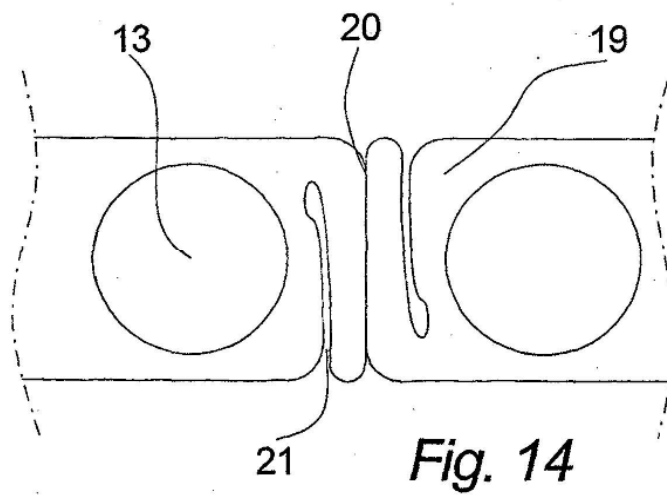
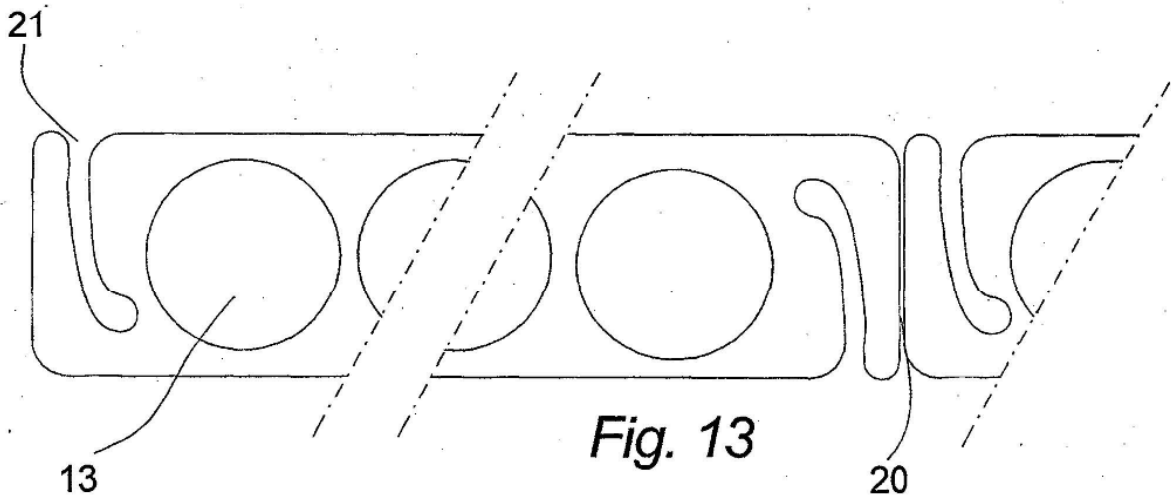
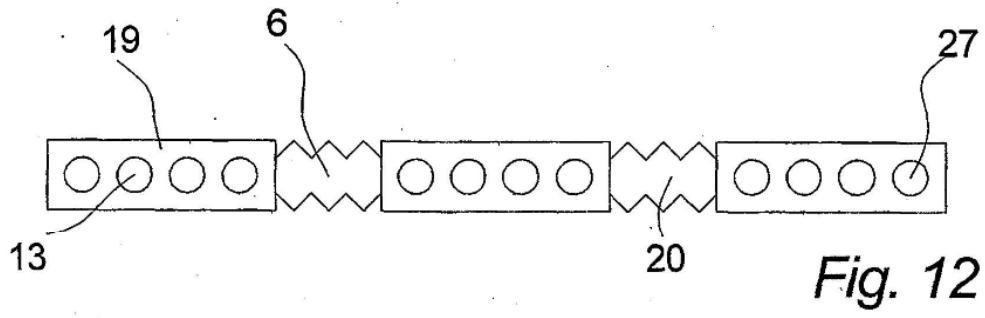


Fig. 7





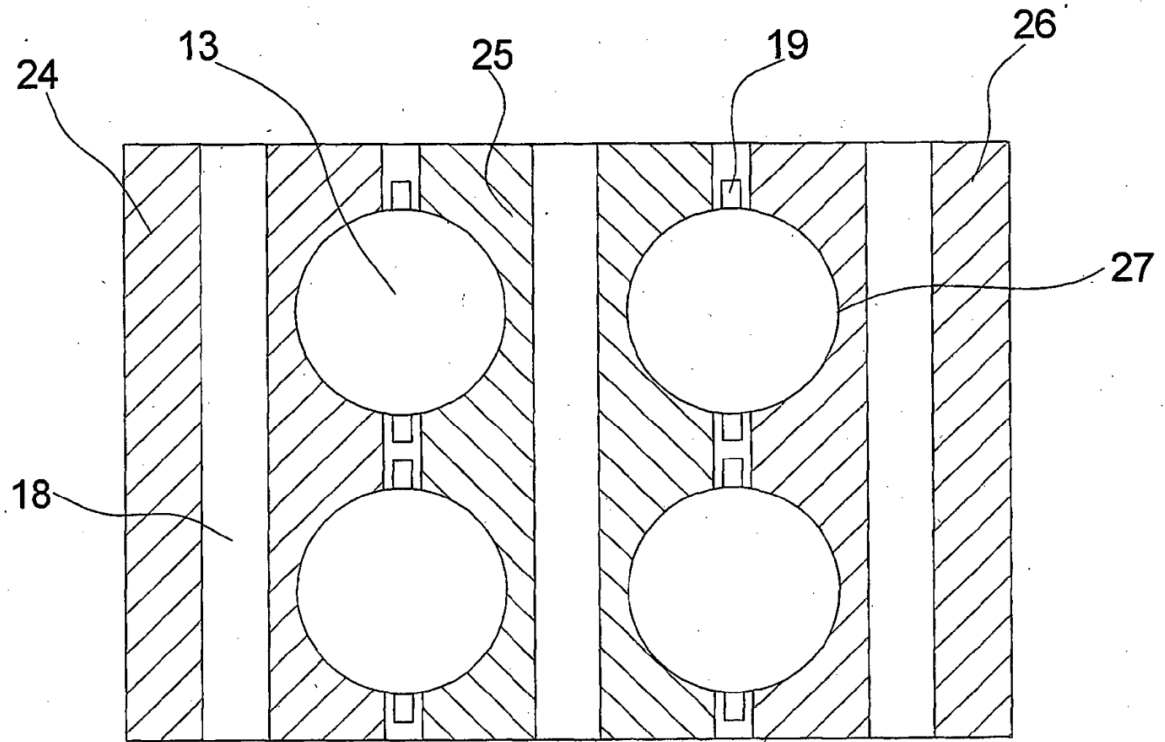


Fig. 15