

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 195**

51 Int. Cl.:

**F16C 33/32** (2006.01)

**C04B 35/599** (2006.01)

**F16C 33/34** (2006.01)

**F16C 33/62** (2006.01)

**F16C 33/64** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2008 E 08764906 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.09.2014 EP 2163775**

54 Título: **Miembro de rodamiento, cojinete de rodillos y proceso para la fabricación del miembro de rodamiento**

30 Prioridad:

**27.06.2007 JP 2007169463**

**29.06.2007 JP 2007172323**

**29.06.2007 JP 2007172337**

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

**21.11.2014**

73 Titular/es:

**NTN CORPORATION (100.0%)  
3-17, KYOMACHIBORI 1-CHOME NISHI-KU  
OSAKA-SHI, OSAKA 550-0003, JP**

72 Inventor/es:

**MURAMATSU, KATSUTOSHI**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 523 195 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**

Miembro de rodamiento, cojinete de rodillos y proceso para la fabricación del miembro de rodamiento

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere, en general, a miembros de contacto de rodamiento, a cojinetes de rodillos y a procedimientos de producción de miembros de contacto de rodamiento y, en particular, a miembros de contacto de rodamiento, a cojinetes de rodillos y a procedimientos de producción de miembros de contacto de rodamiento que adoptan un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal. La presente invención también contempla miembros de transmisión del par para juntas cardánicas, juntas cardánicas, y procedimientos de producción de miembros de transmisión del par para juntas cardánicas, y concretamente, miembros de transmisión del par para juntas cardánicas, juntas cardánicas y procedimientos de producción de miembros de transmisión del par para juntas cardánicas que adoptan un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal. La presente invención contempla también dispositivos de deslizamiento, miembros de deslizamiento y procedimientos de producción de dispositivos y miembros de deslizamiento y, en particular, dispositivos de deslizamiento, miembros de deslizamiento y procedimientos de producción de dispositivos y miembros de deslizamiento, que adoptan un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal.

**Técnica antecedente**

20 El nitruro de silicio, el sialon y materiales cerámicos similares presentan como característica que no solo tienen una gravedad específica menor y son más resistentes a la corrosión que el acero sino que también son aislantes. Por consiguiente, si los materiales cerámicos se incorporan como material de un componente de cojinetes de rodillos (incluyendo unidades cubos) que incluyen un anillo de guía y un elemento de rodamiento, como por ejemplo un anillo de guía y un elemento de rodamiento, pueden proporcionar unos cojinetes y elementos similares de peso reducido y también impedir que los cojinetes de rodillos acorten su vida útil debido a que sus componentes se corroan y de esta manera se dañen o se corroan de forma electrofítica.

25 Así mismo, una unidad de cubo, que es un tipo de cojinete de rodillos, a menudo se utiliza en un entorno en el que existe la posibilidad de que surja en su interior una humedad y que, por tanto, presente una lubricidad insuficiente. Los elementos de rodamientos cerámicos, los miembros de anillo de guía y los componentes de contacto de rodamiento similares son característicamente menos susceptibles de daños en un entorno del tipo indicado de lubricación insuficiente según lo indicado. Por consiguiente, una unidad de cubo con un componente de contacto de rodamiento formado con materiales cerámicos adoptados como material pueden mostrar una durabilidad mejorada cuando se emplean en un entorno de lubricación insuficiente.

30 Así mismo, si los materiales cerámicos se adoptan como material para un componente de una junta cardánica que incluya un miembro de transmisión del par al efecto, por ejemplo el miembro de transmisión del par al efecto, pueden proporcionar una junta cardánica con un peso reducido y también impedir que la junta cardánica reduzca su vida útil en cuanto el miembro de transmisión del par al efecto se corroa y por tanto se dañe o se corroa de forma electrofítica.

35 Así mismo, una junta cardánica presenta un miembro de transmisión del par al efecto que rueda y se detiene de forma reiterada sobre una superficie de un anillo de guía, y no se dispone una película de aceite suficiente entre el miembro de transmisión del par para la junta cardánica del anillo de guía. Así mismo, una junta cardánica se utiliza a menudo en un entorno con una posibilidad de recibir en su interior la humedad y, por tanto, sin que presente la suficiente lubricidad. Un miembro de transmisión cerámico de transmisión del par de una junta cardánica es característicamente menos susceptible de daños de lo que lo es en un entorno de lubricación insuficiente según lo expuesto. Por consiguiente, por ejemplo, una junta cardánica con un miembro de par al efecto formado con materiales cerámicos adoptados como material puede mostrar una durabilidad mejorada a la hora de su empleo en un entorno de lubricación insuficiente.

45 Así mismo, si los materiales cerámicos se adoptan como material con respecto al miembro deslizante que constituya un cojinete de fricción, una unidad de cojinete de fluido dinámico o un dispositivo de deslizamiento similar, y contacte con otro miembro adyacente y también se deslice con respecto al otro miembro, pueden proporcionar un dispositivo deslizante con un peso reducido e impedir también que el dispositivo deslizante acorte su vida útil debido a la corrosión del miembro deslizante y, por tanto, dañe o corroa de forma electrofítica un componente.

50 Sin embargo, el nitruro de silicio, el sialon y materiales cerámicos similares requieren un coste de producción más elevado que el acero, y la adopción de materiales cerámicos como material de los componentes de los cojinetes de rodillos, para las juntas cardánicas o los dispositivos deslizantes incrementan de manera desventajosa sus costes de producción.

55 En los últimos años se ha desarrollado un procedimiento de producción de  $\beta$ -sialon, un tipo de material cerámico, de forma poco costosa mediante la adopción de un proceso de producción que incluye una síntesis de combustión (véase la Patente japonesa Abierta a Inspección Pública No. 2204-91272 (Documento de Patente 1), la Patente japonesa Abierta a Inspección Pública 2005-75652 (Documento de Patente 2) y la Patente japonesa Abierta a

Inspección Pública No. 2005-194154 (Documento de Patente 3), por ejemplo). Esto permite tomar en consideración la adopción de  $\beta$ -sialon como material para los componentes de los cojinetes de rodillos de las juntas cardánicas o de los dispositivos deslizantes para fabricarlos de una manera no costosa.

- 5 Documento de Patente 1: Patente japonesa Abierta a Inspección Pública No. 2004-91272  
 Documento de Patente 2: Patente japonesa Abierta a Inspección Pública No. 2005-75652  
 Documento de Patente 3: Patente japonesa Abierta a Inspección Pública No. 2005-194154

El artículo "Producción en Serie de Ultrafine Powder Meramics® por Síntesis Directa - Resumen y Perspectivas Futuras", publicada en las páginas 99 - 102 en Material Stage [JP], Vol. 7, No. 1, 2007, divulga un miembro de contacto de rodamiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

10 **Divulgación de la invención**

**Problemas a resolver por la invención**

15 Para adoptar el  $\beta$ -sialon referido como material de un componente de cojinete de rodillos, sin embargo el componente del cojinete de rodillos que se constituye con  $\beta$ -sialon debe ofrecer una vida útil suficiente de contacto con el rodamiento. La vida útil de contacto con el rodamiento no coincide necesariamente con una resistencia del miembro a la fractura y otros aspectos similares, y no se puede decir que un componente de un cojinete de rodillos esté formado necesariamente por  $\beta$ -sialon para que sea suficientemente resistente a la fatiga con el contacto de rodamiento. Por tanto, no ha sido fácil asegurar que un cojinete de rodillos que incluya un componente formado por  $\beta$ -sialon presente la suficiente durabilidad.

20 Así mismo, para adoptar el  $\beta$ -sialon como material como miembro de transmisión del par de una junta cardánica, sin embargo, el miembro de transmisión del par de la junta cardánica que se ha constituido con  $\beta$ -sialon debe tener la suficiente durabilidad. Más concretamente, la junta cardánica presenta el miembro de transmisión del par deslizándose sobre una guía y al mismo tiempo rodando sobre ella cuando la junta cardánica opera. Por consiguiente, el miembro de transmisión del par para la junta cardánica recibe la fatiga del contacto de rodamiento y deslizante. La durabilidad contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizante no necesariamente coincide con la resistencia de la fractura del miembro de transmisión del par y similares, y no se puede decir que el miembro de transmisión del par para la junta cardánica que se constituye mediante  $\beta$ -sialon, necesariamente tenga la suficiente durabilidad contra la fatiga de rodamiento y deslizamiento. De esta manera, no ha sido fácil asegurar que la junta cardánica que incluye el miembro de transmisión del par constituido al efecto mediante  $\beta$ -sialon presente de manera fiable la suficiente durabilidad.

30 Así mismo, para adoptar el  $\beta$ -sialon como material para el miembro deslizante, sin embargo, el miembro deslizante que se forme con  $\beta$ -sialon debe tener una suficiente resistencia al desgaste. La resistencia al desgaste no necesariamente coincide con la resistencia a la fractura del miembro y similares, y no se puede decir que un miembro deslizante que esté constituido por  $\beta$ -sialon necesariamente presente la suficiente resistencia al desgaste. De esta manera, no ha sido fácil asegurar tampoco que el dispositivo deslizante que incluya un miembro deslizante constituido por  $\beta$ -sialon presente de manera fiable una durabilidad suficiente.

35 Por consiguiente, la presente invención contempla un miembro de contacto de rodamiento que sirve como componente de un cojinete de rodillos, que está constituido por  $\beta$ -sialon sinterizado (un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal) no costoso y capaz de asegurar de manera fiable la suficiente durabilidad, y un procedimiento de producción del mismo, y un cojinete de rodillos (incluyendo una unidad de cubo) que incluye el miembro de contacto de rodamiento.

40 Así mismo, la presente invención prevé también un miembro de transmisión del par para una junta cardánica que está constituido por  $\beta$ -sialon sinterizado (un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal) no costoso y capaz de asegurar de manera fiable la suficiente durabilidad, y un procedimiento de producción del mismo, y una junta cardánica que incluye el miembro de transmisión del par para la junta cardánica.

45 Así mismo, la presente invención prevé también un miembro deslizante que está constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado (un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal), no costoso y capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente, y un procedimiento de producción del mismo, un dispositivo de deslizamiento que incluye el miembro deslizante.

**Medios para resolver los problemas**

50 La presente invención, de acuerdo con la reivindicación 1, proporciona, en un primer aspecto, un miembro de contacto de rodamiento en un cojinete de rodillos. El miembro de contacto de rodamiento es un miembro entre un anillo de guía y un elemento de rodamiento dispuesto en contacto con el anillo de guía sobre una superficie de rodamiento anular. El miembro de contacto de rodamiento está configurado como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por una impureza. El miembro de contacto de rodamiento presenta una superficie de contacto de rodamiento que sirve como superficie que contacta

con otro miembro de contacto de rodamiento, y la superficie de contacto de rodamiento está constituida en una porción que presenta una capa de densidad alta más alta en densidad que una porción interna.

La presente invención de acuerdo con la reivindicación 1, proporciona, en otro aspecto, un miembro de contacto de rodamiento en un cojinete de rodillos. El miembro de contacto de rodamiento es un miembro entre un anillo de guía y un elemento rodante dispuesto en contacto con el anillo de guía sobre una superficie de rodamiento anular. El miembro de contacto de rodamiento está configurado como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por un aditivo de sinterización y una impureza. El miembro de contacto de rodamiento presenta una superficie de contacto de rodamiento que sirve como superficie que contacta con otro miembro de contacto de rodamiento, y la superficie de contacto de rodamiento está incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta más alta que la densidad de una porción interna.

El actual inventor ha investigado con detalle la relación entre la longevidad debido a la fatiga del contacto de rodamiento de un miembro de contacto que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y la configuración del miembro de contacto de rodamiento y, como resultado de ello, ha obtenido los hallazgos consiguientes y llegado a la conclusión que supone la presente invención.

Más concretamente, cuando un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal, según lo descrito con anterioridad, es utilizado para fabricar un miembro de contacto de rodamiento, su densidad afecta de manera considerable a la longevidad a la fatiga del contacto de rodamiento, uno de los aspectos más importantes respecto de la durabilidad con relación al miembro de contacto de rodamiento. El miembro de contacto de rodamiento está constituido por un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta una superficie de rodamiento / superficie de contacto de rodamiento incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta de densidad más alta que una porción interna. Como resultado de ello, la presente invención puede proporcionar un miembro de contacto de rodamiento constituido por un cuerpo sinterizado que contiene como componente principal un material de  $\beta$ -sialon que no es costoso y es capaz de asegurar de manera fiable la durabilidad suficiente al tiempo que consigue una longevidad mejorada respecto del contacto de rodamiento.

En la presente memoria, una capa de densidad alta es una capa de un cuerpo sinterizado que presenta una porosidad baja (o una densidad alta), y que puede ser inspeccionado por ejemplo, de la forma siguiente: inicialmente, el miembro de contacto de rodamiento es cortado a lo largo de una sección transversal perpendicular a una superficie del miembro de contacto de rodamiento y la sección transversal presenta una superposición especular. La sección transversal de imagen superpuesta es entonces representada a través de un microscopio óptico con iluminación oblicua (un campo oscuro) en una magnificación por ejemplo de aproximadamente 50 - 100 aumentos, y almacenada en una imagen igual o mayor de 300 puntos por 2,54 cm (DPI). Al hacerlo, una porción blanca de color es observada como una porción de color blanco, que se corresponde con una porción de alta porosidad (o de baja densidad). Por consiguiente, una porción que presenta una porción de color blanco que presenta una porción de área pequeña es de mayor densidad que una porción que presenta una porción de color blanco con una relación de área amplia. Un procesador de imagen es utilizado para binarizar la imagen almacenada por un valor de umbral de brillo y de esta manera se mide una relación del área de la porción de color blanco y de ahí la densidad de la porción representada en imagen puede ser obtenida. En otras palabras, el presente miembro de contacto de rodamiento presenta una superficie de contacto de rodamiento / rotativa incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta que incorpora una porción de color blanco que presenta una relación de área menor de lo que lo hace una porción interna. Nótese que, de modo preferente, la formación de imagen se lleva a cabo de manera aleatoria en al menos cinco emplazamientos y que la relación del área se evalúa a partir de un valor medio de la misma. Así mismo, el miembro de contacto de rodamiento en una porción interna presenta una porción de color blanco que presenta una relación de área por ejemplo igual o mayor a un 15%.

Así mismo, para dotar al miembro de contacto de rodamiento de una mayor longevidad a la fatiga de contacto de rodamiento, la capa de densidad alta presenta un grosor igual o superior a 100  $\mu\text{m}$ . Así mismo, el aditivo de sinterización adoptado en el miembro de contacto de rodamiento, en otro aspecto, como se describió con anterioridad, se puede seleccionar a partir de un elemento entre un óxido, un nitruro y un óxidonitruro de magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si), titanio (Ti) y un elemento de tierras raras. Así mismo, para conseguir una función y un efecto equivalentes al del miembro de contacto de rodamiento, en un aspecto de la presente invención, es deseable que el aditivo de sinterización sea igual o inferior a un 20% en masa del cuerpo sinterizado.

En las líneas anteriores, el miembro de contacto de rodamiento, de modo preferente, cuando la capa de densidad alta es observada en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, la capa muestra una porción observada como una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o inferior a un 7%.

La capa de densidad alta de densidad mejorada hasta un extremo que permita que una porción de color blanco presenta una relación de área igual o menor a un 7%, dota al miembro de contacto de rodamiento de una mayor longevidad a la fatiga al contacto al rodamiento. El presente miembro de contacto de rodamiento puede así conseguir una mayor longevidad a la fatiga del contacto de rodamiento.

En las líneas anteriores, el miembro de contacto de rodamiento de acuerdo con la invención, la capa de densidad alta presenta una superficie incluida en una capa de densidad más alta de mayor densidad que otra porción de la capa de densidad alta.

5 Una capa de densidad más alta aún en densidad y dispuesta en una porción que incluye una superficie de la capa de densidad alta potencia aún más, de acuerdo con la invención, la durabilidad del miembro de contacto de rodamiento contra la fatiga de contacto de rodamiento y dota así al miembro de contacto de rodamiento de una mayor longevidad a la fatiga del contacto de rodamiento.

10 En las líneas anteriores, el miembro de contacto de rodamiento de acuerdo con la invención, cuando se observa la capa de densidad más alta en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, la capa muestra una porción observada como una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o menor a un 3,5%.

15 La capa de densidad más alta de densidad mejorada hasta un punto que permite que una porción de color blanco tenga una relación de área igual o menor a un 3,5%, dota al miembro de contacto de rodamiento de una mayor longevidad a la fatiga del contacto de rodamiento. El presente miembro de contacto de rodamiento puede así conseguir una mayor longevidad a la fatiga del contacto de rodamiento.

La presente invención proporciona un cojinete de rodillos que comprende: un miembro de anillo de guía; una pluralidad de elementos de rodillos dispuestos en contacto con el miembro de anillo de guía sobre una superficie de rodamiento anular. Al menos un miembro entre el miembro de anillo de guía y el elemento rodante es el miembro de contacto de rodamiento de la presente invención según lo descrito con anterioridad.

20 El presente cojinete de rodillos que incluye el presente miembro de contacto de rodamiento que no es costoso y es también capaz de asegurar de manera fiable la suficiente durabilidad, puede ser un cojinete de rodillos que incluya un miembro de contacto de rodamiento constituido por  $\beta$ -sialon sinterizado no costoso y capaz de asegurar de manera fiable la suficiente durabilidad.

25 La presente invención de acuerdo con la reivindicación 4 proporciona, en un aspecto, un procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento en un cojinete de rodillos, siendo el miembro de contacto de rodamiento uno entre un miembro de anillo de guía y un elemento rodante dispuesto en contacto con el miembro de anillo de guía sobre una superficie de rodamiento, que comprende las etapas de: la preparación de un material de fuente de partículas de tamaño polvo que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por una impureza; el conformado del material de fuente de partículas de polvo en una configuración genérica geométrica del miembro de contacto de rodamiento para proporcionar un cuerpo conformado; y la sinterización del cuerpo conformado a una presión igual o mayor de 1 MPa.

35 La presente invención de acuerdo con la reivindicación 4 proporciona, en otro aspecto, un procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento en un cojinete de rodillos, siendo el miembro de contacto de rodamiento uno entre un miembro de anillo de guía y un elemento rodante dispuesto en contacto con el miembro de anillo de guía sobre una superficie de rodamiento anular que comprende las etapas de: la preparación de un material de fuente en partículas tamaño polvo que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y que presenta un resto constituido por un aditivo de sinterización y una impureza; el conformado del material de fuente de partículas tamaño polvo adoptando una configuración genérica geométrica del miembro de contacto de rodamiento para conseguir un cuerpo conformado; y la sinterización del cuerpo conformado a una presión igual o menor de 1 MPa.

40 Cuando se debe utilizar un cuerpo sinterizado de material cerámico para conseguir un miembro de contacto de rodamiento, se emplea generalmente un procedimiento que adopta una prensa isostática caliente (HIP), la sinterización de gas presurizado (GPS) o una sinterización a presión similar (normalmente, un procedimiento de sinterización a una presión igual o mayor a 10 MPa) para reducir o impedir un defecto que reduzca la longevidad a la fatiga del contacto de rodamiento del miembro de contacto de rodamiento. Este procedimiento de producción convencional puede reducir la porosidad del miembro de contacto de rodamiento y, de esta manera, producir un miembro de contacto de rodamiento de alta densidad. El procedimiento de producción convencional que adopta la sinterización a presión, sin embargo, invita a un coste de producción incrementado. Así mismo, el procedimiento de producción que adopta la sinterización a presión altera el miembro de contacto de rodamiento en una porción superficial del material para provocar una capa anómala. Esto exige la retirada de la capa anómala en un proceso de acabado del miembro de contacto de rodamiento, lo que incrementa aún más el coste de producción del miembro de contacto de rodamiento. Por el contrario, si la sinterización a presión no se adopta, la porosidad del miembro de contacto de rodamiento se incrementa y se provoca así un defecto y se reduce la longevidad a la fatiga del contacto de rodamiento del miembro de contacto de rodamiento.

