

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 603 781**

51 Int. Cl.:

F16C 19/16 (2006.01)

F16C 33/58 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.12.2010 PCT/EP2010/007339**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2011 WO11066979**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2010 E 10805685 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2016 EP 2507522**

54 Título: **Cojinete de bolas**

30 Prioridad:

04.12.2009 DE 102009056824

31.03.2010 DE 102010013741

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

01.03.2017

73 Titular/es:

IMO HOLDING GMBH (100.0%)

Imostrasse 1

91350 Gremsdorf, DE

72 Inventor/es:

HUBERTUS, FRANK

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 603 781 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 bolas

5 La invención se refiere a un cojinete de bolas que tiene anillos de rodadura primero y segundo y, dispuesta en el espacio de separación entre los dos anillos de rodadura, al menos una fila de bolas de radio R_K que ruedan a lo largo de pistas enfrentadas de los dos anillos de rodadura, en el que los centros de las bolas de una fila se mueven en una trayectoria circular que está rodeada por un toro que circunscribe todas las bolas de la citada fila y que tiene un radio toroidal R_K , una coordenada angular toroidal φ y una coordenada angular poloidal θ , y en el que cada pista

10 tiene con cada bola dos áreas de contacto casi puntiformes o puntos de contacto P_1, P_2, P_3, P_4 en el ángulo de contacto respectivo $\theta_{p1}, \theta_{p2}, \theta_{p3}$ y θ_{p4} , y en el que en la región de los ángulos de contacto $\theta_{p1}, \theta_{p2}, \theta_{p3}$ y θ_{p4} , las secciones transversales respectivas de las pistas tienen curvaturas transversales que poseen radios de curvatura finitos $R_{L1} \dots R_{L4}$ siendo cada uno de los cuales mayor que el radio R_K de la bola: $R_{Lv} > R_K$, y en el que, en la

15 proximidad de los citados ángulos de contacto $\theta_{p1}, \theta_{p2}, \theta_{p3}$ y θ_{p4} el citado radio de curvatura transversal R_L de la citada pista o pistas es una función continua y diferenciable de la coordenada angular poloidal θ : $R_L = R_L(\theta)$, en el que cada uno de ambos anillos de rodadura comprende una cara de contacto plana para la conexión a un soporte, bastidor u otra parte de máquina o parte de sistema, así como orificios de fijación distribuidos en forma de corona en la misma para la conexión a un soporte, bastidor u otra parte de máquina o parte de sistema.

20 Tales cojinetes de cuatro puntos existen en diversas formas, por ejemplo como cojinetes de bolas de una o varias filas. Las pistas usadas para tales cojinetes tienen a menudo un perfil gótico, es decir, la curvatura transversal sigue seccionalmente un segmento de trayectoria circular, pero dos segmentos de trayectoria circular de este tipo se unen aproximadamente en la mitad de la trayectoria para formar un ángulo agudo a modo de un arco gótico. De esta manera, es posible tener dos puntos de contacto entre una pista y una bola a pesar de los radios de curvatura $R_{L1} \dots$

25 R_{L4} que son consistentemente mayores que el radio R_K de la bola: $R_{Lv} > R_K$.

El ángulo poloidal asumido por un punto de contacto o área de contacto se denomina comúnmente como el ángulo de contacto. Los ángulos de contacto están comprendidos a menudo entre aproximadamente 40° y 50° , en particular aproximadamente 45° , o entre -40° y -50° , en particular aproximadamente -45° , con relación al plano que pasa por los centros de las bolas de una fila.

Debido a esta posición preferida del ángulo de contacto, los componentes de la carga en las direcciones axial y radial siempre se producen durante la transferencia de la carga. Incluso bajo cargas exclusivamente axiales, esta disposición también da lugar siempre a componentes de carga radial que, en presencia de cojinetes de grandes diámetros, por ejemplo, superiores a 0,5 m, preferiblemente 1,0 m o mayores, en particular 2,0 m o más, produce una expansión radial del anillo exterior, por una parte, y una constricción del anillo interior, por la otra.

Bajo cargas combinadas, es decir, cargas superpuestas axial, radial y / o momento de inclinación, los anillos de rodadura sufren una deformación de forma elíptica. En el lugar en el que se transfiere la carga más alta, el anillo de rodadura exterior se expande al máximo y el anillo de rodadura interior se contrae al máximo. Ambos anillos de rodadura se deforman en elipses cuyos ejes principales están, sin embargo, girados uno con respecto al otro, en particular aproximadamente 90° , de manera que, por ejemplo, los semiejes grandes del anillo de rodadura exterior coinciden aproximadamente con los semiejes pequeños del anillo de rodadura interior y el espacio de separación entre los dos anillos de rodadura varía en consecuencia con el ángulo toroidal φ .

