



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 339 457**

51 Int. Cl.:
F16C 23/08 (2006.01)
F16C 33/60 (2006.01)
F16C 19/56 (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)
F16C 19/50 (2006.01)
F16C 33/36 (2006.01)
F16C 33/62 (2006.01)
F16C 33/64 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04818890 .8**
96 Fecha de presentación : **16.11.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1705392**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.09.2006**

54 Título: **Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera y dispositivo de soporte de un árbol principal de generador de turbina eólica.**

30 Prioridad: **18.11.2003 JP 2003-388314**
23.01.2004 JP 2004-15341
21.09.2004 JP 2004-273029
21.09.2004 JP 2004-273030

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.05.2010

73 Titular/es: **NTN CORPORATION**
3-17, Kyomachibori 1-chome
Nishi-ku, Osaka-shi, Osaka 550-0003, JP

72 Inventor/es: **Nakagawa, Naoki;**
Hori, Masaharu;
Maeda, Takeshi;
Yagi, Souichi;
Sasabe, Mitsuo y
Mori, Nobuyuki

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 339 457 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

Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera y dispositivo de soporte de un árbol principal de generador de turbina eólica.

5 La presente invención hace referencia a un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera que consiste en una pista interna, una pista externa, una hilera a la izquierda y otra a la derecha para los rodillos ubicados entre la pista interna y la pista externa, que posee una configuración axialmente asimétrica, para su utilización en el campo de aplicación, en el cual las cargas irregulares tienden a actuar sobre las hileras izquierda o derecha de los rodillos esféricos, por ejemplo en una sección de cojinete cuya función es sostener el árbol principal del generador de la turbina eólica, y también a un dispositivo de soporte del árbol principal de la generador de la turbina eólica.

15 Durante los últimos años, la generación de energía eólica ha atraído mucha atención, ya que implica el uso de energías ecológicas e inagotables. En instalaciones generadoras de energía eólica de gran tamaño, la góndola que alberga al generador de una turbina eólica acoplada de manera motriz a un rotor de paletas por medio del árbol principal, se monta sobre un soporte a unas pocas decenas de metros por encima del nivel del suelo, por lo que, como resultado, ello implica que el mantenimiento del ensamblaje de cojinetes que soporta el árbol principal del rotor de paletas sea un trabajo sustancialmente riesgoso y complicado. Por tal motivo, el ensamblaje del cojinete que soporta el árbol principal del generador de energía eólica debe ser muy fiable y duradero.

25 La memoria GB 139 512 A describe un cojinete de rodillos compuesto por un aro de pista con una o más pistas esféricas, otro aro de pista con una o más pistas no esféricas, con rodillos dispuestos entre los aros de pista mencionados, las pistas y los rodillos que tienen una forma y disposición en relación unos con otros tal que la presión ejercida entre cada uno de los rodillos y la pista interna y externa da como resultado un ángulo de inclinación que hace que el rodillo se mueva hacia su eje; uno o más flequillos resistentes a la presión o flequillos guía se integran o conectan firmemente al aro de pista de la pista o pistas no esféricas, dicho flequillo o flequillos pueden engranar los rodillos y resistir su desplazamiento hacia sus ejes. Los rodillos se forman con superficies rodantes convexas y cada uno tiene su máximo diámetro más cerca de un extremo que del otro.

30 La unidad de cojinetes de la memoria US 5,852,947 comprende el engranaje del árbol principal con una sección dentada integrada siempre unida al sub-engranaje del eje en la circunferencia externa, un par de aros internos colocados en la circunferencia externa de los rodillos cónicos de doble hilera en el árbol principal ubicados entre la superficie del camino de rodadura del engranaje del árbol principal y la del aro interno, y un par de jaulas para retener cada hilera de rodillos estrechos respectivamente. Los asientos de la jaula están montados irregularmente, mientras que los rodillos cónicos ubicados en los asientos están distribuidos irregularmente en la circunferencia.

40 El cojinete de rodillos cónico descrito en JP 61 171 917 A posee cuatro hileras de rodillos. Los rodillos cónicos de la primera hilera de rodillos y la cuarta hilera de rodillos del lado izquierdo poseen el mismo tamaño y forma, y los rodillos cónicos de la segunda y tercera hileras de rodillos son similares a las mismas dimensiones y forma. La longitud de los rodillos cónicos ubicados en las superficies de caminos de rodadura de la segunda y tercera hileras es mayor que la longitud de los rodillos cónicos de la primera y cuarta hileras. Según esta disposición, aun en trabajos donde la carga sobre las superficies de caminos de rodadura de la segunda y tercera hileras es mayor que la carga sobre las superficies de caminos de rodadura de la primera y cuarta hileras, la capacidad de carga de las hileras de rodillos es grande y evita que las hileras de rodillos se desgasten antes que las otras hileras de rodillos.

55 El ensamblaje del cojinete de rodillos autoalineable, apto para soportar el árbol principal del generador de energía eólica de manera rotativa, se describe, por ejemplo, en la patente japonesa abierta a inspección pública N° 2004-11737. El ensamblaje del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera de gran tamaño 51, como el que se muestra en la figura 15, es el que usualmente se utiliza para el cojinete del árbol principal del generador de energía eólica de gran tamaño. El árbol principal 50 se representa mediante un árbol que actúa por el viento sobre el cual se encuentra montado un rotor de paletas 49 que rota cuando el rotor de paletas recibe una corriente de viento para proporcionar una fuerza motriz, la cual es, tras haber recibido impulso, carga radial y carga axial simultáneamente. Debido a esto, la vida de fatiga de rodadura tiende a reducirse. Además, la hilera opuesta de rodillos recibe una carga tan liviana que el deslizamiento de los rodillos 55 puede tener lugar en relación a las respectivas superficies de caminos de rodadura 52a y 53a de las pistas internas y externas 52 y 53, lo que da como resultado un problema relacionado con daños en la superficie y desgaste por fricción. Por tal razón se utiliza un ensamblaje de cojinete de tamaño relativamente grande y/o se incrementa la acción lubricante para tratar este problema, pero es posible que la hilera de rodillos que tiende a recibir la carga liviana tenga una flexibilidad excesivamente grande y esto no resulta económico. Además, en aquellos casos donde el ensamblaje del cojinete que sostiene el árbol principal del generador de energía eólica se instala en una posición elevada y funciona independientemente, se ha determinado que la lubricación debe ser simple, a fin de lograr que el ensamblaje del cojinete no requiera mantenimiento.

Revelación de la invención

65 La presente invención tiene como objeto proveer un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera en el cual, en caso de que el ensamblaje de cojinetes se utilice en un medio donde actúan cargas irregulares sobre las hileras de rodillos izquierda y derecha, las hileras respectivas de los rodillos puedan soportar las cargas aplicadas y consecuente-

ES 2 339 457 T3

mente extender su vida de manera sustancial, y el cual sea económico para así lograr que el material, el procesamiento y mecanización se realicen sin pérdidas ni desperdicios.

5 La reivindicación 1 hace referencia a un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una primera construcción de la presente invención.

Además, los rodillos de las hileras izquierda o derecha pueden tener la forma de rodillos ahuecados axialmente, que tienen un hueco axial definido en ellos. Las dimensiones radiales de los rodillos izquierdos y derechos pueden ser diferentes. La estructura de una de las secciones de cojinete que está en la hilera de rodillos izquierda puede tener
10 una capacidad de carga diferente a la capacidad de carga de las secciones de cojinete que están en la hilera de rodillos derecha.

Cabe destacar que este cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera se utiliza en un lugar donde una carga diferente incide sobre las hileras de rodillos izquierda y derecha, y la sección de cojinete con la carga axial tiene un ángulo de contacto más amplio y los rodillos de dicha sección de cojinete tienen una gran longitud, pero la otra sección de cojinete tiene un ángulo de contacto pequeño y los rodillos de dicha hilera de rodillos poseen una longitud menor.
15

El cojinete de rodillos se utiliza en aplicaciones donde las cargas irregulares tienden a incidir sobre las hileras de rodillos izquierda y derecha, y cada una de las piezas a la izquierda y derecha del cojinete puede distribuir la carga apropiadamente. Asimismo, se puede evitar un incremento no deseado de la capacidad de carga en el lado de carga liviana y evitar la consiguiente pérdida de material. Además, el deslizamiento de los rodillos producido por carga liviana tendrá una ocurrencia muy baja, lo que evitará daños en la superficie y desgaste por fricción. Considerando lo antes mencionado y en términos generales, se observa un aumento en la vida sustancial del ensamblaje.
20

Particularmente, al utilizarse una dimensión diferente, como por ejemplo otra longitud de cojinetes y otro diámetro externo de éstos, se incrementa la capacidad de carga de la hilera de rodillos de grandes dimensiones. Por otro lado, en la hilera de rodillos de menor dimensión el peso de los rodillos disminuye, lo que da como resultado menos deslizamiento, menos desgaste por fricción y menos daños en la superficie. Aún en los casos en los cuales los rodillos de una hilera se utilizan como rodillos huecos, el peso del rodillo de esa hilera disminuye, lo que da como resultado
30 menos deslizamiento, menos desgaste por fricción y menos daños en la superficie.

Con respecto al ángulo de contacto, la carga axial puede soportarse más que la carga radial a medida que el ángulo de contacto va en aumento. Por tal motivo la hilera de rodillos que posee un ángulo de contacto mayor puede tener mayor potencia para soportar la carga axial. La hilera de rodillos con ángulo de contacto menor, produce un incremento en la tensión de contacto entre los rodillos y la superficie de pista, y, por consiguiente, se puede disminuir no sólo el
35 deslizamiento sino también el desgaste por fricción y los daños a la superficie.

Las piezas izquierda y derecha del cojinete están diseñadas para tener una capacidad de carga diferente, para hacer que los rodillos de las hileras izquierda y derecha tengan una longitud diferente, y para que las secciones izquierda y derecha del cojinete tengan un ángulo de contacto diferente, lo que resulta efectivo a fin de disminuir los cambios en el diseño de las dimensiones radiales de las pistas internas y externas y obtener una pared de espesor suficiente en cada una de las pistas interna y externa en comparación con el uso de los rodillos de diferente diámetro, o eliminar los cambios en el diseño y por consiguiente, aunque las hileras de rodillos izquierda y derecha sean asimétricas, el diseño y la fabricación pueden llevarse a cabo sin complicaciones.
40

Se determina una estructura donde los pesos respectivos de los rodillos difieren entre las hileras izquierda y derecha a fin de reducir el deslizamiento, los rodillos de cada una de las hileras izquierda y derecha de rodillos se utilizan como un rodillo hueco que tiene un hueco definido en su centro, el tipo simétrico convencionalmente utilizado puede aplicarse a las pistas interna y externa y, por consiguiente, el diseño y fabricación pueden facilitarse aun más.
45

El cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera con cualquiera de las construcciones precedentes según la presente invención puede hacer uso de una pista externa separada en dos pistas externas axialmente yuxtapuestas y divididas.
50

Al utilizar una pista externa construida de manera dividida, las dos pistas externas divididas pueden fabricarse por separado, lo cual facilita la fabricación de la pista externa asimétrica.
55

Al utilizar la pista externa como pista externa de construcción dividida, tal como se describe en el párrafo anterior, se puede dejar un espacio entre las dos pistas externas divididas y se puede aplicar una precarga a esas pistas externas divididas. Se recomienda aplicar la carga previa del lado de la sección del cojinete que posee la hilera de rodillos más pequeños.
60

Cuando la carga previa se aplica de esta manera, es posible eliminar el deslizamiento de los rodillos. Asimismo, mientras que la pista externa puede fabricarse fácilmente como estructura dividida, también se puede lograr la eliminación del deslizamiento.
65

Según una segunda construcción de la presente invención, el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera incluye hileras izquierda y derecha de rodillos esféricos ubicados entre una pista interna y una pista externa, en don-

ES 2 339 457 T3

de el cojinete está enteramente dividido en secciones de cojinetes divididas izquierda y derecha, cada una de las cuales incluye una pista interna dividida, una pista externa dividida y una hilera única de rodillos, y en donde los elementos relacionados con la carga o la vida son diferentes entre las secciones de cojinetes divididas izquierda y derecha.

5 Cuando los elementos relacionados con la carga o vida son diferentes entre las secciones divididas del cojinete izquierda y derecha, cada una de las secciones divididas del cojinete izquierda y derecha puede distribuir la carga apropiadamente en caso de que el cojinete de rodillos se utilice en una aplicación donde actúan cargas irregulares sobre las hileras de rodillos izquierda y derecha. Asimismo, es posible evitar pérdidas no deseadas de material, tratamiento
10 de reforma y procesamiento en el lado de carga liviana, pérdidas que de lo contrario ocurrirían como resultado de un aumento excesivo en la vida nominal y la capacidad de carga. Debido a que el ensamblaje del cojinete se divide en secciones de cojinete divididas izquierda y derecha, los diferentes elementos relacionados con la carga o vida pueden aplicarse a las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha. Además, sólo se requiere que la sección de cojinete dividida del lado de carga pesada esté diseñada para poseer mayor capacidad de carga y mayor vida, por lo tanto, el
15 coste de fabricación se reduce en comparación con el caso donde aquellas medidas se aplican al ensamblaje de cojinete en su totalidad.