55 El actual inventor ha descubierto que la sinterización de un cuerpo conformado que se ha constituido con  $\beta$ -sialon a una presión igual o menor de 1 MPa para producir un miembro de contacto de rodamiento puede proporcionar el miembro de contacto de rodamiento en una porción que incluya una superficie de contacto de la superficie de rodadura / rodamiento que esté constituida por su superficie con una capa de densidad alta de densidad más alta que su porción interna. El actual procedimiento de producción del miembro de contacto de rodamiento que incluye la

- etapa de sinterización de un cuerpo conformado que contiene  $\beta$ -sialon, como componente principal, a una presión igual o menor de 1 MPa, puede proporcionar una porción que incluya una superficie de contacto de rodamiento / rotativa (una superficie) con una capa de densidad alta reduciendo / eliminando al tiempo un coste de producción incrementado asociado con la sinterización a presión. En consecuencia, el actual procedimiento de producción del miembro de contacto puede fabricar de manera no costosa un miembro de contacto de rodamiento constituido por  $\beta$ -sialon sinterizado, capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente.
- Nótese que la capa de sinterización del cuerpo conformado se lleva a cabo, de modo preferente, a una presión igual o superior a 0,01 MPa para reducir o impedir la descomposición del  $\beta$ -sialon y, de modo más preferente, a una presión igual o mayor que la presión atmosférica cuando se tiene en cuenta la reducción del coste. Así mismo, para proporcionar la capa de densidad alta reduciendo al tiempo el coste de producción, la etapa de sinterización del cuerpo conformado se lleva a cabo, de modo preferente, a una presión igual o inferior a 1 MPa.
- En un procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento de acuerdo con la invención, según lo descrito con anterioridad, en la etapa de sinterización del cuerpo conformado, el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura que oscila entre 1550° C y 1800° C.
- Si el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura inferior a 1550° C, no es sinterizado para facilitar el incremento de su densidad. Por consiguiente, el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura igual o superior a 1550° C y, de modo más preferente, igual o superior a 1600° C. Por el contrario, si el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura que sobrepase los 1800° C, el  $\beta$ -sialon puede presentar unos granos de cristal bastos lo que se traduce en un cuerpo sinterizado que presenta características mecánicas defectuosas. Por consiguiente, el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura igual o inferior a 1800° C y, de modo más preferente, a una temperatura igual o inferior a 1750° C.
- En el procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento, según lo descrito con anterioridad, de modo preferente, en la etapa de sinterización del cuerpo conformado, el cuerpo conformado es sinterizado en un elemento entre una atmósfera de un gas inerte y una atmósfera de una mezcla gaseosa de nitrógeno y oxígeno.
- La sinterización de un cuerpo conformado en una atmósfera de un gas inerte puede reducir o impedir la descomposición del  $\beta$ -sialon, la variación microestructural, y aspectos similares. Así mismo, la sinterización del cuerpo conformado en una atmósfera de una mezcla gaseosas de nitrógeno y oxígeno hace posible un  $\beta$ -sialon sinterizado resultante para contener nitrógeno y oxígeno en una cantidad controlada.
- El procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento, según lo descrito con anterioridad, incluye además la etapa de formación de una superficie del cuerpo conformado antes de la sinterización del cuerpo conformado.
- El cuerpo conformado que ha sido sinterizado presenta una dureza considerablemente incrementada y, de esta manera, es difícil de trabajar. Por consiguiente, por ejemplo la sinterización del cuerpo conformado y, a continuación, el trabajo extensivo del cuerpo conformado para terminarlo como miembro de contacto de rodamiento invita a un coste incrementado para la producción del miembro de contacto de rodamiento. Por el contrario, la sinterización del cuerpo conformado después de trabajarlo para permitir que se desarrolle una etapa de acabado similar para que sea trabajado el cuerpo conformado sinterizado en una cantidad reducida, hace posible que el miembro de contacto de rodamiento sea fabricado a un coste reducido. En particular, un procedimiento de producción que adopte la sinterización a presión implica la retirada de una capa anómala, lo que conlleva el trabajo de un cuerpo sinterizado en una cantidad relativamente importante. De esta manera, dicha etapa no presenta una ventaja excesiva. El actual procedimiento de producción del miembro de contacto de rodamiento adopta la etapa de sinterización de un cuerpo conformado que está constituido por  $\beta$ -sialon a una presión igual o mayor de 1 MPa. Esto puede reducir / eliminar una cantidad de trabajo para suprimir una etapa anómala y la etapa es con ello considerablemente ventajosa.
- El procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento, según lo descrito con anterioridad, incluye además la etapa de trabajar una superficie del cuerpo conformado sinterizado para retirar una porción que incluye la superficie, y la etapa de trabajar suprime el cuerpo conformado en un grosor igual o menor a 100  $\mu\text{m}$ .
- El actual procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento proporciona una porción que incluye una superficie con la capa de densidad más alta referida anteriormente, y que presenta un grosor de aproximadamente 150  $\mu\text{m}$ . Por consiguiente, cuando un cuerpo conformado sinterizado debe tener una superficie trabajada para retirar una porción que incluya la superficie, por ejemplo, cuando el cuerpo conformado sinterizado experimente una etapa de acabado, la etapa de acabado que se realiza para retirar el cuerpo conformado en un grosor igual o inferior a 100  $\mu\text{m}$  permite que el miembro de contacto de rodamiento presente una superficie de contacto de rodamiento / rotativa con una capa de densidad más alta que permanezca en su interior. La etapa descrita con anterioridad hace posible que sea fabricado un miembro de contacto de rodamiento con una mayor longevidad a la fatiga de contacto de rodamiento. Para asegurar que permanece la capa de densidad más alta, la etapa suprime el cuerpo conformado sinterizado en un grosor igual o menor a 100  $\mu\text{m}$ .
- En un aspecto que no forma parte de la invención, se proporciona un miembro de transmisión del par para una junta cardánica dispuesta en una junta cardánica entre un miembro de anillo de guía conectado a un primer miembro de

eje y un segundo miembro de eje de forma rotativa y deslizante y que transmite la rotación transmitida a uno entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje alrededor de un eje geométrico con el otro entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje. El miembro de transmisión del par está configurado como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por una impureza. El miembro de transmisión del par presenta una superficie de contacto que sirve como superficie que contacta con otro miembro, y la superficie está incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta de densidad mayor que una porción interna.

En otro aspecto que no forma parte de la invención, se proporciona un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, dispuesto en una junta cardánica entre un miembro de anillo de guía conectado a un primer miembro de eje y a un segundo miembro de eje de forma rotativa y deslizante y que transmite la rotación transmitida a un miembro entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje alrededor de un eje geométrico con el otro entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje. El miembro de transmisión del par está configurado como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y que presenta un resto constituido por un aditivo sinterizado y una impureza. El miembro de transmisión del par presenta una superficie de contacto que sirve como superficie que contacta con otro miembro y la superficie está constituida en una porción que presenta una capa de densidad alta de densidad más alta que una porción interna.

El actual inventor ha investigado con detalle una relación entre la durabilidad de un miembro de transmisión del par que se proporciona para una junta cardánica y que presenta  $\beta$ -sialon como componente principal con respecto a la fatiga del contacto de rodamiento deslizante y la configuración del miembro de transmisión del par, y como resultado de ello ha obtenido el descubrimiento consiguiente alcanzando como meta la presente invención.

Más concretamente, cuando un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal, según lo descrito con anterioridad, es utilizado para fabricar un miembro de producción del par para una junta cardánica, su densidad afecta de manera considerable a la durabilidad con respecto a la fatiga de contacto de rodamiento deslizante, una de las durabilidades más importantes para el miembro de transmisión del par para la junta cardánica. El presente miembro de transmisión del par para una junta cardánica se constituye mediante un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta una superficie de contacto incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta con una densidad más alta que una porción interna. Como resultado de ello, la presente invención puede proporcionar un medio de transmisión del par para una junta cardánica que está constituido por un cuerpo sinterizado que contiene como componente principal un  $\beta$ -sialon no costoso y capaz de asegurar de manera fiable la durabilidad suficiente al tiempo que consigue una durabilidad mejorada contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizable.

En la presente memoria, una capa de densidad alta es una capa de un cuerpo sinterizado que presenta una baja porosidad (o una alta densidad), y que puede ser inspeccionado, por ejemplo, como sigue: inicialmente, el miembro de transmisión del par para una junta cardánica es cortado a lo largo de una sección transversal perpendicular a la superficie de un miembro de transmisión del par para la junta cardánica y la sección transversal es solapa especularmente. La sección transversal solapada de forma especular es a continuación representada a través de un microscopio óptico con iluminación oblicua (un campo oscuro) con una magnificación, por ejemplo, de aproximadamente de 50 a 100 aumentos, y almacenada en una imagen igual o mayor de 300 puntos por 2,54 cm (DPI). Al hacerlo, una porción blanca de color es observada como una porción de color blanco, que se corresponde con una porción de elevada porosidad (o de baja densidad). Por consiguiente, una porción que presenta una porción de color blanco que presenta una relación de área pequeña es de densidad más alta que una porción que presenta una porción de color blanco con una porción de área de gran tamaño. Un procesador de imágenes se utiliza para binarizar la imagen almacenada mediante un valor de umbral de brillo y una relación de área de porción de color blanco es así medida y a partir de ahí la densidad de la porción representada se puede obtener. En otras palabras, el actual miembro de transmisión del par para una junta cardánica presenta una superficie de contacto incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta que presenta una porción de color blanco con una relación de área menor de la que presenta una porción interna. Nótese que, de modo preferente, la formación de imágenes se lleva a cabo de manera aleatoria en al menos cinco emplazamientos y la relación de área es evaluada a partir de un valor medio de los mismos. Así mismo, el miembro de transmisión del par para la junta cardánica presenta en una porción interna una porción de color blanco que presenta una relación de área por ejemplo igual o mayor de un 15%.

Así mismo, para conseguir el miembro de transmisión del par para una junta cardánica con una durabilidad todavía más incrementada contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizamiento, es preferente que la capa de densidad alta presente un grosor igual o mayor a 100  $\mu\text{m}$ . Así mismo, la sinterización aditiva adoptada en el miembro de transmisión del par para una junta cardánica en otro aspecto, según lo descrito con anterioridad, puede ser seleccionada entre al menos un elemento entre un óxido, un nitruro y un óxidonitruro de magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si), titanio (Ti) y un elemento de tierras raras. Así mismo, para conseguir una función y efecto equivalentes al del miembro de transmisión del par para una junta cardánica en un aspecto de la presente invención, es deseable que la sinterización aditiva sea igual o menor a un 20% en masa del cuerpo sinterizado.

En el miembro de transmisión del par referido para una junta cardánica cuando la capa de densidad alta se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, la capa muestra una porción observada como una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o menor a un 7%.

5 La capa de densidad alta de densidad mejorada hasta un extremo que permite que una porción de color blanco presente una relación de área igual o menor a un 7%, dota al miembro de transmisión del par para una junta cardánica de una durabilidad incrementada adicional contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizamiento. El actual miembro de transmisión del par para una junta cardánica puede así conseguir una durabilidad aún más incrementada contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizamiento.

En el miembro de transmisión del par referido para una junta cardánica, de modo preferente, la capa de densidad alta presenta una superficie incluida en una capa de densidad más alta con una mayor densidad que otra porción de la capa de densidad alta.

10 Una capa de densidad más alta con una densidad más alta y dispuesta en una porción que incluye una superficie de la capa de densidad alta puede potenciar aún más el miembro de transmisión del par para una junta cardánica con una durabilidad frente a la fatiga de contacto de rodamiento y deslizamiento.

15 En el miembro de transmisión del par referido para una junta cardánica, de modo preferente cuando la capa de densidad más alta se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, la capa muestra una porción observada como una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o menor de un 3,5%,

La capa de densidad más alta de densidad mejorada hasta un extremo que permite que una porción de color blanco presente una relación de área igual o menor de un 3,5%, dota al miembro de transmisión del par de una junta cardánica con una durabilidad aún más incrementada contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizamiento.

20 En otro aspecto que no forma parte de la invención, se proporciona una junta cardánica que comprende: un miembro de anillo de guía conectado a un primer miembro de guía; un miembro de transmisión del par dispuesto en contacto con el miembro de anillo de guía de forma rotativa y deslizante sobre una superficie del miembro de anillo de guía y un segundo miembro de eje conectado por medio del miembro de transmisión del par y del miembro del anillo de guía al primer miembro de eje. La junta cardánica transmite la rotación transmitida a un miembro entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje alrededor de un eje geométrico al otro entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje. El miembro de transmisión del par es un miembro de transmisión del par que está dispuesto para una junta cardánica de acuerdo con la presente invención según lo descrito con anterioridad.

La presente junta cardánica que incluye el presente miembro de transmisión del par para una junta cardánica, según lo descrito con anterioridad, puede proporcionar una junta cardánica que incluye un miembro de transmisión del par constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado no costoso y capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente.

30 En un aspecto adicional que no forma parte de la invención, se proporciona un procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica dispuesto en una junta cardánica entre un miembro de anillo de guía conectado a un primer miembro de eje y a un segundo miembro de eje forma rotativa y deslizante y que transmite la rotación transmitida a un miembro de entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje alrededor de un eje geométrico al otro entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje, que comprende las etapas de la preparación de un material de fuente de partículas tamaño polvo genéricamente en una configuración geométrica del miembro de transmisión del par para la junta cardánica para proporcionar un cuerpo conformado; y la sinterización del cuerpo conformado a una presión igual o menor de 1 MPa.

40 En otro aspecto que no forma parte de la invención, se proporciona un procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, dispuesta en una junta cardánica entre un miembro de anillo guía conectado a un primer miembro de eje y a un segundo miembro de eje de forma rotativa y deslizante y que transmite la rotación transmitida a un miembro entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje alrededor de un eje geométrico al otro de entre el primer miembro de eje y el segundo miembro de eje, que comprende las etapas de: la preparación de un material de fuente de partículas tamaño polvo que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por un aditivo de sinterización y una impureza; el conformado del material de fuente de partículas tamaño polvo genéricamente en una configuración geométrica del miembro de transmisión del par para la junta cardánica para proporcionar un cuerpo conformado; y la sinterización del cuerpo conformado a una presión igual o menor de 1 MPa.

50 Cuando un cuerpo sinterizado de material cerámico debe ser utilizado para fabricar un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, se emplea generalmente un procedimiento que adopta una presión isostática caliente (HIP), la sinterización de gas presurizado (GPS), o la sinterización a presión similar (normalmente, un procedimiento de sinterización a una presión igual o superior a 10 MPa) para reducir o impedir un defecto que reduzca la durabilidad del miembro de transmisión del par contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizamiento. Este procedimiento de producción puede reducir la porosidad del miembro de transmisión del par y de esta forma fabricar un miembro de transmisión del par de alta densidad para una junta cardánica. El procedimiento de producción convencional que adopta la sinterización a presión, sin embargo, invita a un coste de producción incrementado. Así mismo, el procedimiento de producción que adopta la sinterización a presión altera el miembro de transmisión del par en una porción de superficie del material para provocar una capa anómala. Esto requiere la retirada de esa capa anómala en un proceso para el acabado del miembro de transmisión del par, lo que incrementa en mayor medida el

coste de producción del miembro de transmisión del par. Por el contrario, si no se adopta la sinterización a presión, la porosidad del miembro de transmisión del par se incrementa y con ello se provoca un defecto, y el miembro de transmisión del par presenta una durabilidad defectuosa contra la fatiga de contacto de rodamiento y de deslizamiento.

- 5 El actual inventor ha descubierto que sinterizando un cuerpo conformado que esté constituido por  $\beta$ -sialon a una presión igual o inferior a 1 MPa para fabricar un miembro de transmisión del par para una junta cardánica puede proporcionar el miembro de transmisión del par en una porción que incluya una superficie de contacto (una superficie) que esté conformada en una superficie de la misma con una capa de densidad alta de densidad mayor que una porción interna de la misma. El actual procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica que incluye la etapa de sinterización de un cuerpo conformado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal a una presión igual o inferior a 1 MPa puede proporcionar una porción que incluya una superficie de contacto con una capa de densidad alta reduciendo / eliminando al tiempo un coste de producción incrementado asociado con la sinterización a presión. En consecuencia, el actual procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica puede fabricar de manera no costosa un miembro de transmisión del par constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente para una junta cardánica.

20 Nótese que la etapa de sinterización del cuerpo conformado se lleva a cabo de modo preferente a una presión igual o superior a 0,01 MPa para reducir o impedir la descomposición del  $\beta$ -sialon, y de modo más preferente, a una temperatura igual o superior a la presión atmosférica cuando se tiene en cuenta la reducción de coste. Así mismo, para proporcionar la capa de densidad alta reduciendo al tiempo el coste de producción, la etapa de sinterización del cuerpo conformado se lleva a cabo de modo preferente a una presión igual o inferior a 1 MPa.

Si el procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, según lo descrito con anterioridad, de modo preferente, en la etapa de sinterización del cuerpo conformado, el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura que oscila entre 1550° C y 1800° C.

- 25 Si el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura inferior a 1550° C, no es sinterizado para facilitar que su densidad aumenta, por consiguiente el cuerpo conformado es sinterizado, de modo preferente, a una temperatura igual o superior a 1550° C y, de modo más preferente, igual o superior a 1600° C. Por el contrario, si el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura que sobrepasa los 1800° C, el  $\beta$ -sialon puede presentar granos de cristal bastos dando como resultado un cuerpo sinterizado que presenta características mecánicas defectuosas. Por consiguiente, el cuerpo conformado es sinterizado, de modo preferente, a una temperatura igual o inferior a 1800° C y, de modo más preferente, igual o inferior a 1750° C.

35 En el procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica según lo descrito con anterioridad, de modo preferente, en la etapa de sinterización del cuerpo conformado, el cuerpo conformado es sinterizado en un elemento entre una atmósfera de un gas inerte y una atmósfera de una mezcla gaseosa de nitrógeno y oxígeno.

La sinterización del cuerpo conformado de una atmósfera de un gas inerte puede reducir o impedir la descomposición del  $\beta$ -sialon, la variación microestructural, y aspectos similares. Así mismo, la sinterización del cuerpo conformado en una atmósfera de una mezcla gaseosa de nitrógeno y oxígeno permite un  $\beta$ -sialon sinterizado resultante que contenga nitrógeno y oxígeno en una cantidad controlada.

- 40 El procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par de una junta cardánica, según lo descrito con anterioridad, de modo preferente, incluye además la etapa de formación de una superficie del cuerpo conformado antes de la sinterización del cuerpo conformado.

45 El cuerpo conformado que ha sido sinterizado incrementa su dureza de manera considerable y por tanto es duro de trabajar. Por consiguiente, por ejemplo, la sinterización del cuerpo conformado y a continuación el trabajo extensivo del cuerpo conformado para su acabado como miembro de transmisión de par para una junta cardánica invita a un coste incrementado para la producción del miembro de transmisión del par para la junta cardánica. Por el contrario, la sinterización del cuerpo conformado después de trabajarlo para hacer posible que se lleve a cabo una etapa de acabado similar de forma que el cuerpo conformado sinterizado sea trabajado en una cantidad reducida, hace posible que se fabrique un miembro de transmisión del par para una junta cardánica con un coste reducido. En particular, un procedimiento de producción que adopte la sinterización a presión conlleva la eliminación de una capa anómala, lo que conlleva el trabajo de un cuerpo sinterizado en una cantidad relativamente considerable. De esta manera, dicha etapa no presenta una ventaja relevante. El procedimiento actual de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica adopta la etapa de sinterización de un cuerpo conformado constituido por  $\beta$ -sialon a una presión igual o inferior a 1 MPa. Esto puede reducir / eliminar una cantidad de trabajo para eliminar una capa anómala y con ello la etapa resulta considerablemente beneficiosa.

El procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, según lo descrito con anterioridad, de modo preferente incluye además la etapa de trabajo de una superficie del cuerpo conformado

sinterizado para eliminar una porción que incluye la superficie y la etapa de trabajado elimina el cuerpo conformado hasta un grosor igual o inferior a 150  $\mu\text{m}$ .