Puesto que los dos anillos de rodadura están más separados en las regiones en las que se transfiere la carga más alta, los ángulos de contacto se desplazan al máximo en esas localizaciones. Dependiendo de la deformación y de la rigidez de la construcción adyacente, los ángulos de contacto pueden desplazarse hasta $\pm 65^\circ$ o $\pm 70^\circ$, o incluso hasta $\pm 75^\circ$ o más.

Bajo una tensión elevada o algún grado de empuje, en lugar de un punto de contacto entre la bola y el anillo de rodadura hay un área de contacto, preferiblemente de forma aproximadamente elíptica, la denominada elipse de presión. Si debido a un gran desplazamiento del ángulo de contacto, este área de contacto o elipse de presión se aproxima al espacio de separación del cojinete, puede ser cortado por el borde entre la pista y el espacio de separación del cojinete. Si esto se produce, no sólo se incrementa la carga de la bola en el resto del área de contacto, sino también, en particular, se crean presiones de borde elevadas que pronto dañarán las bolas y las pistas. Cuanto mayor sea el diámetro del cojinete de bolas y menor sea la rigidez estructural de una construcción adyacente, más fuerte será este efecto. En condiciones desfavorables, por lo tanto, se debe abandonar un cojinete de cuatro puntos en favor de un diseño de cojinete más elaborado y costoso, por ejemplo un cojinete de rodillos de múltiples filas que tiene al menos una fila de rodillos con un ángulo de contacto de 90° para las cargas axiales y de momento de inclinación y al menos una fila de rodillos con un ángulo de contacto de 0° para la transferencia de carga radial.

Este problema se describe muy claramente en la patente alemana DE 100 11 464 C1, que muestra un rodamiento de bolas genérico, que sirve especialmente para el montaje de una pala de rotor ajustable en el cubo del rotor de una turbina eólica. Cada uno de los rodillos en forma de bola comprende cuatro áreas de contacto puntiforme o

5 puntos de contacto con los anillos del cojinete. Allí, se describe como desventajoso que un diámetro transversal de la pista, que se desvía del diámetro de una bola en un 6%, dará como resultado un desplazamiento del ángulo de presión de la bola en la ranura del anillo de rodadura de 45° a 85°, si los anillos del rodamiento se desplazan radialmente unos con respecto a otros sólo 0,56 mm; a continuación, las bolas ruedan solamente en los bordes de los anillos del cojinete o puntales del cojinete, respectivamente. La solución propuesta en esta memoria descriptiva consiste en disponer tres anillos concéntricos unos con los otros, de manera que se muestren dos espacios de separación y se proporcione una fila de rodillos en forma de bola en cada uno de estos dos espacios de separación. Se reconoce que tres anillos resultan ser más estables que sólo dos anillos; sin embargo, la disposición de cojinetes también obtiene un peso y volumen de construcción significativamente mayores, lo que es indeseable en muchos casos de aplicación.

10 En la patente norteamericana 6.367.980 81, se describe un cojinete de bolas con dos anillos, en el que, sin embargo, los rodillos en forma de bola reconocen una rodadura con una sección transversal en forma de ranura solamente en uno de estos dos anillos, mientras que la rodadura del anillo opuesto tiene la forma de un cordón redondeado y por lo tanto proporciona sólo un punto de contacto, de manera que existen sólo tres puntos de contacto por rodillo. Por lo tanto, para asegurar la transferencia de fuerzas axiales en ambas direcciones axiales, se proporcionan dos filas de rodillos en forma de bola, con lo que el peso y el volumen de construcción también aumentan.

15 Debido a las desventajas de la técnica anterior que se ha descrito surge el problema que da origen a la invención, para mejorar un cojinete de bolas de la especie anterior con el fin de eliminar las desventajas que se han descrito de los cojinetes de cuatro puntos conocidos. En particular, sería deseable idear una disposición de tal manera que, a pesar de una carga pesada, los ángulos de contacto del cojinete de cuatro puntos no se desplacen demasiado de sus posiciones normales.

