

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 005**

51 Int. Cl.:

**F16C 19/36** (2006.01)

**F16C 23/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2015** **E 15191368 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020** **EP 3020987**

54 Título: **Rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales**

30 Prioridad:

**13.11.2014 SE 1451353**

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

**10.02.2021**

73 Titular/es:

**AKTIEBOLAGET SKF (100.0%)  
41 550 Göteborg, SE**

72 Inventor/es:

**KELLSTRÖM, MAGNUS;  
KULLIN, JONAS y  
LÖFQVIST, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 805 005 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**

Rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales

Campo de la invención

La presente invención se refiere a rodamientos de elementos rodantes.

- 5 De manera más específica, la presente invención se refiere a un rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales que comprende un aro interior, un aro exterior y un conjunto de elementos rodantes formado por rodillos dispuestos en una configuración intermedia entre los aros interior y exterior. La presente invención también se refiere a un método para fabricar un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales.

Antecedentes

- 10 En una aplicación típica, se puede utilizar una disposición de rodamiento de rodadura para acomodar una desalineación, deflexiones del eje y la expansión térmica del eje. Para hacer frente a una desalineación y a las deflexiones del eje, los ingenieros de diseño utilizan de manera convencional una disposición de rodamiento autoalineante que está compuesta por dos rodamientos autoalineantes de bolas o dos rodamientos de rodillos esféricos. No obstante, la expansión térmica del eje es un problema complejo y uno de los rodamientos se dispone con frecuencia como un rodamiento “del lado fijo” y el otro como un rodamiento “del lado libre”. Por ejemplo, el rodamiento fijo se puede asegurar en la carcasa y en el eje, y el rodamiento libre se puede disponer de modo que se pueda mover axialmente en su asiento en la carcasa. No obstante, el movimiento con relación a la carcasa del rodamiento libre genera de manera habitual una cantidad considerable de fricción, la cual posteriormente induce vibración, fuerzas axiales en el sistema de rodamientos y calor, donde todos ellos pueden reducir de manera significativa la vida útil de los rodamientos.

- 15 Para diversas aplicaciones, una solución conocida conlleva la utilización de un rodamiento de elementos rodantes toroidales, que es un rodamiento autoalineante radial que tiene un aro interior que se mueve de manera independiente del aro exterior, lo que hace posible, p. ej., la elongación y contracción térmica del eje o estructura debido a las variaciones de temperatura sin inducir cargas axiales internas. Por otra parte, como los aros interior y exterior de un rodamiento de rodillos toroidales se pueden montar con un ajuste por interferencia, se pueden evitar los problemas asociados con un aro exterior suelto, tal como la corrosión y distorsión por fretting del aro.

- 20 No obstante, para aplicaciones que conllevan cargas de empuje, los ingenieros de diseño se deben enfrentar con cargas axiales elevadas, desalineaciones y deflexiones de ejes. Las soluciones y reglas de diseño conocidas fuerzan a aceptar disposiciones de rodamientos resultantes que tienen poca libertad de diseño, son costosas y están sobredimensionadas.

- 25 La solicitud de patente n.º WO96/17179 expone un rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales, donde el rodamiento presenta un aro de rodadura interior con una pista de rodadura curvada, que está inclinada contra la línea central del rodamiento, y un aro de rodadura exterior que de manera similar tiene una pista de rodadura curvada inclinada contra la línea central del rodamiento. Entre las pistas de rodadura en los aros de rodadura se disponen unos rodillos convexos que no están obstruidos frente al movimiento axial por rebordes o topes, y que como las pistas de rodadura tienen un perfil de la sección longitudinal con un radio de curvatura, que es mayor que la distancia entre la pista de rodadura exterior y el eje geométrico del rodamiento, medido perpendicularmente a la pista de rodadura.

Compendio de la invención

- 30 Habida cuenta de lo mencionado anteriormente y de otros inconvenientes de la técnica anterior, un objeto general de la presente invención es proporcionar un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales, un método mejorado para determinar los parámetros dimensionales de los miembros estructurales de un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales y un método mejorado para fabricar un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales.

- 35 Estos y otros objetos se satisfacen mediante los contenidos proporcionados en las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas de la invención se presentan en las reivindicaciones dependientes.

- 40 De acuerdo con un primer aspecto de esta, la presente invención se refiere a un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales que comprende un aro interior, un aro exterior y un conjunto de elementos rodantes formado por rodillos dispuestos en una configuración intermedia entre los aros interior y exterior, donde cada rodillo tiene una superficie de contacto curva con el camino de rodadura dispuesta para estar en contacto de transmisión de carga con un camino de rodadura interior curvo del aro interior y en contacto de transmisión de carga con un camino de rodadura exterior curvo del aro exterior, un ángulo de contacto entre cada rodillo y el camino de rodadura interior y/o exterior está inclinado con relación al eje geométrico del rodamiento, y donde cada rodillo se

dispone de modo que se oriente automáticamente en su dirección axial con relación a los aros interior y exterior en una zona cargada durante la utilización.

La invención se basa en el descubrimiento por parte de los inventores de que se puede mejorar de manera considerable el sistema de rodamientos en aplicaciones que implican cargas axiales elevadas, desalineaciones y deflexiones de ejes, proporcionando un rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales que se diseña haciendo énfasis en permitir una orientación automática de los rodillos, también denominada efecto de deslizamiento. Esto permite unas soluciones de rodamientos más compactas y eficientes. Con más detalle, este planteamiento permite rodamientos más compactos, que a su vez permite reducciones del sobredimensionado de la capacidad de carga y el sobredimensionado dimensional del sistema de rodamientos. De ese modo, se pueden utilizar soluciones de rodamientos más compactos, que requieren menos material y recursos para la fabricación, tal como tiempo, material, transporte, etc., con el fin de lograr unos rodamientos que tienen rendimientos similares o mejores para una aplicación particular que conlleve, p. ej., unas cargas axiales elevadas, desalineaciones y deflexiones de ejes.