Un elemento adicional de la carga o vida que debe diferenciarse entre las secciones divididas del cojinete izquierda y derecha es el material, ya sea todo o una parte del mismo, el tratamiento de reforma de la superficie, y la rugosidad
20 superficial.

Cuando se utiliza uno de los materiales diferentes, el tratamiento diferente de reforma de superficie y la diferente rugosidad superficial, los mismos pueden aplicarse al menos a una de las pistas divididas interna, las pistas divididas
25 externas y los rodillos. Con respecto al tratamiento de reforma de superficie y la rugosidad superficial, los mismos se pueden aplicar a la superficie del camino de rodadura de la pista dividida interna y externa, mientras que el tratamiento diferente de reforma de superficie o la diferente rugosidad superficial se utilizan en las superficies de rodadura en el caso de los rodillos.

Cuando se utiliza el material diferente, el lado de carga liviana puede estar constituido por ejemplo por acero al cromo de alto carbono que es el que usualmente se utiliza en cojinetes, y el lado de carga pesada puede estar constituido
30 por algún material carburizado o similar. Cuando el acero al cromo de alto carbono o algún elemento similar se utiliza en el lado de carga liviana, se puede lograr una reducción del coste de material.

Para el tratamiento de reforma de superficie, por ejemplo un tratamiento para aumentar la dureza de la superficie, existe un tratamiento de nitruración o similar que se aplica sólo a la zona de carga pesada. El tratamiento de reforma
35 de superficie puede no ser aplicado en el lado de carga liviana, lo que consecuentemente reduce los costes.

Con respecto a la rugosidad superficial, se recomienda que se reduzca la rugosidad superficial en el lado de carga pesada. A medida que la rugosidad superficial disminuya, la lubricación aumentará, lo que dará como resultado una
40 mayor vida. Cuando se determina que la rugosidad superficial en el lado de carga liviana sea de un valor estándar en los cojinetes, pueden reducirse los costes de procesamiento.

Las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha que albergan a las hileras de rodillos izquierda y derecha pueden ser del mismo tamaño. En otras palabras, las respectivas dimensiones de las pistas divididas internas, las pistas
45 divididas externas y los rodillos en la sección del cojinete que alberga a la hilera izquierda de rodillos pueden ser iguales a las dimensiones de la sección del cojinete que alberga a la hilera derecha de rodillos. Aunque el tamaño de la sección dividida del cojinete que alberga a la hilera izquierda de rodillos sea el mismo que el tamaño de la sección dividida del cojinete que alberga a la hilera derecha de rodillos, se puede utilizar cualquiera de los materiales diferentes, cualquier tratamiento de reforma de superficie y cualquier rugosidad superficial en las secciones divididas de
50 cojinetes que albergan las hileras de rodillos izquierda y derecha respectivamente, cada una de las secciones divididas de cojinetes puede sostener la carga apropiadamente, lo que da como resultado un incremento sustancial de la vida.

Debido a la utilización de diferentes dimensiones axiales en las hileras de rodillos izquierda y derecha, las capacidades de carga de las hileras de rodillos izquierda y derecha son diferentes entre sí. Por lo tanto, cada una de
55 las secciones izquierda y derecha del cojinete puede soportar la carga apropiadamente. Asimismo, se puede evitar un incremento no deseado de la capacidad de carga y vida en el lado de carga liviana y así evitar pérdida de material. Además, el deslizamiento de los rodillos producido por carga liviana tendrá una ocurrencia muy baja, lo que evitará daños en la superficie y desgaste por fricción. Considerando lo antes mencionado y en términos generales, se observa un aumento sustancial de la vida del cojinete.

Debido a que el cojinete utilizado posee una estructura dividida, basta con la fabricación individual de las pistas divididas internas y las pistas divididas externas para las respectivas hileras de rodillos y, por lo tanto, se puede lograr
60 una fabricación sencilla del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera de configuración asimétrica.

Los elementos adicionales relacionados con la carga o vida que deben ser diferenciados pueden ser el material, ya sea todo o una parte del mismo, el tratamiento de reforma de superficie de pista o las superficies de los rodillos, y la
65 rugosidad superficial de pista o las superficies rodantes de los rodillos.

ES 2 339 457 T3

En el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera de cualquiera de las construcciones anteriores según la presente invención se puede dejar un espacio entre las dos pistas divididas externas y aplicar una precarga a esas pistas divididas externas. Preferentemente, la carga previa se debe aplicar del lado de la sección del cojinete que posee la hilera de rodillos en el lado de carga liviana.

5

Cuando la precarga se aplica de esta manera, el deslizamiento de los rodillos puede ser eliminado. Asimismo, mientras que la pista externa puede fabricarse fácilmente como estructura dividida, también se puede lograr la eliminación del deslizamiento.

10 Según una tercera construcción de la presente invención, una combinación del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera incluye dos cojinetes de rodillos autoalineables de una hilera yuxtapuestos axialmente en relación el uno con el otro, y en donde los elementos relacionados con la carga o vida son diferentes entre los dos cojinetes de rodillos autoalineables de una hilera.

15 En esta tercera construcción, en lugar de combinar las dos secciones de cojinetes divididas para proveer un ensamblaje de cojinete individual tal como se describe en los ejemplos anteriores, los dos cojinetes de rodillos autoalineables de una hilera que funcionan independientemente, se yuxtaponen axialmente y están diseñados de manera tal que tienen los diferentes elementos relacionados con la carga y vida. Aun en el caso de esta construcción, cada uno de los cojinetes izquierdo y derecho puede soportar apropiadamente la carga cuando cargas irregulares actúen sobre las hileras de rodillos izquierda y derecha, y, por consiguiente, no sólo se puede aumentar la vida sustancial, sino que también se puede lograr una disminución de costes ya que no habría pérdida de material.

20 Según una realización preferente de la presente invención, el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera puede estar constituido por una estructura en la cual L1 expresa la longitud de los rodillos esféricos de una de las hileras de rodillos, L2 expresa la longitud de los rodillos esféricos de la otra hilera de rodillos, y A expresa la longitud de un árbol principal de una elipse de contacto generada en un plano de contacto entre los rodillos de una de las hileras de rodillos y el camino de rodadura, la siguiente relación dimensional establece:

30

$$L1 < L2 \text{ y } L1 > A$$

Si los rodillos esféricos de las hileras izquierda y derecha tienen diferentes longitudes como se describe arriba, los rodillos esféricos de esas hileras de rodillos pueden tener diferente capacidad de carga. Por lo tanto, si la hilera de rodillos que tiene mayor capacidad de carga incluye los rodillos esféricos más largos y la hilera de rodillos del lado de carga liviana incluye los rodillos esféricos más cortos, cada una de las secciones derecha e izquierda de cojinete puede soportar la carga apropiadamente, lo cual incrementa la vida del cojinete. En el caso de rodillos esféricos en la hilera de rodillos del lado de carga liviana, el aumento de la longitud de los rodillos es limitado. En otras palabras, los rodillos esféricos deben tener una longitud suficiente para soportar la carga durante el uso. Por lo tanto, en la presente invención, los rodillos esféricos en el lado de carga liviana tienen una longitud mayor que la longitud del eje principal de la elipse de contacto generada en el plano de contacto entre los rodillos esféricos y el elemento del camino de rodadura. Si se utilizan rodillos esféricos que tienen mayor longitud que la longitud del eje principal de la elipse de contacto, la carga durante la utilización puede soportarse suficientemente y la vida puede prolongarse.

45 Cuando los rodillos esféricos y la superficie del camino de rodadura del elemento de camino de rodadura reciben la carga, el plano de contacto se deforma elásticamente, lo que resulta en un plano de contacto redondo alrededor del punto de contacto. Este plano de contacto redondo se denomina "elipse de contacto".

50 Para los rodillos esféricos, pueden ser rodillos simétricos que tienen un diámetro máximo posicionado en una ubicación intermedia de la longitud de los rodillos o pueden ser rodillos asimétricos que tienen un diámetro máximo posicionado en una ubicación desplazada de un punto intermedio de la longitud de los rodillos.

El cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según otra realización preferente de la presente invención puede tener una estructura en la cual R1 expresa el radio de curvatura de una cresta de los rodillos de una de las hileras de rodillos, R2 expresa el radio de curvatura de una cresta de los rodillos de la otra hilera de rodillos, N1 expresa el radio de curvatura de la superficie del camino de rodadura de la pista interna, con la cual los rodillos de una de las hileras de rodillos hacen contacto, y N2 expresa el radio de curvatura de la superficie del camino de rodadura de la pista interna, con la cual los rodillos de la otra hilera de rodillos hacen contacto, la siguiente relación dimensional establece:

60

$$N1/R1 < N2/R2$$

65 En el cojinete de rodillos autoalineable, el radio de curvatura N de la superficie del camino de rodadura de la pista interna generalmente es mayor que el radio de curvatura R de la cresta de los rodillos esféricos. Si la proporción N/R es relativamente lo suficientemente pequeña para estar cerca de 1, la elipse de contacto tendrá un mayor tamaño durante la operación y la máxima tensión de carga en el punto de contacto será pequeña. Por otro lado, si la proporción N/R es relativamente grande, la elipse de contacto tendrá un tamaño reducido durante la operación y la máxima tensión de carga en el punto de contacto será grande. Por lo tanto, la utilización de diferentes proporciones N/R para las hileras de

ES 2 339 457 T3

rodillos izquierda y derecha, respectivamente, es efectiva para permitir que las hileras de rodillos realicen un control de la presión de cojinete apropiada para la carga.

Si la proporción N/R de la hilera de rodillos en el lado de carga alta es relativamente pequeña, la tensión en los bordes en la cercanía de extremos opuestos del ensamblaje de cojinete de rodillos autoalineable será mayor y existe la posibilidad de que surjan problemas como el anterior desgaste por fricción y exfoliación. Por lo tanto, se utiliza una proporción N/R relativamente grande para la hilera de rodillos en el lado de carga pesada para así reducir la tensión en los bordes.

Los deslizamientos ocurren fácilmente entre los rodillos esféricos y la superficie del camino de rodadura para la hilera de rodillos en el lado de carga liviana y también se producen desvíos con facilidad. Por lo tanto, para intentar suprimir los casos de desvío de los rodillos, se utiliza la proporción N/R de un valor relativamente pequeño para la hilera de rodillos en el lado de carga liviana para así incrementar el tamaño de la elipse de contacto.

El cambio en la proporción N/R puede lograrse diferenciando el radio de curvatura de la cresta de los rodillos esféricos entre la hilera de rodillos derecha y la izquierda o diferenciando el radio de curvatura de las superficies de camino de rodaduras de la pista interna entre las hileras de rodillos derecha e izquierda. Tanto el radio de la cresta de rodillos como el radio de curvatura de la superficie del camino de rodadura de la pista interna pueden diferenciarse simultáneamente. En una realización, el radio de curvatura R1 de los rodillos esféricos de una hilera de rodillos es mayor que el radio de curvatura R2 de los rodillos esféricos de la otra hilera de rodillos. En otra realización, el radio de curvatura N1 de la superficie del camino de rodadura de la pista interna con la cual los rodillos esféricos de una hilera de rodillos están en contacto es más pequeño que el radio de curvatura N2 de la superficie del camino de rodadura de la pista interna con la cual los rodillos esféricos de la otra hilera de rodillos están en contacto.

Una de las hileras de los rodillos esféricos que tiene el radio de curvatura R1 puede tener preferentemente una longitud menor que la de la otra hilera de rodillos esféricos que tiene el radio de curvatura R2. Esto es particularmente ventajoso ya que la tensión del borde de los rodillos esféricos, que es mayor en longitud y tiene una gran capacidad de carga, puede reducirse y puede eliminarse de manera efectiva el desvío de los rodillos esféricos, que son de menor longitud y tienen una capacidad de carga pequeña.

El ensamblaje de cojinete de rodillos autoalineable de cualquiera de las construcciones precedentes, según la presente invención, puede utilizarse como cojinete de soporte del árbol principal para soportar un árbol principal de un generador de energía eólica que tiene un rotor de paletas montado sobre tal árbol principal para rotación con el mismo.

En el cojinete para el soporte del árbol principal del generador de energía eólica, dado que la carga axial actúa de manera parcial sobre una de las hileras de rodillos de la manera antes descrita bajo la influencia de la presión eólica que actúa sobre el rotor de paletas montado sobre el árbol principal, pueden exhibirse los efectos del ensamblaje de cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera que tiene secciones derecha e izquierda que son asimétricas la una con respecto a la otra según la presente invención, y por lo tanto, puede obtenerse un efecto de incremento de la vida del cojinete.

La estructura de soporte del árbol principal para un generador de energía eólica según la presente invención incluye un árbol principal que tiene un rotor de paletas montado en éste para su rotación con el mismo, y uno o una pluralidad de cojinetes dispuestos dentro de un alojamiento, en el cual dicho uno o una pluralidad de cojinetes se emplea en forma de un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera con cualquiera de las construcciones antes descritas según la presente invención, e incluye una primera hilera de rodillos lejos del rotor de paletas y una segunda hilera de rodillos cerca del rotor de paletas, y en donde una sección de cojinete que tiene las primeras hileras de rodillos tiene una capacidad de carga mayor que la sección de cojinete que tiene la segunda hilera de rodillos.