5 El actual procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica proporciona una porción que incluye una superficie con una capa de densidad más alta mencionada con anterioridad y que presenta un grosor de aproximadamente 150  $\mu\text{m}$ . Por consiguiente, cuando un cuerpo conformado sinterizado debe tener una superficie trabajada para eliminar una porción que incluya esa superficie, por ejemplo, cuando el cuerpo conformado sinterizado se someta a una etapa de acabado, la etapa de acabado que se lleva a cabo para eliminar el cuerpo conformado hasta un grosor igual o inferior a 150  $\mu\text{m}$  permite que el miembro de transmisión del par para la junta cardánica presente una superficie de contacto con una capa de densidad más alta que persiste en su interior. La etapa, según se ha descrito con anterioridad, hace posible que un miembro de transmisión del par para una junta cardánica sea fabricado con una durabilidad mejorada en mayor medida contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizamiento. Nótese que para asegurar que la capa de densidad más alta persiste, la etapa, de modo más preferente, elimina el cuerpo conformado sinterizado hasta un grosor igual o inferior a 100  $\mu\text{m}$ .

15 En un aspecto adicional que no forma parte de la invención se proporciona un miembro deslizante que no contacta con otro miembro adyacente y también deslizante con respecto al otro miembro. El miembro deslizante está configurado como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y que presenta un resto constituido por una impureza. El miembro deslizante presenta una superficie de contacto que sirve como una superficie que contacta con otro miembro, y la superficie de contacto está incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta de mayor densidad que una porción interna.

20 En otro aspecto que no forma parte de la invención, se proporciona un miembro deslizante que contacta con otro miembro adyacente y también deslizante con respecto al otro miembro. El miembro deslizante está configurado como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por un aditivo de sinterización y una impureza. El miembro deslizante presenta una superficie de contacto que sirve como superficie que contacta con otro miembro, y la superficie de contacto está incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta de mayor densidad que una porción interna.

25 El actual inventor ha investigado con detalle una relación entre la resistencia al desgaste de un miembro deslizante que contienen  $\beta$ -sialon como componente principal y la configuración del miembro deslizante y, como resultado de ello, ha obtenido, el siguiente descubrimiento con el lleva a término la presente invención.

30 Más concretamente, cuando un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal, según lo descrito con anterioridad, es utilizado para fabricar un miembro deslizante, su densidad afecta de manera considerable a la resistencia al desgaste, una de las circunstancias más importantes sobre la durabilidad del miembro deslizante. El actual miembro deslizante está constituido por un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta una superficie de contacto incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta de densidad más alta que una porción interna. Como resultado de ello, la presente invención puede proporcionar un miembro deslizante constituido por un cuerpo sinterizado que contiene como componente principal un  $\beta$ -sialon que es no costoso y capaz de asegurar de manera fiable la durabilidad suficiente al tiempo que consigue una resistencia al desgaste mejorada.

35 40 Nótese que el miembro deslizante, en otro aspecto de la presente invención, incluye un aditivo de sinterización cuando se tiene en cuenta la aplicación del miembro deslizante y aspectos similares. Esto puede facilitar la provisión de un cuerpo sinterizado de porosidad reducida. Así, la presente invención puede fácilmente proporcionar un miembro deslizante constituido por un cuerpo sinterizado que contiene como componente principal un  $\beta$ -sialon que es no costoso y capaz de asegurar de manera fiable la durabilidad suficiente al tiempo que consigue una resistencia al desgaste mejorada.

45 En la presente memoria, una capa de densidad alta es una capa de un cuerpo sinterizado que presenta una porosidad baja (o una densidad alta), y puede ser inspeccionado por ejemplo como sigue: inicialmente, el miembro deslizante es cortado a lo largo de una sección transversal perpendicular a una superficie del miembro deslizante y la sección transversal está solapada de modo especular. La sección transversal solapada de modo especular es a continuación representada en imagen por medio de un microscopio óptico con una iluminación oblicua (un campo oscuro) con una magnificación por ejemplo de aproximadamente de 50 - 100 aumentos, y almacenada en una imagen igual o mayor 300 puntos por 2,54 cm (DPI). Al hacerlo, una porción de color blanco es observada como una porción de color blanco que se corresponde con una porción de elevada porosidad (o de baja porosidad). Por consiguiente, una porción que presenta una porción de color blanco que presenta una relación de área pequeña es densidad superior a una porción que presenta una porción de color blanco que presenta una relación de área considerable. Un procesador de imágenes se utiliza para binarizar la imagen almacenada mediante un valor de umbral de brillo y una relación de área de la porción de color blanco es así medida y a partir de ahí se puede obtener la densidad de la porción con la imagen formada. En otras palabras, el actual miembro deslizante presenta una superficie de contacto incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta que presenta una porción de color blanco que presenta una relación de área menor de la que presenta una porción interna. Nótese que, de modo preferente, la formación de imagen se lleva a cabo de manera aleatoria en al menos cinco emplazamientos y que la relación de área es evaluada a partir de un valor medio de aquellos. Así mismo, el miembro deslizante en una

porción interna presenta una porción de color blanco que presenta una relación de área por ejemplo igual o superior a un 15%.

5 Así mismo, para dotar al miembro deslizante de una resistencia al desgaste incrementada adicional, es preferente que la capa de densidad alta presente un grosor igual o superior a 100  $\mu\text{m}$ . Así mismo, el aditivo de sinterización adoptado en el miembro, en otro aspecto, según se ha descrito con anterioridad, puede ser seleccionado entre al menos un elemento entre un óxido, un nitruro y un óxidonitruro de magnesio (Mg), aluminio (Al), silicio (Si), titanio (Ti) y un elemento de tierras raras. Así mismo, para conseguir una función y un efecto equivalentes al del miembro deslizante en un aspecto de la presente invención es deseable que el aditivo de sinterización sea inferior o igual a un 20% en masa del cuerpo sinterizado.

10 En el miembro deslizante referido, de modo preferente, cuando la capa de densidad alta se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, la capa muestra una porción observada como una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o inferior a un 7%.

15 La capa de densidad alta mejorada en cuanto a su densidad hasta un punto que hace posible que una porción de color blanco presenta una relación de área igual o inferior al 7% dota al miembro deslizante de una resistencia al desgaste incrementada aún más. El actual miembro deslizante puede así conseguir una durabilidad incrementada en mayor medida.

En el miembro deslizante referido, de modo preferente, la capa de densidad alta presenta una superficie incluida una capa de densidad más alta de mayor densidad que otra porción de la capa de densidad alta.

20 Una capa de densidad más alta con una densidad aún más alta y dispuesta en una porción que incluye una superficie de la capa de densidad alta puede potenciar el mayor medida la resistencia al desgaste del miembro deslizante.

En el miembro deslizante referido, de modo preferente, cuando la capa de densidad más alta se observa en sección transversal con un microscopio óptico con una iluminación oblicua, la capa muestra una porción observada como una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o inferior a un 3,5%.

25 La capa de densidad más alta mejorada en cuanto a densidad hasta un punto que permite que una porción de color blanco presente una relación de área igual o inferior a un 3,5% dota al miembro deslizante de una resistencia al desgaste incrementada en mayor medida.

30 En otro aspecto que no forma parte de la invención se proporciona un dispositivo deslizante que incluye el actual miembro deslizante. El actual dispositivo deslizante incluye el actual miembro deslizante que puede ser un dispositivo deslizante que incluye un miembro deslizante constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado no costoso y capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente.

35 En un aspecto adicional que no forma parte de la invención, se proporciona un procedimiento de producción de un miembro deslizante que contacta con otro miembro deslizante y también deslizante con el otro miembro, que comprende las etapas de: la preparación de un material de fuente de partículas tamaño polvo que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por una impureza; el conformado del material de fuente tamaño de partículas tamaño polvo genéricamente adoptando una forma geométrica del miembro deslizante para proporcionar un cuerpo conformado; y la sinterización del cuerpo conformado a una presión igual o menor a 1 MPa.

40 En otro aspecto que no forma parte de la invención, se proporciona un procedimiento de producción de un miembro deslizante que contacta con otro miembro adyacente y también deslizante con respecto al otro miembro, que comprende las etapas de: la preparación de un material de fuente de partículas tamaño polvo que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por un aditivo de sinterización y una impureza; el conformado del material de fuente partículas tamaño polvo genéricamente adoptando una configuración geométrica del miembro deslizante para proporcionar un cuerpo conformado; y la sinterización del cuerpo conformado a una presión igual o inferior a 1 MPa.

45 Cuando un cuerpo sinterizado de material cerámico debe ser utilizado para fabricar un miembro deslizante, se emplea generalmente un procedimiento que adopta una presión isostática caliente (HIP), la sinterización de gas a presión (GPS), o una sinterización a presión similar (normalmente, un procedimiento de sinterización a una presión igual o superior a 10 MPa) para reducir o impedir un defecto que reduzca la resistencia al desgaste del miembro deslizante. Este procedimiento de producción adicional puede reducir la porosidad del miembro deslizante y de esta manera producir un miembro deslizante de alta densidad. El procedimiento de producción convencional que adopta la sinterización a presión, sin embargo, invita a un coste de producción incrementado. Así mismo, el procedimiento de producción que adopta la sinterización a presión altera el miembro deslizante en una porción de superficie del material para provocar una capa anómala. Esto requiere la eliminación de la capa anómala en un proceso de acabado del miembro deslizante, lo que incrementa en mayor medida el coste de producción del miembro deslizante. Por el contrario, sino se adopta la sinterización a presión, la porosidad del miembro deslizante se incrementa y un defecto se provoca con ello y se reduce la resistencia al desgaste del miembro deslizante.

50

55

5 El actual inventor ha descubierto que la sinterización de un cuerpo conformado que se constituye con  $\beta$ -sialon a una presión igual o inferior a 1 MPa para producir un miembro deslizando puede proporcionar el miembro deslizando en una porción que incluya una superficie de contacto (una superficie) que esté constituida en una superficie del mismo con una capa de densidad alta de mayor densidad que una porción interna del mismo. El actual procedimiento de producción del miembro deslizando que incluye la etapa de sinterización de un cuerpo conformado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal a una presión igual o inferior a 1 MPa puede proporcionar una porción que incluya una superficie de contacto con una capa de densidad alta reduciendo / eliminando al tiempo un coste de producción incrementado asociado con la sinterización a presión. En consecuencia, el actual procedimiento de producción del miembro deslizando puede producir de manera no costosa un miembro deslizando constituido por  $\beta$ -sialon sinterizado capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente.

15 Nótese que la etapa de sinterización del cuerpo conformado, se lleva a cabo, de modo preferente, a una presión igual o superior a 0,01 MPa para reducir o impedir la descomposición del  $\beta$ -sialon y, de modo más preferente, a una presión igual o mayor a la presión atmosférica cuando se tiene en cuenta la reducción del coste. Así mismo, para proporcionar la capa de densidad alta reduciendo al tiempo el coste de producción, la etapa de sinterización del cuerpo conformado se lleva a cabo de modo preferente a una presión igual o inferior a 1 MPa.

En el procedimiento de producción de un miembro deslizando, según lo descrito con anterioridad, de modo preferente, en la etapa de sinterización del cuerpo conformado, el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura que oscila entre 1550° C y 1800° C.

20 Si el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura inferior a 1550° C, no se sinteriza para facilitar que se incremente en cuanto a su densidad. Por consiguiente, el cuerpo conformado es sinterizado, de modo preferente, a una temperatura igual o superior a 1550° C y, de modo más preferente igual o superior a 1600° C. por el contrario, si el cuerpo conformado es sinterizado a una temperatura que sobrepase los 1800° C, el  $\beta$ -sialon puede presentar granos de cristal bastos dando como resultado un cuerpo sinterizado que presente características mecánicas defectuosas. Por consiguiente, el cuerpo conformado es sinterizado de modo preferente a una temperatura igual o inferior a 1800° C y, de modo más preferente, igual o inferior a 1750° C.

En el procedimiento de producción de un miembro deslizando, según lo descrito con anterioridad, de modo preferente en la etapa de sinterización del cuerpo conformado, el cuerpo conformado es sinterizado en una atmósfera de un gas inerte y en una atmósfera de una mezcla gaseosa de nitrógeno y oxígeno.

30 La sinterización del cuerpo conformado en una atmósfera de un gas inerte puede reducir o impedir la descomposición del  $\beta$ -sialon, la variación microestructural y fenómenos similares. Así mismo, la sinterización del cuerpo conformado en una atmósfera de una mezcla gaseosa de nitrógeno y oxígeno hace posible que el  $\beta$ -sialon sinterizado resultante contenga nitrógeno y oxígeno en una cantidad controlada.

El procedimiento de producción de un miembro deslizando, según lo descrito con anterioridad, de modo preferente incluye también la etapa de constitución de una superficie del cuerpo conformado antes de la sinterización del cuerpo conformado.

40 El cuerpo conformado que ha sido sinterizado presenta una dureza considerablemente incrementada y de esta forma es duro de trabajar. Po consiguiente, por ejemplo, la sinterización del cuerpo conformado y, a continuación, el trabajo extensivo del cuerpo conformado para proceder a su acabado como miembro deslizando e indica un coste incrementado en la producción del miembro deslizando. Por el contrario, la sinterización del cuerpo conformado después de trabajarlo para hacer posible que se lleva a cabo una etapa de acabado similar, de forma que el cuerpo conformado sinterizado sea trabajado en una medida reducida hace posible que el miembro deslizando sea fabricado a un coste reducido. En particular, un procedimiento de producción que adopte la sinterización a presión conlleva la eliminación de una capa anómala, lo que conlleva el trabajo del cuerpo sinterizado en una cantidad relativamente considerable. Así, dicha etapa no presenta una ventaja relevante. El actual procedimiento de producción de un miembro deslizando adopta la etapa de sinterización de un cuerpo conformado que se constituye mediante  $\beta$ -sialon a una presión igual o inferior a 1 MPa. Esto puede reducir / eliminar una cantidad de trabajo para eliminar una capa anómala y la etapa con ello resulta significativamente beneficiosa.

50 El procedimiento de producción de un miembro deslizando, según lo descrito con anterioridad, de modo preferente, incluye también la etapa de trabajo de una superficie del cuerpo conformado sinterizado para eliminar una porción que incluye la superficie y la etapa de trabajado elimina el cuerpo conformado hasta un grosor igual o inferior a 150  $\mu$ m.

55 El actual procedimiento de producción de un miembro deslizando proporciona una porción que incluye una superficie con una capa de densidad más alta mencionada con anterioridad, y que presenta un grosor de aproximadamente 150  $\mu$ m. Por consiguiente, cuando un cuerpo conformado sinterizado deba presentar una superficie trabajada para eliminar una porción que incluya esa superficie, por ejemplo, cuando el cuerpo conformado sinterizado experimente una etapa de acabado, la etapa de acabado que se lleva a cabo para eliminar el cuerpo conformado hasta un grosor igual o inferior a 150  $\mu$ m permite que el miembro deslizando presente una superficie de contacto con una capa de densidad más alta persistente en su interior. La etapa, según se ha descrito con anterioridad, hace posible que un

miembro deslizante sea fabricado con una resistencia al desgaste mejorada en mayor medida. Nótese que para asegurar que la capa de densidad más alta persiste, la etapa, de modo más preferente, elimina el cuerpo conformado sinterizado hasta un grosor igual o inferior a 100  $\mu\text{m}$ .

5 **Efectos de la invención**

Como se desprende con claridad de la exposición expuesta, el actual miembro de contacto de rodamiento constituido por  $\beta$ -sialon sinterizado no costoso y capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente, un procedimiento de producción del mismo y un cojinete de rodillos que incluye el miembro de contacto de rodamiento.

**Breve descripción de los dibujos**

- 10 La Fig. 1 es una sección transversal esquemática de una configuración de un cojinete de bolas con camino profundo en una primera forma de realización.
- La Fig. 2 es una sección transversal parcial esquemática de tamaño ampliado de una porción principal de la Fig. 1.
- 15 La Fig. 3 es una sección transversal esquemática de una configuración de un cojinete de rodillos con aguja de empuje en una variante ejemplar de la primera forma de realización.
- La Fig. 4 es una sección transversal parcial esquemática de tamaño ampliado de una porción principal de una arandela de cojinete que el cojinete de rodillos con aguja de empuje de la Fig. 3 incluye.
- La Fig. 5 es una sección transversal parcial esquemática de tamaño ampliado de un rodillo con aguja que el cojinete de rodillos con aguja de empuje de la Fig. 3 incluye.
- 20 La Fig. 6 representa globalmente un procedimiento de producción de un cojinete de rodillos en la primera forma de realización.
- La Fig. 7 representa globalmente un procedimiento de un miembro de contacto de rodamiento, según se incluye en un procedimiento de producción de un cojinete de rodamientos en la primera forma de realización.
- 25 La Fig. 8 es una sección transversal esquemática de una configuración de una unidad de cubo en una segunda forma de realización.
- La Fig. 9 es una sección transversal parcial esquemática de tamaño ampliado de una porción principal de la Fig. 8.
- 30 La Fig. 10 es una sección transversal esquemática de una configuración de una junta de velocidad constante (una junta fija).
- La Fig. 11 es una sección transversal esquemática tomada a lo largo de la línea XI - XI mostrada en la Fig. 10.
- La Fig. 12 es una sección transversal esquemática de una junta fija de la Fig. 10 que forma un ángulo.
- 35 La Fig. 13 es una sección transversal parcial esquemática de tamaño ampliado de una porción principal de la Fig. 10.
- La Fig. 14 es una sección transversal parcial esquemática de tamaño ampliado de una porción principal de la Fig. 11.
- La Fig. 15 representa globalmente un procedimiento de producción de una junta cardánica.
- 40 La Fig. 16 representa globalmente un procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, según se incluye en un procedimiento de producción de una junta cardánica.
- La Fig. 17 es una sección transversal esquemática de una configuración de una junta de velocidad constante (una junta trípode).
- La Fig. 18 es una sección transversal esquemática tomada a lo largo de la línea XVIII - XVIII mostrada en la Fig. 17.
- 45 La Fig. 19 es una sección transversal parcial esquemática de tamaño ampliado de una porción principal de la Fig. 18.

La Fig. 20 es una sección transversal esquemática de una configuración de un cojinete liso esférico.

La Fig. 21 es una sección transversal parcial esquemática de tamaño ampliado de una porción principal de la Fig. 20.

5 La Fig. 22 es un diagrama de flujo para ilustrar de forma global un procedimiento de producción de un dispositivo deslizante y de un miembro deslizante.

La Fig. 23 es una sección transversal esquemática de una configuración de un motor de husillo que incluye una unidad de cojinete dinámica de fluido.

La Fig. 24 es una sección transversal parcial esquemática de las inmediaciones de la unidad de cojinete dinámico de fluido de la Fig. 23.

10 La Fig. 25 es una sección transversal parcial esquemática de una porción principal de la unidad de cojinete dinámico de fluido.

La Fig. 26 es una fotografía de un espécimen para la observación en sección transversal, como se representa por medio de un microscopio óptico con iluminación oblicua.

15 La Fig. 27 muestra un ejemplo de binarización de la imagen fotográfica de la Fig. 26 mediante un valor de umbral de brillo que utiliza un software de tratamiento de imágenes.

La Fig. 28 muestra una región sometida a un proceso de imagen (una región destinada a ser evaluada) en la imagen fotográfica de la Fig. 26 mediante el valor de umbral de brillo que utiliza el software de tratamiento de imágenes.