De acuerdo con una realización, se pueden omitir las reglas convencionales de diseño relacionadas con rodamientos no angulares de elementos rodantes toroidales, cuando se diseña el rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales. Dicho de otro modo, únicamente se utilizan los criterios de orientación automática axial, también conocidos como criterios del efecto de deslizamiento, para determinar el diseño óptimo del rodamiento.

Por otra parte, en diversas aplicaciones, un rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales de acuerdo con las realizaciones de la presente invención permite, p. ej., unos diseños más seguros y optimizados, una mayor vida útil del rodamiento, mayores intervalos de mantenimiento, una temperatura de trabajo más baja, unos niveles de vibración y ruido más bajos, un mayor rendimiento de la máquina, el mismo rendimiento con una máquina más ligera o simple, mejor calidad del producto/menos restos, etc.

De acuerdo con una realización ilustrativa, el rodamiento autoalineante de contacto angular toroidal es un rodamiento grande. Un rodamiento de rodadura grande es, por ejemplo, un rodamiento que tiene un diámetro externo de 500 mm o más.

De acuerdo con una realización ilustrativa, cada rodamiento se dispone de modo que se oriente automáticamente en su dirección axial con relación a los aros interior y exterior en función del cambio en las condiciones de trabajo del rodamiento. Por ejemplo, durante el cambio de las condiciones de trabajo que conlleva una desalineación de los miembros estructurales del rodamiento, cambios de carga, por ejemplo, entrar y salir de la zona cargada/sin cargar, o deformaciones, desplazamientos o torsiones de los aros, etc. Mediante la orientación automática axial de los rodillos, se logra un autoequilibrado que conduce a unas distribuciones de esfuerzos simétricas y a evitar cargas desfavorables en los bordes de los rodillos en condiciones de trabajo habituales.

De acuerdo con una realización ilustrativa, la curvatura de la superficie de contacto curva con el camino de rodadura de cada rodillo y la curvatura de los caminos de rodadura interior y exterior están adaptadas de modo que permitan una orientación automática de los rodillos en la dirección axial de los rodillos.

De acuerdo con la invención, cada rodillo tiene un radio transversal del rodillo 'rw' y una longitud del rodillo 'lw', y una proporción entre el radio transversal del rodillo y la longitud del rodillo, para cada rodillo, es menor de 12, o es menor de 10, o menor de 8.5, o menor de 6, o menor de 4. La proporción entre el radio transversal del rodillo y la longitud del rodillo es una característica de la capacidad del efecto de deslizamiento, es decir, la capacidad de orientación automática de los rodillos en su dirección axial durante el cambio de las condiciones de trabajo. Esta se puede determinar en función de la fricción entre el camino de rodadura y el rodillo. Con más detalle, la proporción del radio transversal del rodillo 'rw' frente a la longitud del rodillo 'lw' es una característica del ángulo de inclinación de la superficie de contacto con el camino de rodadura del rodillo y la pendiente del camino de rodadura cerca de los extremos axiales del rodillo. La relación entre la pendiente y un ángulo de fricción afecta a la orientación automática por medio del deslizamiento axial de los rodillos, de modo que se puedan evitar cargas y esfuerzos desfavorables en los bordes de los rodillos.

De acuerdo con una realización ilustrativa, el camino de rodadura exterior comprende un radio transversal del camino de rodadura y un radio circunferencial del camino de rodadura. Con más detalle, el radio transversal del camino de rodadura se puede definir como el radio del camino de rodadura exterior en la dirección transversal a la dirección de rodadura de los rodillos. Por otra parte, el radio circunferencial del camino de rodadura se puede definir como el radio del camino de rodadura exterior en la dirección de rodadura de los rodillos, en el punto de contacto entre un rodillo y el camino de rodadura exterior.

De acuerdo con la invención, el radio transversal del camino de rodadura es menor de 1.0 veces el radio circunferencial del camino de rodadura. Este intervalo de la proporción entre los radios transversal y circunferencial del camino de rodadura permite un diseño del radio transversal con desplazamiento negativo del rodamiento, donde el radio transversal del camino de rodadura es menor que el radio circunferencial del camino de rodadura. Dicho de otro modo, la geometría toroidal de la curvatura de los caminos de rodadura de los rodamientos se dispone de modo que el punto

central del radio transversal del camino de rodadura del aro exterior no alcance la línea del eje geométrico central del rodamiento. De acuerdo con una realización adicional, el radio transversal del camino de rodadura es menor de 1.0 veces el radio circunferencial del camino de rodadura, aunque no menor de, o igual a, un 50% de la longitud del rodillo 'lw', o no menor de, o igual a, un 60% de la longitud del rodillo 'lw'.

5 De acuerdo con una realización ilustrativa, el ángulo de contacto se encuentra entre 10 y 45 grados, o entre 15 y 35 grados. El ángulo de contacto se puede definir como el ángulo de la línea a lo largo de la cual se transmite la carga resultante por medio del elemento de rodillo desde un camino de rodadura a otro, de manera habitual a lo largo de una parte central axial del rodillo, con relación a la dirección normal del eje geométrico central del rodamiento. El ángulo de contacto es fundamental para proporcionar una capacidad de transmisión de carga axial suficientemente elevada del rodamiento.