20 Este problema se soluciona por el hecho de que, en la región de los ángulos de contacto, es decir, allí donde $\theta_{Pv} - 5^\circ \leq \theta \leq \theta_{Pv} + 5^\circ$, el contorno de la pista presenta en cada caso una osculación $S = (R_K / R_L) * 100\%$ entre 98% y 90%, en la que la función $R_L(\theta)$ aumenta hacia fuera desde la región de ángulo de contacto respectiva $\theta_{p1}, \theta_{p2}; \theta_{p3}$ y θ_{p4} en ambas direcciones poloidales: $R_L(\theta) \geq R_L(\theta_{Pv})$. en el que un caso apropiado, transforma unos radios de curvatura transversales convexos $R_L < 0$.

25 De este modo, en cada caso la superficie de la pista diverge desde un ángulo de contacto predefinido $\theta_{p1}, \theta_{p2}; \theta_{p3}$ y θ_{p4} en ambas direcciones poloidales en comparación con una sección transversal circular, del tipo encontrado en un toro, por ejemplo. Aunque esta divergencia no tiene que ser muy grande, sin embargo tiene el efecto de que bajo la deformación de los anillos, debido por ejemplo a fuerzas radiales o axiales externas o momentos de inclinación, los ángulos de contacto reales no se desplazan tanto como lo harían si las pistas tuviesen una sección transversal circular, particularmente no en valores extremadamente altos en el intervalo de 75° o más. Por lo tanto, el borde de la pista no está sobrecargado incluso cuando las tensiones son muy altas y la rigidez de la construcción adyacente es baja.

30 Un efecto del desplazamiento del ángulo de contacto más pequeño es que las bolas pueden rodar a lo largo de las pistas con una menor proporción de movimiento de deslizamiento. Con menos movimiento de deslizamiento, el comportamiento de rodadura global de las bolas mejora, reduciendo así el desgaste de las pistas y prolongando la vida útil efectiva del cojinete de bolas.

35 Además, debido a las propiedades de rodadura mejoradas, la resistencia a la rotación de un cojinete de bolas de este tipo es menor que en los cojinetes de cuatro puntos convencionales. Por lo tanto, para dispositivos, máquinas o sistemas accionados por motor, es posible utilizar un accionamiento más débil, es decir, de bajo coste; el consumo de energía disminuye, protegiendo así el medio ambiente. La instalación del cojinete en instalaciones eólicas o hidráulicas reduce el consumo de energía interna y, por lo tanto aumenta la eficiencia.

40 Debido a la reglamentación anterior, la curvatura transversal de las pistas puede ser cóncava, con un radio de curvatura transversal R_L mayor que el radio R_K de la bola, y al menos es convexa regionalmente, con un radio de curvatura transversal R_L menor que 0. El rango de valores intervinientes $[0; R_K]$, sin embargo, está excluido o no es adecuado para el radio de curvatura transversal R_L .

45 Puesto que ambos anillos de rodadura tienen una cara de contacto plana respectiva para la conexión a un soporte, bastidor u otra parte de máquina o parte de sistema, por un lado la orientación (rotacional) proporcionada por los rodamientos de bolas de la invención se transmite a las partes del sistema afectadas. Por otro lado, de este modo un elemento adyacente sólido y, por tanto estable, puede transferir su rigidez estructural al cojinete de bolas, para proteger a este último contra la deformación y otros sobre esfuerzos.

50 Además, las superficies planas de contacto comprenden medios de fijación para la conexión a un soporte, bastidor u otra parte de máquina o parte de sistema. Esta es la única manera de permitir un intercambio de fuerzas entre el cojinete de bolas de acuerdo con la invención y un elemento de conexión. Estos medios de fijación están realizados como orificios distribuidos en forma de corona. Un número relativamente grande de tales orificios de fijación,

preferiblemente distribuidos equidistantemente sobre un anillo de rodadura, crea una conexión íntima entre las partes afectadas, permitiendo de esta manera transmitir fuerzas axiales y de inclinación, así como por medio del agarre de fricción producido por partes presionadas juntas y fuerzas de par y radiales.

5 En la región de cada ángulo de contacto, es decir, allí en que $\theta_{Pv} - 5^\circ \leq \theta \leq \theta_{Pv} + 5^\circ$, el contorno de la pista presenta una osculación $S = (R_K / R_L) \cdot 100\%$ comprendida entre 98% y 90%, preferiblemente una osculación S de 97% a 92%, particularmente una osculación S de 96% a 94%. Tales osculaciones elevadas - con el radio de curvatura transversal R_L de la pista, siendo por lo tanto sólo un poco más grande porcentualmente que el radio R_K de la bola en un cojinete convencional de cuatro puntos, pronto conduciría a un desplazamiento mayor en los ángulos de contacto debido a las tensiones del cojinete, y por lo tanto puede lograrse solamente en conjunto con la enseñanza de la invención.