**Descripción de los signos de referencia**

20 1: cojinete de bolas con camino profundo, 2: cojinete de rodillos con aguja de empuje, 3: unidad de cubo, 11: anillo exterior, 11B: superficie de rodamiento de anillo exterior, 11C: capa de densidad alta del anillo exterior, 11C, 12C, 13C: porción interna, 11D: capa de densidad más alta del anillo exterior, 12: anillo interior, 12A: superficie de rodadura del anillo interior, 12B: capa de densidad alta del anillo interior, 12D: capa de densidad más alta del anillo interior, 13: bola, 13A: superficie de contacto del rodamiento de bolas, 13B: capa de densidad alta de la bola, 13D: 25 capa de densidad más alta de la bola, 14, 24, 39A, 39B: jaula de cojinete de bolas, 21: arandela de cojinete, 21A: superficie de rodamiento de la arandela de cojinete, 21B: capa de densidad alta de la arandela de cojinete, 21C, 23C: porción interna, 21D: capa de densidad más alta de la arandela de cojinete, 23: rodillo con aguja, 23A: superficie de contacto del rodamiento de rodillos, 23B: capa de densidad alta del rodillo, 23D: capa de densidad más alta del rodillo, 31: anillo exterior, 31A1, 31A2, 32A, 33A: superficie de rodamiento, 31B: capa de densidad alta del anillo exterior, 31C, 32C, 33C, 34C: porción interior, 31D: capa de densidad más alta del anillo exterior, 32: anillo de cubo, 32B: capa de densidad alta del anillo de cubo, 32D: capa de densidad más alta del anillo de cubo, 33: anillo interior, 33B: capa de densidad alta del anillo interior 33D: capa de densidad más alta del anillo interior, 34: bola, 34A: superficie de contacto del rodamiento de bolas, 34B: capa de alta densidad de la bola, 34D: capa de densidad más alta de la bola, 35: brida del anillo de cubo, 35A: agujero pasante del anillo de cubo, 36: perno, 37: brida del anillo exterior, 37A: agujero pasante del anillo exterior, 38: anillo de fijación,, 101: junta fija, 102: junta trípode, 111: 35 carrera interior, 11A: surco de bola de la carrera interior, 112: carrera exterior, 112A: surco de bola de la carrera exterior, 113: bola, 113A: superficie de contacto del rodamiento de bolas, 113B: capa de alta densidad de la bola, 113C: porción interior, 113D: capa de densidad más alta de la bola, 114: caja de cojinete de bolas, 115, 116: eje, 121: trípode, 211: eje de trípode, 122: carrera exterior, 122A: surco de carrera exterior, 123: rodillo esférico, 123A: 40 superficie de contacto del rodamiento de rodillo esférico, 123B: capa de densidad alta del rodillo esférico, 123C: porción interior, 123D: capa de densidad más alta del rodillo esférico, 125, 126: eje, 129: rodillo con aguja, 301: cojinete liso esférico, 302: unidad de cojinete dinámico de fluido, 303: motor de husillo, 311: anillo exterior, 311A: superficie deslizante del anillo exterior, 311B: capa de densidad alta del anillo exterior, 311C, 312C: porción interna, 311D: capa de densidad más alta del anillo exterior, 312: anillo interior, 312A: superficie deslizante del anillo interior, 312B: capa de densidad alta del anillo interior, 312D: capa de densidad más alta del anillo interior, 321: porción del eje, 321A: superficie de contacto de la porción del eje, 321B: capa de densidad alta de la porción de eje, 321C, 322C, 324C, 325C: porción interior, 321A: capa de densidad más alta de la porción del eje, 321D: porción de brida, 322: porción de brida, 322A: superficie de contacto de la porción de brida, 322B: capa de densidad alta de la porción de brida, 322D: capa de densidad más alta de la porción de brida, 324: porción de pared de fondo, 324A: superficie de contacto de la porción de la pared de fondo, 324B: capa de densidad alta de la porción de la pared de fondo, 324D: capa de densidad más alta de la porción de la pared de fondo, 325: porción de pared lateral, 325A: superficie de contacto de la porción de la pared lateral, 325B: capa de densidad alta de la porción de la pared lateral, 325D: 50 capa de densidad más alta de la porción de la pared lateral, 327: miembro de cojinete, 328: miembro de eje, 329: cojinete, 333: estator del motor, 334: cubo del disco.

55

**Mejores modos de llevar a cabo la invención**

A continuación se hará referencia a los dibujos para describir la presente invención en formas de realización. En las figuras, idénticos o correspondientes componentes se designan de manera idéntica y no se describirán repetidamente.

**5 Primera forma de realización**

En primer término se hará referencia a la Fig. 1 y a la Fig. 2 para describir un cojinete de bolas con camino profundo que implanta un cojinete de rodillos en una primera forma de realización.

10 Con referencia a la Fig. 1, un cojinete de bolas con camino profundo 1 incluye un miembro de anillo de guía implantado como un anillo interno anular 12 dispuesto para situarse más por dentro de un anillo exterior 11, y unos elementos de rodamientos implantados como una pluralidad de bolas 13 dispuestas entre los anillos interior y exterior 11 y 12 y mantenidos en una caja de cojinete de bolas anular 14. El anillo exterior 11 presenta una superficie circunferencial interior que presenta una superficie de rodadura exterior 11A y un anillo interior 12 presenta una superficie circunferencial exterior que presenta una superficie de rodamiento anular interior 12A. El anillo exterior 11 y el anillo exterior y el anillo interior 12 están dispuestos de tal manera que la superficie de rodamiento del anillo interior 12A y la superficie de rodamiento del anillo interior 11A están enfrentados entre sí. La pluralidad de bolas 13 está contenida de una manera rotativa sobre una superficie de rodadura anular, con sus superficies de contacto de rodamiento 13A en contacto con la superficie de rodamiento del anillo interior 12A y la superficie de rodamiento del anillo exterior 11A dispuestas a un determinado paso en la dirección circunferencial por medio de la caja del cojinete de bolas 14. Mediante dicha configuración, el anillo exterior 11 y el anillo interior 12 del cojinete de bolas con camino profundo 1 pueden ser rotados uno con respecto a otro.

En la presente memoria, con referencia a la Fig. 2, la presente forma de realización proporciona un medio de contacto de rodamiento implantado como un anillo exterior 11, un anillo interior 12 y una bola 13 configurados como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por una impureza. Así mismo, el anillo exterior 11, el anillo interior 12 y la bola 13 presentan una superficie de rodadura del anillo exterior 11A, una superficie de rodadura del anillo interior 12A y una superficie de contacto del rodamiento de bolas 13A, respectivamente, incluidas en una porción provista de una capa de densidad alta del anillo exterior 11B, una capa de densidad alta del anillo interior 12B y una capa de densidad de alta de la bola 13B de mayor densidad que las porciones interiores 11C, 12C, 13C. Cuando la capa de densidad alta del anillo exterior 11B, la capa de densidad alta del anillo interior 12B y la capa de densidad alta de la bola 13B se observan en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, muestran una porción de color blanco, en lo sucesivo también designada como porción de color blanco que presenta una relación de área igual o menor a un 7%. La presente forma de realización proporciona así un cojinete de bolas con camino profundo 1 que sirve como cojinete de rodamiento que incluye un miembro de contacto de rodamiento (anillo exterior 11, anillo interior 12 y bola 13) constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado no costoso y capaz de asegurar de manera fiable una fiabilidad suficiente. La impureza incluye una impureza de manera inevitable que incluye las derivadas de un material de fuente o que entran durante el proceso de producción.

Nótese que, en la presente forma de realización, el miembro de contacto de rodamiento implantado como anillo exterior 11, anillo interior 12 y bola 13 puede estar configurada como un cuerpo sinterizado que contenga  $\beta$ -sialon como componente principal y presente un resto constituido por un aditivo de sinterización y una impureza. El aditivo de sinterización ayuda a reducir la porosidad del cuerpo sinterizado, y, por tanto, proporciona un cojinete de rodillos que incluye un miembro de contacto de rodamiento formado por un  $\beta$ -sialon sinterizado capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente. La impureza incluye una impureza introducida de manera inevitable que incluye las derivadas de un material de fuente o que entran durante el proceso de producción.

Así mismo, con referencia a la Fig. 2, la capa de densidad alta del anillo exterior 11B, la capa de densidad alta del anillo interior 12B y la capa de densidad alta de la bola 13B presentan unas superficies, o la superficie de rodamiento del anillo exterior 11A, la superficie de rodamiento del anillo interior 12A y la superficie de contacto del rodillo de bolas 13A, respectivamente, incluidas en una porción provista de una capa de densidad más alta del anillo exterior 11D, una capa de densidad más alta del anillo interior 12D y una capa de densidad más alta de la bola 13D con una densidad aún más alta que la otra porción de la capa de densidad alta del anillo exterior 11B, la capa de densidad alta del anillo interior 12B y la capa de densidad alta de la bola 13B. Cuando la capa de densidad más alta del anillo exterior 11D, la capa de densidad más alta del anillo interior 12D y la capa de densidad más alta de la bola 13D se observan en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, muestran una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o menor a un 3,5%. El anillo exterior 11, el anillo interior 12 y la bola 13 presentan de esta manera mejoradas su durabilidad contra la fatiga al contacto de rodamiento y con ello consiguen una longevidad a la fatiga de contacto de rodamiento adicionalmente mejorada.

A continuación se hará referencia de la Fig. 3 a la Fig. 5 para describir un cojinete de rodillos con aguja de empuje que sirve como cojinete de rodillos en una variante ejemplar de la primera forma de realización.

Con referencia de la Fig. 3 a la Fig. 5, un cojinete de rodillos con aguja de empuje 2 es básicamente similar en cuanto a su configuración y efecto al cojinete de bolas con camino profundo 1 descrita con referencia a la Fig. 1, excepto porque el primero incluye un miembro de anillo guía y un elemento de rodamiento de configuración diferente respecto del último. Más concretamente, el cojinete de rodillos con aguja de empuje 2 incluye un par de arandelas de cojinete 21 bajo la forma de un disco, que sirven como miembro de anillo de guía dispuesto de tal forma que sus respectivas superficies están enfrentadas una a otra, una pluralidad de rodillos con aguja 23 que sirven como elemento de rodamiento y una jaula de cojinete de bolas anular 24. La pluralidad de rodillos con aguja 23 está contenida de una manera rotativa sobre una superficie de rodamiento anular, con sus respectivas superficies circunferenciales externas o superficies de contacto de rodamiento 23A en contacto con la superficie de rodamiento de la arandela de cojinete 21A constituida en las superficies principales del par de arandelas de cojinete 21 encaradas entre sí, dispuestas a un paso predeterminado en la dirección circunferencial por medio de la jaula de cojinete de bolas 24. Mediante dicha configuración, el par de arandelas de cojinete 21 del cojinete de rodillos con aguja de empuje 2 puede ser rotado uno con respecto a otro.

En la presente memoria, en la presente variante ejemplar, el miembro de contacto de rodamiento implantado como arandela de cojinete 21 y el rodillo con aguja 23 se corresponden con el anillo exterior 11 o el anillo interior 12 y con la bola 13 según lo descrito con anterioridad, respectivamente, y presentan unas porciones interiores similares 21C, 23C, una capa de densidad alta (una capa de densidad alta de la arandela de cojinete 21B, una capa de densidad alta de los rodillos 23B) y una capa de densidad más alta (una capa de densidad más alta de la arandela de cojinete 21D, una capa de densidad más alta de los rodillos 23D). De esta manera, la presente variante ejemplar proporciona un cojinete de rodillos con aguja de empuje 2 que es un cojinete que incluye un elemento de rodamiento (la arandela de cojinete 21, el rodillo con aguja 23) constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado, no costoso y capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente.

A continuación se describirá un procedimiento de producción de un cojinete de rodillos en la primera forma de realización que sirve como una forma de realización de la presente invención.

Con referencia a la Fig. 6, en la presente forma de realización, un cojinete de rodillos es fabricado en un procedimiento como sigue: inicialmente, un miembro de anillo guía es fabricado en una etapa de producción del miembro del anillo guía y un elemento de rodamiento es fabricado en una etapa de producción del elemento de rodamiento. Más concretamente, la etapa de producción del miembro de anillo guía se lleva a cabo para fabricar el anillo exterior 11, el anillo interior 12, la arandela de cojinete 21 y elementos similares. La etapa de producción del elemento de rodamiento se lleva a cabo para fabricar la bola 13, el rodillo con aguja 23 y elementos similares.

A continuación, se lleva a cabo una etapa de ensamblaje para combinar el miembro de anillo guía fabricado en la etapa de producción del miembro del anillo guía y el elemento de rodamiento fabricado en la etapa de producción del elemento de rodamiento de manera conjunta para ensamblar un cojinete de rodillos. Más concretamente, por ejemplo, el anillo exterior 11 y el anillo interior 12, y la bola 13 son combinadas entre sí para ensamblar el cojinete de bolas con camino profundo 1. La etapa de producción del miembro de anillo guía y la etapa de producción del elemento de rodamiento se llevan a cabo por ejemplo de acuerdo con un procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento, como se describirá a continuación.

Con referencia a la Fig. 7, en la presente forma de realización, un miembro de contacto de rodamiento es fabricado en un procedimiento, como sigue: inicialmente,  $\beta$ -sialon en forma de polvo es preparado en una etapa de preparación del  $\beta$ -sialon en polvo. La etapa de preparación del  $\beta$ -sialon en polvo puede llevarse a cabo, por ejemplo, con síntesis de combustión adoptada en una etapa de producción para fabricar de manera no costosa el  $\beta$ -sialon en polvo.

A continuación se lleva a cabo una etapa de mezcla para añadir un aditivo de sinterización al  $\beta$ -sialon en polvo preparado en la etapa de preparación del  $\beta$ -sialon en polvo y mezclarlos juntos. La etapa de mezcla puede ser eliminada si el aditivo de sinterización no es añadido.

A continuación, con referencia a la Fig. 7, se lleva a cabo una etapa de conformado para conformar el  $\beta$ -sialon en polvo o la mezcla del  $\beta$ -sialon en polvo y el aditivo de sinterización genéricamente adoptando una configuración geométrica del miembro de contacto de rodamiento. Más concretamente, el  $\beta$ -sialon en polvo o la mezcla del  $\beta$ -sialon en polvo y el aditivo de sinterización es formado a presión, moldeado por vaciado, formado por extrusión, granulado por rodamiento o conformado de manera similar para obtener un cuerpo genéricamente conformado en la configuración geométrica del miembro de contacto de rodamiento implantado como anillo exterior 11, anillo interior 12, bola 13, arandela de cojinete 21 y rodillo con aguja 23 y similares.

La etapa de formación antes de la sinterización se lleva entonces a cabo para formar una superficie del cuerpo conformado para hacer posible que el cuerpo conformado que ha sido sinterizado presente una configuración geométrica más próxima a la de un miembro de contacto de rodamiento según lo deseado. Más concretamente, el cuerpo verde que forma o una técnica de formación similar se utiliza para conformar el cuerpo conformado para que el cuerpo conformado que ha sido sinterizado pueda presentar una geometría más próxima a la del anillo exterior 11, el anillo interior 12, la bola 13, la arandela de cojinete 21, el rodillo con aguja 23 o similares. La etapa de formación antes de la sinterización puede ser eliminada si la etapa de conformado proporciona un cuerpo conformado en un

estado que permita que el cuerpo conformado que ha sido sinterizado presente una geometría próxima a la del miembro de contacto de rodamientos según lo deseado.

A continuación, con referencia a la Fig. 7, se lleva a cabo una etapa de sinterización para sinterizar el cuerpo conformado a una presión igual o inferior a 1 MPa. Más concretamente, el cuerpo conformado es calentado con un calentador, un microondas, una onda milimétrica u onda electromagnética similar y de esta forma sinterizado para proporcionar un cuerpo sinterizado que presente en términos generales una configuración geométrica del anillo exterior 11, del anillo interior 12, de la bola 13, de la arandela de cojinete 21, del rodillo con aguja 23 o elementos similares. El cuerpo conformado es sinterizado mediante su calentamiento en una atmósfera de un gas inerte o la de una mezcla gaseosa de nitrógeno y oxígeno a una temperatura que oscila entre 1550° C y 1800° C. El gas inerte puede ser helio, neón, argón, nitrógeno o similar. Teniendo en cuenta la reducción del coste de producción, el nitrógeno se adopta de modo preferente.

A continuación, el cuerpo sinterizado fabricado en la etapa de sinterización presenta una superficie trabajada para eliminar una porción que incluye esa superficie, esto es, es trabajado para finalizar, para completar un miembro de contacto de rodamiento, esto es, se lleva a cabo una etapa de acabado. Más concretamente, el cuerpo sinterizado fabricado en la etapa de sinterización presenta una superficie pulimentada para completar un miembro de contacto de rodamiento implantado como anillo exterior 11, anillo interior 12, bola 13, arandela de cojinete 21, rodillo con aguja 23 y similares. Mediante las etapas referidas, el miembro de contacto de rodamiento en la presente forma de realización se completa.

En la presente memoria, la etapa de sinterización proporciona un cuerpo sinterizado que presenta una porción de su superficie hasta una profundidad de aproximadamente 500 µm, una capa de densidad alta de mayor densidad de una porción superior y que presenta una porción blanca en color o una porción de color blanco, según se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, que presenta una relación de área igual o menor a un 7%. Así mismo, el cuerpo sinterizado presenta una porción de su superficie una profundidad de aproximadamente 0,50 µm, una capa de densidad más alta con una densidad todavía más alta que la otra porción de la capa de densidad alta y que presenta una porción blanca en color o una porción de color blanco, según se observa en sección transversal, con un microscopio óptico con iluminación oblicua, que presenta una relación de área igual o inferior a un 3,5%. Por consiguiente, en la etapa del acabado, el cuerpo sinterizado es eliminado, de modo preferente, hasta un grosor igual o inferior a 150 µm en una porción que debe servir en particular como superficie de contacto de rodamiento (rodante). Esto permite que la capa de densidad más alta permanezca en una porción que incluya la superficie de rodamiento del anillo exterior 11A, la superficie de rodamiento del anillo interior 12A, la superficie de contacto del rodillo de bolas 13A, la superficie de rodadura de la arandela de cojinete 21A y la superficie de contacto del rodamiento de rodillos 23A para dotar al miembro de contacto de rodamiento de una longevidad a la fatiga por contacto de rodamiento mejorada.

### Segunda forma de realización

Con referencia a las Figs. 8 y 9, una segunda forma de realización proporciona una unidad de cubo, según se describe en las líneas que siguen.

Con referencia a la Fig. 8 y a la Fig.9, una unidad de cubo 3 es básicamente similar en cuanto a configuración y efecto al cojinete de bolas con camino profundo 1 descrito con relación a la Fig. 1, excepto porque el primero incluye un miembro de anillo de guía y un elemento de rodamiento de configuración diferente que el último. Más concretamente, la unidad de cubo 3 es un dispositivo dispuesto entre una rueda de vehículo y un cuerpo de vehículo que soporta de forma rotativa la rueda con respecto a la carrocería. La unidad de cubo 3 incluye un miembro de anillo de guía implantado como un anillo exterior 31, un anillo de cubo 32, y un anillo interior 33, y un elemento de rodamiento implantando como una pluralidad de bolas 34.

El anillo exterior 31, que sirve como miembro exterior, es un miembro de anillo de guía anular que presenta una superficie circunferencial interior provista de dos filas de superficies de rodadura 31A1, 31A2. El anillo de cubo 32 que sirve como miembro interior, es un miembro de anillo de guía que presenta una superficie de rodadura 32A opuesta a una superficie de rodadura 31A1 del anillo exterior 31 y está dispuesto para que presente una porción rodeada por el anillo exterior 32. Así mismo, el anillo exterior 33 que sirve como miembro interior, es un miembro de anillo de guía anular que presenta una superficie de rodadura 33A opuesta a la otra superficie de rodadura 31A2 del anillo exterior 31 y está ajustada por dentro en contacto con una porción de una superficie exterior del anillo de cubo 32.

La pluralidad de bolas 34 están dispuestas de forma rotativa sobre una superficie de rodadura anular de una pluralidad de (dos) filas. Una fila está en contacto con una superficie de rodadura 31A1 del anillo exterior 31 y la superficie de rodadura 32A del anillo de cubo 32 y está dispuesta mediante una jaula de cojinete de bolas anular 39A en una dirección circunferencial con un paso predeterminado. La otra fila está en contacto con la otra superficie de rodadura 31A2 del anillo exterior 31 y la superficie de rodadura 33A del anillo interior 33 y está dispuesta mediante una jaula de cojinete de bolas anular 39B en una dirección circunferencial con un paso predeterminado. El miembro exterior implantado como anillo exterior 31 y el miembro interior implantado como anillo de cubo 32 y el anillo interior 33 pueden de esta manera rotar entre sí.