10 De acuerdo con diversas disposiciones que comprenden realizaciones del rodamiento, el rodamiento se puede disponer con un huelgo operativo interno positivo, un huelgo operativo interno negativo o sin huelgo operativo interno. Por ejemplo, dependiendo del diseño preferido de la aplicación, los elementos rodantes pueden no tener ningún juego axial con relación a los caminos de rodadura de los aros interior y exterior, o los elementos rodantes se pueden disponer con un juego adecuado en las direcciones radial y axial con relación a los caminos de rodadura de los aros interior y exterior. Como alternativa, los rodamientos se pueden disponer con un huelgo operativo negativo, es decir, una precarga, con el fin de, p. ej., mejorar la rigidez de la disposición de rodamiento o aumentar la precisión de trabajo. Por ejemplo, la aplicación de una precarga se puede proporcionar mediante resortes, o mediante una solución que implique dispositivos hidráulicos de presión.

15 La presente exposición también se refiere a un método para determinar los parámetros dimensionales de los miembros estructurales de un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales para una aplicación, teniendo el rodamiento unos elementos rodantes formados por rodillos dispuestos entre un aro interior y un aro exterior. El método comprende recibir una primera entrada representativa de las propiedades de transmisión de carga necesarias asociadas con la aplicación. Por otra parte, el método comprende determinar, en función de la primera entrada:

20 un ángulo de contacto para el rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales, - un primer parámetro dimensional representativo de un radio transversal 'rw' de los rodillos, y - un segundo parámetro dimensional representativo de una longitud del rodillo 'lw', donde el primer y segundo parámetro dimensional se determinan en función de una proporción entre el radio transversal del rodillo y una longitud del rodillo.

25 El método para determinar los parámetros dimensionales, y sus realizaciones, permite convenientemente la determinación de los rodamientos con los mismos beneficios y efectos ventajosos a los descritos en relación con el primer aspecto de la invención. Con más detalle, se pueden proporcionar rodamientos mejorados para aplicaciones que implican cargas axiales elevadas, desalineaciones y deflexiones de ejes mediante la determinación de unos parámetros dimensionales mejorados de los miembros estructurales del rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales. En particular, al centrarse en que el diseño permita la orientación automática de los rodillos en función de la proporción entre el radio transversal del rodillo y la longitud del rodillo, se pueden lograr unas soluciones de rodamientos más compactos y eficientes. Al centrarse en la proporción entre el radio transversal del rodillo y la longitud del rodillo, se puede optimizar el diseño del rodamiento con relación a la orientación automática axial de los rodillos, y se pueden simplificar las reglas de diseño anteriores para rodamientos toroidales. Esto permite reducciones del sobredimensionamiento en términos de capacidad de carga y dimensiones externas del rodamiento y sus miembros estructurales. Un ingeniero de diseño, por ejemplo, puede utilizar el método para determinar la dimensión adecuada del rodamiento para una aplicación dada que tenga propiedades predeterminadas, tal como diámetro del aro exterior o diámetro del orificio del aro interior del rodamiento, etc.

30 De acuerdo con una realización ilustrativa, el método comprende determinar un ángulo de contacto entre 10 y 45 grados, o entre 15 y 35 grados.

35 De acuerdo con una realización ilustrativa, el método comprende además determinar la proporción entre el radio transversal del rodillo y la longitud del rodillo, de modo que se disponga cada rodillo para orientarse automáticamente en su dirección axial con relación a los aros interior y exterior en una zona cargada durante la utilización. De acuerdo con una realización ilustrativa, la proporción, para cada rodillo en el rodamiento, es menor de 12, o es menor de 10, o menor de 8.5, o menor de 6, o menor de 4.

40 De acuerdo con una realización ilustrativa, el método comprende además especificar un radio transversal del camino de rodadura, del camino de rodadura exterior, y un radio circunferencial del camino de rodadura, del camino de rodadura exterior. Por ejemplo, de acuerdo con una realización ilustrativa, el método comprende especificar que el radio transversal del camino de rodadura se encuentra entre 1.65 y 1.0 veces el radio circunferencial del camino de rodadura, o entre 1.62 y 1.02. De acuerdo con una realización ilustrativa alternativa, el método comprende especificar que el radio transversal del camino de rodadura es menor de 1.0 veces el radio circunferencial del camino de rodadura, o menor de 1.02. De ese modo, se puede proporcionar un diseño transversal de rodamiento positivo o negativo del rodamiento, respectivamente.

De acuerdo con una realización ilustrativa, el método es un método implementado por ordenador, donde el método se ejecuta mediante uno o más procesadores de un dispositivo informático. Además, la presente invención se refiere a un soporte legible por ordenador que contiene instrucciones que, cuando se ejecutan mediante un dispositivo informático, hacen que el dispositivo informático ejecute el método implementado por ordenador de una cualquiera de las realizaciones descritas en la presente. Por otra parte, de acuerdo con una realización ilustrativa, el método implementado por ordenador comprende producir una representación del primer y/o segundo parámetro dimensional. Esta se puede enviar, p. ej., a una pantalla o enviar a una unidad de control de fabricación de rodamientos.

