

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 232**

51 Int. Cl.:

**F16C 19/26** (2006.01)

**F16C 27/04** (2006.01)

**F16C 33/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.11.2007 E 07817793 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.06.2013 EP 2094983**

54 Título: **Rodamiento radial especialmente para soportar árboles en engranajes para energía eólica**

30 Prioridad:

**22.11.2006 DE 102006055026**

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

**14.10.2013**

73 Titular/es:

**SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG  
(100.0%)  
Industriestrasse 1-3  
91074 Herzogenaurach, DE**

72 Inventor/es:

**ENDRES, BERND;  
HOFFINGER, CHRISTIAN;  
KRONENBERGER, ALBAN y  
MÜLLER, TOBIAS**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 425 232 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 radial especialmente para soportar árboles en engranajes para energía eólica.

### Campo de la invención

5 La invención se refiere a un rodamiento radial según las características que constituyen el preámbulo de la reivindicación 1 y se puede realizar de manera especialmente ventajosa en cojinetes que funcionan, al menos temporalmente, bajo una carga muy pequeña, como por ejemplo para soportar árboles en engranajes para energía eólica.

### Antecedentes de la invención

10 Es conocido en general para el experto en la técnica de rodamientos que los rodamientos radiales presentan, bajo carga suficiente, un estado de funcionamiento cinemático óptimo, en el que los cuerpos rodantes ruedan sin deslizarse sobre las pistas de rodadura del aro de cojinete interior y del aro de cojinete exterior. Además se conoce que en rodamientos radiales sometidos al menos temporalmente a baja carga, el juego de cuerpos rodantes constituido por los cuerpos rodantes y su jaula de cojinete no gira con el número de revoluciones cinemático debido al rozamiento en el cojinete o debido a la alta fuerza de inercia del juego de cuerpos rodantes y a la fuerza de contacto temporalmente reducida entre los cuerpos rodantes y las pistas de rodadura. En consecuencia, el número de revoluciones del juego de cuerpos rodantes queda por debajo del número de revoluciones cinemático, con lo que los cuerpos rodantes se encuentran en un estado cinemáticamente no óptimo que hace que se produzca resbalamiento entre estos cuerpos rodantes y al menos una pista de rodadura. Por ello en las superficies de contacto entre los cuerpos rodantes y la pista de rodadura se puede disponer una película de lubricación, pero resulta que es destruida en caso de una variación repentina del número de revoluciones o de la carga, con lo que, en un intervalo de tiempo muy corto ya no existe película de lubricación suficiente en los lugares de contacto afectados por resbalamiento. Esto tiene como consecuencia que se produce un contacto metálico de la pista de rodadura con los cuerpos rodantes y estos se deslizan sobre la pista de rodadura hasta que los cuerpos rodantes son acelerados al número de revoluciones cinemático. Esta velocidad diferencial grande entre la pista de rodadura y los cuerpos rodantes, así como la falta de una película de lubricación separadora son la causa de que en las superficies de la pista de rodadura y de los cuerpos rodantes se produzcan altas tensiones tangenciales que van ligadas a fenómenos de desgaste intensos, tales como rugosidades de las pistas de rodadura, roturas del material y embadurnamientos, casi siempre en combinación con micropicaduras, y que conducen a un fallo prematuro del rodamiento radial.

30 Por este motivo fue propuesto por el documento FR 2 479 369 un rodamiento radial de carácter genérico que está constituido sustancialmente por un aro de cojinete exterior con una pista de rodadura interior y por un aro de cojinete interior dispuesto coaxialmente a este y dotado de una pista de rodadura exterior, así como por una pluralidad de cuerpos rodantes que ruedan entre los aros de cojinete sobre sus pistas de rodadura y que se mantienen a distancias uniformes entre sí en la dirección periférica por medio de una jaula de cojinete, en el que para evitar el efecto de resbalamiento descrito entre los cuerpos rodantes y los aros de cojinete, así como los inconvenientes que resultan de ello, varios cuerpos rodantes distribuidos uniformemente por el contorno han sido sustituidos por rodillos huecos. Estos rodillos huecos que además son algo más cortos axialmente que el resto de cuerpos rodantes, presentan asimismo un diámetro ligeramente mayor y un módulo de elasticidad menor que el del resto de cuerpos rodantes, de modo que estos, en el estado sin carga del rodamiento radial, presentan un contacto permanente con los aros de cojinete y, por consiguiente, garantizan así un accionamiento continuo de la jaula del cojinete y, por tanto, de los cuerpos rodantes con un número de revoluciones cinemático.