15 Ha demostrado ser ventajoso que el contorno de la pista presente una osculación finita $S = (R_K / R_L) \cdot 100\% \neq 0$, con la excepción de cualquier punto de inflexión del contorno de la pista. La osculación se define en este caso como la relación entre el radio R_K de la bola y el radio de curvatura transversal local R_L de la pista, multiplicado por 100%, y por tanto varía en un rodamiento de bolas de acuerdo con la invención, de acuerdo con el ángulo poloidal θ .

20 La invención se puede mejorar porque, en la proximidad del espacio de separación del cojinete, el contorno de la pista presenta una osculación $S = (R_K / R_L) \cdot 100\%$ comprendida entre 90% a 50%, preferiblemente una osculación S de 90% a 60%, particularmente una osculación de 90% a 70%. Como es evidente de esto, el radio de curvatura transversal R_L del anillo de rodadura en la región del espacio de separación del cojinete puede ser considerablemente mayor que el radio de la bola, por ejemplo entre 10% y 50%. Gracias al diseño de la invención, estas áreas de la pista virtualmente nunca son contactadas por las bolas.

25 Está dentro del alcance de la invención que la curvatura transversal de la o las pistas no tenga un contorno circular, particularmente incluso ni siquiera en segmentos, en la proximidad de las regiones de ángulo de contacto θ_{P1} , θ_{P2} ; θ_{P3} y θ_{P4} . Es precisamente al desviarse de un contorno circular cuando los problemas descritos pueden resolverse de acuerdo con la invención.

30 La invención hace además que la curvatura transversal del contorno de la pista siga una función continua y diferenciable en la proximidad de las regiones de ángulo de contacto θ_{P1} , θ_{P2} ; θ_{P3} y θ_{P4} , preferiblemente una función potencial o una función polinómica, por ejemplo $P(\theta) = a_0 + a_1 \cdot \theta + a_2 \cdot \theta^2 + \dots + a_n \cdot \theta^n$, o una función exponencial, por ejemplo $E(\theta) = e^{f(\theta)}$ o una curva elíptica o una función totalizadora $S(\theta) = \sum f_i(\theta)$ o cualquier otra combinación de dos o más de tales funciones. Es importante que haya continuidad y diferenciableidad en la región de los ángulos de contacto θ_{P1} , θ_{P2} ; θ_{P3} y θ_{P4} y sus proximidades.

35 Se obtiene una disposición particularmente simple si la curvatura transversal del contorno de la pista es simétrica. El plano de simetría se extiende entonces dentro del plano del anillo, específicamente a mitad de camino entre los dos puntos de contacto de una bola con una pista.

40 Alternativamente, la curvatura transversal del contorno de la pista también puede ser asimétrica, por ejemplo si la carga axial del cojinete es asimétrica, es decir, se produce principalmente en una dirección axial.

45 La invención se puede mejorar haciendo que la curvatura transversal del contorno de pista presente al menos un punto de inflexión. Un punto de inflexión de este tipo significa un cambio en la curvatura transversal de la pista más allá de $R_L = \infty$ y desde $R_L = -\infty$ en una curvatura transversal negativa con un radio de curvatura decreciente, es decir, comenzando en un punto de inflexión y continuando más allá del mismo, la curvatura transversal de la pista ya no es cóncava, puesto que se encuentra en la proximidad inmediata del ángulo de contacto, pero es convexa a partir de entonces.

50 Llevando esta idea de la invención más lejos, se puede proporcionar además que el al menos un punto de inflexión de la curvatura transversal del contorno de pista se encuentre en la proximidad del espacio de separación del cojinete, es decir, a una distancia sustancial del ángulo de contacto respectivo θ_v . La osculación S podría ser entonces realmente negativa allí, impidiendo así la formación de un borde afilado, lo cual constituye también una forma de aumentar la vida operativa alcanzable.

55 El cojinete de bolas es preferiblemente un cojinete radial.

60 Los orificios utilizados con propósitos fijación se pueden configurar como orificios pasantes u orificios ciegos. Preferentemente, los mismos efectúan la fijación por medio de tornillos pasantes o tornillos atornillados en máquina, pernos roscados u otros elementos similares.