De acuerdo con un aspecto adicional de esta, la presente invención se refiere a un método para fabricar un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales, que comprende un aro interior, un aro exterior y un conjunto de elementos rodantes formado por rodillos dispuestos en una configuración intermedia entre los aros interior y exterior, donde el método comprende proporcionar cada rodillo con una superficie de contacto curva con el camino de rodadura para estar en un contacto de transmisión de carga con un camino de rodadura interior curvo del aro interior y en un contacto de transmisión de carga con un camino de rodadura exterior curvo del aro exterior, donde la curvatura de la superficie de contacto con el camino de rodadura de cada rodillo y la curvatura de los caminos de rodadura interior y exterior están adaptadas de modo que cada rodillo se oriente automáticamente en su dirección axial con relación a los aros interior y exterior. El método para fabricar el rodamiento es ventajoso de una manera similar a la descrita en relación con el primer y segundo aspecto de la invención. De acuerdo con diversas realizaciones, el método puede comprender además fabricar un rodamiento de acuerdo con una cualquiera de las realizaciones descritas en relación con el primer y segundo aspecto de la invención.

El rodamiento de contacto angular de rodillos toroidales es ventajoso por que puede acomodar tanto las cargas radiales como las cargas axiales. Esto es debido al diseño optimizado de los aros combinado con el diseño y número de rodillos. Por ejemplo, se puede utilizar en una disposición cara a cara o espalda con espalda con otro rodamiento que asuma la carga axial en la otra dirección. Debido a su diseño robusto, los rodamientos toroidales pueden hacer frente a pequeñas deformaciones y pequeños errores de mecanizado del asiento del rodamiento. Los aros acomodan estas pequeñas imperfecciones sin el peligro de los esfuerzos en el borde de los rodillos. La elevada capacidad de transmisión de carga más la posibilidad de compensar los pequeños errores de fabricación o instalación proporcionan la oportunidad de aumentar la productividad y el tiempo productivo de la máquina. Junto con la elevada capacidad de transmisión de carga axial del rodamiento de contacto angular de elementos rodantes toroidales, esto significa que, para el mismo tamaño de rodamiento en una disposición de aplicación, se puede aumentar el rendimiento y/o extender la vida útil. Además, se pueden hacer más compactos nuevos diseños de máquinas para proporcionar el mismo o incluso mejor rendimiento.

En general, aparecerán otros objetivos, características y ventajas de la presente invención a partir de la siguiente exposición detallada, de las reivindicaciones dependientes adjuntas, así como también de los dibujos, que se encuentran igualmente dentro del alcance de la invención.

#### Descripción breve de los dibujos

Ahora se describirán, a modo de ejemplo, las realizaciones de la invención haciendo referencia a los dibujos anexos, donde:

La figura 1 es una vista de una sección transversal esquemática de una realización ilustrativa del rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales de acuerdo con la presente exposición, no forma parte de la invención.

La figura 2 es una vista de una sección transversal esquemática de una realización ilustrativa del rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales de acuerdo con la presente invención.

La figura 3 es una vista de una sección transversal parcial esquemática de una realización ilustrativa del rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 es una vista esquemática de una forma de toro en combinación con un rodamiento de elementos rodantes.

La figura 5 es un diagrama de flujo esquemático de una realización de un método de acuerdo con la presente exposición.

Se debería sobreentender que los dibujos no están a escala, y que tal como puede apreciar fácilmente un experto en la técnica, las dimensiones distintas a aquellas ilustradas en los dibujos se encuentran igualmente dentro del alcance de la invención.

#### Descripción detallada de realizaciones de la invención

En los dibujos, se hace referencia a elementos iguales o similares mediante números de referencia iguales.

En la figura 1, se muestra una vista de una sección transversal esquemática de una realización ilustrativa del rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales 10 de acuerdo con la presente exposición, no forma parte de la invención.

5 En la figura 2, se muestra una vista de una sección transversal esquemática de una realización ilustrativa del rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales 10 de acuerdo con la presente invención.

10 Cada uno de los rodamientos 10 ilustrados en la figura 1 y la figura 2 comprende un aro interior 20, un aro exterior 21 y un conjunto de elementos rodantes formado por rodillos simétricos 15 dispuestos en una configuración intermedia entre los aros interior y exterior 20 y 21. Cada rodillo 15 del rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes es un rodillo del rodamiento axialmente simétrico. Tal como se muestra, el rodamiento 10 es un rodamiento de elementos rodantes de una hilera.

15 Por otra parte, cada rodillo 15 tiene una superficie de contacto curva con el camino de rodadura 15a dispuesta en contacto con un camino de rodadura interior curvo 20a del aro interior 20, y en contacto con un camino de rodadura exterior curvo 21a del aro exterior 21. Tal como se muestra, el ángulo de contacto entre cada rodillo 15 y el camino de rodadura interior 20a y el camino de rodadura exterior 21a está inclinado con relación a un eje geométrico del rodamiento C, tal como se indica mediante D en la figura 2. La curvatura toroidal de la superficie de contacto curva con el camino de rodadura 15a de cada rodillo 15 y la curvatura toroidal de los caminos de rodadura interior y exterior 20a y 21a están adaptadas para permitir la orientación automática de los rodillos en la dirección axial 22 de los rodillos. La curvatura toroidal de la superficie de contacto curva con el camino de rodadura 15a de cada rodillo 15 se corresponde con la curvatura toroidal de los caminos de rodadura interior y exterior 20a y 21a. El radio transversal del camino de rodadura, característico para la geometría toroidal, del camino de rodadura exterior 21a se indica mediante re. Tal como se ilustra, el radio transversal del camino de rodadura re está desplazado con relación al eje geométrico del rodamiento C y al radio del camino de rodadura del aro exterior 21a, tal como se indica mediante A y B, respectivamente. La longitud axial del rodillo se indica mediante lw.