Así mismo, el anillo de cubo 32, presenta una brida de anillo de cubo 35 que presenta un agujero pasante de anillo de cubo 35A. El agujero pasante de anillo de cubo 35A recibe un perno 36 para fijar la brida de anillo de cubo 35 y una rueda de vehículo (no mostrada) entre sí. El anillo exterior 31 presenta una brida de anillo exterior 37 que presenta un anillo de paso exterior 37A. El agujero pasante de anillo exterior 37A recibe un perno (no mostrado) para fijar la brida de anillo exterior 37 y un dispositivo de suspensión (no mostrado) que se fija al cuerpo del vehículo entre sí. De esta manera la unidad de cubo 3 está dispuesta entre la rueda de vehículo y la carrocería del vehículo para soportar la rueda con respecto a la carrocería rotativamente.

En otras palabras, la presente forma de realización proporciona una unidad de cubo 3 que es una unidad de cubo dispuesta entre una rueda de vehículo y una carrocería de vehículo para soportar la rueda con respecto a la carrocería rotativamente. La unidad de cubo 3 incluye un miembro exterior implantado como anillo exterior 31 que presenta una superficie circunferencial interna dispuesta sobre una superficie de anillo anular 31A1, 31A2; un miembro interior implantado como anillo de cubo 32 dispuesto de una superficie de rodamiento anular 33A opuesta a la superficie de rodamiento del anillo exterior 31. Así mismo, la unidad de cubo 3 incluye una pluralidad de bolas 34 dispuestas sobre una superficie de rodadura anular y en contacto en una superficie de contacto del rodamiento de bolas 34A con el anillo exterior 31 en las superficies de rodamiento 31A1, 31A2 y el anillo de cubo 32 y el anillo interior 33 en las superficies de rodamiento 32A, 33A.

En la presente memoria, con referencia a la Fig. 8 y a la Fig. 9, la presente forma de realización proporciona un miembro de contacto de rodamiento implantado como anillo exterior 31, anillo de cubo 32 y anillo interior 33, y una bola 34, los cuales se corresponden, respectivamente, con el anillo exterior 11 y el anillo interior 12 y la bola 13 de la primera forma de realización y, de modo similar, presentan unas porciones interiores 31C, 32C, 33C, 34C, una capa de densidad alta (una capa de densidad alta del anillo exterior 31B, una capa de densidad alta del anillo de cubo 32B, una capa de densidad alta del anillo interior 33B, una capa de densidad alta de la bola 34B) y una capa de densidad más alta (una capa de densidad más alta del anillo exterior 31D, una capa de densidad más alta del anillo de cubo 32D, una capa de densidad más alta del anillo interior 33D, una capa de densidad más alta de la bola 34D). De esta manera, la presente forma de realización proporciona la unidad de cubo 3 que es un cojinete de rodillos que incluye un miembro de contacto de rodamiento (anillo exterior 31, anillo de cubo 32, anillo interior 33, bola 34) constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado no costoso y capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente. Nótese que el cojinete de rodillos implantado en la segunda forma de realización como unidad de cubo 3 y la unidad de contacto de rodamiento implantado en la misma forma de realización como anillo exterior 31, el anillo de cubo 32, el anillo interior 33, la bola 34 que la unidad de cubo 3 incluye en la misma forma de realización pueden ser fabricados de manera similar a la producida en la primera forma de realización.

En las formas de realización referidas, el presente cojinete de rodillos y el miembro de contacto de rodamiento se ejemplifican mediante un cojinete de bolas con camino profundo, un cojinete de rodillos con aguja de empuje y una unidad de cubo, y un miembro de contacto de rodamiento que incluyen. El presente cojinete de rodillos, sin embargo, no está limitado a los mismos. Por ejemplo, el miembro de anillo de guía puede ser un eje, una placa o elemento similar que permita que un elemento de rodamiento rueda sobre su superficie. En otras palabras, el miembro de contacto de rodamiento actual correspondiente al miembro de anillo de guía puede ser cualquier miembro que presente una superficie de rodamiento para el rodamiento de un elemento de rodamiento. Así mismo, el presente cojinete de rodillos puede ser un cojinete de bolas de empuje o puede ser un cojinete de rodillos radial.

Así mismo, la forma de realización expuesta ha sido descrita para el actual cojinete de rodillos que incluye un miembro de anillo de guía y un elemento de rodamiento formados ambos por  $\beta$ -sialon para proporcionar el presente miembro de contacto de rodamiento. El presente cojinete de rodillos no está, sin embargo, limitado a ellos. El presente cojinete de rodillos puede presentar al mismo uno entre el miembro de anillo de guía y el elemento de rodamiento correspondiente al presente miembro de contacto de rodamiento. Si en el presente rodamiento de rodillos un elemento entre el miembro de guía y el elemento de rodamiento es el presente miembro de contacto de rodamiento es preferente que el elemento de rodamiento sea el actual miembro de contacto de rodamiento, considerando el coste de producción del cojinete de rodillos.

El presente cojinete de rodillos puede presentar su miembro de anillo de guía constituido como un material que no está particularmente limitado. Puede ser, por ejemplo, acero, más concretamente, el SUJ2 del Estándar Industrial japonés (JIS) o un acero de cojinetes similar, el SCR420, SCM420 o un acero de carbocementación. Así mismo, el presente cojinete de rodillos puede presentar su miembro de anillo de guía formado con un material cerámico como por ejemplo nitruro de silicio.

#### Otro Ejemplo descriptivo

Con referencia de la Fig. 10 a la Fig. 14, la presente invención en un ejemplo descriptivo adicional proporciona una junta cardánica implantada como una junta fija. Nótese que la Fig. 10 se corresponde con una sección transversal esquemática tomada a lo largo de la línea X - X mostrada en la Fig. 11.

Con referencia a la Fig. 10 el ejemplo descriptivo adicional proporciona un punto fijo 101 que incluye un miembro de anillo de guía implantado como un anillo de guía interno 111 acoplado a un segundo eje implantado como un eje 115, un miembro de anillo de guía implantado como un anillo de guía exterior 112 dispuesto para rodear el lado

circunferencial exterior del anillo de guía interior 111 y acoplado a un primer eje implantando como un eje 116, un miembro de transmisión del par implantado como una bola 113 dispuesto entre el anillo de guía interior 111 y el anillo de guía exterior 112, y una bola de retención 113 de una jaula de cojinete de bolas 114. La bola 113 está dispuesta con una superficie, o una superficie de contacto de rodamiento de bolas 113A, en contacto con un surco de bola del anillo de guía interior 111A formado en la superficie circunferencial exterior del anillo de guía interior 111 y un surco de bola del anillo de guía exterior 112A formado en la superficie circunferencial interior del anillo de guía exterior 112, y es mantenido por la jaula 114 para evitar que se caiga.

Como se muestra en la Fig. 10, el surco de bola del anillo de guía interior 111A y el surco de bola del anillo de guía exterior 112A situado en la superficie circunferencial exterior del anillo de guía interior 111 y la superficie circunferencial exterior del anillo de guía exterior 112, respectivamente, están formados en una curva (arco) con los puntos A y B separados por igual a la izquierda y a la derecha sobre el eje geométrico que pasa a través de los centros de los ejes 115 y 116 en una línea recta desde el centro de unión O sobre el eje geométrico como centro de curvatura. En otras palabras el surco de bola del anillo de guía interior 111A y el surco de bola del anillo de guía exterior 112A están formados de forma que la trayectoria del centro P de la bola 113 que rueda (centro del anillo de guía interior A) y punto B (centro del anillo de guía exterior B) como centro de curvatura. Por consiguiente, la bola 113 está constantemente situada sobre el bisector de un ángulo ( $< AOB$ ) con respecto al eje geométrico que pasa a través de los ejes 115 y 116 incluso cuando la junta fija forma un ángulo (cuando la junta fija opera de manera que los ejes geométricos que pasan a través del centro de los ejes físicos 115 y 116 cruzan).

La junta fija 101 opera, como se describirá más adelante. Con referencia a las Figs. 10 y 11, cuando la rotación alrededor del eje geométrico es transmitida a uno de los ejes 115 y 116 en la junta fija 101, esta rotación es transmitida al otro de los ejes 115 y 116 por medio de la bola 113 ajustada dentro del surco de bola del anillo de guía interior 111A y del surco de bola del anillo de guía exterior 112A.

En el caso de que los ejes 115 y 116 formen un ángulo  $\theta$  como se muestra en la Fig. 12, la bola 113 es guiada por el surco de bola del anillo de guía interior 111A y por el surco de bola del anillo de guía exterior 112A con el centro del anillo de guía interior A y el centro del anillo de guía exterior B como centro de la curvatura destinada a ser mantenida en una posición en la que su centro P está situado sobre el bisector de  $< AOB$ . Dado que el surco de bola del anillo de guía interior 111A y el surco de bola del anillo de guía exterior 112A están formados de manera que la distancia desde el centro de unión O hasta el centro del anillo de guía interior A es igual a la distancia al centro de unión O al centro del anillo de guía exterior B, la distancia desde el centro P de la bola 113 con respecto al centro del anillo de guía interior A y al centro de guía exterior B es igual. De esta manera, el triángulo OAP es congruente con el triángulo OBP. Como resultado de ello, las distancias L desde el centro P de la bola 113 hasta los ejes 115 y 116 son iguales entre sí, y cuando uno de los ejes 115 y 116 rota alrededor del eje geométrico, el otro también rota a velocidad constante. Así, una unión fija 101 puede asegurar una velocidad constante incluso en el estado en que los ejes 115 y 116 constituyen un ángulo. La jaula 114 sirve, junto con el surco de bola del anillo de guía interior 111A y con el surco de bola del anillo de guía exterior 112A para impedir que la bola 113 salte fuera del surco de bola del anillo de guía interior 111A y del surco de bola del anillo de guía exterior 112A cuando los ejes 115 y 116 rotan, y también para determinar el centro de unión O de la junta fija 101.

En otras palabras, el otro ejemplo descriptivo proporciona una junta fija 101 que sirve como junta cardánica, que incluye un miembro de anillo de guía implantado como anillo de guía exterior 112 conectado a un primer miembro de eje implantando como eje 116, un miembro de transmisión del par implantado como la bola 113 dispuesto en contacto con el anillo de guía exterior 112 y rotativo y deslizable sobre una superficie del surco de bola del anillo de guía exterior 112A formado sobre el anillo de guía exterior 112, y un segundo miembro de eje implantado como eje 115 conectado al eje 116 por medio de la bola 113 y el anillo de guía exterior 112. Así mismo, la junta fija 101 es una junta cardánica que transmite la rotación transmitida a uno de los ejes entre el eje 116 y el eje 115 alrededor de un eje geométrico al otro de los ejes entre el eje 116 y el eje 115.

Así mismo, la bola 13 es un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, que está dispuesta en la junta cardánica implantada como junta fija 101, y está dispuesta de forma rotativa y deslizable entre un miembro de anillo de guía implantado como anillo de guía exterior 112 conectado a un primer miembro de eje implantado como eje 116 y un segundo miembro de eje implantado como eje 115 y transmite la rotación transmitida a un eje entre el eje 116 y el eje 115 alrededor de un eje geométrico al otro eje entre el eje 116 y el eje 115.

En la presente memoria, con referencia a la Fig. 13 y a la Fig. 14, el presente otro ejemplo descriptivo proporciona un miembro de transmisión del par para una junta cardánica implantada como una bola 113, la cual está configurada como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y un resto constituido por una impureza. Así mismo, la bola 113 presenta una superficie de contacto de rodamiento, indicada como superficie de contacto de rodamiento de bolas 113A, incluida en una porción provista de una capa de densidad alta de la bola 113B de densidad más alta que una porción interior 113C. Cuando la capa de densidad alta de la bola 113B se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, muestra una porción blanca en color, también designada en la presente memoria como porción de color blanco que presenta una porción de área igual o menor a un 7%. El presente otro ejemplo descriptivo proporciona así una junta fija 101 que sirve como junta cardánica que incluye un miembro de transmisión del par (la bola 113) constituido como un  $\beta$ -sialon sinterizado no costoso y capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente para la junta cardánica. La impureza

incluye una impureza introducida de manera inevitable que incluye las derivadas del material de fuente o que entran durante el proceso de producción.

5 Nótese que en el presente otro ejemplo descriptivo, el miembro de transmisión del par implantado como bola 113 para una junta cardánica puede estar configurado como un cuerpo sinterizado que contenga  $\beta$ -sialon como componente principal y presente un resto constituido por un aditivo de sinterización y una impureza. El aditivo de sinterización ayuda a reducir la porosidad del cuerpo sinterizado y, por tanto, proporciona una junta cardánica que incluye un miembro de transmisión de par constituido por  $\beta$ -sialon sinterizado capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente para la junta cardánica. La impureza incluye una impureza introducida de modo inevitable incluyendo las derivadas de un material de fuente o que entran durante el proceso de producción.

10 Así mismo con referencia a la Fig. 13 y a la Fig. 14, la capa de densidad alta de la bola 113B presenta una superficie, o una superficie de contacto de rodamiento de bola 113A, incluida en una porción provista de una capa de densidad más alta de bola 113D de densidad aún más alta que otra porción de la capa de densidad alta de bola 113B. cuando la capa de densidad más alta de bola 113D se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, muestra una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o menor a un 3,5%. La bola 113 es así mejorada en mayor medida en cuanto su durabilidad contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizando.

A continuación se describirá un procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica y la junta cardánica en el presente otro ejemplo descriptivo.

20 Con referencia a la Fig. 15, en el presente otro ejemplo descriptivo, una junta cardánica es fabricada en un procedimiento que es el siguiente: inicialmente, es fabricado un miembro de anillo de guía en una etapa de producción del miembro del anillo de guía y un miembro de transmisión del par es fabricado en una etapa de producción del miembro de transmisión del par. Más concretamente, la etapa de producción del miembro del anillo de guía se lleva a cabo para fabricar el anillo de guía interior 111, el anillo de guía exterior 112 y elementos similares. La etapa de producción del miembro de transmisión del par es llevada a cabo para fabricar la bola 113 y elementos similares.

25 A continuación, se lleva a cabo una etapa de ensamblaje para combinar el miembro de anillo de guía fabricado en la etapa de producción del miembro de anillo de guía y el miembro de transmisión del par fabricado en la etapa de producción del miembro de transmisión del par conjuntamente para ensamblar una junta cardánica. Más concretamente, por ejemplo, el anillo de guía interior 111 y anillo de guía exterior 112, la bola 113 y la jaula 114 preparadas por separado y otros componentes son combinados entre sí para ensamblar la junta fija 101. La etapa de producción del miembro de transmisión del par se lleva a cabo, por ejemplo, de acuerdo con un procedimiento de producción de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, como se describe en las líneas que siguen.

35 Con referencia a la Fig. 16, en el presente otro ejemplo descriptivo, un miembro de transmisión del par para una junta cardánica es fabricado en un procedimiento que es el que sigue: inicialmente, es preparado el  $\beta$ -sialon en polvo en una etapa de preparación del  $\beta$ -sialon en polvo. La etapa de preparación del  $\beta$ -sialon en polvo puede llevarse a cabo por ejemplo, con una síntesis de combustión adoptada en una etapa de producción para fabricar de manera poco costosa el  $\beta$ -sialon en polvo.

40 Una etapa de mezcla es entonces llevada a cabo para añadir un aditivo de sinterización al  $\beta$ -sialon en polvo preparado en la etapa de preparación del  $\beta$ -sialon en polvo y mezclarlos conjuntamente. La etapa de mezcla puede ser eliminada si el aditivo de sinterización no es añadido.

45 A continuación, con referencia a la Fig. 16, una etapa de conformado se lleva a cabo para conformar el  $\beta$ -sialon en polvo de la mezcla del  $\beta$ -sialon en polvo y el aditivo de sinterización en términos generales adoptando la configuración geométrica del miembro de transmisión del par para la junta cardánica. Más concretamente, el  $\beta$ -sialon en polvo o la mezcla del  $\beta$ -sialon en polvo y el aditivo de sinterización es conformado a presión, moldeado en vaciado, conformado por extrusión, granulado por rodamiento o de modo similar conformado para proporcionar un cuerpo conformado en términos generales adoptando una configuración geométrica del miembro de transmisión de par implantado como bola 113 o similar para la junta cardánica.

50 La etapa de formación antes de la sinterización se lleva entonces a cabo para formar una superficie del cuerpo conformado para hacer posible que el cuerpo conformado que ha sido sinterizado presente una configuración geométrica más próxima a la del miembro de transmisión del par según se desea para una junta cardánica. Más concretamente, el cuerpo verde que forma o una técnica de formación similar es utilizada para conformar el cuerpo conformado para que el cuerpo conformado que ha sido sinterizado pueda presentar una configuración geométrica más próxima a la de la bola 113 o similar. La etapa de formación antes de la sinterización puede ser eliminada si la etapa de conformado proporciona un cuerpo conformado en un estado que permita que el cuerpo conformado que ha sido sinterizado presente una configuración geométrica próxima a la de un miembro de transmisión del par según se desea para una junta cardánica.

55

5 A continuación, con referencia a la Fig. 16, de lleva a cabo una etapa de sinterización para sinterizar el cuerpo conformado a una presión igual o menor de 1 MPa. Más concretamente, el cuerpo conformado es calentado con un calentador, un microondas, una onda milimétrica, una onda electromagnética similar y de esta manera sinterizado para proporcionar un cuerpo sinterizado que en términos generales presente una configuración geométrica de bola 113 o similar. El cuerpo conformado es sinterizado mediante su calentamiento en una atmósfera de un gas inerte o de una mezcla gaseosa de nitrógeno y oxígeno hasta una temperatura que oscila de 1550° C a 1800° C. El gas inerte puede ser helio, neón, argón, nitrógeno o similar. A la vista de la reducción del coste de producción, el nitrógeno se adopta de modo preferente.

10 A continuación, el cuerpo sinterizado fabricado en la etapa de sinterización presenta una superficie trabajada para eliminar una porción que incluya esa superficie esto es, es trabajado para finalizar, para completar un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, esto es, se lleva a cabo una etapa de acabado. Más concretamente, el cuerpo sinterizado fabricado en la etapa de sinterización presenta una superficie pulimentada para cumplimentar un miembro de transmisión del par implantado como una bola 113 o similar para una junta cardánica. A través de las etapas expuestas, se completa el miembro de transmisión del par para la junta cardánica en el presente otro ejemplo descriptivo.

15 En la presente memoria, la etapa de sinterización presenta un cuerpo sinterizado que presenta una porción desde su superficie hasta una profundidad de aproximadamente 500 µm, una capa de densidad alta de mayor densidad que una porción interior y que presenta una porción blanca en color, o una porción de color blanco, como se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua que presenta una relación de área igual o menor a un 7%. Así mismo, el cuerpo sinterizado presenta una porción desde su superficie hasta una profundidad de aproximadamente 150 µm, una capa de densidad más alta de densidad aún más alta que la otra porción de la capa de densidad alta y que presenta una porción blanca en color o una porción de color blanco, tal como se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, que presenta una relación de área igual o inferior a un 3,5%. Por consiguiente, en la etapa de acabado el cuerpo sinterizado es eliminado de modo preferente hasta un grosor igual hasta o menor de 150 µm en una porción que debe servir en particular como superficie de contacto. Esto permite que la capa de densidad más alta permanezca en una porción que incluye una superficie de contacto de rodamiento de bola 113A para proporcionar el miembro de transmisión del par para la junta cardánica con una durabilidad mejorada contra la fatiga de contacto de rodamiento y deslizamiento.

**Otro ejemplo descriptivo**

30 Con referencia a la Fig. 17 a la Fig. 19, la presente invención en otro ejemplo descriptivo proporciona una junta cardánica implantada como una junta de trípode según se describirá en las líneas que siguen.

35 Con referencia a las Figs. 17 a 19, el otro ejemplo descriptivo proporciona una junta de trípode 102 básica de configuración y efecto similar a la junta fija 101 del anterior otro ejemplo descriptivo. Sin embargo, el primero es diferente en el modo en que el miembro de anillo de guía y el miembro de transmisión del par están configurados. Más concretamente, la junta de trípode 102 incluye un trípode 121 que presenta un eje de trípode 211 que se extiende en un único plano en tres direcciones y está conectado a un segundo miembro de eje implantado como un eje 125, un miembro de anillo de guía implantado como un anillo de guía exterior 122 dispuesto para rodear el trípode 121 y quedar conectado a un primer miembro de eje implantado como un eje 126, y un miembro de transmisión del par implementado como un rodillo esférico anular 123 fijado al eje de trípode 211 por medio de un rodillo con aguja 129 rotativamente y que presenta una superficie circunferencial exterior que presenta una superficie de contacto de rodamiento de rodillos esféricos 123A en contacto con una superficie de surco de anillo de guía exterior 122A formado en una superficie circunferencial interior del anillo de guía exterior 122.