Mediante esta construcción, se obtiene un aumento sustancial de la vida de cojinete del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera utilizado como cojinete de soporte del árbol principal.

Breve descripción de los dibujos

En cualquier caso, la presente invención se entenderá con más claridad a partir de la siguiente descripción de sus realizaciones preferentes, consideradas junto con los dibujos adjuntos. Sin embargo, las realizaciones y los dibujos se proporcionan sólo con fines ilustrativos y explicativos, y no deben considerarse limitativas del alcance de la presente invención de ninguna manera, cuyo alcance se determinará a partir de las reivindicaciones anexas. En los dibujos adjuntos, se utilizan los mismos números de referencia para indicar partes similares en todas las vistas, y:

La figura 1 es una vista seccional longitudinal fragmentaria de un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una primera realización preferente de la presente invención;

La figura 2 es una vista seccional longitudinal fragmentaria del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una segunda realización preferente de la presente invención, que muestra la manera de montar el ensamblaje de cojinete;

ES 2 339 457 T3

La figura 3 es una vista seccional longitudinal fragmentaria del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una tercera realización preferente de la presente invención;

5 La figura 4 es una vista seccional longitudinal fragmentaria de una forma modificada del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según un ejemplo explicativo no conforme a la presente invención;

La figura 5 es una vista seccional longitudinal fragmentaria del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según otro ejemplo explicativo según la presente invención;

10 La figura 6 es una vista seccional longitudinal fragmentaria del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según otro ejemplo explicativo no conforme a la presente invención, que muestra la manera de montar el conjunto del cojinete;

15 La figura 7 es una vista seccional longitudinal fragmentaria del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una cuarta realización preferente de la presente invención;

La figura 8 es una vista seccional longitudinal fragmentaria de una forma modificada del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según otro ejemplo explicativo no conforme a la presente invención;

20 La figura 9 es una vista seccional longitudinal fragmentaria de otra forma modificada del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la quinta realización de la presente invención;

La figura 10 es una vista seccional longitudinal fragmentaria del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una sexta realización preferente de la presente invención;

25 La figura 11 ilustra de manera esquemática la elipse de contacto representada en un plano de contacto entre los rodillos esféricos, que tienen una menor longitud, y la superficie del camino de rodadura de una pista interna;

30 Las figuras 12A a 12C muestran diagramas aclaratorios utilizados para explicar la relación entre cada hilera de rodillos esféricos, empleados en el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una séptima realización preferente de la presente invención, y la superficie del camino de rodadura definida en la pista interna, en el cual la figura 12A ilustra de manera esquemática una condición con las superficies del camino de rodadura de la pista interna, la figura 12B ilustra una elipse de contacto definida en un punto de contacto de los rodillos esféricos con las superficies del camino de rodadura de la pista interna, y la figura 12C ilustra un patrón de distribución de cargas en extremos opuestos de los rodillos esféricos;

40 La figura 13 es una vista en perspectiva, con una sección excluida, de una estructura de soporte del árbol principal para un generador de energía eólica, que utiliza el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según cualquiera de las realizaciones uno a siete de la presente invención;

La figura 14 es una vista lateral de una estructura de soporte del árbol principal para un generador de energía eólica, donde se muestra su góndola mediante la línea fantasma; y

45 La figura 15 es una vista seccional longitudinal del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera convencional.

Mejor modo de realizar la invención

La primera realización preferente de la presente invención se describirá en detalle con referencia a la figura 1. Un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1 que se muestra en la misma incluye pistas interna y externa 2 y 3 con hileras respectivas de rodillos esféricos 4 y 5 interpuestos entre esas pistas interna y externa 2 y 3. Los rodillos 4 y 5 de cada hilera se retienen mediante un elemento de retención de rodillos 6. Los elementos de retención de rodillos 6 están separados unos de otros y se emplea uno para cada hilera de rodillos 4 y 5. La pista externa 3 tiene una superficie periférica interna formada con una superficie del camino de rodadura 3a que se define en ella para representar una forma de rodillo esférico, y cada uno de los rodillos 4 y 5 tiene una superficie periférica externa que es tan curva que sigue la curvatura de la superficie del camino de rodadura 3a de la pista externa 3, es decir, para representar una superficie curva rotativa definida rotando la forma arqueada, siguiendo la curvatura de la superficie del camino de rodadura 3a, sobre el eje longitudinal de los rodillos correspondientes 3 y 4. La pista externa 3 tiene una ranura de lubricación 7 definida en una superficie periférica externa de ésta, en una ubicación generalmente intermedia entre las hileras de rodillos 3 y 4, y también tiene un pasaje de lubricación 8 definido en la misma en una ubicación o en una pluralidad de ubicaciones espaciadas en forma circunferencial para extenderse desde la ranura de lubricación 7 y abrirse en una superficie periférica interna de ésta. La pista interna 2 tiene una superficie periférica externa formada con dos superficies del camino de rodadura espaciadas en forma axial 2a y 2b definidas en el mismo para seguir las curvaturas respectivas de las superficies periféricas externas de los rodillos 4 y 5. La pista interna 2 también tiene anillos que se extienden radialmente hacia afuera 9, 10 y 11, donde los anillos 10 y 11 se definen en extremos opuestos del camino de rodadura interno 2 y el anillo 9 se define en una ubicación generalmente intermedia entre las superficies del camino de rodadura 2a y 2b. Sin embargo, cabe destacar que la pista interna 2 puede no tener anillo.

ES 2 339 457 T3

Las hileras izquierda y derecha de los anillos 4 y 5 tienen diferentes longitudes L1 y L2 medidas a lo largo de ejes longitudinales C1 y C2, respectivamente, y las secciones de cojinete izquierda y derecha 1a y 1b tienen ángulos de contacto respectivos θ_1 y θ_2 diferentes el uno del otro. En este caso, el ángulo de contacto θ_2 de la sección de cojinete 1b, que aloja a la hilera derecha de rodillos 5, donde cada uno tiene una longitud mayor que la de los rodillos 4 de la hilera izquierda, es mayor que el ángulo de contacto θ_1 de la sección de cojinete 1a, que aloja a la hilera izquierda de rodillos 4, donde cada uno tiene una longitud menor que la de los rodillos 5 de la hilera derecha. Los rodillos 4 y 5 de las hileras izquierda y derecha tienen, por ejemplo, el mismo diámetro externo máximo. Los rodillos 4 y 5 de las hileras izquierda y derecha pueden tener diámetros externos respectivos diferentes unos de otros. A modo de ejemplo, los rodillos largos 5 pueden tener un diámetro externo mayor que el de los rodillos más pequeños 4.

El cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1 se utiliza en el campo de aplicación, en el cual cargas desparejas tienden a actuar en las hileras izquierda y derecha de los rodillos, por ejemplo, en las cuales una de las hileras de rodillos soporta tanto la carga axial como la carga radial y la otra hilera de rodillos soporta principalmente sólo la carga radial. Más específicamente, se utiliza para un árbol principal del generador de energía eólica. En tal caso, la sección de cojinete capaz de soportar la carga axial tiene un ángulo de contacto θ_2 mayor que el de la otra sección de cojinete y utiliza la hilera de rodillos 5 donde cada uno tienen una longitud mayor L2. Cabe destacar que los rodillos 4 y 5 de la hilera respectiva pueden tener una forma simétrica o una forma asimétrica.

Como se describiera con anterioridad en la presente memoria, dado que en la hilera de rodillos diseñada para soportar la carga axial se emplean el mayor ángulo de contacto θ_2 y la mayor longitud L2 de los rodillos 5, la capacidad de carga de soportar la carga axial puede incrementarse, lo que resulta en un aumento de la vida de fatiga de rodadura. Por otro lado, dado que en la hilera de rodillos opuesta, se emplean el menor ángulo de contacto θ_1 y la menor longitud L1 de los rodillos 4, la tensión de contacto entre los rodillos 4 y las superficies del camino de rodadura 2a y 3a pueden aumentar y el peso de los rodillos 4 puede reducirse, lo que produce una reducción de deslizamientos. Por lo tanto, aún bajo una carga liviana, los rodillos 4 tienden a experimentar menos deslizamientos y casi no se producirán daños en la superficie. En vista de esas características funcionales, es posible aumentar la vida del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1 que se utiliza para soportar, por ejemplo, el árbol principal del generador de energía eólica.

La figura 2 ilustra una segunda realización preferente de la presente invención. El cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1A que se muestra en ella es similar al cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1 que se muestra en y describe con referencia a la figura 1 en relación con la primera realización, salvo en que como se muestra mejor allí la pista externa 3 está dividida en dos pistas externas separadas 3A y 3B que se encuentran axialmente alineadas. Las pistas externas separadas 3A y 3B se disponen de tal manera que se forma un espacio d entre ellas cuando se encuentran en condiciones naturales, es decir, en una condición en la cual tienen superficies del camino de rodadura esférico correspondientes 3A y 3B que ocupan secciones respectivas con la misma forma esférica. Mientras que este cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1A se instala dentro de un alojamiento de cojinete 20, las pistas externas separadas 3A y 3B se encuentran axialmente unidas por efecto de una precarga aplicada por el elemento que aplica la precarga 21, de modo tal que se reduce el espacio d entre las pistas externas separadas 3A y 3B. El elemento que aplica la precarga 21 puede emplearse en forma de, por ejemplo, un elemento resorte o un tornillo de fijación. Si se emplea un elemento resorte como elemento que aplica la precarga 21, pueden utilizarse, por ejemplo, un resorte de compresión, y puede disponerse en una pluralidad de ubicaciones en forma circunferencial del ensamblaje de cojinete en contacto con un extremo de la pista externa 3. Es preferente que el elemento que aplica la precarga 21 se disponga de tal manera que aplique la precarga en una de las pistas externas separadas, por ejemplo, la pista externa separada 3A utilizando los rodillos 4 de menor longitud.

La utilización de la estructura dividida en la pista externa 3, como se describe con anterioridad, es efectiva para permitir que la pista externa 3 de configuración asimétrica se fabrique con facilidad. Además, cuando se aplica la precarga mientras la pista externa 3 está configurada y estructurada de modo tal que tenga la estructura separada, puede suprimirse el deslizamiento de los rodillos 4.

Otras características estructurales y efectos de la segunda realización antes descrita son similares a los de la primera realización y, por lo tanto, las partes iguales se designan con las mismas referencias numéricas.

Cabe destacar que el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera de estructura según la segunda realización puede modificarse como se muestra en 1B en la figura 3. Específicamente, el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1B que se muestra en la figura 3 está modificado de tal forma que además de la división de la pista externa 3, la pista interna 2 también está dividida en dos pistas internas separadas 2a y 2B que se encuentran axialmente alineadas. Si la pista interna 2 está dividida de la manera antes descrita, la pista interna que tiene secciones izquierda y derecha que son asimétricas en relación una con la otra puede fabricarse fácilmente.

La figura 4 ilustra un ejemplo explicativo, no conforme a la presente invención. El cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1C que se muestra en la figura 4 es de un tipo en el cual la hilera de rodillos 4 utiliza rodillos axialmente huecos, cada uno que tiene un hueco que se extiende axialmente 4b definido en el mismo. En este ejemplo, las hileras de rodillos izquierda y derecha 4 y 5 tienen ángulos de contacto respectivos θ_1 y θ_2 , que son los mismos y utilizan los rodillos 4 y 5 de la misma longitud y diámetro externo.

ES 2 339 457 T3

En el caso de este ejemplo, dado que los rodillos 4 en la hilera de rodillos izquierda se emplean en la forma de un rodillo axialmente hueco, la cantidad de material a utilizar para formar los rodillos 4 puede reducirse. Además, aunque la carga que actúa sobre la hilera de rodillos 4 es pequeña, el deslizamiento de los rodillos 4 puede reducirse ya que el peso de cada rodillo 4 se reduce, y por lo tanto el desgaste por la fricción y el daño de la superficie pueden mitigarse.

Ahora se describirá otro ejemplo explicativo no conforme a la presente invención con referencia particular a las figuras 5 y 6. El ensamblaje de cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1D es un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera el cual, en su totalidad, está dividido en secciones de cojinete divididas 1DA y 1DB que alojan a las hileras izquierda y derecha de rodillos 4 y 4, respectivamente, que emplean elementos diferentes relacionados a la carga o la vida, respectivamente.