65 Con este fin, una especificación de diseño de acuerdo con la invención prevé que los orificios, particularmente los orificios ciegos, estén provistos de una rosca interior. En el caso de orificios pasantes, se pueden usar en su lugar tuercas de fijación atornilladas en el extremo pasante para asegurar la disposición.

Se ha demostrado que vale la pena que las caras planas de contacto de los dos anillos de rodadura están previstas para conectar cada una de ellas a un soporte, bastidor u otra parte de máquina respectiva o parte del sistema para apuntar en direcciones opuestas (axiales) en los dos anillos de rodadura. Como resultado de esta medida, el plano del cojinete de bolas de acuerdo con la invención forma una clase de plano de separación entre las partes de máquina o partes del sistema giratorias en oposición, estando una parte del sistema por encima del plano del cojinete de bolas y la otra por debajo del mismo.

Se obtienen ventajas adicionales si la cara de contacto plana de un anillo de rodadura que está previsto para la conexión a un soporte, bastidor u otra parte de máquina o parte de sistema es elevada en la dirección (axial) del cojinete de bolas con respecto a la cara de anillo correspondiente del otro anillo de rodadura. Esto impide que la cara extrema de una pista que no sirve como cara de contacto roce contra la parte del sistema en cuestión.

Finalmente, está dentro de la enseñanza de la invención que las caras planas de contacto de ambos anillos de rodadura teniendo que conectarse cada uno de ellos a un soporte, bastidor u otra parte de máquina o parte de sistema respectivas están mutuamente desplazadas en direcciones opuestas (axiales) en los dos anillos de rodadura, es decir, por ejemplo, la cara de contacto superior está desplazada hacia arriba y la inferior hacia abajo. De esta manera, es posible que ambos anillos de rodadura tengan aproximadamente la misma altura y por lo tanto aproximadamente la misma sección transversal, así como, finalmente, una estabilidad casi idéntica.

Otras características, detalles, ventajas y efectos basados en la invención se pondrán de manifiesto a partir de la descripción que sigue de una realización preferida de la invención y por referencia a los dibujos. En ellos:

La figura 1 es una sección transversal parcialmente recortada de un cojinete de bolas de acuerdo con la invención,

la figura 2 es una ampliación de detalle II de la figura 1; y

la figura 3 muestra otra realización de la invención, en una representación que corresponde aproximadamente a la figura 2.

La sección de acuerdo con la figura 1 se extiende transversalmente a través de un cojinete de bolas 1 de acuerdo con la invención y está limitada a la mitad de cada anillo del cojinete de bolas 1 y confinada a un detalle en la proximidad del espacio de separación 2 entre los dos anillos de rodadura de bolas 3, 4, en la que se puede ver una bola 5 con un radio R_K de la bola, representativo de una fila de bolas, y sus proximidades. El cojinete de bolas ilustrado 1 es un cojinete radial, extendiéndose verticalmente el eje de rotación del cojinete, aunque debido al gran diámetro del cojinete de bolas 1 de la invención, bastante más allá de un borde vertical de la hoja del dibujo. El anillo 3 ilustrado en una forma recortada a la izquierda corresponde al anillo exterior, y el anillo 4 a la derecha, también representado como recortado, al anillo interior; el eje de rotación del rodamiento de bolas estaría entonces a la derecha, fuera del área visible del dibujo. La cuestión de cual anillo es el anillo interior y cuál es el exterior es, sin embargo, de importancia secundaria para la presente invención.

Como es claramente evidente, la cara 6, 7 de cada uno de los dos anillos de rodadura que está orientada al espacio de separación 2 comprende una depresión 8, 9 de la pista circunferencial completa respectiva. Estas dos depresiones 8, 9 de la pista son capaces de alojar las bolas 5, y la anchura 8 del espacio de separación 2 entre los dos anillos de rodadura 3, 4 es por lo tanto más pequeña que el diámetro de la bola $D_K = 2 \cdot R_K$, preferiblemente incluso más pequeña que el radio R_K de la bola.