45 Sin embargo, en la práctica se ha mostrado que los rodillos huecos de tales rodamientos radiales, que están sometidos a esfuerzos alternos de flexión por su deformación permanente, presentan lugares de debilitamiento potencial del rodamiento en cuanto a su capacidad de carga y resistencia a la fatiga que son la causa de que se reduzca la capacidad de carga y sea menor la duración del rodamiento. Así, por ejemplo, se determinó que en las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos se producen picos de tensión locales que en el funcionamiento continuo del rodamiento conducían a fisuras y finalmente a la rotura de los rodillos huecos. Esto conllevaba en particular la falta de calidad superficial de las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos, así como que las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos presentarían adicionalmente estrías finas microscópicas en la dirección axial o transversalmente al esfuerzo de tracción máximo, en las que se producían concentraciones de tensión excesivas. Una medida obvia para evitar tales concentraciones de tensión sería que tanto los rodillos huecos como el resto de cuerpos rodantes tuvieran dimensiones mayores, lo que no obstante implicaría inevitablemente un aumento del espacio de construcción completo del cojinete, así como un aumento de los costes de fabricación para el rodamiento.

### 55 Objeto de la invención

Por tanto, partiendo de los inconvenientes del estado de la técnica conocido, la invención se propone el objeto de concebir un rodamiento radial, especialmente para soportar árboles en engranajes para energía eólica, el cual para evitar el resbalamiento entre los cuerpos rodantes y los aros de cojinete y manteniendo ampliamente sus

características de rendimiento primitivas, tales como la capacidad de carga, espacio de construcción y duración, esté provisto entre los cuerpos rodantes y los aros de cojinete de rodillos huecos que presenten una alta resistencia a los esfuerzos alternos de flexión, sin picos de tensión locales en sus superficies envolventes interiores.

### Descripción de la invención

- 5 Según la invención este objeto se lleva a cabo con un rodamiento radial según el preámbulo de la reivindicación 1, de manera que las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos estén realizadas con una rugosidad superficial máxima  $R_z \leq 25 \mu\text{m}$  que evite picos de tensión locales y sin ninguna estría en la dirección axial.

10 La invención se basa en el conocimiento de que por la mejora específica de la calidad superficial de las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos es posible ya evitar los picos de tensión locales que conducen a fisuras y finalmente a la rotura de los rodillos huecos y con ello elevar de forma decisiva la resistencia a la fatiga de los rodillos huecos, así como la capacidad de carga y la duración de los rodamientos radiales de este tipo.

Realizaciones preferidas y perfeccionamientos de los rodamientos radiales realizados según la invención están descritos en las reivindicaciones subordinadas.

15 Así, según la reivindicación 2 se tiene una realización especialmente ventajosa del rodamiento radial realizado según la invención cuando los rodillos huecos presentan la misma longitud axial que el resto de cuerpos rodantes y sus superficies envolventes interiores están realizadas con una rugosidad superficial  $R_z \leq 6,3 \mu\text{m}$ . La realización de los rodillos huecos con la misma longitud axial que el resto de cuerpos rodantes contribuye así a que las pérdidas en capacidad de carga del rodamiento radial que se producen por la construcción de los rodillos huecos se mantengan tan pequeñas como sea posible, mientras que el valor de la rugosidad superficial  $R_z \leq 6,3 \mu\text{m}$  representa un óptimo en cuanto al despliegue y costes para la consecución de una calidad superficial alta en las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos.

20 Una primera posibilidad de tal calidad superficial en las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos del rodamiento radial realizado según la invención y que se puede conseguir de forma fácil y barata según la reivindicación 3 consiste en que las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos son mecanizadas por torneado en duro. Torneado en duro se denomina en general el torneado de materiales duros y endurecidos, representando el principal ámbito de aplicación el arranque de viruta de materiales de acero templado, como por ejemplo aceros totalmente templados o aceros templados superficialmente. En el torneado en duro se aprovecha el calor en la zona de corte generado por el proceso de arranque de viruta para plastificar el material localmente y con ello conseguir un arranque de material dúctil. El torneado en duro representa así una alternativa a la rectificación y ofrece ventajas específicas de procedimiento, tales como tiempos de preparación cortos, la posibilidad de mecanizado en seco y una alta flexibilidad.