Este ensamblaje de cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1D es un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera con una estructura, en la cual las hileras de rodillos 4 se interponen entre las pistas interna y externa 2 y 3 y los rodillos 4 tienen una superficie periférica externa que tiene una forma tal que sigue la superficie del camino de rodadura 3a en la pista externa 3. Las pistas interna y externa 2 y 3 se dividen en pistas internas divididas izquierda y derecha 2A y 2B y pistas externas divididas izquierda y derecha 3A y 3B, respectivamente, y la sección de cojinete dividida 1DA incluye la pista interna dividida 2A, la pista externa dividida 3A y la hilera de rodillos 4 mientras que la sección de cojinete dividida 1DB incluye la pista interna dividida 2B, la pista externa dividida 3B y la hilera de rodillos 4. Los rodillos 4 de cada hilera se alojan dentro de asientos respectivos 15a definidos en un elemento de retención de rodillos anular 15 provisto en cada una de las secciones de cojinete divididas 1DA y 1DB. La pista interna 2 tiene extremos opuestos y una sección intermedia entre las hileras de rodillos 4, que están formados con anillos que se extienden radialmente hacia afuera 2b y 2c, y el anillo intermedio 2c se divide en y, por lo tanto, está compuesto de dos anillos divididos 2ca y 2cb que pertenecen respectivamente a las pistas internas separadas 2A y 2B.

En el ejemplo ilustrado, la dimensión y forma de la sección de cojinete dividida izquierda 1DA son las mismas que la dimensión y forma de la sección de cojinete dividida derecha 1DB. Los elementos relacionados con la carga o la vida, que son diferentes entre las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha 1DA y 1DB, incluyen el material, el tratamiento de reforma de superficie y/o la rugosidad superficial, y al menos una o una pluralidad de ellos difieren entre las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha 1DA y 1DB.

Si el material, el tratamiento de reforma de superficie y/o la rugosidad superficial empleados en la sección de cojinete dividida izquierda 1DA son diferentes del material, el tratamiento de reforma de superficie y/o la rugosidad superficial empleados en la sección de cojinete dividida derecha 1DB, la diferencia se observa en al menos una de las pistas internas separadas 2A y 2B, las pistas externas separadas 3A y 3B y los rodillos 4. Con respecto al tratamiento de reforma de superficie y/o la rugosidad superficial, se emplean diferentes tratamientos de reforma de superficie o diferentes rugosidades de la superficie en relación con las superficies del camino de rodadura 2a y 3a en el caso de pistas internas separadas 2A y 2B y las pistas externas separadas 3A y 3B, pero en conexión con superficies de rodadura, es decir, las superficies externas en el caso de los rodillos 4. Cualquier combinación de sitios, donde se emplean diferentes elementos, puede seleccionarse según se desee y, por ejemplo, las pistas internas separadas 2A y 2B y las pistas externas separadas 3A y 3B pueden estar hechas de materiales diferentes, tratadas con diferentes tratamientos de reforma de superficie y/o tener diferentes rugosidades superficiales, mientras que las hileras derecha e izquierda de rodillos 4 permanecen iguales que cualquiera de esos elementos, o bien todas las pistas internas 2A y 2B, las pistas externas separadas 3A y 3B y los rodillos 4 pueden estar hechos de materiales diferentes, tratados con diferentes tratamientos de reforma de superficie y/o tener diferentes rugosidades superficiales.

Si se utilizan diferentes materiales, un material de bajo costo de un tipo generalmente empleado en cojinetes, por ejemplo, acero al cromo de alto carbono (material SUJ según el código JIS (Japan Industrial Standards)) se emplea para un lado de baja carga. Por otro lado, el material que tiene una dureza o una vida de fatiga de rodadura mayor o más larga que el utilizado para el lado de menor carga, se emplea para el lado de carga pesada. Si el lado de baja carga emplea acero al cromo de alto carbono, puede utilizarse acero limpio (material VP), acero rápido (material M50) o cualquiera de los siguientes aceros (1) y (2), por ejemplo, para el lado de carga pesada. Aquellos materiales pueden aplicarse a la pista interna 2, a la pista externa 3 y a los rodillos 4.

Los materiales de acero (1) y (2) a los que se hace referencia con anterioridad se revelan en la patente japonesa No. 2000-2044444 y tienen una excelente vida de fatiga de rodadura en un ambiente que contiene materia extraña y también en un ambiente de elevadas temperaturas.

El material de acero (1) es una composición que contiene, cuando el contenido de los elementos de aleación se expresa en términos de porcentaje de masa, C dentro del rango de 0,6 a 1,3%, Si dentro del rango de 0,3 a 3,0, Mn dentro del rango de 0,2 a 1,5%, P en una cantidad no mayor que 0,03%, S en una cantidad no mayor que 0,03%, Cr dentro del rango de 0,3 a 5,0%, Ni dentro del rango de 0,1 a 3,0%, Al en una cantidad no mayor a 0,050%, Ti en una cantidad no mayor a 0,003%, O en una cantidad no mayor a 0,0015%, y N en una cantidad no mayor a 0,015%, donde el resto es Fe e impurezas inevitables. Este material de acero (1) tiene una estructura que es templada después de ser endurecido o carbonitrado, y tiene una dureza de HRC 50 o mayor después de ser templado, en la cual el carburo tiene un tamaño de partícula máximo de preferentemente no más de $8\mu\text{m}$. El material de acero (1) puede contener adicionalmente al menos uno de Mo dentro del rango de 0,05 a 0,25% y V dentro del rango de 0,05 y 1,0% de masa.

ES 2 339 457 T3

El material de acero (2) es de una composición que contiene, si los contenidos de los elementos de aleación se expresan en términos de porcentaje de masa, C dentro del rango de 0,6 a 1,3%, Si dentro del rango de 0,3 a 3,0, Mn dentro del rango de 0,2 a 1,5%, P en una cantidad no mayor que 0,03%, S en una cantidad no mayor que 0,03%, Cr dentro del rango de 0,3 a 5,0%, Ni dentro del rango de 0,1 a 3,0%, Al en una cantidad no mayor a 0,050%, Ti en una cantidad no mayor a 0,003%, O en una cantidad no mayor a 0,0015%, y N en una cantidad no mayor a 0,015%, donde el resto es Fe. Este material de acero (2) tiene una estructura que es templada después de ser endurecida o carbonitrificada, y tiene una dureza de HRC 58 o mayor después de ser templada, en la cual el carburo tiene un tamaño de partícula máximo de preferentemente no más de $8\mu\text{m}$.

Si se emplea el tratamiento de reforma de superficie diferente, un tratamiento de calor tal como endurecimiento estándar se realiza en el lado de la carga liviana, o no se aplica ningún tratamiento de superficie en particular en el lado de carga liviana. Por otro lado, el tratamiento de reforma de superficie se aplica al lado de carga pesada para incrementar la rugosidad superficial a un valor mayor que el del lado de carga liviana. Como proceso para incrementar la rugosidad superficial, puede emplearse cualquiera de los tratamientos de nitruración, el tratamiento de granallado y el tratamiento de carbono tipo diamante (tratamiento DLC). Aunque el tratamiento de granallado se realiza después del tratamiento térmico, la dureza puede incrementarse cuando se imparte una tensión residual integral.

Si se emplea la rugosidad superficial diferente, la rugosidad superficial en el lado de carga liviana está dentro del rango de Ra de 0,2 a 0,25 y la del lado de carga pesada es de Ra de 0,16, preferentemente no superior a Ra de 0,10, o más preferentemente no superior a Ra de 0,05. Puede ser dentro del rango de aproximadamente Ra de 0,1 a 0,13 o dentro del rango de aproximadamente Ra de 0,13 a 0,16. El rango de esta rugosidad superficial puede aplicarse a cualquiera de las superficies del camino de rodadura de las pistas internas y externas separadas 2B y 3B y superficies de rodadura de los rodillos 4 en el lado de carga pesada. Si la rugosidad superficial se minimiza, el proceso de mecanización para minimizar la rugosidad superficial requeriría una cantidad sustancial de trabajo, pero la lubricación mejorará y la durabilidad aumentará.

Las pistas externas separadas 3A y 3B están dispuestas de manera tal que se forma un espacio d entre ellas cuando se encuentran en condiciones naturales, es decir, en una condición en la cual tienen correspondientes superficies del camino de rodadura esférico 3a de las pistas externas separadas 3A y 3B que ocupan secciones respectivas con la misma forma esférica. Mientras que este cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1D se instala dentro de un alojamiento de cojinete 20 como se muestra en la figura 6, las pistas externas separadas 3A y 3B se encuentran axialmente unidas por efecto de una precarga aplicada por el elemento que aplica la precarga 21, de modo tal que se reduce el espacio d entre las pistas externas separadas 3A y 3B. Como elemento que aplica la precarga 21 puede emplearse, por ejemplo, un elemento resorte o un tornillo de fijación. Si el elemento resorte se emplea como elemento que aplica la precarga 21, pueden emplearse, por ejemplo, un resorte de compresión, y puede disponerse en una pluralidad de ubicaciones en forma circunferencial del ensamblaje de cojinete en contacto con un extremo de la pista externa 3. Se prefiere que el elemento que aplica la precarga 21 se disponga de tal manera que aplique la precarga en una de las pistas externas separadas, por ejemplo, la pista externa separada 3A en el lado de carga liviana. Cuando se aplica la precarga de esta manera, puede suprimirse positivamente el deslizamiento de los rodillos 4.

En el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1D, según el ejemplo explicativo, dado que las secciones de cojinete divididas 1DA y 1DB que alojan a las hileras izquierda y derecha de rodillos, respectivamente, utilizan elementos diferentes, todos relacionados a la carga o la vida del cojinete, como se describiera con anterioridad, las secciones de cojinete izquierda y derecha 1DA y 1DB pueden alojar la carga de manera apropiada, particularmente donde el ensamblaje de cojinete se utiliza en la aplicación donde actúan cargas desparejas en las secciones de cojinete izquierda y derecha. Por lo tanto, es posible evitar toda pérdida no deseada de, por ejemplo, material, tratamiento de reforma y procesamiento del lado de carga liviana, que de otro modo ocurriría como resultado de un aumento excesivo de la latitud de la vida nominal y la capacidad de carga. Dado que el ensamblaje de cojinete 1D se divide en secciones de cojinete izquierda y derecha 1DA y 1DB, puede lograrse con facilidad el diseño de las secciones de cojinete izquierda y derecha para que tengan los elementos, relacionados con la carga o la vida, que son diferentes unos de otro. Además, dado que es suficiente aplicar un material especial, el tratamiento de reforma de superficie y/o el proceso para incrementar la rugosidad superficial sólo a la sección de cojinete dividida 1DB en el lado de carga pesada, el coste de fabricación puede reducirse en comparación con el caso en el que un material especial, el tratamiento de reforma de superficie y/o el proceso para incrementar la rugosidad superficial se aplican al ensamblaje de cojinete 1D en su totalidad. En particular, si se aplica al soporte del árbol principal del generador de energía eólica, como se describirá a continuación, puede lograrse el soporte apropiado para la característica que actúa sobre el árbol principal del generador de energía eólica, lo que resulta en un efecto mejorado de incremento de la vida sustancial.

La figura 7 ilustra una cuarta realización preferente. En un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1E según esta cuarta realización, como uno de los elementos relacionados con la carga o la vida, que se emplea en las secciones de cojinete divididas 1EA y 1EB que alojan, respectivamente, a las hileras de rodillos izquierda y derecha, se selecciona la dimensión axial de las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha 1EA y 1EB y la dimensión axial de los rodillos 4. En la realización que se ilustra, el ancho axial de la pista interna separada 2B y pista externa separada 3B en el lado de carga pesada se selecciona de manera que sea mayor que el de la pista interna separada 2A y la pista externa separada 3A en el lado de carga liviana y, al mismo tiempo, los rodillos 4 en el lado de carga pesada tienen una longitud mayor que los rodillos 4 en el lado de carga liviana. Como consecuencia de este diseño, los ángulos de contacto θ_a y θ_b respectivos en las secciones de cojinete divididas 1EA y 1EB que alojan a las hileras de rodillos izquierda y derecha, respectivamente son diferentes el uno del otro. En tal caso, el ángulo de contacto θ_b

ES 2 339 457 T3

en la sección de cojinete dividida 1EB que aloja a la hilera de los rodillos más largos 4 se fija en un valor mayor que el ángulo de contacto θ_a de la sección de cojinete dividida 1EA que aloja a la hilera de los rodillos más cortos 4. Los rodillos 4 de las hileras izquierda y derecha tienen el mismo diámetro externo máximo. Los rodillos 4 de las hileras izquierda y derecha pueden tener un diámetro externo diferente unos de otros. A modo de ejemplo, los rodillos más largos 4 pueden tener un diámetro externo mayor que los rodillos más cortos 4.

Con respecto al material, el tratamiento de reforma de superficie y la rugosidad superficial de las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha 1EA y 1EB, pueden ser los mismos, o la sección de cojinete dividida 1EB del lado de carga pesada puede estar optimizada para ser mejor que la sección de cojinete dividida 1EA del lado de carga liviana, como es el caso del ejemplo descrito con anterioridad. Otras características estructurales de esta cuarta realización son similares a aquellas en el ejemplo anterior.