A medida que las bolas 5 ruedan entre las dos pistas 8, 9, sus centros M se desplazan sobre una trayectoria circular 10, que en la figura 1 pasa perpendicularmente a través del plano del dibujo. De este modo, los elementos de bola se mueven dentro de un toro imaginario que rodea la trayectoria circular 10 con un radio toroidal constante R_K . Los puntos sobre la superficie de este toro imaginario pueden ser identificados por medio de un sistema de coordenadas compuesto por la coordenada angular toroidal φ y la coordenada angular poloidal θ . El ángulo toroidal φ se mide a lo largo de la trayectoria circular 10 y el ángulo poloidal θ a lo largo de una trayectoria circular 11 cuyo plano está siempre intersectado perpendicularmente por el plano circular 10; en la figura 1, esta trayectoria circular 11 se encuentra en el plano del dibujo. Si el radio toroidal R_K se generaliza en una coordenada radial r , entonces el sistema de coordenadas φ, θ que cubre la superficie del toro imaginario puede extrapolarse al espacio tridimensional completo, al menos en la proximidad del toro imaginario o en el interior del cojinete de bolas 1. Por lo tanto, a cualquier punto del cojinete de bolas 1 y por lo tanto también a cualquier punto de las pistas 8, 9 se le puede asignar un ángulo toroidal φ y un ángulo poloidal θ .

El cojinete de bolas 1 ilustrado en la figura 1 tiene pistas simétricas 8, 9, aunque esto no es absolutamente necesario. En el ejemplo que se muestra, esto significa que las secciones transversales de los dos contornos de pista 8, 9 son simétricas una a la otra, específicamente con respecto a un primer eje de simetría 12 que se extiende centralmente a lo largo del espacio de separación 2, es decir, permanece equidistante de las dos caras enfrentadas 6, 7 de los dos anillos de rodadura 3, 4. Perpendicular a este eje de simetría 12, específicamente a nivel del centro de bola M o a la trayectoria circular 10, se extiende un segundo eje de simetría 13; este eje de simetría 13 se extiende así paralelamente al plano de base del cojinete de bolas 1. Como se puede apreciar en la figura 1, estos dos ejes de simetría 12, 13 forman una especie de intersección de coordenadas de un sistema de coordenadas

cartesiano local, cuyo tercer eje de coordenadas sería la tangente a la trayectoria circular 10. El ángulo poloidal 8 se cuenta preferiblemente desde el eje de coordenadas 13 que se extiende horizontalmente en la figura1, es decir, desde el eje de coordenadas que se extiende radialmente desde el centro de los anillos de rodadura de bolas 3, 4 o hacia el eje de rotación del rodamiento de bolas 1.

5 El eje de simetría 13 divide cada una de las pistas 8, 9 en dos secciones, una sección superior y una sección inferior, que son preferentemente simétricas una a la otra con respecto al eje de simetría 13.

10 En la sección transversal de la figura1, los ejes de simetría que se cruzan 12, 13 dan lugar a la formación de un total de cuatro cuadrantes. Ambas pistas 8, 9 están configuradas de tal manera que cada uno de estos cuatro cuadrantes contiene un punto de contacto de una pista 8, 9 con la bola 5, específicamente los puntos de contacto P_1 , P_2 , P_3 y P_4 , que se pueden encontrar bajo los nodos angulares poloidales respectivos de los denominados ángulos de contacto respectivos.

15 La figura 1 muestra el cojinete de bolas 1 en la condición de estar libre de fuerzas externas, estando los ángulos de contacto θ_1 , θ_2 , θ_3 y θ_4 en los valores pretendidos, en el ejemplo ilustrado, estando cada uno desplazado hacia arriba o hacia abajo desde el plano central 13 del cojinete en un ángulo de contacto de aproximadamente $\pm 45^\circ$, de manera similar a la disposición de cojinete de cuatro puntos.

20 En la proximidad de estos ángulos de contacto, es decir, por ejemplo, dentro de las regiones $[\theta_1 - \Delta, \theta_1 + \Delta]$, $[\theta_2 - \Delta, \theta_2 + \Delta]$, $[\theta_3 - \Delta, \theta_3 + \Delta]$ y $[\theta_4 - \Delta, \theta_4 + \Delta]$, por ejemplo con $\Delta = 1^\circ$ o $\Delta = 2^\circ$ o $\Delta = 5^\circ$ o similar, cada una de las pistas 8, 9 tiene un radio de curvatura transversal de $R_{LT} \approx R_K$, pero ligeramente mayor: $R_{LT} > R_K$. La osculación S en estos sitios es de 98% a 90%.