40 Así, en la junta de trípode 102 cuando uno de los ejes 125, 126 recibe la rotación alrededor de un eje geométrico, la rotación puede ser transmitida a través del trípode 121, del anillo de guía exterior 122 y del rodillo esférico 123 al otro de los ejes 125, 126 a una velocidad constante y los ejes 125, 126 pueden también desplazarse uno con respecto a otro en una dirección axial que pasa a través de los ejes 125, 126.

45 En otras palabras, el otro ejemplo descriptivo proporciona una junta de trípode 102 que sirve como junta cardánica, que incluye un miembro de anillo de guía implantado como anillo de guía exterior 122 conectado a un primer miembro de eje implantado como eje 126, un miembro de transmisión del par implantado como rodillo esférico 123 dispuesto en contacto con el anillo de guía exterior 122 y rotativamente y de forma deslizante sobre una superficie del surco del anillo de guía exterior 122A formado en el anillo de guía exterior 122, y un segundo miembro de eje implantado como eje 125 conectado al eje 126 por medio del rodillo esférico 123 y el anillo de guía exterior 122. Así mismo, la junta de trípode 102 es una junta cardánica que transmite la rotación transmitida a un eje entre el eje 126 y el eje 125 alrededor de un eje geométrico hacia el otro eje entre el eje 126 y el eje 125.

55 Así mismo, un rodillo esférico 123 es un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, que está dispuesto en la junta cardánica implantada como junta de trípode 102, y está dispuesto rotativamente y de forma deslizante entre un miembro de anillo de guía implantado como anillo de guía exterior 122 conectado a un primer miembro de eje implantado como eje 126 y un segundo miembro de eje implantado como eje 125 y transmite la

rotación transmitida a un eje entre el eje 126 y el eje 125 alrededor de un eje geométrico y hacia el otro entre el eje 126 y el eje 125.

En la presente memoria, con referencia a la Fig. 18 y a la Fig. 19, el presente otro ejemplo descriptivo proporciona un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, que es implantado como un rodillo esférico 123, que se corresponde con la bola 113 del otro ejemplo descriptivo anterior y, de modo similar, presenta una porción interior 123C, una capa de densidad alta (una capa de densidad alta del rodillo esférico 123B) y una capa de densidad más alta (una capa de densidad más alta del rodillo esférico 123D). De esta manera, el presente otro ejemplo descriptivo proporciona una junta de trípode 102 que es una junta cardánica que incluye un miembro de transmisión del par para la junta cardánica (rodillo esférico 123) constituido por  $\beta$ -sialon sinterizado poco costoso y capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente. Nótese que la junta cardánica implantada en el presente otro ejemplo descriptivo como junta de trípode 102 y el miembro de transmisión del par implantado en el mismo otro ejemplo descriptivo para la junta cardánica como rodillo esférico 123 que la junta de trípode 102 incluye puede ser fabricado de manera similar a la fabricada en el anterior otro ejemplo descriptivo.

Nótese que aunque en la forma de realización expuesta la presente junta cardánica se simplifica por una junta fija y una junta de trípode, la presente junta cardánica no está limitada a ellas. Por ejemplo, la junta cardánica puede ser una junta de doble desplazamiento (DOJ), una junta de trípode de anillo libre (FTJ), una junta de surco transversal (LJ) o similar.

La presente junta cardánica puede presentar su miembro de anillo de guía formado con un material que no está particularmente limitada. Por ejemplo, puede específicamente ser el S53C del estándar industrial japonés (JIS) o acero al carbono similar, el SCR420, el SCM420 o acero de carbocementación similar. Así mismo, la presente junta cardánica puede presentar su miembro de anillo de guía formado con un material cerámico como por ejemplo nitruro de silicio y sialon (incluyendo  $\beta$ -sialon).

**Otro ejemplo descriptivo.**

A continuación se hará referencia a la Fig. 20 y a la Fig. 21 para describir un cojinete liso esférico que implanta un dispositivo deslizando en otro ejemplo descriptivo adicional.

Con referencia a la Fig. 20, dicho ejemplo descriptivo adicional proporciona un cojinete liso esférico 301 que incluye un miembro deslizando implantado por un anillo exterior anular 311 y un miembro deslizando implantado por un anillo interior anular 312 dispuesto en una circunferencia interior del anillo exterior 311. El anillo exterior 311 presenta una superficie circunferencial interior que presenta una superficie deslizando del anillo interior 312A que presenta una circunferencia esférica. El anillo exterior 311 y el anillo interior 312 están dispuestos para que estén la superficie deslizando del anillo exterior 311A y la superficie deslizando del anillo interior 312A en contacto mutuo. Al menos una superficie entre la superficie deslizando del anillo exterior 311A y la superficie deslizando del anillo interior 312A puede estar provista de una película de disulfuro de molibdeno o un lubricante sólido similar.

El cojinete liso esférico 301 presenta así un anillo exterior 311 y un anillo interior 312 que se deslizan uno con respecto a otro en una dirección circunferencial y que por tanto son capaces de rotar y de oscilar. Así mismo, la superficie deslizando del anillo exterior 311A y la superficie deslizando del anillo interior 312A presentan superficies esféricas, respectivamente, permiten que el anillo exterior 311 y que el anillo interior 312 presenten sus ejes geométricos respectivos de rotación formando un ángulo dentro de la extensión de un ángulo oscilante  $\alpha$ .

En otras palabras, con referencia a la Fig. 20 y a la Fig. 21, un dispositivo deslizando implantado por el cojinete liso esférico 301 incluye como elementos constitutivos el anillo exterior 311 y el anillo interior 312 que sirven como miembros deslizantes contactando cada uno con el otro miembro adyacente (el anillo interior 312 y el anillo exterior 311) y de esta forma se deslizan uno con respecto al otro. El miembro deslizando implantado como anillo exterior 311 y el anillo interior 312 está configurado con un cuerpo sinterizado que contiene un  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto constituido por una impureza. Así mismo, con referencia a la Fig. 21, el miembro deslizando contacta con el otro miembro en una superficie, que a continuación se designará como superficie de contacto, indicada como superficie deslizando del anillo exterior 311A y superficie deslizando del anillo interior 312A, los cuales están incluidas en una porción provista de una capa de densidad alta (una capa de densidad alta del anillo exterior 311B y una capa de densidad alta interior 312B) de densidad más alta que las porciones interiores 311C, 312C. Cuando la capa de densidad alta del anillo exterior 311B y la capa de densidad alta del anillo interior 312B se observan en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, muestran una porción blanca en color, a continuación también designada como porción de color blanco, que presenta una relación de área igual o menor al 7%.

El presente ejemplo descriptivo adicional proporciona así un cojinete liso esférico 301 que sirve como dispositivo deslizando que incluye un miembro deslizando (anillo exterior 311 y anillo interior 312) constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado no costoso y capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente. La impureza incluye una impureza introducida de modo inevitable incluyendo las derivadas de un material de fuente o que entran durante el proceso de producción.

Nótese que en el presente ejemplo descriptivo adicional, el miembro deslizante implantado como anillo exterior 311 y el anillo interior 312 puede estar configurado como un cuerpo sinterizado que contenga  $\beta$ -sialon como componente principal y presente un resto formado con un aditivo de sinterización y una impureza introducida de modo inevitable. El aditivo de sinterización ayuda a reducir la porosidad del cuerpo sinterizado y, por tanto, proporciona un dispositivo deslizante que incluye un miembro deslizante constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente. La impureza incluye una impureza introducida de modo inevitable incluyendo las derivadas de un material de fuente o que entran durante el proceso de producción.

Así mismo, con referencia a la Fig. 21, la capa de densidad alta del anillo exterior 311B y la capa de densidad alta del anillo interior 312B presentan una superficie, o superficie deslizante del anillo exterior 311A y una superficie deslizante del anillo interior 312A, incluidas en una porción provista de una capa de densidad más alta del anillo exterior 311D y una capa de densidad más alta del anillo interior 312D de densidad todavía mayor que la otra porción de la capa de densidad alta del anillo exterior 311B y una capa de densidad alta del anillo interior 312B. Cuando la capa de densidad más alta del anillo exterior 311D y la capa de densidad más alta del anillo interior 312D se observan en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, muestran una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o menor a un 3,5%. El anillo exterior 311 y el anillo interior 312 están así mejorados en cuanto a resistencia al desgaste adicional y por tanto en cuanto a durabilidad.

A continuación se describirá un procedimiento de producción del miembro deslizante y del dispositivo en el presente ejemplo descriptivo adicional.

Con referencia a la Fig. 22, en el presente ejemplo descriptivo adicional, un dispositivo deslizante y un miembro deslizante son fabricados en un procedimiento que es el siguiente. Inicialmente, en la etapa (S100), el  $\beta$ -sialon en polvo es preparado en una etapa de preparación del  $\beta$ -sialon en polvo. La etapa de preparación del  $\beta$ -sialon en polvo puede llevarse a cabo por ejemplo con síntesis de adopción adoptada en una etapa de producción para fabricar de manera no costosa el  $\beta$ -sialon en polvo.

A continuación en la etapa (S200) se lleva a cabo una etapa de mezcla para añadir un aditivo de sinterización al  $\beta$ -sialon en polvo preparado en la etapa de preparación en la etapa de  $\beta$ -sialon en polvo y mezclarlos conjuntamente. La etapa de mezcla puede ser eliminada si el aditivo de sinterización no es añadido.

Entonces en la etapa (S300) se lleva a cabo una etapa de conformado para conformar el  $\beta$ -sialon en polvo o la mezcla del  $\beta$ -sialon en polvo y el aditivo de sinterización en términos globales en una configuración geométrica del miembro deslizante. Más concretamente, el  $\beta$ -sialon en polvo o la mezcla del  $\beta$ -sialon y el aditivo de sinterización es formado a presión moldeado en vacío formado por extrusión, granulado por rodamiento o conformado de modo similar para proporcionar un cuerpo conformado con una configuración geométrica genérica del miembro deslizante implantado como anillo exterior 311, anillo interior 312 y similares.

A continuación, en la etapa (S400) se lleva a cabo la etapa de formación antes de la sinterización para formar una superficie del cuerpo conformado para hacer posible que el cuerpo conformado que ha sido sinterizado presente una configuración geométrica más próxima a la del miembro deslizante según se desee. Más concretamente, el cuerpo verde que forma o una técnica de formación similar es utilizada para conformar el cuerpo conformado para que el cuerpo conformado que ha sido sinterizado pueda presentar una configuración geométrica más próxima a la del anillo exterior 311, el anillo interior 312 o similares. La etapa de formación antes de la sinterización puede ser eliminada si la etapa de conformado proporciona un cuerpo conformado en un estado que permite que el cuerpo conformado que ha sido sinterizado presente una configuración geométrica próxima a la del miembro deslizante según se desee.

A continuación, en la etapa (S500) se lleva a cabo una etapa de sinterización para sinterizar el cuerpo conformado a una presión igual o menor de 1 MPa. Más concretamente, el cuerpo conformado es calentado con un calentador, un microondas, una onda milimétrica o una onda electromagnética similar y de esta manera sinterizado para proporcionar un cuerpo sinterizado que presenta en términos generales una configuración geométrica del anillo exterior 311, del anillo interior 312 o similares. El cuerpo conformado es sinterizado mediante su calentamiento en una atmósfera de un gas inerte o de una mezcla gaseosa de nitrógeno y de oxígeno hasta una temperatura que oscila entre 1550° C y 1800° C. El gas inerte puede ser helio, neón, argón, nitrógeno o similar. A la vista de la reducción del coste de producción, el nitrógeno es de modo preferente adoptado.

A continuación, en la etapa (S600), el cuerpo sinterizado producido en la etapa de sinterización presenta una superficie trabajada para eliminar una porción que incluya esa superficie, esto es, es trabajada para finalizar, para completar un miembro de deslizante, esto es, se lleva a cabo una etapa de acabado. Más concretamente, el cuerpo sinterizado producido en la etapa de sinterización presenta una superficie pulimentada para completar un miembro deslizante implantado como el anillo exterior 311, el anillo interior 312 y similares. Mediante las etapas expuestas, se completa el presente ejemplo descriptivo adicional.

En la presente memoria, la etapa de sinterización proporciona un cuerpo sinterizado que presenta una porción desde su superficie hasta una profundidad de aproximadamente unas 500  $\mu$ m y una capa de densidad alta con una densidad más alta que una porción interior y que presenta una porción blanca de color, o una porción de color

blanco, como se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, que presenta una relación de área igual o menor de un 7%. Así mismo, el cuerpo sinterizado presenta, en una porción a partir de su superficie hasta una profundidad de aproximadamente 150 µm, una capa de densidad más alta con una densidad todavía más alta que otra porción de la capa de densidad alta y que presenta una porción blanca de color, o una porción de color blanco, como se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, que presenta una relación de área igual a o menor de un 3,5%. Por consiguiente, en la etapa de acabado, el cuerpo sinterizado es eliminado, de modo preferente, hasta un grosor igual o inferior a un 150 µm en una porción que debe servir como superficie de contacto en concreto. Este hace posible que la capa de densidad más alta permanezca en una porción que incluye la superficie deslizante del anillo exterior 311A y una superficie deslizante del anillo interior 312A para dotar al miembro deslizante de una resistencia al desgaste mayor.

Con referencia a la Fig. 22, la etapa (S700) se lleva a cabo para combinar el miembro deslizante así fabricado conjuntamente para ensamblar un dispositivo deslizante, esto es, se lleva a cabo una etapa de ensamblaje. Más concretamente, el anillo exterior 311 y el anillo interior 312 producidos en las etapas (S100) a (S600) se combinan conjuntamente para ensamblar el cojinete liso esférico 301 implantando un dispositivo deslizante en la presente invención. Esto completa un procedimiento de producción de un dispositivo deslizante en la presente forma de realización para completar el cojinete liso esférico 301 implantando el dispositivo deslizante. Al menos una superficie entre la superficie deslizante del anillo exterior 311A y la superficie deslizante del anillo interior 312A pueden estar provistas de una película de disulfuro de molibdeno o un lubricante sólido similar y en ese estado el anillo exterior 311 y el anillo interior 312 pueden ser combinados conjuntamente para ensamblar el cojinete liso esférico 301.

#### Otro ejemplo descriptivo.

En otro ejemplo se proporciona un dispositivo deslizante como se describirá en las líneas que siguen.

Con referencia a la Fig. 23, un motor de husillo 303 es un motor de husillo para una unidad de disco duro (HDD). Se suministra en la HDD para hacer rotar un disco magnético. Un motor de husillo 303 incluye un cubo 334 de disco que sostiene un disco magnético (no mostrado), una unidad de cojinete de fluido dinámico 302 que sostiene el disco de cubo 304 de forma rotativa en una dirección circunferencial, un estator de motor 332 dispuesto en una superficie circunferencial exterior de la unidad de cojinete de fluido dinámico, y un rotor de motor 333 dispuesto en el cubo de disco 334 opuesto al motor de estator 332. La unidad de cojinete de fluido dinámico 302 incluye un miembro de eje 28 fijado al cubo de disco 334, y un cojinete 329 que sostiene el miembro de eje 328 de forma rotativa alrededor de un eje geométrico. Así, cuando el estator 332 de motor recibe una corriente procedente de una alimentación de energía (no mostrada) una fuerza de arrastre es generada para hacer rotar el rotor del motor 333 alrededor de un eje geométrico y el cubo de disco 334 rota con respecto al cojinete 329 de la unidad de cojinete de fluido dinámico 302.

El otro presente ejemplo descriptivo proporciona la unidad de cojinete de fluido dinámico como se describirá en las líneas que siguen. Con referencia a la Fig. 24, la unidad de cojinete de fluido dinámico 322 incluye un miembro de eje 328 y un miembro de cojinete 329 que rodea una porción del miembro de eje 328 y que sostiene el miembro de eje 328 de forma rotativa alrededor de un eje geométrico. El miembro de eje 328 presenta una porción de eje cilíndrico 321, una porción de brida de disco 322 que rodea la porción de eje 321 en un extremo circunferencialmente y presenta un diámetro exterior mayor que el de la porción de eje 321. El miembro de cojinete 327 presenta una porción de pared de fondo 324 bajo la forma de una placa plana dispuesta en oposición a una superficie terminal de la porción de eje 321 y una superficie terminal de la porción de brida 322 con un espacio libre predeterminado entre ellas, y una porción de pared lateral cilíndrica hueca 325 dispuesta en oposición a una superficie circunferencial exterior de la porción de brida 322, la otra superficie terminal de la porción de brida 322 y una superficie circunferencial exterior de la porción de eje 321 con un espacio libre predeterminado dispuesto entre ellas. El espacio libre entre el miembro de eje 328 y el miembro de cojinete 327 es llenado con un lubricante o un fluido similar.

De esta manera, cuando el miembro de eje 328 rota alrededor de un eje geométrico alrededor de un miembro de cojinete 327, el efecto de la presión dinámica del fluido soporta el miembro de eje 328 sin contactar con el miembro de cojinete 327.

Según lo descrito con anterioridad, cuando el miembro de eje 328 está rotando con respecto al miembro de cojinete 327 a una velocidad suficiente el miembro de eje 328 es soportado sin contactar con el miembro de cojinete 327. Cuando el miembro de eje 328 comienza a rotar con respecto al miembro de cojinete 327 (esto es, cuando es accionado), e inmediatamente antes de que el miembro de eje 328 termine de rotar con respecto al miembro de cojinete 327 (esto es, cuando su operación finaliza), el efecto de la presión dinámica es insuficiente, y el miembro de eje 328 y el miembro de cojinete 327 contactan entre sí y de esta manera se deslizan. Más concretamente, la porción de eje 321 y la porción de brida 322 que configuran el miembro 328 de eje y la porción de pared de fondo 324 y la porción de pared lateral 325 que configuran el miembro de cojinete 327 son miembros deslizantes cada uno de los cuales contacta con el otro miembro adyacente y de esta manera se deslizan con respecto a ese otro miembro.

El miembro deslizante implantando como porción de eje 321, porción de brida 322, porción de pared de fondo 324 y porción de pared lateral 325 está configurado como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente

principal y presenta un resto constituido por una impureza. Así mismo, con referencia a la Fig. 25, el miembro deslizante contacta con el otro miembro deslizante en una superficie la cual será a continuación designada como superficie de contacto, indicada como una superficie de contacto de la porción de eje 321A, una superficie de contacto de la porción de brida 322A, una superficie de contacto de la superficie de pared de fondo 324A y una superficie de contacto de la porción de pared lateral 325A, las cuales están incluidas en una porción provista de una capa de densidad alta (una capa de densidad alta de la porción de eje 321B, una capa de densidad alta de la porción de brida 322B, una capa de densidad alta de la porción de pared de fondo 324B y una capa de densidad alta de la porción de pared lateral 325B) de densidad más alta que las porciones interiores 321C, 322C, 324C, 325C. Cuando la capa de densidad alta de la porción de eje 321B, la capa de densidad alta de la porción de brida 322B, la capa de densidad alta de la porción de pared de fondo 324B, y la capa de densidad alta de la porción de pared lateral 325B se observan en sección transversal con un microscopio con iluminación oblicua, muestran una porción blanca de color, también denominada más adelante como porción de color blanco, presenta una relación de área igual o inferior a un 7%.

El otro ejemplo descriptivo proporciona así una unidad de cojinete 302 de dinámica de fluido dinámico que sirve como dispositivo deslizante que incluye un miembro deslizante (porción de eje 321, porción de brida 322, porción de pared de fondo 324 y porción de pared lateral 325) constituido por un  $\beta$ -sialon sinterizado no costoso y capaz de asegurar de manera fiable la durabilidad suficiente. La impureza incluye una impureza introducida de manera inevitable que incluye las derivadas de un material de fuente o de la introducción durante el proceso de producción.