En el caso de esta cuarta realización, dado que los rodillos 4 de una hilera en la sección de cojinete dividida 1EB tienen una longitud mayor y un ángulo de contacto mayor θ_b , la capacidad de carga para soportar la carga axial puede incrementarse y la vida de fatiga de rodadura también puede incrementarse. Por otra parte, los rodillos 4 de la hilera opuesta tienen una longitud menor y un ángulo de contacto menor θ_a , la tensión de contacto entre los rodillos 4 y las superficies del camino de rodadura 2a y 3a pueden aumentarse y los rodillos 4 pueden tener un peso reducido, lo que produce la mitigación del deslizamiento. Por esta razón, incluso bajo la carga liviana, el deslizamiento apenas se produce en los rodillos 4 y apenas se produce daño superficial. En vista de esas características funcionales, la vida del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1E que se utiliza para soportar, por ejemplo, el árbol principal del generador de energía eólica puede aumentar. Si se utiliza un material, tratamiento de reforma de superficie o rugosidad superficial diferentes en las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha 1EA y 1EB de la manera descrita con anterioridad, la vida sustancial del cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1E puede incrementarse aún más.

Además, dado que el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1E está estructurado y configurado de tal manera que se divide en dos secciones de cojinete divididas 1EA y 1EB, el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1E que tiene secciones de cojinete divididas izquierda y derecha que son asimétricas en relación una con otra puede fabricarse con facilidad. Además, dado que es satisfactorio permitir que sólo la sección de cojinete dividida 1EB en el lado de carga pesada tenga rodillos largos, no se desperdicia material para formar el rodillo y puede reducirse el coste, en comparación con el caso donde el ensamblaje de cojinete en su totalidad se hace con un tamaño aumentado.

Cabe destacarse también que aunque en ningún ejemplo precedente ni en las cuatro realizaciones, al mostrar y describir los cojinetes de rodillos de doble hilera autoalineable 1D y 1E se ha indicado que tienen la construcción dividida, los cojinetes de rodillos de una hilera autoalineable 10C y 10D pueden yuxtaponerse axialmente para proporcionar una combinación cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 10, como se muestra en la figura 8 ó 9. En este caso los cojinetes de rodillos de una hilera autoalineable 10C y 10D han de diseñarse para que tengan los elementos relacionados con la carga o la vida, que son diferentes uno del otro. Las superficies de camino de rodadura respectivas 3a de las pistas externas 3 en ambos lados se encuentran en el mismo plano esférico.

En la primera modificación no conforme a la invención que se muestra en la figura 8, los cojinetes de rodillos de una hilera autoalineable 10C y 10D tienen el mismo tamaño, pero hacen uso de materiales, tratamiento de reforma de superficie y/o rugosidad superficial diferentes. La manera en la que el material, tratamiento de reforma de superficie y/o rugosidad superficial se diferencian es similar a la descrita en relación con el ejemplo con referencia a las figuras 5 y 6.

En la segunda modificación que se muestra en la figura 9, los cojinetes de rodillos de una hilera autoalineable 10C y 10D hacen uso de las pistas interna y externa respectivas 2 y 3 de diferentes dimensiones axiales y, también, rodillos de diferentes dimensiones axiales.

Aún en ese caso, como en el caso de la primera y segunda modificaciones expuestas con anterioridad, los dos cojinetes de rodillos de una hilera autoalineable, que operan independientemente, se yuxtaponen axialmente y los dos cojinetes de rodillos de una hilera autoalineable 10C y 10D, o 10E y 10F hacen uso de diferentes elementos relacionados a la carga o la vida, pueden obtenerse efectos tales como que los cojinetes 10C y 10D o 10E y 10F puedan alojar a la carga irregular en las hileras de rodillos izquierda y derecha, la vida sustancial puede incrementarse y no se desperdicia material, lo que los hace económicos. También puede mitigarse el daño superficial.

El cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una sexta realización preferente de la presente invención se describirá en detalle con referencia particular a las figuras 10 y 11.

El cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1F en las figuras 10 y 11 incluye una pista interna 22, una pista externa 26, hileras dobles de rodillos esféricos 12 y 13 interpuestas entre una superficie del camino de rodadura en la pista interna 22 y una superficie del camino de rodadura en la pista externa 26, y elementos de retención de rodillos 14 para retener las hileras de los rodillos 12 y 13, respectivamente. Se emplea un elemento de retención de rodillos 14 para cada una de las hileras de rodillos. La superficie del camino de rodadura 26a en la pista externa 26 tiene una forma tal que representa una forma esférica, y cada uno de los rodillos 12 y 13 tiene una superficie periférica externa que sigue la forma esférica de la superficie del camino de rodadura 26a de la pista externa 26.

ES 2 339 457 T3

La pista externa 26 tiene una ranura de lubricación 7A definida en una superficie periférica externa de la misma, en una ubicación generalmente intermedia de su longitud y también tiene un pasaje de lubricación 8A definido en la misma para extenderse desde la ranura de lubricación 7 y abierto en una superficie periférica interna de ésta. El pasaje de lubricación 8A se define en una ubicación o en una pluralidad de ubicaciones espaciadas circunferencialmente de la pista externa 26.

La pista interna 22 en la realización ilustrada tiene anillos que se extienden radialmente hacia afuera 24 y 25, definidos en extremos opuestos de la pista interna 22, y un anillo intermedio 23 definido en una ubicación generalmente intermedia de ésta. Como otra realización, la pista interna puede emplearse como una pista interna sin anillos. Esta pista interna 22 tiene una superficie periférica externa formada por dos superficies de camino de rodadura axialmente espaciadas 22a y 22b, definidas en la misma para seguir las curvaturas respectivas de las superficies periféricas externas de los rodillos 12 y 13.

Con respecto a la longitud de los rodillos medida a lo largo de ejes longitudinales C1 y C2 de las hileras izquierda y derecha de rodillos 12 y 13, los rodillos 13 de la hilera derecha tienen una longitud L2 mayor que la longitud L1 de los rodillos 12 de la hilera izquierda. Además, en la realización ilustrada, las secciones de cojinete 10a y 10b para las hileras de rodillos izquierda y derecha, respectivamente, tienen diferentes ángulos de contacto θ_1 y θ_2 , respectivamente. En tal caso, el ángulo de contacto θ_2 en la sección de cojinete 10b que aloja la hilera de rodillos más largos 13 es mayor que el ángulo de contacto θ_1 en la sección de cojinete 10a que aloja a la hilera de rodillos más cortos 12.

Los rodillos 12 y 13 de las hileras izquierda y derecha tienen, por ejemplo, el mismo diámetro externo máximo. Como modificación de esta realización, los rodillos 12 y 13 de las hileras izquierda y derecha pueden tener diámetros externos respectivos diferentes. A modo de ejemplo, los rodillos más largos 13 pueden tener un diámetro externo mayor que el de los rodillos más pequeños 12. Con respecto a la forma de los rodillos 12 y 13 de las hileras izquierda y derecha de rodillos, su forma puede ser de rodillos simétricos, en donde la posición de los rodillos que alinea con el diámetro máximo ocupa una posición intermedia de la longitud de los rodillos, o rodillos asimétricos, en la cual la posición de los rodillos que alinea con el diámetro máximo se desplaza de la posición intermedia de la longitud de los rodillos.

La figura 11 ilustra esquemáticamente la condición en la cual el rodillo 12 que tiene la longitud menor L1 se posiciona en la superficie del camino de rodadura 22a de la pista interna 22. Cuando los rodillos 12 y la superficie del camino de rodadura 22a de la pista interna reciben la carga, el plano de contacto entre ellos se deforma elásticamente, lo que resulta en un plano de contacto redondo alrededor del punto de contacto, es decir, una elipse de contacto 27a. Aunque no se muestra, una elipse de contacto similar se forma en un plano de contacto entre los rodillos 13 y la superficie del camino de rodadura 26a de la pista externa 26. La longitud L1 de los rodillos 12 es mayor que la longitud del eje principal A de la elipse de contacto 27a.

El cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1F de la construcción descrita con anterioridad, se utiliza en el campo de aplicación en el cual cargas desparejas tienden a actuar en las hileras izquierda y derecha de los rodillos, por ejemplo, en el cual una de las hileras de rodillos soporta tanto la carga axial como la carga radial y la otra hilera de rodillos soporta principalmente sólo la carga radial. En tal caso, los rodillos más largos 13 se emplean en una hilera del lado de carga pesada, que soporta la carga axial y radial y, por otro lado, los rodillos más cortos 12 se emplean en la hilera del lado de carga liviana, que soporta sólo la carga radial.

Como se describiera antes en la presente, dado que los rodillos más largos 13 se disponen en la hilera del lado de carga pesada y los rodillos más cortos 12 se disponen en la hilera del lado de carga liviana, los rodillos más largos 13 y los rodillos más cortos 12 pueden soportar apropiadamente las cargas impuestas en ellos. En otras palabras, dado que la capacidad de carga de la hilera del lado de carga pesada es mayor, la vida de fatiga de rodadura puede aumentar. Además, el estrés de contacto entre los rodillos más cortos 12 y las superficies del camino de rodadura 26a y 22a aumenta en la hilera del lado de carga liviana y el peso de los rodillos se reduce y, por lo tanto, puede mitigarse el deslizamiento.

Además, dado que la longitud L1 de los rodillos más cortos 12 es mayor que la longitud del eje principal A de la elipse de contacto 27a, el rodillo más corto 12 puede soportar de manera suficiente la carga radial durante el uso.

La figura 12 muestra diagramas utilizados para explicar la relación, en el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una séptima realización preferente de la presente invención, entre cada hilera de rodillos y la superficie del camino de rodadura definida en la pista interna en contacto con los rodillos. En particular, la figura 12A ilustra de manera esquemática una condición en la cual los rodillos esféricos están en contacto con las superficies de camino de rodadura de la pista interna, la figura 12B ilustra una elipse de contacto definida en un punto de contacto de los rodillos con las superficies de contacto de la pista interna, y la figura 12C ilustra un patrón de distribución de cargas en extremos opuestos de los rodillos.

Como se muestra en la figura 12A, asumiendo que R1 expresa el radio de curvatura de la cresta de rodillos más cortos 12 de la hilera izquierda, es decir, el radio de curvatura de la línea de contorno de la sección que contiene los ejes longitudinales C1 y C2, R2 expresa el radio de curvatura de una cresta de los rodillos más largos 13 de la hilera derecha, N1 expresa el radio de curvatura de la superficie del camino de rodadura 22a de la pista interna para la hilera

ES 2 339 457 T3

de rodillos izquierda, y N_2 expresa el radio de curvatura de la superficie del camino de rodadura 22b de la pista interna para la hilera de rodillos derecha, se determina una disposición para establecer la siguiente relación dimensional. La cresta de cada uno de los rodillos 12 y 13 está pensada como un promedio de la línea de contorno que aparece en la sección que contiene los ejes longitudinales C1 y C2 respectivos de las superficies esféricas de los rodillos 12 y 13.

5

$$N_1/R_1 < N_2/R_2$$

Para obtener la relación dimensional anterior, debe seleccionarse cualquiera de los siguientes diseños.

10

(1) Hacer que los radios de curvatura de las crestas respectivas de los rodillos 12 y 13 de las hileras izquierda y derecha sean diferentes el uno del otro. En la realización ilustrada, el radio de curvatura R_1 de los rodillos más cortos 12 de la hilera izquierda es mayor que el radio de curvatura R_2 de los rodillos más largos 13 de la hilera derecha.

15

(2) Hacer que los radios de curvatura de las superficies de camino de rodadura respectivas 22a y 22b de la pista interna de las hileras izquierda y derecha de rodillos sean diferentes el uno del otro. En la realización ilustrada, el radio de curvatura de la superficie de camino de rodadura 22b de la hilera derecha de rodillos es mayor que el radio de curvatura de la superficie de camino de rodadura 22a de la hilera izquierda de rodillos.

20

(3) Utilizar la combinación de (1) y (2) antes expuestos.

Cuando los rodillos y las superficies de camino de rodadura de la pista interna reciben la carga, el plano de contacto se deforma elásticamente. Este plano de contacto elíptico representa la elipse de contacto. Si la proporción N/R entre el radio de curvatura N de la superficie de contacto de la pista interna y el radio de curvatura R de la cresta de cada rodillo es relativamente lo suficientemente pequeña para estar cerca de 1, la elipse de contacto tendrá un mayor tamaño durante la operación, pero si la proporción N/R es relativamente grande, la elipse de contacto tendrá un tamaño reducido durante la operación.

30

Por lo tanto, como se muestra en la figura 12B, el tamaño de la elipse de contacto 27a generada en un punto de contacto entre los rodillos más largos 13 de la hilera derecha y la superficie del camino de rodadura 22b de la pista interna de la hilera derecha de rodillos será relativamente pequeño. Al volverse más pequeña la elipse de contacto 27a, la carga del borde de los extremos opuestos de cada rodillo 13 disminuye como se muestra en el patrón de distribución de la presión de cojinete en la figura 12C.

35

Por otro lado, el tamaño de la elipse de contacto 27a generada en un punto de contacto entre los rodillos más cortos 12 de la hilera izquierda y la superficie del camino de rodadura 22a de la pista interna de la hilera izquierda de rodillos será relativamente grande. Al volverse grande la elipse de contacto 27a, la fuerza motriz transmitida desde la pista interna aumenta y, por lo tanto, los rodillos pueden estabilizarse con facilidad. Además, dado que una parte que sirve como eje de rotación para el desvío es grande, el desvío puede suprimirse por efecto de la resistencia a la fricción. Como se muestra en la figura 12C, aunque la tensión en los bordes aumenta, la carga soportada se vuelve tan pequeña que no habrá ningún problema.