25 Cada uno de los rodamientos 10 ilustrados en la figura 1 y la figura 2 es un rodamiento de rodillos de una hilera 10 con rodillos relativamente largos y ligeramente convexos. De manera correspondiente, los caminos de rodadura de los aros interior y exterior 20a y 21a son cóncavos y simétricos. La geometría del camino de rodadura del aro exterior se basa en un toro, tal como se ilustra de manera esquemática en la figura 4, de ahí la expresión rodamiento de rodillos toroidales. El rodamiento de contacto angular de rodillos toroidales se diseña como un rodamiento del lado fijo que permite la posibilidad de autoalinearse, similar a la capacidad de un rodamiento de rodillos a rótula, y la posibilidad de permitir desplazamientos de torsión, tal como la torsión de uno cualquiera o de ambos de los aros y/o la estructura de soporte. La capacidad autoalineante y la posibilidad de permitir desplazamientos de torsión son particularmente importantes, por ejemplo, en aplicaciones donde existe una desalineación como resultado de una fabricación imprecisa, errores de montaje o deflexiones de ejes. Para compensar estas condiciones, el rodamiento 10 se puede disponer, por ejemplo, de modo que acomode una desalineación de hasta 0.5 grados entre los aros del rodamiento 20 y 21, sin ningún efecto negativo sobre el rodamiento o la vida útil del rodamiento. Algunas ventajas adicionales son que el rodamiento trabaja más refrigerado, el lubricante dura más y los intervalos de mantenimiento se pueden extender de manera apreciable.

40 Haciendo referencia a la figura 1, el radio transversal del camino de rodadura re del camino de rodadura exterior es entre 1.62 y 1.0 veces el radio circunferencial del camino de rodadura re<sub>c</sub> del aro exterior. Esta proporción permite un rodamiento toroidal con un diseño del radio transversal con desplazamiento positivo, donde el radio transversal del camino de rodadura re es mayor que el radio circunferencial del camino de rodadura re<sub>c</sub> del aro exterior, dentro de un intervalo limitado. Dicho de otro modo, la geometría toroidal de la curvatura de los caminos de rodadura del rodamiento 20a y 21a, así como también la de los rodillos 15a, se dispone de modo que el punto central del radio transversal del camino de rodadura re sobrepase la línea del eje geométrico central C del rodamiento 10. Tal como se muestra, el punto central del radio transversal del camino de rodadura re está situado a una distancia A pasada la línea del eje geométrico del rodamiento C.

50 Haciendo referencia a la figura 2, el radio transversal del camino de rodadura re del camino de rodadura exterior 21a es menor de 1.0 veces el radio circunferencial del camino de rodadura re<sub>c</sub> del aro exterior. Esta proporción permite un rodamiento toroidal con un diseño del radio transversal con desplazamiento negativo, donde el radio transversal del camino de rodadura re es menor que el radio circunferencial del camino de rodadura re<sub>c</sub> del aro exterior. Dicho de otro modo, la geometría toroidal de la curvatura de los caminos de rodadura del rodamiento 20a y 21a, así como también la de los rodillos 15a, se dispone de modo que el punto central del radio transversal del camino de rodadura re no alcance la línea del eje geométrico central C del rodamiento 10. Tal como se muestra, el punto central del radio transversal del camino de rodadura re está situado a una distancia B antes de la línea del eje geométrico del rodamiento C.

55 En la figura 3, se muestra una vista de una sección transversal parcial esquemática de una realización ilustrativa del rodamiento autoalineante de contacto angular de rodillos toroidales de acuerdo con la presente invención. De manera más específica, se muestra un rodillo axialmente simétrico 15 de un rodamiento autoalineante de contacto angular de

rodillos toroidales, que tiene una superficie de contacto con el camino de rodadura 15a, un extremo del rodillo 15b, un eje geométrico del rodillo 22, un radio transversal  $r_w$ , una longitud del rodillo  $l_w$  y un ángulo de fricción  $p$  en el extremo del rodillo 15b.

5 La orientación automática axial depende de las geometrías de la curvatura del rodamiento, y se puede determinar un límite de autobloqueo, donde se evita la orientación automática axial de los rodillos, en función de las propiedades y geometrías de fricción existentes en el extremo axial del rodillo 15b.

Las siguientes relaciones son válidas, donde  $\mu$  es representativo de un coeficiente de fricción entre la superficie de contacto con el camino de rodadura del rodillo 15 y el camino de rodadura del rodamiento.

$$\mu(\text{límite}) < \tan(p)$$

10 Donde el ángulo de fricción  $p$  en el extremo del rodillo se puede definir como:

$$p = \arcsen((l_w/2)/r_w)$$

Ejemplo:

De acuerdo con un ejemplo ilustrativo (aprox.):

15 Si  $\mu(\text{límite})$  es 0.05 (dependiendo de, p. ej., las propiedades del material, los parámetros de trabajo del rodamiento, etc.), y la longitud del rodillo  $l_w = 195$  mm, entonces el radio transversal del rodillo debería ser menor de aproximadamente 1950 mm, para garantizar una orientación automática axial del rodillo durante la utilización. El límite aproximado del radio transversal  $r_w < 1950$  mm se corresponde con una proporción entre el radio transversal del rodillo  $r_w$  y la longitud del rodillo  $l_w$  de 10. Esta proporción es independiente del diámetro primitivo del rodamiento. Una proporción menor ofrece una mayor capacidad de orientación automática de los rodillos, tal como menor de 8.5, o menor de 6, o menor de 4.

En la figura 4, se muestra una vista esquemática de una forma de toro en combinación con un rodamiento de elementos rodantes 40. Tal como se muestra, la curvatura de los caminos de rodadura del rodamiento forma una geometría de toro. El rodamiento 40 ilustrado es un rodamiento toroidal con un ángulo de contacto cero.