25 Según la reivindicación 4 se tiene otra posibilidad para conseguir una calidad superficial alta en las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos del rodamiento radial realizado según la invención, el que las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos sean mecanizadas por bruñido por rodillos en duro. Este procedimiento de mecanizado es un procedimiento de conformado sin arranque de virutas y se basa en que bajo la presión de compresión de cuerpos rodantes endurecidos, tales como rodillos o bolas, se alisa el perfil de rugosidad de superficies mecanizadas con arranque de virutas. Esto se produce por una deformación plástica de los picos del perfil, de modo que la presión superficial que se produce entre los rodillos y el material genera en el material tensiones de compresión tridimensionales que consiguen la tensión iniciadora de flujo del material y por tanto una deformación plástica local o un fuerte alisado de la rugosidad superficial, de manera que se pueden conseguir valores en el rango de  $R_z = 1 \mu\text{m}$ . Otro efecto positivo de este procedimiento es el reforzamiento simultáneo de la superficie superior y la propia tensión de compresión alta en la zona marginal que ello conlleva que conducen a otra elevación de la resistencia a los esfuerzos alternos de flexión de los rodillos huecos.

35 Como otra posibilidad para conseguir una alta calidad superficial en las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos del cojinete radial realizado según la invención se propone finalmente por la reivindicación 5 que las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos sean mecanizadas por rectificado y lapeado. Estos procedimientos de mecanizado de superficies con arranque de viruta son conocidos desde hace mucho tiempo por sus calidades superficiales altas y, por tanto, no precisan en este punto de mayor aclaración. No obstante, debe mencionarse únicamente que según la reivindicación 6 es posible naturalmente también mecanizar las superficies envolventes interiores de los rodillos huecos por una combinación de torneado en duro o bruñido por rodillos en duro, así como rectificado y lapeado o también otros procedimientos adecuados, como acabado en el torno antes del templado o similar.

45 El rodamiento radial realizado según la invención presenta, por tanto, frente a los rodamientos radiales conocidos por el estado de la técnica la ventaja de que manteniendo ampliamente sus características de rendimiento primitivas, tales como capacidad de carga, espacio de construcción y duración, está dotado de rodillos huecos para evitar el resbalamiento entre los cuerpos rodantes y los aros de cojinete y que por el ajuste específico de la calidad superficial en sus superficies envolventes interiores presentan una resistencia a los esfuerzos alternos de flexión y a

la fatiga sin picos de tensión locales. Estas ventajas se producen también si los cuerpos rodantes no son conducidos en una jaula de cojinete sino que son conducidos sin jaula.

**Breve descripción de los dibujos**

5 A continuación, haciendo referencia a los dibujos adjuntos se explica con detalle una forma de realización preferida del rodamiento radial realizado según la invención. Muestran:

Fig. 1, un alzado lateral de un rodamiento radial realizado según la invención; y

Fig. 2, la sección transversal A-A a través del rodamiento radial de la Fig. 1 realizado según la invención.

**Descripción detallada de los dibujos**

10 De las representaciones de las figuras 1 y 2 se deduce claramente un rodamiento radial 1 adecuado para soportar árboles en engranajes para energía eólica, el cual consiste de manera conocida en un aro de cojinete exterior 2 con una pista de rodadura interior 3 y un aro de cojinete interior 4 dispuesto coaxialmente a este y dotado de una pista de rodadura exterior 5, así como de una pluralidad de cuerpos rodantes 6 que ruedan entre los aros de cojinete 2, 4 sobre sus pistas de rodadura 3, 5 y que se mantienen a distancias uniformes entre sí en la dirección periférica por medio de una jaula de cojinete 7. Asimismo se puede apreciar claramente en los dibujos que en el rodamiento radial 15 representado para evitar resbalamiento entre los cuerpos rodantes 6 y los aros de cojinete 2, 4, tres cuerpos rodantes 6 distribuidos uniformemente por el contorno se han sustituido por rodillos huecos 8 que presentan un diámetro ligeramente mayor y un módulo de elasticidad menor que el resto de los cuerpos rodantes 6 para garantizar en el estado sin carga del rodamiento radial 1 un contacto constante con los aros de cojinete 2, 4 y con ello un accionamiento continuo de la jaula 7 del cojinete y, por tanto del resto de cuerpos rodantes 6, con un número de revoluciones cinemático.