40

El cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1F con la construcción descrita con anterioridad, se utiliza en el campo de aplicación en el cual cargas desparejas tienden a actuar en las hileras izquierda y derecha de los rodillos, por ejemplo, en las cuales una de las hileras de rodillos soporta tanto la carga axial como la carga radial y la otra hilera de rodillos soporta principalmente sólo la carga radial. En tal caso, los rodillos más largos 13 se utilizan en la hilera del lado de carga pesada, que soporta la carga axial y radial, y, por otro lado, los rodillos más cortos 12 se utilizan en la hilera del lado de carga liviana, que soporta sólo la carga radial.

50

Como se describe con anterioridad en la presente memoria, dado que los rodillos más largos 13 se disponen en la hilera del lado de carga pesada y los rodillos más cortos 12 se disponen en la hilera del lado de carga liviana, las hileras izquierda y derecha de rodillos pueden soportar cargas apropiadamente, según la condición de la carga en cada una de dichas hileras de rodillos. En otras palabras, dado que la capacidad de carga de la hilera del lado de carga pesada es mayor, la vida de fatiga de rodadura puede aumentar. Además, el área superficial de contacto entre los rodillos más cortos 12 y las superficies del camino de rodadura 26a y 22a aumenta en la hilera del lado de carga liviana y el peso de los rodillos 12 se reduce y, por lo tanto, puede mitigarse el deslizamiento.

55

Además, para reducir la tensión en los bordes de la hilera de rodillos de los rodillos más largos 13 en el lado de carga pesada, la proporción N_2/R_2 entre el radio de curvatura N_2 de la superficie del camino de rodadura 22b de la pista interna y el radio de curvatura R_2 de la cresta de los rodillos 13 es relativamente grande para reducir el tamaño de la elipse de contacto y, por lo tanto, puede esperarse un aumento mayor de la vida de los rodillos de la hilera de rodillos en el lado de carga pesada. Con respecto a los rodillos más cortos de la hilera de rodillos en el lado de carga liviana, la proporción N_1/R_1 entre el radio de curvatura N_1 de la superficie del camino de rodadura 22a de la pista interna y el radio de curvatura R_1 de la cresta de los rodillos 12 es relativamente pequeña para aumentar el tamaño de la elipse de contacto para así aumentar la resistencia a la fricción relativa al desvío y, por lo tanto, el desvío puede suprimirse de manera efectiva.

65

ES 2 339 457 T3

La presente invención puede emplearse de manera ventajosa en el cojinete de rodillos de doble hilera autoalineable, en el cual las cargas desparejas tienden a actuar en las hileras de rodillos izquierda y derecha, y la estructura de soporte del árbol principal para el generador de energía eólica que utiliza dicho conjunto de cojinete.

5 Las figuras 13 y 14 ilustran un ejemplo de la estructura de soporte del árbol principal para el generador de energía eólica que utiliza el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera conforme a una de las realizaciones uno a siete de la presente invención. Una carcasa 33a que forma una parte de una góndola 33 se monta en una torre de soporte 31 a través de una torreta 32 (figura 14) para un movimiento giratorio en un plano horizontal. La carcasa 33a de la góndola 33 aloja en su interior a un árbol principal 36 que gira sobre cojinetes 35 de soporte del árbol principal instalados
10 dentro de un alojamiento de cojinetes 34. Un rotor de paletas 37 que define un ensamblaje de álabe giratorio se monta sobre una parte del árbol principal 36, que se proyecta hacia afuera de la carcasa 33a, para la rotación junto con la misma. El extremo opuesto del árbol principal 36 está acoplado de manera motriz con una unidad de engranaje de aceleración 38 que tiene un eje de propulsión que a su vez se acopla al árbol del rotor de un generador de energía eléctrica 39. La góndola 33 puede rotarse a cualquier ángulo deseado mediante un motor rotativo 40 a través de una
15 unidad de engranaje de reducción 41.

Aunque en la realización ilustrada, los dos cojinetes 35 de soporte del árbol principal se muestran como empleados, uno de dichos cojinetes 35 de soporte del árbol principal puede eliminarse. Para cada uno de dichos cojinetes 35 de soporte del árbol principal, se utiliza el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E o 1F con la estructura que se muestra y describe en relación con cualquiera de las realizaciones uno a siete. En tal caso, dado que los rodillos de la hilera lejos del rotor de paletas 37 tienden a recibir una carga pesada, se emplea la hilera de los rodillos más largos. Por otro lado, dado que la carga radial actúa principalmente sobre los rodillos de la hilera cerca del rotor de paletas 37, se utiliza la hilera de los rodillos más cortos.

25 Dado que durante la condición de reposo, en la cual el rotor de paletas del generador de energía eólica está parado, una gran carga radial actúa sobre el cojinete 35, los rodillos de la hilera ubicada junto al rotor de paletas 37 tiene una longitud mayor que la longitud del eje principal de la elipse de contacto generada en el plano de contacto entre aquellos rodillos y el elemento de camino de rodadura de modo tal que el cojinete 35 pueda soportar esta gran carga radial.

30 Además, como se muestra en la figura 12, asumiendo que R1 expresa el radio de curvatura de la cresta de rodillos de la hilera ubicada junto al rotor de paletas 37, R2 expresa el radio de curvatura de una cresta de los rodillos de la hilera lejos del rotor de paletas 37, N1 expresa el radio de curvatura de la superficie del camino de rodadura de la pista interna para la hilera de rodillos ubicada junto al rotor de paletas 37, y N2 expresa el radio de curvatura de la superficie del camino de rodadura de la pista interna para la hilera de rodillos ubicada lejos del rotor de paletas 37, se determina una disposición para establecer la siguiente relación dimensional.

$$N1/R1 < N2/R2$$

40 Cabe destacar que aunque en la realización ilustrada los rodillos de la hilera izquierda y los rodillos de la hilera derecha que se muestran y describen tienen longitudes respectivas diferentes unos de otros, pueden tener la misma longitud.

45 La presente invención puede utilizarse de manera ventajosa en el cojinete de rodillos de doble hilera autoalineable, en el cual las cargas desparejas tienden a actuar en las hileras de rodillos izquierda y derecha, y la estructura de soporte del árbol principal para el generador de energía eólica que utiliza dicho conjunto de cojinete.

50 Si se utiliza el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E o 1F con la estructura que se muestra y describe en relación con cualquiera de las realizaciones uno a siete para el cojinete 35 de soporte del árbol principal empleado en el generador de energía eólica antes descrito, la hilera de rodillos lejos del rotor de paletas 37 define una hilera de rodillos que recibe una carga axial. Por esta razón, el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1, 1A, 1B o 1E se dispone de tal manera que permite que la hilera de rodillos de una gran longitud se utilice en esta hilera de rodillos que soporta la carga axial. Si se utiliza el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1C con la estructura que se muestra en y se describe con referencia a la figura 4 relacionada con la tercera realización, se utiliza la hilera de rodillos sólidos axialmente 5 en la hilera de rodillos que soporta la carga axial.

60 Como se describiera con anterioridad, si se utiliza el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1D, por ejemplo, para el cojinete 35 de soporte del árbol principal, la hilera de rodillos lejos del rotor de paletas 37 sirve como hilera de rodillos que soporta la carga axial. Por esta razón, el cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera 1D se dispone de tal manera que la sección de cojinete dividida 1DB que tiene un gran capacidad de carga o una mayor vida nominal pueda utilizarse en la hilera de rodillos que soporta la carga axial.

65 Cabe destacar que el cojinete de rodillos autoalineable combinado, que comprende los dos cojinetes de rodillos de una hilera autoalineable 10C y 10D o 10E y 10F como se muestra en las figuras 8 y 9, puede emplearse para el cojinete 35 de soporte del árbol principal.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera, que comprende una pista interna, una pista externa e hileras de rodillos izquierda y derecha ubicados entre la pista interna y la pista externa, y tiene una configuración axialmente asimétrica, **caracterizado** porque los rodillos (4, 5, 12, 13) de las hileras izquierda y derecha tienen longitudes respectivas (L1, L2) diferentes la una de la otra y, al mismo tiempo, las secciones de cojinete izquierda y derecha tienen ángulos de contacto (Q1, Q2) respectivos diferentes el uno del otro.
- 10 2. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 1, en donde los rodillos (4, 12) de la hilera izquierda tienen una forma diferente de la forma de los rodillos de la hilera derecha.
- 15 3. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 1 ó 2, en donde una de las hileras de rodillos izquierda y derecha comprende rodillos ahuecados axialmente que tienen cada uno un hueco que se extiende axialmente.
- 20 4. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la pista externa se divide en dos pistas externas separadas axialmente yuxtapuestas.
- 25 5. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 4, en donde existe un espacio entre las dos pistas externas separadas y se aplica una precarga a dichas pistas externas separadas.
- 30 6. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una de las reivindicaciones 1 a 5, que se utiliza como cojinete de soporte de árbol principal para el soporte del árbol principal de un generador de energía eólica que tiene un rotor de paletas montado en dicho árbol principal.
- 35 7. Estructura de soporte de árbol principal para un generador de energía eólica, que comprende un árbol principal que tiene un rotor de paletas montado en él para su rotación con el mismo, y uno o una pluralidad de cojinetes dispuestos dentro de un alojamiento para soporte del árbol principal, en el cual dicho uno o una pluralidad de cojinetes se utilizan en la forma de un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según se define en una de las reivindicaciones 1 a 6 e incluye una primera sección de cojinete dispuesta lejos del rotor de paletas y una segunda sección de cojinete dispuesta cerca del rotor de paletas, y en donde la primera sección de cojinete tiene una capacidad de carga mayor que la de la segunda sección de cojinete.
- 40 8. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 1, en donde el cojinete está dividido en su totalidad en secciones de cojinete divididas izquierda y derecha, donde cada una comprende una pista interna separada, una pista externa separada y una sola hilera de rodillos.
- 45 9. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 8, en donde se utilizan diferentes materiales para formar al menos una de la pista interna separada, una pista externa separada y los rodillos entre las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha.
- 50 10. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 8 ó 9, en donde se aplican tratamientos de reforma de superficie diferentes a la superficie del camino de rodadura de al menos una de la pista interna separada y la pista externa separada o una superficie de rodadura de los rodillos, o se aplica una rugosidad superficial diferente a al menos una de la pista interna separada y la pista externa separada o una superficie de rodadura de los rodillos entre las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha.
- 55 11. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una de las reivindicaciones 8 a 10, en donde las dimensiones axiales de la pista interna separada y la pista externa separada son diferentes respectivamente entre las secciones de cojinete divididas izquierda y derecha.
- 60 12. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una de las reivindicaciones 8 a 11, en donde existe un espacio entre las dos pistas externas separadas y se aplica una precarga a dichas pistas externas separadas.
- 65 13. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según una de las reivindicaciones 8 a 12, que se utiliza como cojinete de soporte de árbol principal para el soporte del árbol principal de un generador de energía eólica que tiene un rotor de paletas montado en dicho árbol principal para su rotación con el mismo.
14. Estructura de soporte de árbol principal para un generador de energía eólica, que comprende un árbol principal que tiene un rotor de paletas montado en éste para su rotación con el mismo, y uno o una pluralidad de cojinetes dispuestos dentro de un alojamiento, en el cual dicho uno o una pluralidad de cojinetes se utilizan en la forma de un cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según se define en la reivindicación 8 e incluye una primera sección de cojinete dividida dispuesta lejos del rotor de paletas y una segunda sección de cojinete dividida dispuesta cerca del rotor de paletas, y en donde la primera sección de cojinete dividida tiene una capacidad de carga mayor o una vida nominal mayor que la de la segunda sección de cojinete dividida.

ES 2 339 457 T3

15. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 1, en donde L1 expresa la longitud de los rodillos de una de las hileras de rodillos, L2 expresa la longitud de los rodillos de la otra hilera de rodillos, y A expresa la longitud de un eje principal de una elipse de contacto generada en un plano de contacto entre los rodillos de una de las hileras de rodillos y la pista interna, la siguiente relación dimensional establece:

5

$$L1 < L2 \text{ y } L1 > A$$

16. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 15, en el cual los rodillos son rodillos simétricos que tienen un diámetro máximo posicionado en una ubicación intermedia de la longitud de los rodillos o en el cual los rodillos son rodillos asimétricos que tienen un diámetro máximo posicionado en una ubicación desplazada de un punto intermedio de la longitud de los rodillos.