25 En la figura 5, se muestra un diagrama de flujo esquemático de una realización del método 50 de acuerdo con la presente exposición. Tal como se ilustra, el método 50 comprende un paso 51 que comprende recibir una primera entrada representativa de las propiedades de transmisión de carga necesarias asociadas con la aplicación. Por otra parte, el método comprende los pasos 52, 53 y 54, donde los pasos comprenden determinar diferentes características del rodamiento en función de la primera entrada. Con más detalle, el paso 52 comprende determinar un ángulo de contacto para el rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales, el paso 53  
30 comprende determinar un primer parámetro dimensional representativo de un radio transversal  $r_w$  para los rodillos, y el paso 54 comprende determinar un segundo parámetro dimensional representativo de una longitud de rodillo  $l_w$ , donde el primer y segundo parámetro dimensional se determinan en función de una proporción entre el radio transversal del rodillo y la longitud del rodillo.

35 De acuerdo con una implementación ilustrativa del método representado en la figura 5, los parámetros dimensionales de los miembros estructurales de un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales para una aplicación específica se puede determinar en función de diversos parámetros de entrada representativos de las propiedades de transmisión de carga necesarias asociadas con la aplicación específica.

Por ejemplo, la primera entrada puede comprender cualquiera de uno o más de los siguientes parámetros de entrada:

D, diámetro exterior del rodamiento, o el diámetro del soporte del rodamiento,

40 d, diámetro del eje, o el orificio del rodamiento,

P, la carga.

El método puede comprender además la determinación de cualquiera de uno o más de los siguientes parámetros adicionales:

Dw, altura del elemento de rodillo,

45 z, número de elementos rodantes en el rodamiento,

dm, diámetro primitivo del rodamiento.

De acuerdo con diversas realizaciones, cualquiera de uno o todos los parámetros de entrada anteriores D, d y P y de los parámetros determinados Dw, z y dm se pueden utilizar de manera conveniente como base para determinar el

primer y segundo parámetro dimensional representativos del radio transversal  $r_w$  y de la longitud del rodillo  $l_w$ , respectivamente.

5 Cabe destacar que el radio transversal de los caminos de rodadura, tal como el radio transversal del camino de rodadura, del camino de rodadura exterior  $r_e$ , se corresponde de manera habitual con el radio transversal del rodillo  $r_w$  en función de una proporción adecuada, conocida también como osculación. El nivel de correspondencia, es decir, la relación de osculación  $r_w/r_e$ , entre el radio transversal del rodillo y del camino de rodadura puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 0.98, o de entre 0.965 y 0.995.

10 Cabe destacar que la invención se ha descrito principalmente con anterioridad haciendo referencia a diversas realizaciones. No obstante, un experto en la técnica apreciará fácilmente que son igualmente posibles otras realizaciones diferentes a las expuestas con anterioridad dentro del alcance de la invención, tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas de la patente.

15 Por ejemplo, aunque el rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales se ha descrito principalmente en relación con una configuración independiente, se puede utilizar en amplio rango de aplicaciones, que incluyen, aunque sin carácter limitante, turbinas, fresadoras y otras máquinas que incluyan ejes rotativos con requisitos de soporte axial y radial.

20 En las reivindicaciones, la expresión "que comprende" no excluye otros elementos o pasos, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. Un único aparato u otra unidad puede realizar las funciones de diversos componentes citados en las reivindicaciones. El simple hecho de que se citen ciertas características o pasos del método en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que no se pueda utilizar una combinación de estas características o pasos para obtener ventaja.



**REIVINDICACIONES**

1. Un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales (10), que comprende un aro interior (20), un aro exterior (21) y un conjunto de elementos rodantes formados por rodillos (15) dispuestos en una configuración intermedia entre los aros interior y exterior, donde
- 5 cada rodillo tiene una superficie de contacto curva con el camino de rodadura (15a) dispuesta de modo que esté en contacto de transmisión de carga con un camino de rodadura interior curvo (20a) del aro interior y en contacto de transmisión de carga con un camino de rodadura exterior curvo (21a) del aro exterior,
- un ángulo de contacto entre cada rodillo (15) y el camino de rodadura interior y/o exterior está inclinado con relación a un eje geométrico del rodamiento, y
- 10 donde cada rodillo se dispone de modo que se oriente automáticamente en su dirección axial con relación a los aros interior y exterior en una zona cargada durante la utilización,
- donde cada rodillo tiene un radio transversal del rodillo ( $r_w$ ) y una longitud del rodillo ( $l_w$ ), y
- una relación entre el radio transversal del rodillo y la longitud del rodillo, para cada rodillo, es menor de 12, o es menor de 10, o menor de 8.5, o menor de 6, o menor de 4,
- 15 donde el camino de rodadura exterior (21a) comprende un radio transversal del camino de rodadura ( $r_e$ ) y un radio circunferencial del camino de rodadura ( $r_{ec}$ ), **caracterizado por que,**
- el radio transversal del camino de rodadura ( $r_e$ ) es menor de 1.0 veces el radio circunferencial del camino de rodadura ( $r_{ec}$ ).
2. El rodamiento de elementos rodantes de acuerdo con la reivindicación 1, donde cada rodillo se dispone de modo
- 20 que se oriente por sí mismo en su dirección axial con relación a los aros interior y exterior en función del cambio en las condiciones de trabajo del rodamiento (10).
3. El rodamiento de elementos rodantes de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la curvatura de la superficie de contacto curva con el camino de rodadura de cada rodillo y la curvatura de los caminos de rodadura interior y exterior están adaptadas para permitir la orientación automática de los rodillos en la dirección
- 25 axial de los rodillos.
4. El rodamiento de elementos rodantes de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el ángulo de contacto se encuentra entre 10 y 45 grados, o entre 15 y 35 grados.
5. Un método (100) para fabricar un rodamiento autoalineante de contacto angular de elementos rodantes toroidales
- 30 (10) que comprende un aro interior (20), un aro exterior (21) y un conjunto de elementos rodantes formados por rodillos (15) dispuestos en una configuración intermedia entre los aros interior y exterior, comprendiendo el método
- proporcionar a cada rodillo una superficie de contacto curva con el camino de rodadura (15a) para estar en contacto de transmisión de carga con un camino de rodadura interior curvo (20a) del aro interior y en contacto de transmisión de carga con un camino de rodadura exterior curvo (21a) del aro exterior,
- 35 donde la curvatura de la superficie de contacto con el camino de rodadura de cada rodillo y la curvatura de los caminos de rodadura interior y exterior están adaptadas de modo que cada rodillo se oriente automáticamente en su dirección axial con relación a los aros interior y exterior,
- donde el camino de rodadura exterior (21a) comprende un radio transversal del camino de rodadura ( $r_e$ ) y un radio circunferencial del camino de rodadura ( $r_{ec}$ ), **caracterizado por que,**
- 40 el radio transversal del camino de rodadura ( $r_e$ ) es menor de 1.0 veces el radio circunferencial del camino de rodadura ( $r_{ec}$ ).