20 Para que en las superficies envolventes interiores 9 de los rodillos huecos 8 ya no se produzcan picos de tensión locales que en el funcionamiento continuo del rodamiento radial 1 pudieran conducir a fisuras y a la rotura de los rodillos huecos 8, los rodillos huecos 8 están realizados además según la invención con una mayor resistencia a los esfuerzos alternos de flexión. Esto se consigue ya que los rodillos huecos 8 presentan la misma longitud axial que el resto de cuerpos rodantes 6 y sus superficies envolventes interiores 9 están realizadas con una rugosidad superficial  $R_z \leq 6,3 \mu\text{m}$  sin ninguna estría en la dirección axial. Tal alta calidad superficial se puede producir de forma especialmente fácil y barata por el mecanizado de las superficies envolventes interiores 9 de los rodillos huecos 8 mediante torneado en duro en el que es aprovechado el calor generado por el proceso de arranque de viruta en la zona de corte para plastificar el material localmente y con ello conseguir un arranque de material dúctil.

30 **Lista de símbolos de referencia**

- 1 Rodamiento radial
- 2 Aro de cojinete exterior
- 3 Pista de rodadura interior
- 4 Aro de cojinete interior
- 35 5 Pista de rodadura exterior
- 6 Cuerpos rodantes
- 7 Jaula de cojinete
- 8 Rodillos huecos
- 9 Superficies envolventes interiores
- 40  $R_z$  Rugosidad superficial

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Rodamiento radial, especialmente para soportar árboles en engranajes para energía eólica, el cual está constituido sustancialmente por un aro de cojinete exterior (2) con una pista de rodadura interior (3) y un aro de cojinete interior (4) coaxial a este y dotado de una pista de rodadura exterior (5), así como por una pluralidad de cuerpos rodantes (6) que ruedan entre los aros de cojinete (2, 4) sobre sus pistas de rodadura (3, 5) y que se mantienen a distancias uniformes entre sí en la dirección periférica por medio de una jaula de cojinete (7), en el que para evitar el resbalamiento entre los cuerpos rodantes (6) y los aros de cojinete (2, 4), varios cuerpos rodantes (6) distribuidos uniformemente por el contorno están sustituidos por rodillos huecos (8) que presentan un diámetro ligeramente mayor y un módulo de elasticidad ligeramente menor que el resto de los cuerpos rodantes (6) para garantizar, en el estado sin carga del rodamiento radial (1), un contacto constante con los aros de cojinete (2, 4) y así un accionamiento continuo de la jaula de cojinete (7) y, por tanto, del resto de los cuerpos rodantes (6) con un número de revoluciones cinemático, caracterizado por que los rodillos huecos (8) presentan una resistencia a los esfuerzos alternos de flexión elevada, ya que sus superficies envolventes interiores (9) están realizadas con una rugosidad superficial máxima  $R_z \leq 25 \mu\text{m}$  que evita picos de tensión locales y sin estrías en la dirección axial.
- 10 2. Rodamiento radial según la reivindicación 1, caracterizado por que los rodillos huecos (8) presentan la misma longitud axial que el resto de cuerpos rodantes (6) y sus superficies envolventes interiores (9) están realizadas preferiblemente con una rugosidad superficial  $R_z \leq 6,3 \mu\text{m}$ .
- 15 3. Rodamiento radial según la reivindicación 2, caracterizado por que las superficies envolventes interiores (9) de los rodillos huecos (8) son mecanizadas preferiblemente por torneado en duro.
- 20 4. Rodamiento radial según la reivindicación 2, caracterizado por que las superficies envolventes interiores (9) de los rodillos huecos (8) son mecanizadas preferiblemente por bruñido por rodillos en duro.
5. Rodamiento radial según la reivindicación 2, caracterizado por que las superficies envolventes interiores (9) de los rodillos huecos (8) son mecanizadas por rectificación y lapeado.
- 25 6. Rodamiento radial según las reivindicaciones 3 ó 4 y 5, caracterizado por que las superficies envolventes interiores (9) de los rodillos huecos (8) son mecanizadas por una combinación de torneado en duro o bruñido por rodillos en duro, así como rectificación y lapeado.