10

17. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 1, en el cual R1 expresa el radio de curvatura de una cresta de los rodillos de una de las hileras de rodillos, R2 expresa el radio de curvatura de una cresta de los rodillos de la otra hilera de rodillos, N1 expresa el radio de curvatura de la superficie del camino de rodadura de la pista interna, con la cual los rodillos de una de las hileras de rodillos hacen contacto, y N2 expresa el radio de curvatura de la superficie del camino de rodadura de la pista interna, con la cual los rodillos de la otra hilera de rodillos hacen contacto, la siguiente relación dimensional establece:

15

20

$$N1/R1 < N2/R2$$

18. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 17, en el cual el radio de curvatura R1 es mayor que el radio de curvatura R2 o en el cual el radio de curvatura N1 es menor que el radio de curvatura N2.

25

19. Cojinete de rodillos autoalineable de doble hilera según la reivindicación 17 ó 18, en el cual una de las hileras de rodillos que tiene el radio de curvatura R1 tiene una longitud menor que la de la otra hilera de rodillos que tiene el radio de curvatura R2.

30

35

40

45

50

55

60

65

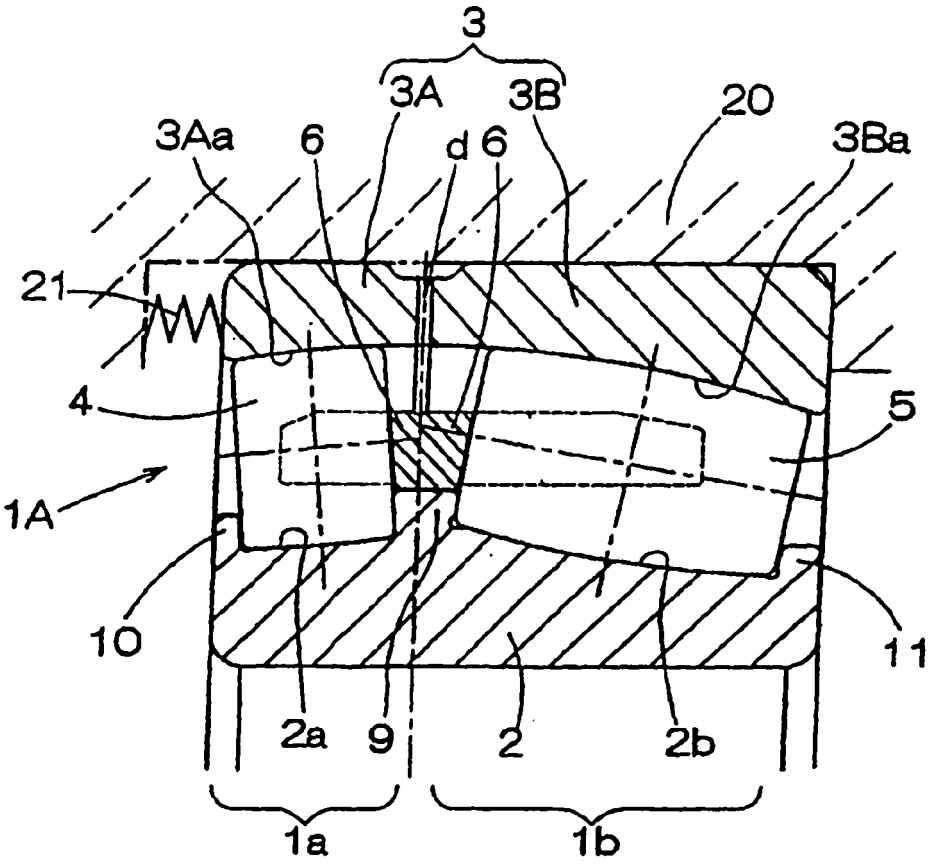


Fig. 2

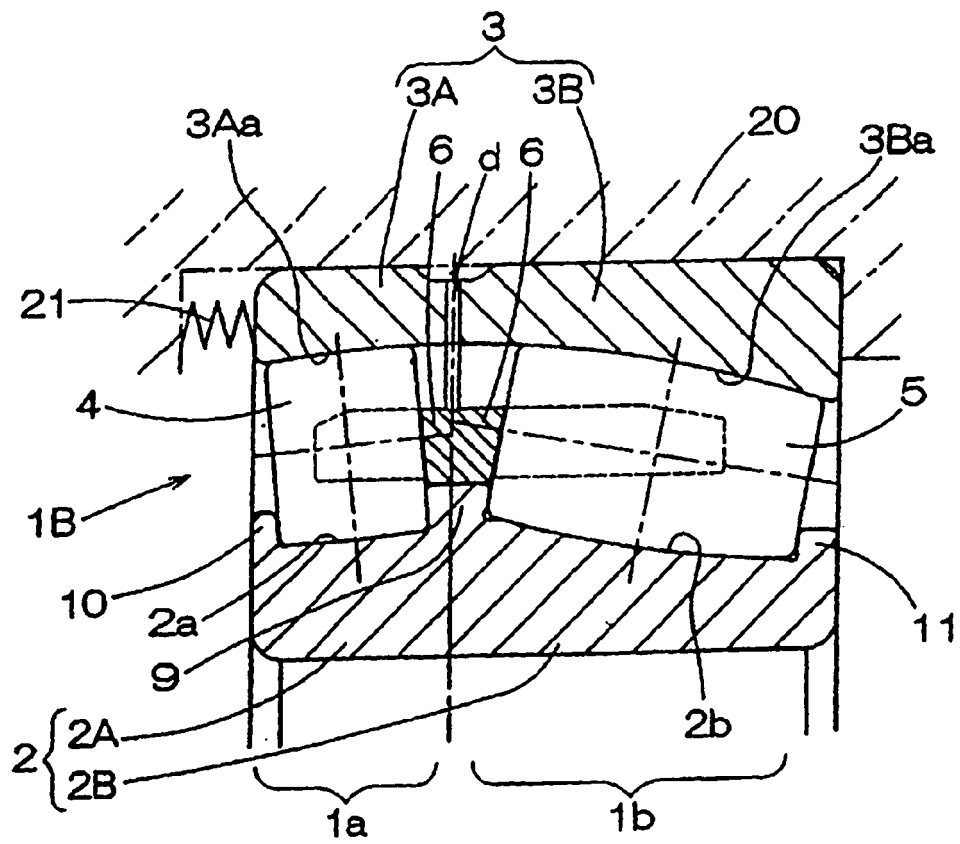


Fig. 3

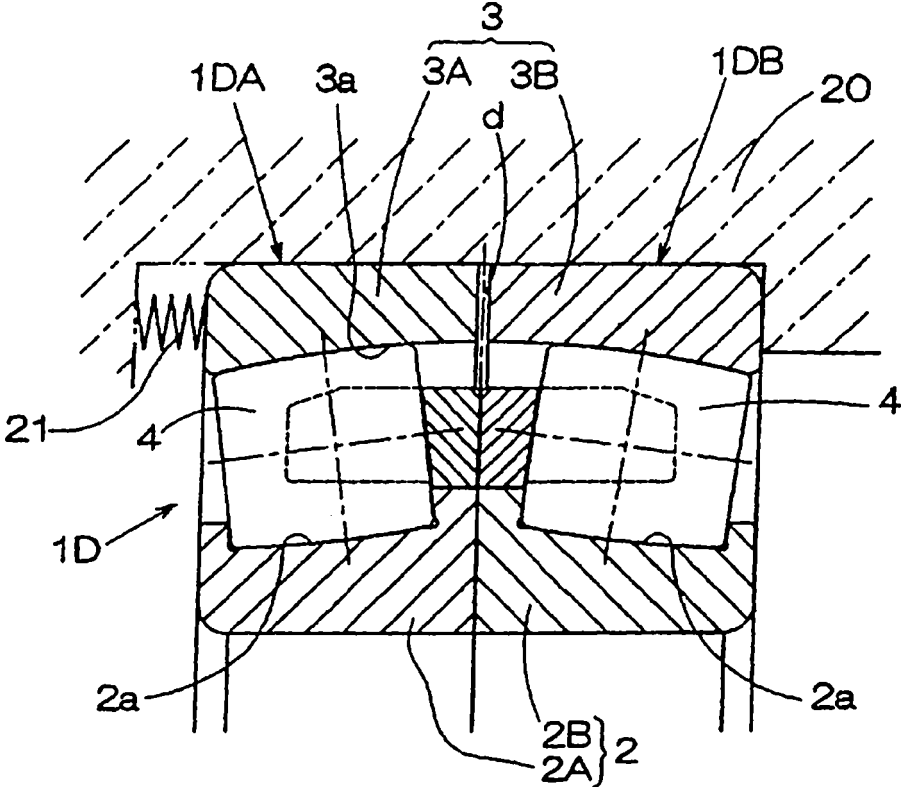


Fig. 6

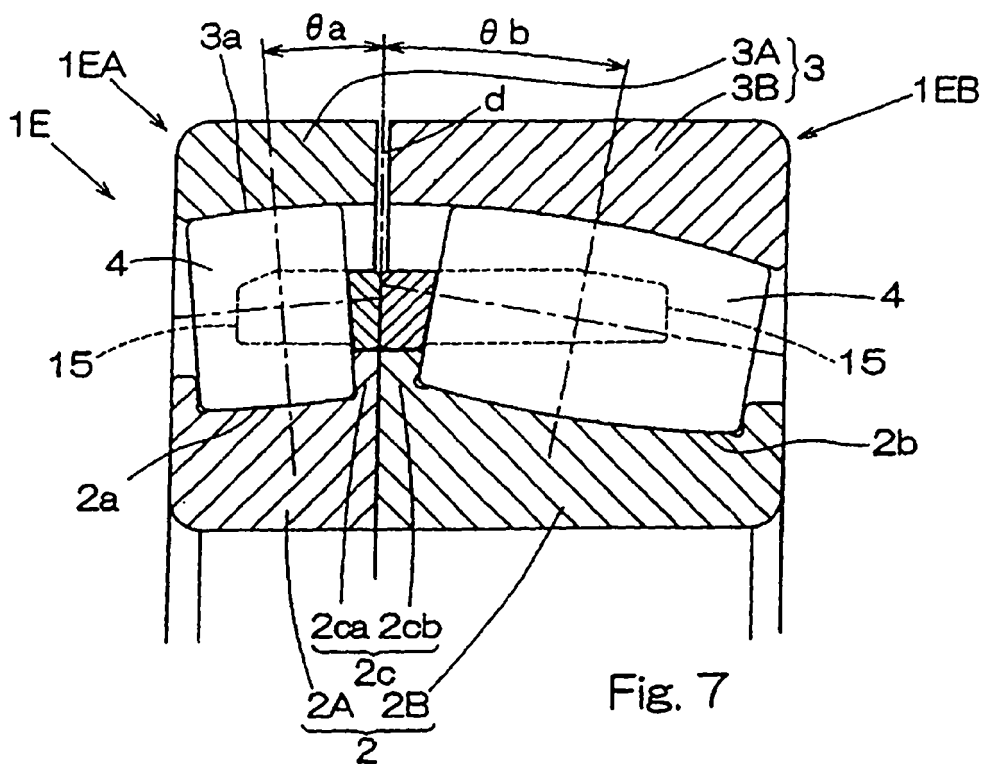
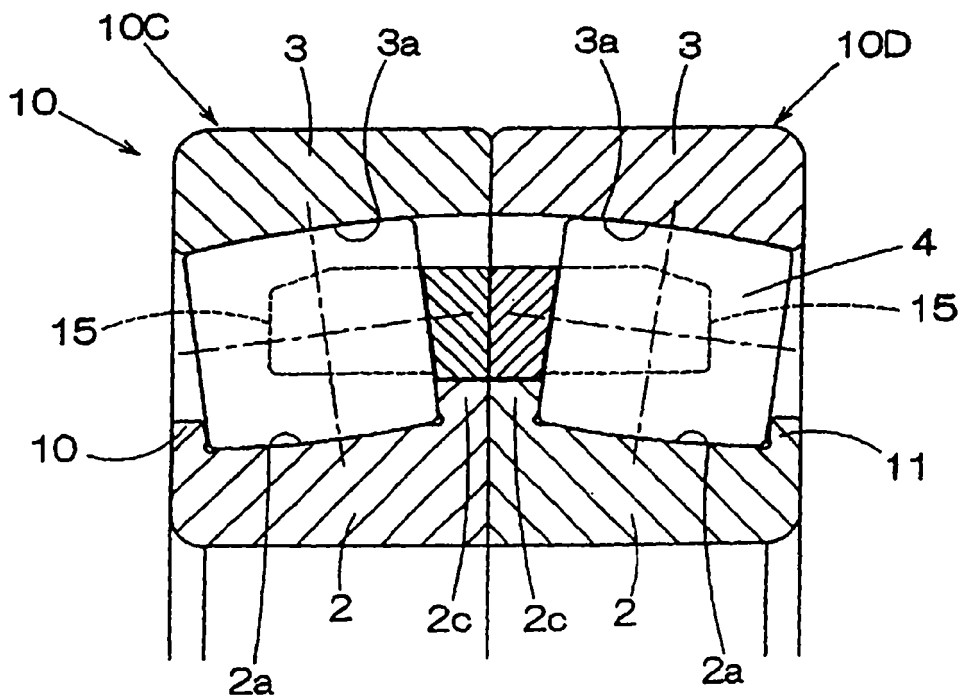