25 Desde esta región hacia afuera, el radio de curvatura transversal R_L aumenta progresivamente, específicamente de acuerdo con una función continua y diferenciable. Los contornos de las pistas 8, 9 por lo tanto divergen hacia fuera (con relación al centro M de la bola) en ambas direcciones desde las regiones angulares de contacto $[\theta_1 - \Delta, \theta_1 + \Delta]$, $[\theta_2 - \Delta, \theta_2 + \Delta]$, $[\theta_3 - \Delta, \theta_3 + \Delta]$ y $[\theta_4 - \Delta, \theta_4 + \Delta]$ en comparación con una línea circular con radio R_{LT} , ya que en estas regiones más allá o distantes de las regiones el ángulo de contacto es $R_L > R_{LT}$.

30 Se puede ver en la figura2 que, como resultado, en la región del borde de pista 14, es decir, en el lugar en el que una pista 8, 9 realiza la transición a las caras límite 6, 7 del espacio de separación 2, hay una desviación $a > 0$ del radio R_{LT} desde la línea circular que se muestra como una línea discontinua en la figura 2. Debido a esta divergencia, el centro hipotético de la curvatura transversal local de una pista 9 fuera de las regiones de ángulo de contacto $[\theta_1 - \Delta, \theta_1 + \Delta]$, $[\theta_2 - \Delta, \theta_2 + \Delta]$, $[\theta_3 - \Delta, \theta_3 + \Delta]$ y $[\theta_4 - \Delta, \theta_4 + \Delta]$, no coincide con la línea circular 10 o tampoco con el centro de la bola, sino que se desvía visiblemente de ella. Varios de estos centros de curvatura que se desvían de este tipo 15, 16 se ilustran en la figura 1. En la región del borde de pista 14, la osculación S es ahora solamente de 90% a 50%.

40 La figura 3 muestra una realización modificada adicionalmente de la invención, en la que se forma un punto de inflexión W en el contorno de la sección transversal de una pista 8, 9, y pasado este punto, la pista 8, 9 tiene al menos regionalmente una forma transversal curvada convexa. Esta región convexa 17 se puede extender hasta el borde 14 de la pista, o puede pasar a través de otro punto de inflexión y continuar como una curva cóncava de nuevo.

45 En la región del ecuador de la bola 5, es decir, cerca del eje de simetría 13 paralelo al plano de base del cojinete, cada una de las pistas 8, 9 tiene una depresión en forma de ranura superficial respectiva 18, que puede servir como una bolsa de suministro de grasa.

50 **Listado de números de referencia**

- 1. Rodamiento de bolas
- 2. Espacio de separación
- 3. Anillo de rodadura
- 4. Anillo de rodadura
- 55 5. Bola
- 6. Cara
- 7. Cara
- 8. Pista
- 9. Pista
- 60 10. Trayectoria circular
- 11. Trayectoria circular
- 12. Eje de simetría
- 13. Eje de simetría
- 14. Borde de pista
- 65 15. Centro desplazado
- 16. Centro desplazado