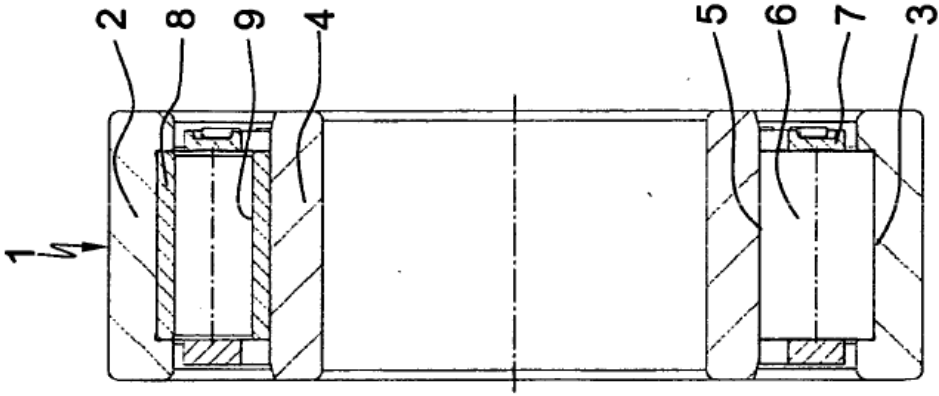


Fig. 2

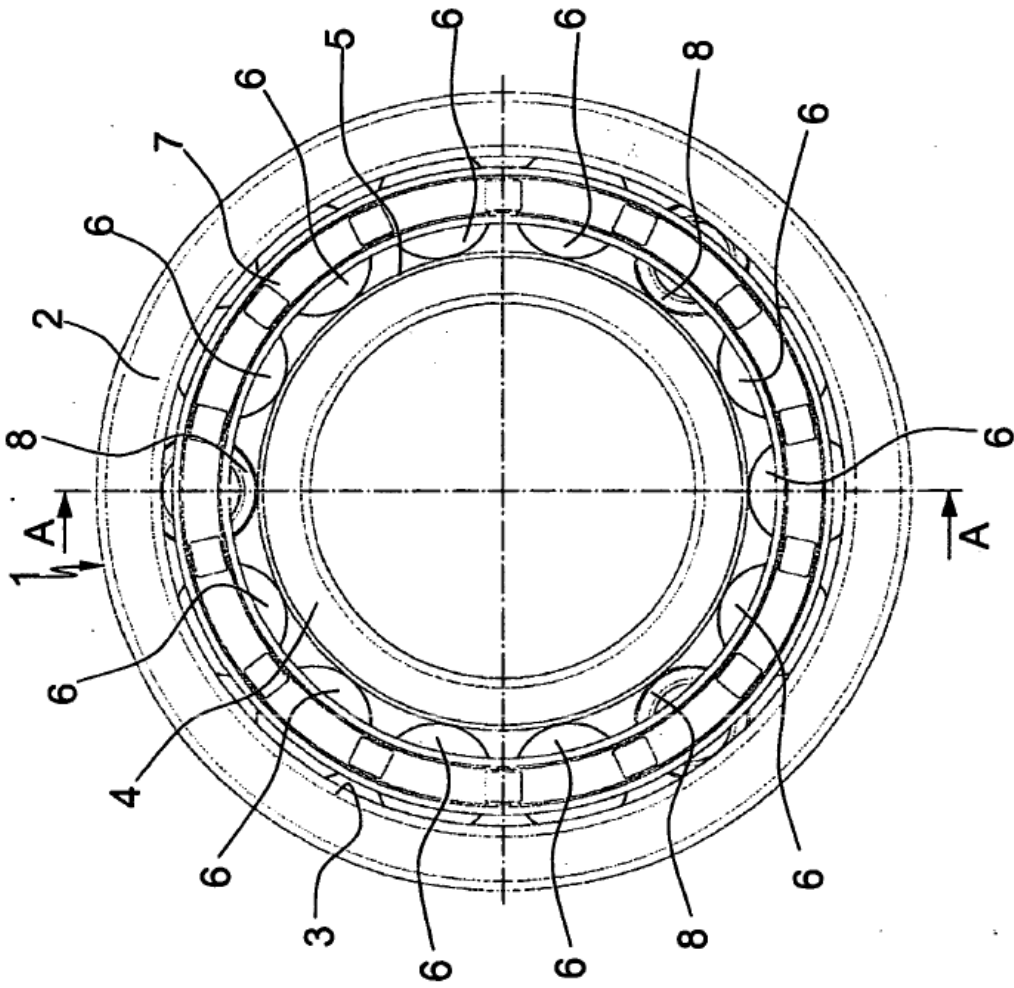


Fig. 1