Fig. 7

Fig. 8



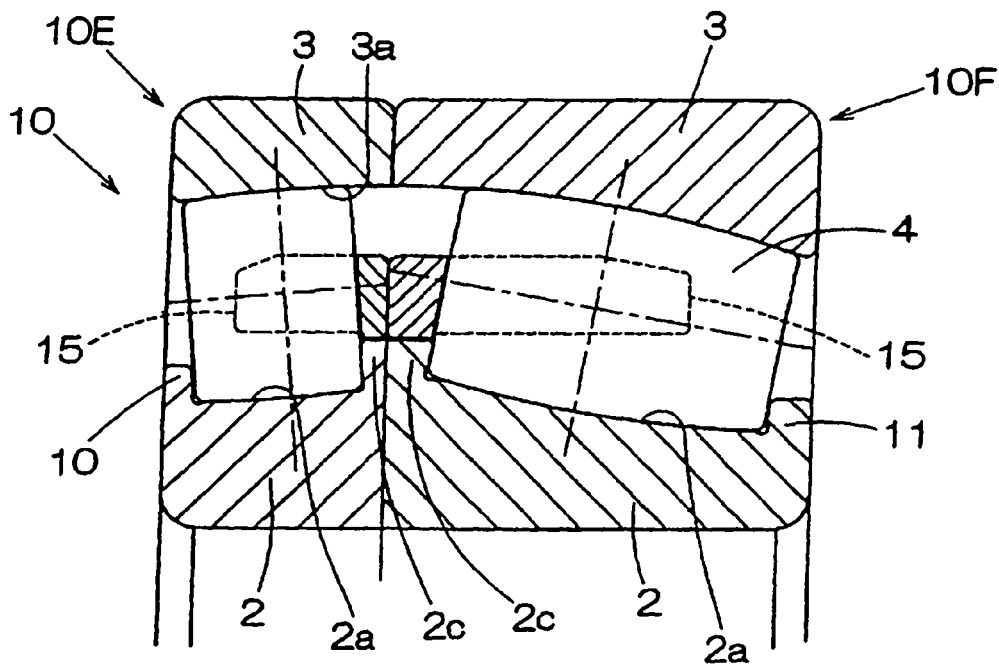


Fig. 9

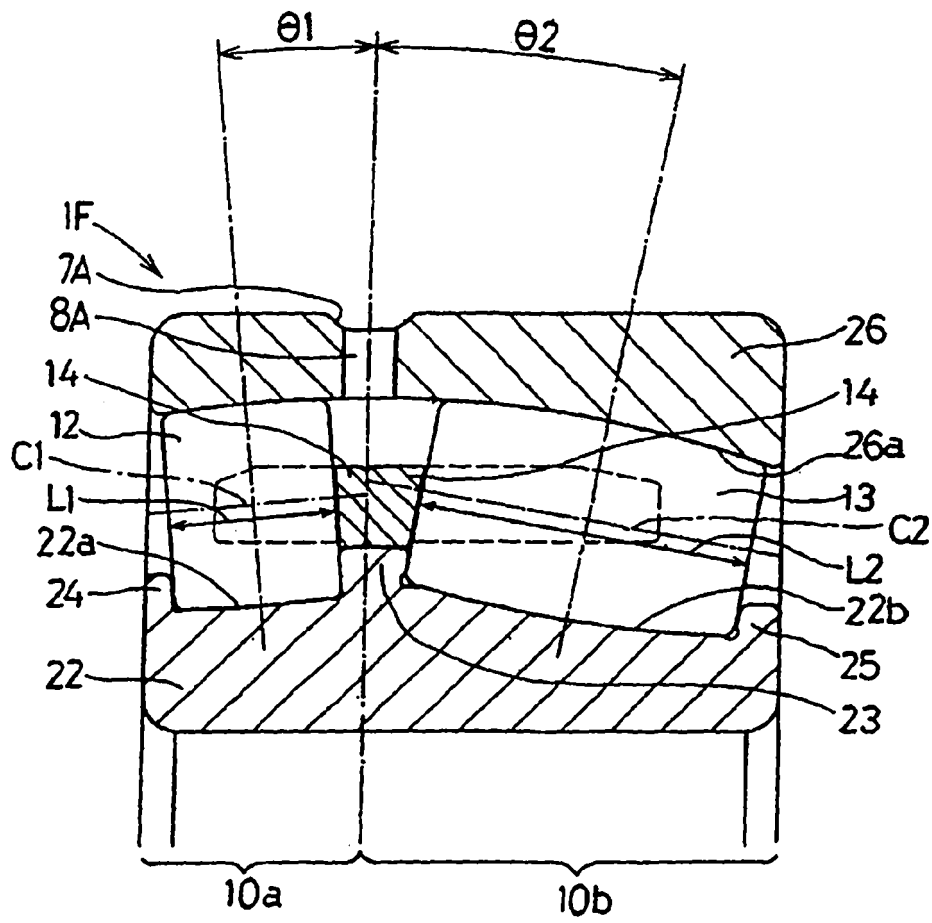


Fig. 10

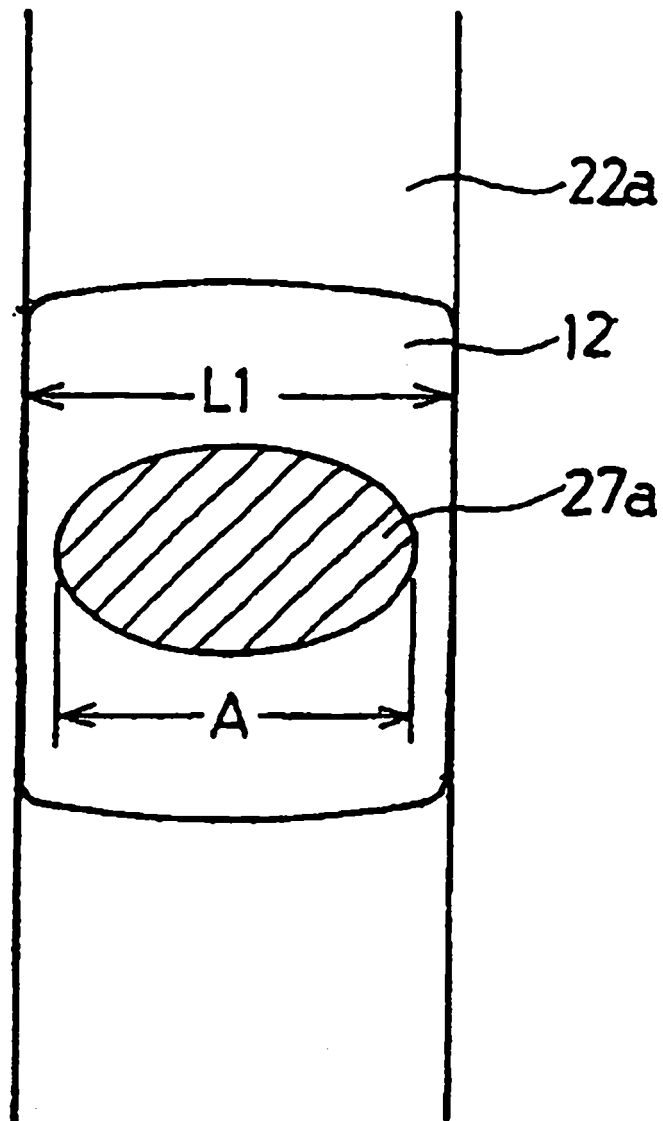
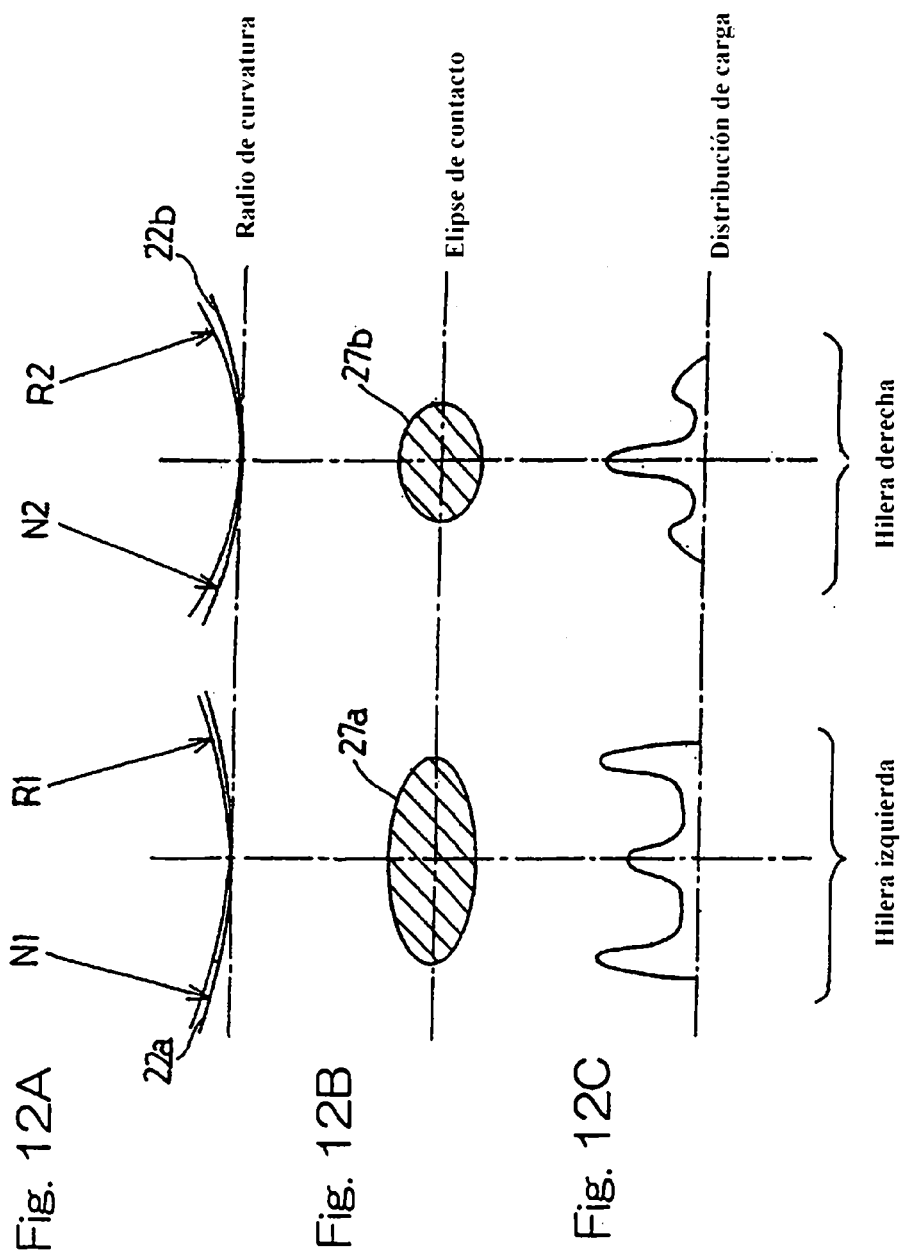


Fig. 11



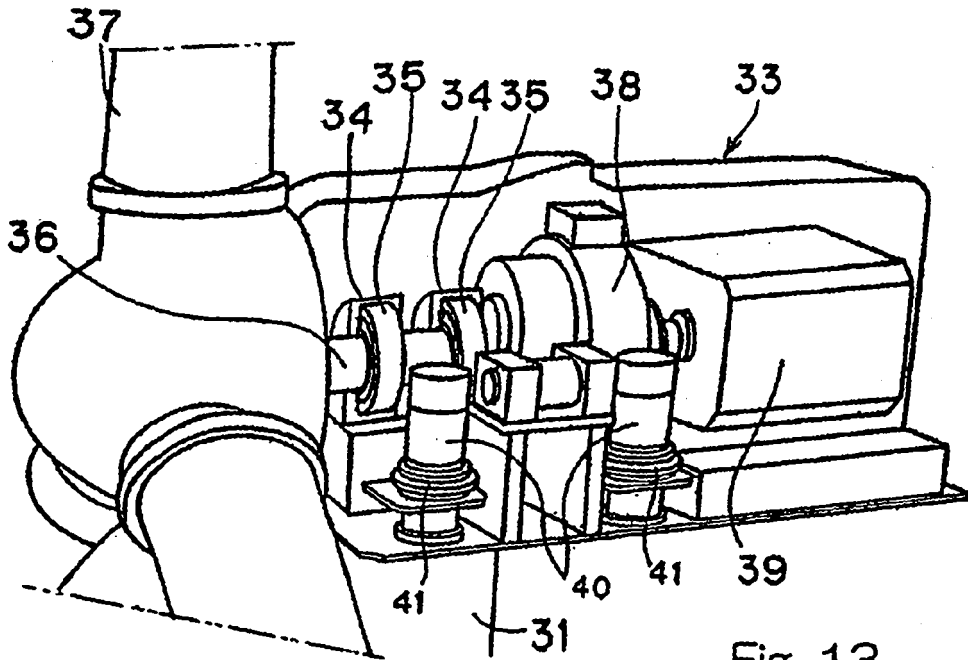


Fig. 13

Fig. 14