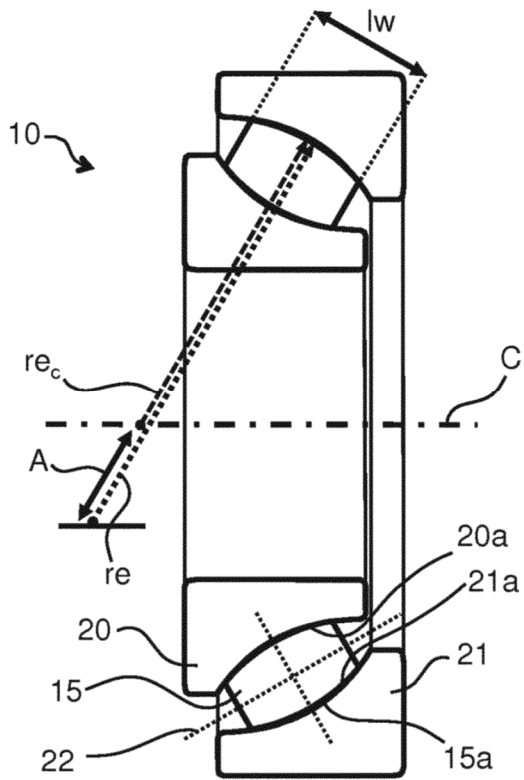


Fig. 1

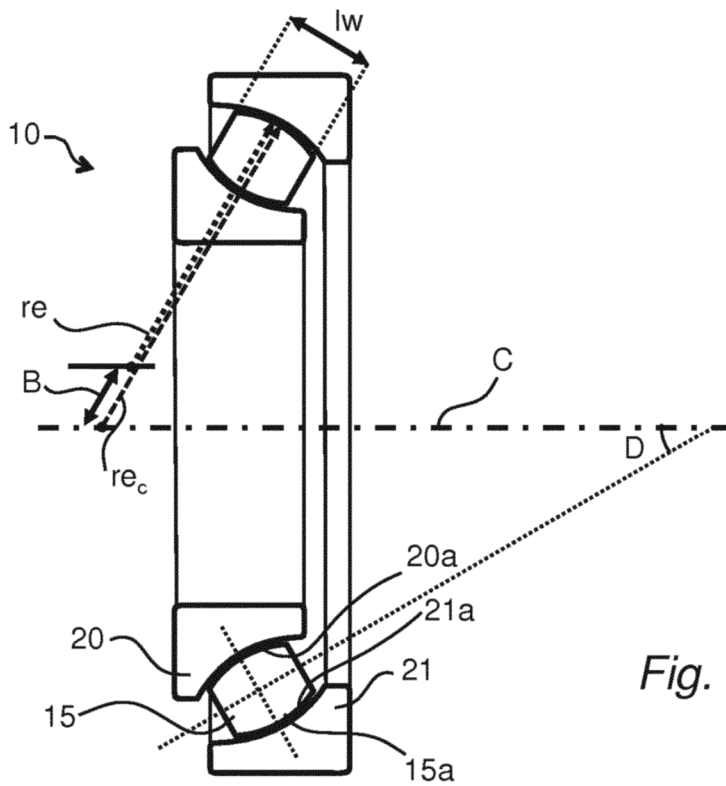
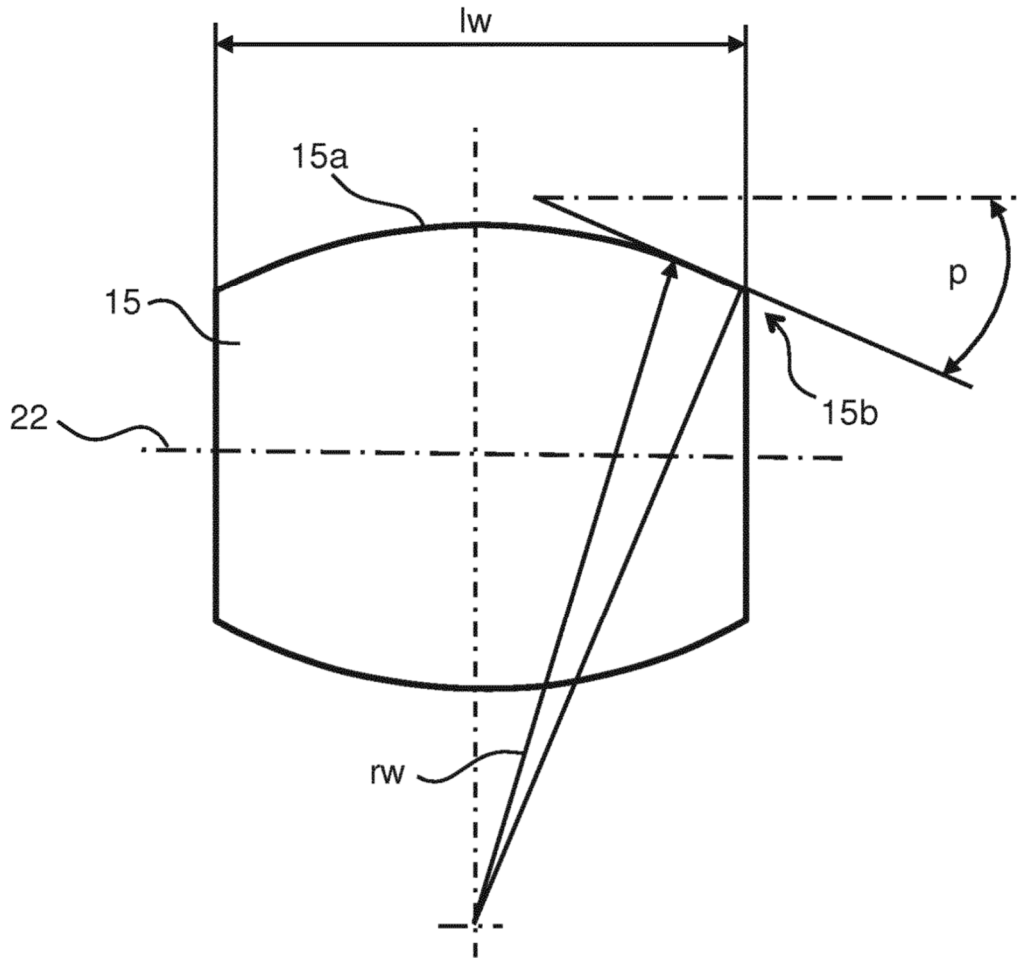