- 17. Región
- 18. Depresión en forma de ranura

REIVINDICACIONES

1. Un cojinete de bolas (1) que tiene unos anillos de rodadura primero y segundo (3, 4) y, dispuesta en el espacio de separación (2) entre los dos anillos de rodadura (3, 4), al menos una fila de bolas (5) de radio R_K que ruedan a lo largo de pistas enfrentadas (8, 9) de los dos anillos de rodadura citados (3, 4), en el que los centros (M) de las bolas (5) de una fila se mueven sobre una trayectoria circular (10) que está rodeada por un toro que circunscribe todas las bolas (5) de la citada fila y que tiene el radio toroidal R_K , una coordenada de ángulo toroidal φ y una coordenada de ángulo poloidal θ , y en el que cada pista (8, 9) tiene con cada bola (5) dos áreas de contacto o puntos de contacto (P1, P2; P3, P4) prácticamente puntiformes en el ángulo de contacto respectivo (θ_{P1} , θ_{P2} ; θ_{P3} y θ_{P4}) y en el que en la región de los citados ángulos de contacto (θ_{P1} , θ_{P2} ; θ_{P3} y θ_{P4}), las secciones transversales respectivas de las pistas tienen curvaturas transversales que tienen radios de curvatura finitos (R_{L1} ... R_{L4}) siendo mayor cada uno de los cuales que el radio de la bola (R_K): $R_{Lj} > R_K$, en el que el citado radio transversal de curvatura (R_L) de la o las citadas pistas (8, 9) es siempre, en la proximidad de los citados ángulos de contacto (θ_{P1} , θ_{P2} ; θ_{P3} y θ_{P4}), una función continua y diferenciable de la coordenada del ángulo poloidal θ : $R_L = R_L(\theta)$, en el que cada uno de ambos anillos de rodadura (3, 4) comprenden una cara de contacto plana para la conexión a un soporte, bastidor u otra parte de máquina o parte de sistema, así como orificios de fijación distribuidos en forma de corona en la misma para su conexión a un soporte, bastidor u otra parte de máquina o parte de sistema, **caracterizado porque**
- a) en la región de los ángulos de contacto, es decir, en la que $\theta_{Pv} - 5^\circ < \theta < \theta_{Pv} + 5^\circ$, el contorno de la pista presenta en cada caso una osculación $S = (R_K / R_L) \cdot 100\%$ entre 98% y 90% , en el que
- b) la función $R_L(\theta)$ aumenta hacia fuera desde la región del ángulo de contacto respectiva (θ_{P1} , θ_{P2} ; θ_{P3} y θ_{P4}) en ambas direcciones poloidales: $R_L(\theta) \geq R_L(\theta_{Pv})$, en el que cuando es apropiado incluso se transforma a radios de curvatura transversales convexos $R_L < 0$.
2. El cojinete de bolas (1) como en la reivindicación 1, **caracterizado porque** el citado contorno de pista presenta una osculación finita $S = (R_K / R_L) \cdot 100\% \neq 0$, con la excepción de cualesquiera puntos de inflexión (W) del contorno de pista.
3. El cojinete de bolas (1) como en la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** en la región de los ángulos de contacto, es decir, en la que $\theta_{Pv} - 5^\circ \leq \theta \leq \theta_{Pv} + 5^\circ$, el contorno de la pista presenta en cada caso una osculación $S = (R_K / R_L) \cdot 100\%$ de 97% a 92%, particularmente una osculación S de 96% a 94%.
4. El cojinete de bolas (1) como en una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** en la proximidad del espacio de separación (2), el contorno de la pista presenta una osculación $S = (R_K / R_L) \cdot 100\%$ entre 90% y 50%, preferiblemente una osculación S de 90% a 60%, particularmente una osculación S de 90% a 70%.
5. El cojinete de bolas (1) como en la reivindicación 1, **caracterizado porque** la curvatura transversal de la o las pistas no tiene un contorno circular, particularmente ni siquiera en los segmentos en la proximidad de las regiones de ángulo de contacto θ_{P1} , θ_{P2} ; θ_{P3} y θ_{P4} .
6. El cojinete de bolas (1) como en una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la curvatura transversal del contorno de pista en la proximidad de las regiones de ángulo de contacto θ_{P1} , θ_{P2} ; θ_{P3} y θ_{P4} sigue una función continua y diferenciable, preferiblemente una función potencial o una progresión o una función exponencial o un contorno elíptico o una combinación de dos o más de tales funciones.
7. El cojinete de bolas (1) como en una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la curvatura transversal del contorno de pista es simétrica.
8. El cojinete de bolas (1) como en una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la curvatura transversal del contorno de pista es asimétrica.
9. El cojinete de bolas (1) como en una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la curvatura transversal del contorno de pista tiene al menos un punto de inflexión (W).
10. El cojinete de bolas (1) como en la reivindicación 9, **caracterizado porque** al menos un punto de inflexión (W) de la curvatura transversal del contorno de pista está en la proximidad del espacio de separación (2) del cojinete.
11. El cojinete de bolas (1) como en una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el citado cojinete de bolas (1) es un cojinete radial o un cojinete axial.
12. El cojinete de bolas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** los citados orificios están configurados como orificios pasantes u orificios ciegos, o como orificios ciegos que están provistos de una rosca interna.
13. El cojinete de bolas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** las citadas caras de contacto planas de ambos anillos de rodadura para la conexión de cada una de ellas a un soporte,

bastidor o parte de máquina o parte de sistema respectivos en direcciones opuestas (axiales) en los dos anillos de rodadura.

5 14. El cojinete de bolas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las citadas caras planas de contacto de ambos anillos de rodadura para conectar cada uno de ellos a un soporte, bastidor o parte de máquina o parte de sistema respectivo están desplazadas mutuamente en direcciones opuestas (axiales) en los dos anillos de rodadura.

10 15. El cojinete de bolas (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la cara de contacto plana de un anillo de rodadura para conectarlo a un soporte, bastidor u otra parte de máquina o parte de sistema respectiva es elevada en la dirección (axial) del citado cojinete de bolas en relación con la cara de anillo respectiva del otro anillo de rodadura.