Nótese que en el otro ejemplo descriptivo, el miembro deslizante implantado como porción de eje 321, porción de brida 322, porción de pared de fondo 324 y porción de pared lateral 325 puede estar configurado como un cuerpo sinterizado que contenga  $\beta$ -sialon como componente principal y presente un resto constituido por un aditivo de sinterización y una impureza introducida de manera inevitable. El aditivo de sinterización ayuda a reducir la porosidad del cuerpo sinterizado y, por tanto, proporciona un dispositivo deslizante que incluye un miembro deslizante constituido por  $\beta$ -sialon sinterizado capaz de asegurar de manera fiable una durabilidad suficiente. La impureza incluye una impureza introducida de manera inevitable que incluye las derivadas de un material de fuente o su introducción durante el proceso de producción.

Así mismo, con referencia a la Fig. 25, la capa de densidad alta de la porción de eje 321B, la capa de densidad alta de la porción de brida 322B, la capa de densidad alta de la porción de pared de fondo 324B y la capa de densidad alta de la porción de pared lateral 325B presentan una superficie, o la superficie de contacto de la porción de eje 321A, la superficie de contacto de la porción de brida 322A, la superficie de contacto de la porción de pared de fondo 324A y la superficie de contacto de la porción de pared lateral 325A, incluidos en una porción provista de una capa de densidad más alta de la porción de eje 321D, una capa de densidad más alta de la porción de brida 322D, una capa de densidad más alta de la porción de pared de fondo 324D y una capa de densidad más alta de la porción de pared lateral 325D de densidad aún mayor que la porción de la capa de densidad alta de la porción de eje 321B que la capa de densidad alta de la porción de brida 322B, que la capa de densidad alta de la porción de pared de fondo 324B y que la capa de densidad alta de la porción de pared lateral 325B. Cuando la capa de densidad más alta de la porción de eje 321D, la capa de densidad más alta de la porción de brida 322D, la capa de densidad más alta de la porción de pared de fondo 324D y la capa de densidad más alta de la porción de pared lateral 325D son observadas en sección transversal con un microscopio con iluminación oblicua, muestran una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o menor a un 3,5%. La porción de eje 321, la porción de brida 322, la porción de pared de fondo 324 y la porción de pared lateral 325 resultan con ello mejoradas en mayor medida en cuanto a la resistencia al desgaste y, por tanto, en cuanto a la durabilidad.

Nótese que el dispositivo deslizante implantado en el actual otro ejemplo descriptivo mediante la unidad de cojinete de dinámico de fluidos 302 y el miembro deslizante implantado en la actual forma de realización por la porción de eje 321, la porción de brida 322, la porción de pared de fondo 324 y la porción de pared lateral 325 pueden ser fabricados en un procedimiento similar a la de la producción del dispositivo deslizante implantado en el anterior otro ejemplo descriptivo por el cojinete liso esférico 301 y el miembro deslizante implantado en la misma forma de realización por el anillo exterior 311 y el anillo interior 312.

Así mismo, aunque el actual otro ejemplo descriptivo ha sido descrito con respecto al miembro de eje 328 que presenta la porción de eje 321 y la porción de brida 322 como miembros separados, el miembro de eje 328 puede, como alternativa, ser un miembro de una sola pieza.

Así mismo, aunque el ejemplo anterior del actual otro ejemplo descriptivo han sido descritos para dispositivos deslizantes con sus elementos deslizantes constitutivos constituidos todos con  $\beta$ -sialon, el actual dispositivo deslizante no está limitado a ellos, y puede incorporar el miembro deslizante actual aplicado a al menos uno de los miembros deslizantes. Por ejemplo, el otro ejemplo descriptivo anterior proporciona el cojinete liso esférico 301, el cual puede incorporar un anillo entre el anillo exterior 311 y el anillo interior 312 dispuesto por el actual miembro deslizante y el otro dispuesto como miembro deslizante que se diferencie del alcance de la presente invención. El miembro deslizante puede estar constituido utilizando un material de acero de cojinete de cromo de carbono extraduro endurecido por enfriamiento súbito (JIS SUJ2 por ejemplo) con una superficie revestida de fosfato. Así mismo, el actual otro ejemplo descriptivo proporciona la unidad de cojinete de dinámica de fluido 302, la cual puede configurar una unidad de cojinete dinámica de fluido que sea no costosa y que sea también capaz de asegurar de

manera fiable una durabilidad suficiente incorporando el actual miembro deslizante como miembro de eje 328, teniendo en cuenta el coste de producción, en cuanto el miembro de eje 328 presenta una configuración geométrica relativamente sencilla. El miembro de cojinete 327 puede estar conformado utilizando un material impregnado en aceite, impregnado en metal sinterizado, por ejemplo con un lubricante, una grasa lubricante, o elemento similar.

- 5 Así mismo, aunque el anterior otro ejemplo descriptivo ha sido descrito para un ejemplo del presente dispositivo deslizante y del miembro deslizante implantado por un cojinete liso esférico, una unidad de cojinete de dinámica de fluidos y sus miembros deslizantes, el actual dispositivo deslizante y el miembro deslizante no están limitados a ellos. El actual dispositivo deslizante y el miembro deslizante pueden, por ejemplo, estar constituidos por una guía línea, una tabla X - Y o un dispositivo similar de movimiento lineal, un brazo oscilante, una válvula de bola o  
10 componente similar de un motor, y un miembro deslizante incluido al efecto.

### Ejemplo 1

- A continuación se describirá la presente invención en un ejemplo 1. Se lleva a cabo una prueba para saber hasta qué punto el miembro de contacto de rodamiento actual, o de acuerdo con los anteriores ejemplos descritos, el miembro de transmisión del par para una junta cardánica, y el miembro deslizante presentan una capa de densidad  
15 alta y una capa de densidad más alta conformada, como se aprecia en sección transversal. La prueba se lleva a cabo por el siguiente procedimiento:

- Inicialmente, se emplea una síntesis de combustión para preparar el  $\beta$ -sialon (marca del producto: Meramix, fabricado por Isman J Corporation) con una composición de  $\text{Si}_3\text{AlON}_7$ , y a partir de ahí se obtiene un espécimen bajo la forma de un cubo cada uno de cuyos lados tiene aproximadamente 10 mm, en un  
20 procedimiento similar al de la obtención de un miembro de contacto de rodamiento, un miembro de transmisión del par para una junta cardánica, un miembro deslizante, según lo descrito con anterioridad. Más concretamente, se fabrica en un procedimiento de la forma que sigue: inicialmente polvo de  $\beta$ -sialon bajo la forma de granos de submicrómetro finos y un aditivo de sinterización de óxido de aluminio (AKP30 fabricado por Sumitomo Chemical Col., Ltd) y óxido de itrio (óxido de itrio grado de calidad C fabricado por  
25 H. C. Starck) son mezclados en húmedo utilizando un triturador de bolas. A continuación, un secador de pulverización es utilizado para granular el producto intermedio para obtener el polvo granulado. El polvo granulado es introducido en un troquel y de esta forma conformado para que ofrezca una configuración geométrica predeterminada y, así mismo, se emplea una prensa isostática en frío (CIP) para aplicar presión para obtener un cuerpo conformado. A continuación, el cuerpo conformado es calentado en una atmósfera  
30 de nitrógeno a una presión de 0,4 MPa a 1650° C y es sinterizado de esta forma para obtener el espécimen cúbico referido.

- A continuación, el espécimen es cortado y la superficie cortada es solapada con una herramienta aviamentada para lapear y a continuación solapada especularmente con un solape o recubrimiento de óxido de cromo para obtener una sección transversal que incluya un centro del cubo para su observación. La sección transversal se observa con  
35 un microscopio óptico (Microphoto-FXA fabricado por Nikon Corporation) con iluminación oblicua y representado en imagen en una fotografía instantánea (FP-100B fabricado por FUJIFILM Corporation) con una magnificación de 50 aumentos. A continuación, la imagen fotográfica obtenida es introducida por medio de un escáner (con una resolución de 300 dpi) en un ordenador personal. El software de tratamiento de imágenes (WinROOF fabricado por Mitani Corporation) es utilizado para llevar a cabo un procedimiento de binarización mediante un valor de umbral de brillo (en el actual ejemplo, un valor de umbral de separación de binarización: 140) para medir una porción de color blanco para una relación de área.

La prueba da un resultado, según lo que se describe en las líneas que siguen. Nótese que la Fig. 26 muestra una fotografía que presenta un lado superior que muestra un lado de un espécimen que está más próximo a una superficie de la misma, y un extremo superior que se corresponde con la superficie.

- 45 Con referencia a la Fig. 26 y a la Fig. 27, se puede apreciar que un espécimen en el actual ejemplo obtenido en un procedimiento similar a la de la obtención del presente miembro de contacto de rodamiento, el miembro de transmisión del par para una junta cardánica, y un miembro deslizante presenta una porción que incluye una superficie que presenta una capa con una porción de color blanco menor de lo que lo hace una porción interior, y como se muestra en la Fig. 28, una imagen de fotografía granular está dividida de acuerdo con una distancia a partir  
50 de una superficie más alejada del espécimen en tres regiones ((esto es, una región de la superficie más exterior a una profundidad de 150  $\mu\text{m}$ , una región que va más allá de 150  $\mu\text{m}$  y no sobrepasa los 500  $\mu\text{m}$ , y una región que sobrepasa los 500  $\mu\text{m}$  y no sobrepasa los 800  $\mu\text{m}$ ) estando cada región sometida al análisis por imagen para calcular una porción de color blanco para la relación de área. Se obtiene un resultado mostrado en la tabla 1. En la tabla 1 la Fig. 28 muestra cada región como un campo de visión, y se obtienen cinco fotografías granulares al hacer,  
55 cinco campos. Para cada campo, se mide una porción de color blanco para la relación de área, y se indican su media y sus valores máximos.

Tabla 1

	Profundidad desde la superficie más exterior ( $\mu\text{m}$ )	Relación de área de porción de color blanco (%)	
		Media de 5 Campo de Visión	Máximo de 5 Campo de Visión
1) Capa de Densidad más Alta	150	1,2	3,5
2) Capa de Densidad Alta	150 - 500	3,7	7,0
3) Porción Interior	> 500	18,5	22,4

5 Con referencia a la tabla 1, el presente ejemplo proporciona una porción de color blanco que presenta una relación de área de 18,5% para una porción interior y, por el contrario, un 3,7% para la región que presenta una profundidad igual o menor de 500  $\mu\text{m}$  desde una superficie, y un 1,2% para la región que presenta una profundidad igual o menor a 150  $\mu\text{m}$  desde la superficie. Se ha confirmado a partir de estos datos que un espécimen obtenido en el presente ejemplo en un procedimiento similar al de la obtención del presente miembro de contacto de rodamiento, el miembro de transmisión del par para una junta cardánica, y el miembro deslizante presenta una porción que incluye una superficie con una capa de densidad alta y una capa de densidad más alta que presenta una Porción de color blanco inferior a la que presenta una porción inferior.

### Ejemplo 2

A continuación se describirá la presente invención en un ejemplo 2. Se llevó a cabo una prueba para confirmar la actual longevidad a la fatiga del contacto de rodamiento del miembro de contacto de rodamiento. La prueba se llevó a cabo con el siguiente procedimiento:

15 Inicialmente, un cojinete concebido para ser puesto a prueba es obtenido en un procedimiento, como se describirá en las líneas que siguen. Inicialmente se emplea una síntesis de combustión para preparar el  $\beta$ -sialon en polvo (marca del producto: Meramix, fabricado por Isman J Corporation) con una composición de  $\text{Si}_5\text{AlON}_7$ , y a partir de ahí se obtuvo una bola de material cerámico de 9,525 mm con un diámetro de 9,525 mm en un procedimiento similar al de la obtención de un miembro de contacto de rodamiento, según lo descrito en la primera forma de realización con referencia a la Fig. 7. Más concretamente, se obtiene el siguiente procedimiento: inicialmente el polvo del  $\beta$ -sialon bajo la forma de granos de submicrómetro finos y un aditivo de sinterización de óxido de aluminio (AKP30 fabricado por Sumitomo Chemical Col., Ltd) y óxido de itrio (óxido de itrio grado de calidad C fabricado por H. C. Starck) son mezclados en húmedo utilizando un triturador de bolas. A continuación, un secador de pulverización es utilizado para granular el producto intermedio para obtener el polvo granulado. El polvo granulado es introducido en un troquel y de esta forma conformado para conformar una esfera y, así mismo, se emplea una prensa isostática en frío (CIP) para aplicar presión para conseguir el cuerpo conformado de forma esférica.

30 A continuación, el cuerpo conformado es sometido a una conformación de cuerpo verde de manera que, después de que sea sinterizado presente un grosor de trabajo predeterminado. A continuación, el cuerpo conformado es calentado en una atmósfera de nitrógeno con una presión de 0,4 MPa a 1650° C y sinterizado de esta manera para obtener un cuerpo esférico sinterizado. A continuación, el cuerpo esférico sinterizado es solapado para convertirse en una bola de material cerámico de 9,525 mm (un elemento de rodamiento; grado JIS: G5). A continuación se combina con una arandela de cojinetes preparada por separado de acero de cojinete (JIS SUJ2) para obtener un cojinete tipo JIS número 6206. En la presente memoria, el cuerpo esférico sinterizado es solapado para que presente un grosor (o un grosor de trabajo) eliminado en 8 niveles para obtener 8 tipos de cojinetes (ejemplos A - H de la presente invención). Por el contrario, en comparación, el nitruro de silicio y el aditivo de sinterización son utilizados para conseguir un material de fuente en polvo el cual, a su vez, es sinterizado a presión para conseguir un cuerpo esférico sinterizado (EC 141 fabricado por NGK Spark Plug Co. Ltd.) el cual, es, a su vez, solapado, de modo similar a lo descrito con anterioridad, y combinado con una arandela de cojinete preparada por separado de acero de cojinete (JIS SUJ2) para obtener un cojinete de tipo JIS número 6206 (ejemplo comparativo A). es solapado hasta un grosor de 0,25 mm.

45 La prueba se lleva a cabo en la siguientes condiciones: un cojinete de tipo JIS número 6206 obtenido según lo descrito con anterioridad es sometido a una prueba de fatiga de forma que experimente una presión de contacto máxima  $P_{\text{max}}$  de 3,2 GPa y es rotado a 2000 rpm, utilizando un lubricante de aceite de turbina VG68 (aceite limpio) alimentado circularmente, y de esta forma verificado a temperatura ambiente. Se emplea un detector de las vibraciones para vigilar la forma en que el cojinete vibra en operación, y después de que el cojinete presente un elemento de rodamiento dañado cuando la vibración del cojinete sobrepase un valor predeterminado, la prueba es detenida, y, después de haber transcurrido un periodo de tiempo desde que comenzó a operar el cojinete hasta que la prueba es detenida se registra como vida útil del cojinete. Nótese que los 15 cojinetes para cada ejemplo de la

presente invención y para el ejemplo comparativo son puestos a prueba y sus duraciones  $L_{10}$  son calculadas y evaluadas con relación a su durabilidad por una relación de duración en comparación con un ejemplo comparativo A.

Tabla 2

	Grosor de trabajo (mm)	Vida Útil $L_{10}$ (Horas)	Relación Vida Útil
Ej. A	0,05	6492	3,19
Ej. B	0,10	6387	3,14
Ej. C	0,15	6404	3,15
Ej. D	0,20	3985	1,96
Ej. E	0,30	4048	1,99
Ej. F	0,40	3945	1,94
Ej. G	0,50	3069	1,51
Ej. H	0,60	867	0,43
Comp. Ej. A	0,25	2036	1,00

- 5 La Tabla 2 muestra un resultado de la prueba del presente ejemplo. Con referencia a la tabla 2, se puede decir que el presente ejemplo proporciona unos cojinetes que ofrecen todos una vida útil satisfactoria con sus costes de producción y aspectos similares tomados en consideración. Disponiéndose un grosor igual o inferior a 0,5 mm para obtener un elemento de rodamiento con una superficie con una capa de densidad alta que permanece en su interior, esto es, la invención presente en los ejemplos D - G, proporciona un cojinete que ofrece una vida útil de aproximadamente 1,5 a 2 veces la del ejemplo comparativo A. Así mismo, un grosor de trabajo establecido para que sea igual o inferior a 0,15 mm para proporcionar un elemento de rodamiento con una superficie con una capa de densidad más alta que permanece en su interior, esto es, la presente invención, en los ejemplos A - C, proporciona un cojinete que presenta una vida útil aproximadamente 3 veces la del ejemplo comparativo A. Se confirma así que un cojinete de rodillos que incluye el presente miembro de contacto de rodamiento presenta una durabilidad excelente, y se ha descubierto que un cojinete de rodillos que incluye el presente miembro de contacto de rodamiento con un grosor de trabajo establecido para que sea igual o inferior a 0,5 mm con una superficie con una capa de densidad alta que permanezca en su interior puede ofrecer una vida útil incrementada y un cojinete de rodillos que incluya el actual miembro de contacto de rodillos con un grosor de trabajo establecido para que sea igual o inferior a 0,15 mm que tenga una superficie con una capa de densidad más alta que permanezca en su interior puede ofrecer una vida útil aún más incrementada.

### Ejemplo 3

A continuación se describirá el ejemplo 3. Se lleva a cabo una prueba para confirmar la durabilidad de un miembro de transmisión del par para una junta cardánica con referencia a la fatiga de contacto de rodamiento y deslizante. La prueba se lleva a cabo en el siguiente procedimiento:

- 25 Inicialmente, un espécimen destinado a ser puesto a prueba es obtenido en un procedimiento, como se describirá en las líneas que siguen. Inicialmente se emplea una síntesis de combustión para preparar el  $\beta$ -sialon en polvo (marca del producto: Meramix, fabricado por Isman J Corporation) con una composición de  $\text{Si}_5\text{AlON}_7$ , y a partir de ahí se obtuvo un espécimen bajo la forma de un cilindro que presenta un diámetro de  $\phi$  40 mm se obtiene en un procedimiento similar al de la obtención de la transmisión del par para una junta cardánica. Más concretamente se fabrica un procedimiento de la forma siguiente: inicialmente, un polvo de  $\beta$ -sialon bajo la forma de granos de submicrómetro finos y un aditivo de sinterización de óxido de aluminio (AKP30 fabricado por Sumitomo Chemical Col., Ltd) y óxido de itrio (óxido de itrio grado de calidad C fabricado por H. C. Starck) son mezclados húmedos (con exceso de agua) utilizando un triturador de bolas. A continuación, un secador de pulverización es utilizado para granular el producto intermedio para obtener el polvo granulado. El polvo granulado es introducido en un troquel y de esta forma conformado para constituirse en un cilindro y, así mismo, se emplea una prensa isostática en frío (CIP) para aplicar presión para conseguir el cuerpo conformado cilíndrico.

- 40 A continuación, el cuerpo conformado es sometido a una conformación de cuerpo verde para que después de que sea sinterizado, presente un grosor de trabajo predeterminado. A continuación, el cuerpo conformado es calentado en una atmósfera de nitrógeno con una presión de 0,4 Mpa a 1650° C y de esta manera sinterizado para obtener un cuerpo cilíndrico sinterizado. A continuación, el cuerpo cilíndrico sinterizado presenta una superficie circunferencial

## ES 2 523 195 T3

5 solapada para proporcionar un espécimen bajo la forma de un cilindro con un diámetro de  $\phi$  40 mm. En la presente memoria, el cuerpo cilíndrico está solapado para que ofrezca un grosor (o un grosor de trabajo) eliminado en 8 niveles para obtener 8 tipos de especímenes (ejemplos A - H). Por el contrario, en comparación, el nitruro de silicio y el aditivo de sinterización se utilizan para proporcionar un material de fuente en polvo el cual, a su vez, es sinterizado a presión para proporcionar un cuerpo cilíndrico sinterizado el cual, a su vez, es solapado, de modo similar al descrito con anterioridad, para obtener un espécimen bajo la forma de un cilindro que presenta un diámetro de  $\phi$  40 mm (ejemplo comparativo A). Está solapado hasta un grosor de 0,25 mm.