Fig. 2



*Fig. 3*

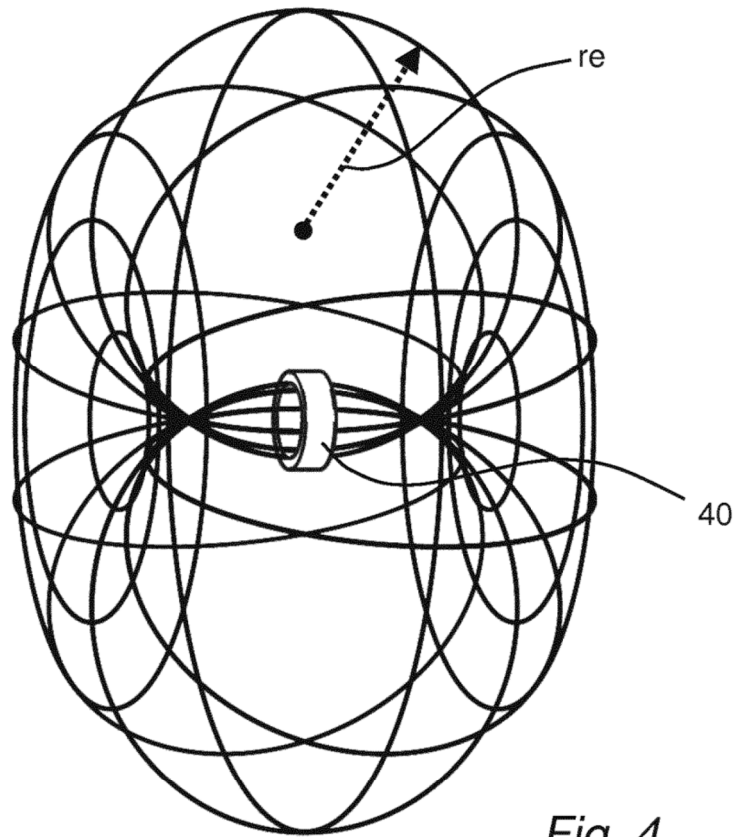


Fig. 4

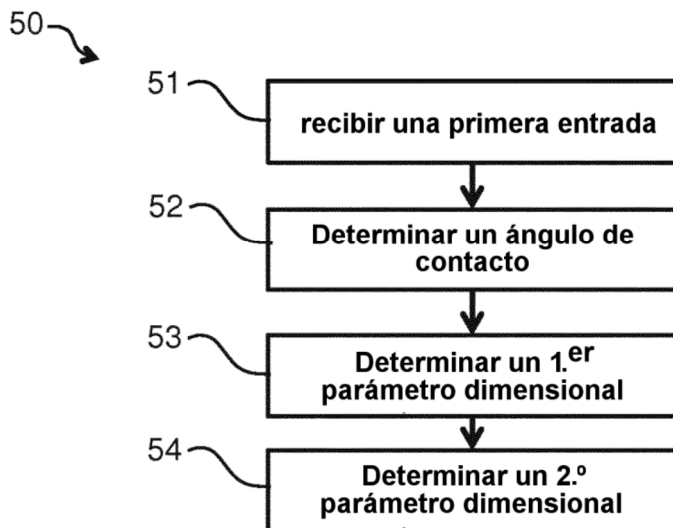


Fig. 5