10 La prueba se lleva a cabo en las siguientes condiciones: Cada espécimen preparado, según lo descrito con anterioridad, es situado en contacto con otro espécimen preparado de forma separada constituido en acero de cojinete (JIS SUJ2) (bajo la forma de un cilindro con un diámetro de  $\phi$  40 mm y que ha sido endurecido por enfriamiento súbito) de forma que presentan sus respectivos ejes geométricos en paralelo y cada espécimen experimenta una presión de contacto máximo Pmax de 2,54 GPa en su superficie circunferencial inferior. Cada espécimen es rotado a 3000 rpm alrededor del eje y el otro espécimen es rotado alrededor del eje para deslizarse con respecto a cada espécimen a una velocidad de un 5%. Con un lubricante de aceite de turbina VG68 (aceite limpio) alimentado por medio de una galleta, y a temperatura ambiente, cada espécimen es rotado continuamente. De esta manera se lleva a cabo una prueba de la fatiga de rodamiento y deslizamiento (un prueba de dos cilindros). Un detector de las vibraciones se emplea para vigilar la forma en que cada espécimen vibra en funcionamiento, y después de que cada espécimen resulta dañado cuando su vibración sobrepasa un valor predeterminado, la prueba se detiene, y un periodo de tiempo que ha transcurrido desde que cada espécimen ha comenzado a funcionar hasta que la prueba se ha detenido es registrado como la vida útil del espécimen. Nótese que 8 especímenes para cada ejemplo y el ejemplo comparativo son puestos a prueba y sus vidas medias son calculadas y evaluadas con relación a la durabilidad por una relación de vida útil en comparación con el ejemplo comparativo A.

Tabla 3

	Grosor de trabajo (mm)	Vida (Horas)	Relación Vida Útil
Ej. A	0,05	1789	5,08
Ej. B	0,10	1762	5,01
Ej. C	0,15	1783	5,07
Ej. D	0,20	1068	3,03
Ej. E	0,30	957	2,72
Ej. F	0,40	829	2,36
Ej. G	0,50	713	2,03
Ej. H	0,60	321	0,91
Comp. Ej. A	0,25	352	1,00

25 La tabla 3 muestra un resultado de puesta a prueba de los ejemplos. Con referencia a la tabla 3, se puede decir que los ejemplos proporcionan especímenes que, todos ellos, proporcionan datos satisfactorios respecto de la vida útil con relación a sus costes de producción y otros elementos tomados en consideración. Un grosor de trabajo establecido para que sea igual o inferior a 0,5 mm para proporcionar un espécimen con una superficie con una capa de densidad alta que permanece en su interior, esto es, los ejemplos D - G, permite que el espécimen tenga una vida útil de aproximadamente 2 a 3 veces el del ejemplo comparativo A. Así mismo, un grosor de trabajo establecido para que sea igual o inferior a 0,15 mm para proporcionar un espécimen con una superficie con una capa de densidad más alta que permanece en su interior, esto es en los ejemplos A - C, hace posible que el espécimen presente una vida útil de aproximadamente 5 veces superior al ejemplo comparativo A. Por tanto, debe tenerse en cuenta a partir de ello, que una junta cardánica que incluye un miembro de transmisión del par para la junta cardánica con un grosor de trabajo establecido para que sea igual o inferior a 0,15 presenta una superficie con una capa de densidad más alta que permanece en su interior, puede proporcionar una vida útil incrementada en mayor medida.

### Ejemplo 4

40 A continuación se describirá el ejemplo 4. Se lleva a cabo una prueba para confirmar la actual resistencia al desgaste del miembro deslizante. La prueba se lleva a cabo en el siguiente procedimiento:

5 Inicialmente, un espécimen concebido para ser puesto a prueba es fabricado en un procedimiento, según se describirá en las líneas que siguen. Inicialmente se emplea una síntesis de combustión para preparar el  $\beta$ -sialon en polvo (marca del producto: Meramix, fabricado por Isman J Corporation) con una composición de  $\text{Si}_5\text{AlON}_7$ , y, a partir de ahí, se obtiene un espécimen para una prueba de deslizamiento en un procedimiento similar al de la obtención de un miembro deslizante, según lo descrito en el penúltimo ejemplo descrito con anterioridad con referencia a la Fig. 22. Más concretamente, se obtiene en un procedimiento que es el siguiente: inicialmente, el polvo de  $\beta$ -sialon bajo la forma de granos de submicrómetro finos y un aditivo de sinterización de óxido de aluminio (AKP30 fabricado por Sumitomo Chemical Col., Ltd) y óxido de itrio (óxido de itrio grado de calidad C fabricado por H. C. Starck) son mezclados con suficiente agua utilizando un triturador de bolas. A continuación, se utiliza un secador de pulverización para granular el producto intermedio para obtener el polvo granulado. El polvo granulado es introducido en un troquel y de esta forma conformado para convertirse en un disco, y así mismo, se emplea una prensa isostática en frío (CIP) para aplicar presión para obtener un cuerpo con forma de disco.

15 A continuación, el cuerpo conformado es calentado en una atmósfera de nitrógeno con una presión de 0,4 MPa a 1650° C sinterizándose de esta manera para obtener un cuerpo sinterizado con forma de disco. A continuación, el cuerpo sinterizado con forma de disco presenta una porción solapada destinada a convertirse en un espécimen con forma de disco con una dimensión aproximada con un diámetro  $\phi$  de 20 mm con un grosor t de 5 mm (con una superficie trabajada que presenta una rugosidad de superficie igual o inferior a 0,05  $\mu\text{m Ra}$ ). En la presente memoria, el cuerpo sinterizado en forma de disco presenta la porción plana solapada con un grosor (o un grosor de trabajo) eliminado en 8 niveles para obtener 8 tipos de especímenes (ejemplos A - H de la presente invención). Por el contrario, en comparación, nitruro de silicio y un aditivo de sinterización son utilizados para conseguir un material de fuente de polvo el cual, a su vez, se utiliza para obtener un cuerpo conformado, de modo similar al descrito con anterioridad, el cual, a su vez, es sinterizado a presión para obtener un cuerpo sinterizado en forma de disco el cual, a su vez, es solapado, de modo similar al descrito con anterioridad, para obtener un espécimen con el mismo perfil descrito con a anterioridad (ejemplo comparativo A). Está solapado con un grosor de 0,5 mm.

25 La prueba es realizada en las siguientes condiciones: cada espécimen según lo descrito en las líneas anteriores presenta una superficie plana trabajada que se sitúa en contacto con otro espécimen preparado por separado constituido por acero de cojinete (JIS SUJ2) (bajo la forma de un disco que presenta un diámetro de  $\phi$  40 mm con un grosor t de 10 mm, habiendo sido endurecido mediante enfriamiento súbito, y que presenta una superficie circunferencial exterior con una rugosidad de superficie igual o inferior a 0,50  $\mu\text{m Ra}$ ) de forma que cada espécimen experimenta una presión de contacto máxima de 0,49 GPa en su superficie de contacto. De esta manera, en contacto entre sí, el otro espécimen es rotado a una velocidad periférica exterior de 0,05 m / segundos. Con un lubricante de aceite para turbinas VG32 (aceite limpio) alimentado por medio de una galleta, y a temperatura ambiente, el espécimen es continuamente rotado durante 60 minutos, deslizándose a una distancia de 180 m. Una prueba de resistencia al desgaste (una prueba de desgaste tipo Savin) se lleva a cabo de esta manera. Después de transcurrido el periodo de tiempo expuesto, se mide la profundidad hasta la que ha sido gastada la porción deslizante plana del espécimen.

Tabla 4

	Grosor de trabajo (mm)	Profundidad de desgaste ( $\mu\text{m}$ )
Ej. A	0,05	0,03
Ej. B	0,10	0,04
Ej. C	0,15	0,04
Ej. D	0,20	0,15
Ej. E	0,30	0,20
Ej. F	0,40	0,22
Ej. G	0,50	0,19
Ej. H	0,60	0,88
Comp. Ej. A	0,50	0,45

40 La tabla 4 muestra un resultado de la prueba de los actuales ejemplos. Con referencia a la tabla 4, se puede decir que los actuales ejemplos proporcionan todos especímenes que muestran una satisfactoria resistencia al desgaste valorándose también sus costes de producción y aspectos similares. Los ejemplos D - G, con un grosor de trabajo

5 igual o inferior a 0,5 mm para hacer posible que sus especímenes presenten una superficie con una capa de  
 densidad alta persistente en ellos, presentan los especímenes gastados en una profundidad de aproximadamente  
 1/2 a 1/3 del ejemplo comparativo A gastado. Así mismo, los ejemplos A - C con un grosor de trabajo igual o inferior  
 a 0,15 mm hacen posible que sus especímenes presenten una superficie con una capa de densidad más alta  
 persistente sobre ellos presentan los especímenes gastados hasta una profundidad aproximada de 1/10 la del  
 ejemplo comparativo A gastado. De esta manera, un dispositivo deslizante que incluye el actual miembro deslizante  
 es considerado que presenta una resistencia al desgaste excelente y que el dispositivo deslizante que incluye el  
 actual miembro deslizante que presenta un grosor igual o inferior a 0,5 mm presenta una superficie con una capa de  
 densidad alta persistente sobre el mismo para presentar una resistencia al desgaste mejorada y el dispositivo  
 10 deslizante que incluye el actual miembro deslizante que presenta un grosor de trabajo igual o inferior a 0,15 mm con  
 una superficie con una capa de densidad más alta que permanece sobre el mismo se considera que presenta una  
 resistencia al desgaste aún más mejorada.

15 Se debe entender que las formas de realización y los ejemplos descriptivos divulgados en la presente memoria son  
 ilustrativos y no restrictivos en ningún sentido. El alcance de la presente invención se define por los términos de las  
 reivindicaciones más que por la descripción desarrollada, y se pretende incluir cualquier modificación dentro del  
 alcance de las reivindicaciones.

**Aplicabilidad industrial**

20 El presente miembro de contacto de rodamiento, el cojinete de rodillos y el procedimiento de producción del  
 miembro de contacto de rodamiento es aplicable de modo ventajoso en particular respecto de miembros de contacto  
 de rodamientos, de cojinetes de rodillos y de procedimientos de producción de miembros de contacto de rodamiento  
 que adoptan un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal. El presente miembro de  
 transmisión del par para una junta cardánica, la presente junta cardánica, y el presente procedimiento de producción  
 del miembro de transmisión del par para la junta cardánica son ventajosamente aplicables en particular respecto de  
 miembros de transmisión del par para juntas universales, juntas cardánicas y procedimientos de producción de  
 25 miembros de transmisión del par para las juntas universales, que adoptan un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -  
 sialon como componente principal. El presente dispositivo deslizante, el miembro deslizante y el procedimiento de  
 producción del mismo es ventajosamente aplicable en particular en dispositivos deslizantes que adoptan como  
 componente constitutivo un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal, miembros  
 deslizantes constituidos mediante un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon y un componente principal y  
 30 procedimientos de producción de los mismos.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33, 13, 23, 34) en un cojinete de rodillos (1, 2, 3), siendo el miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33, 13, 23, 34) uno de entre un miembro de anillo de guía (11, 12, 21, 31, 32, 33) y un elemento de rodamiento (13, 23, 34) dispuesto en contacto con dicho miembro de anillo de guía (11, 12, 21, 31, 32, 33) sobre una superficie de rodamiento anular, estando el miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33, 13, 23, 34) configurado como un cuerpo sinterizado que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y presenta un resto que está o bien formado por una impureza o bien que está formado por un aditivo de sinterización y una impureza, presentando el miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33, 13, 23, 34) una superficie de contacto de rodamiento (11A, 12A, 21A, 31A1, 31A2, 32A, 33A, 13A, 23A, 34A) que sirve como superficie que contacta con otro miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33, 13, 23, 34), estando dicha superficie de contacto de rodamiento (11A, 12A, 21A, 31A1, 31A2, 32A, 33A, 13A, 23A, 34A) incluida en una porción que presenta una capa de densidad alta (11B, 12B, 21B, 31B, 32B, 33B, 13B, 23B, 34B) de mayor densidad que una porción interna (11C, 12C, 21C, 31C, 32C, 33C, 13C, 23C, 34C), en el que dicha capa de densidad alta (11B, 12B, 21B, 31B, 32B, 33B, 13B, 23B, 34B) presenta un superficie incluida en una porción con una capa de densidad más alta (11D, 12D, 21D, 31D, 32D, 33D, 13D, 23D, 34D) de mayor densidad que otra porción de dicha capa de densidad alta (11B, 12B, 21B, 31B, 32B, 33B, 13B, 23B, 34B), **caracterizado porque**, cuando dicha capa de densidad más alta (11D, 12D, 21D, 31D, 32D, 33D, 13D, 23D, 34D) se observa en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, dicha capa muestra una porción observada como una porción blanca de color que presenta una relación de área igual o inferior a un 3,5%.
- 2.- El miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33, 13, 23, 34) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha capa de densidad alta (11B, 12B, 21B, 31B, 32B, 33B, 13B, 23B, 34B) es observada en sección transversal con un microscopio óptico con iluminación oblicua, dicha capa muestra una porción observada como una porción de color blanco que presenta una relación de área igual o inferior a un 7%.
- 3.- Un cojinete de rodillos (1, 2, 3) que comprende:
- un miembro de anillo de guía (11, 12, 21, 31, 32, 33); y
- una pluralidad de elementos de rodamiento (13, 23, 34) dispuestos en contacto con dicho miembro de anillo de guía (11, 12, 21, 31, 32, 33) sobre una superficie de rodamiento anular, siendo al menos un miembro entre dicho miembro de anillo de guía (11, 12, 21, 31, 32, 33) y dicho elemento de rodamiento (13, 23, 24) el miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33, 13, 23, 34) de la reivindicación 1.
- 4.- Un procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33) en un cojinete de rodillos (1, 2, 3), siendo dicho miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33, 13, 23, 34) un elemento entre un miembro de anillo de guía (11, 12, 21, 31, 33) y un elemento de rodamiento (13, 23, 34) dispuesto en contacto con dicho miembro de anillo de guía (11, 12, 21, 31, 32, 33) sobre una superficie de rodamiento, que comprende las etapas:
- preparar un material de fuente en polvo que contiene  $\beta$ -sialon como componente principal y tiene un resto que o bien está formado por una impureza o bien está formado por un aditivo de sinterización y una impureza;
- conformar dicho material de fuente en polvo para que adopte una configuración geométrica en términos generales de dicho miembro de contacto de rodamiento para proporcionar un cuerpo conformado; y
- sinterizar dicho cuerpo conformado a una presión igual o inferior a 1 MPa, comprendiendo además las etapas de:
- formar una superficie de dicho cuerpo conformado antes de sinterizar dicho cuerpo conformado, y trabajar una superficie de dicho cuerpo conformado sinterizado, para eliminar una porción que incluye dicha superficie, consistiendo la etapa de trabajado en eliminar de dicho cuerpo conformado un grosor igual o inferior a 100  $\mu\text{m}$ , en el que la etapa de sinterizar dicho cuerpo conformado, dicho cuerpo conformado es sinterizado en una temperatura que oscila de 1550° C a 1800° C.
- 5.- El procedimiento de producción de un miembro de contacto de rodamiento (11, 12, 21, 31, 32, 33) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que, en la etapa de sinterizar de dicho cuerpo conformado, dicho cuerpo conformado es sinterizado en una atmósfera de un gas inerte y en una atmósfera de una mezcla gaseosa de nitrógeno y de oxígeno.

FIG.1

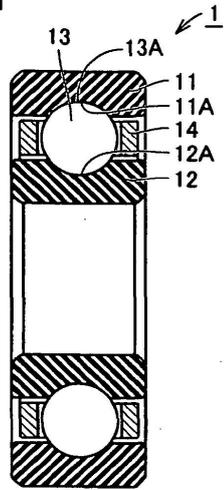


FIG.2

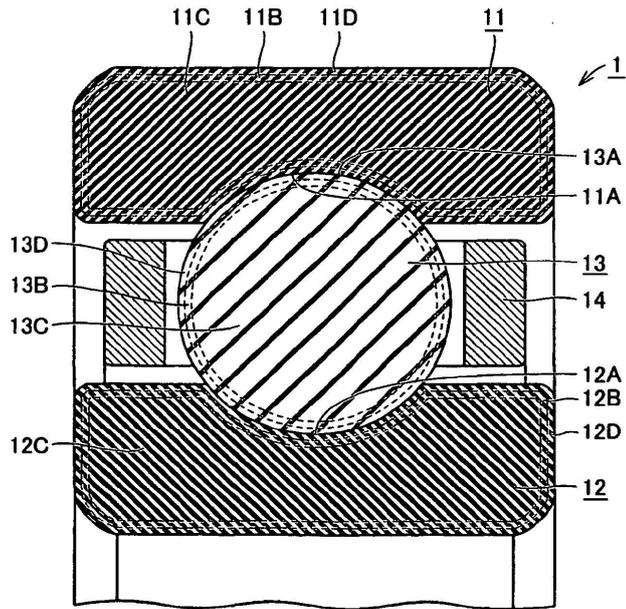


FIG.3

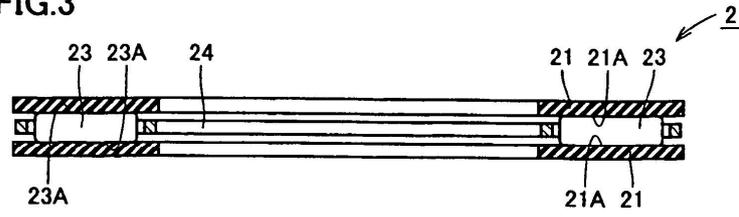


FIG.4

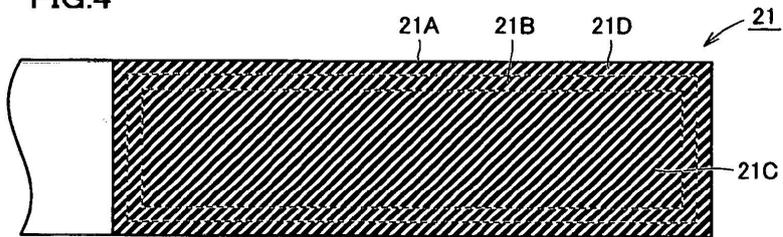


FIG.5

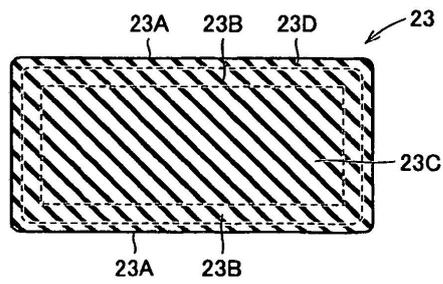


FIG.6

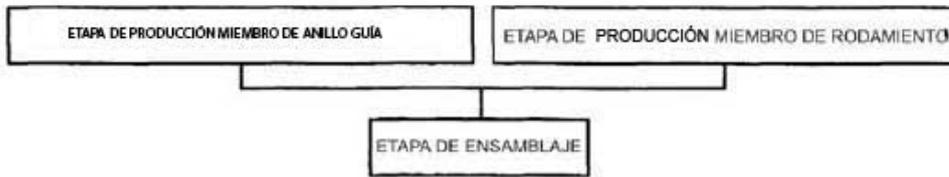


FIG.7

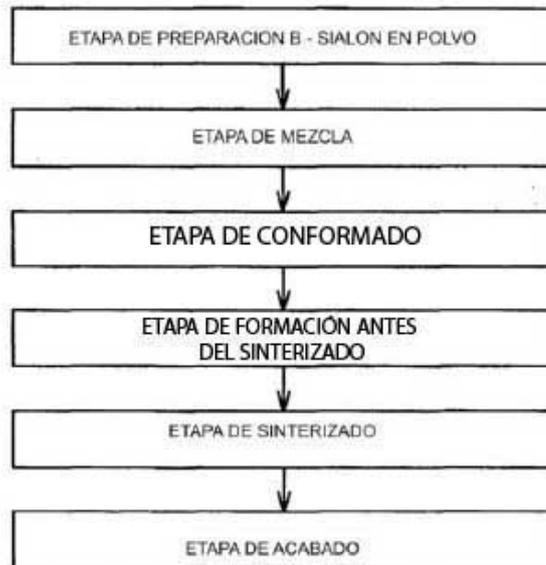


FIG.8

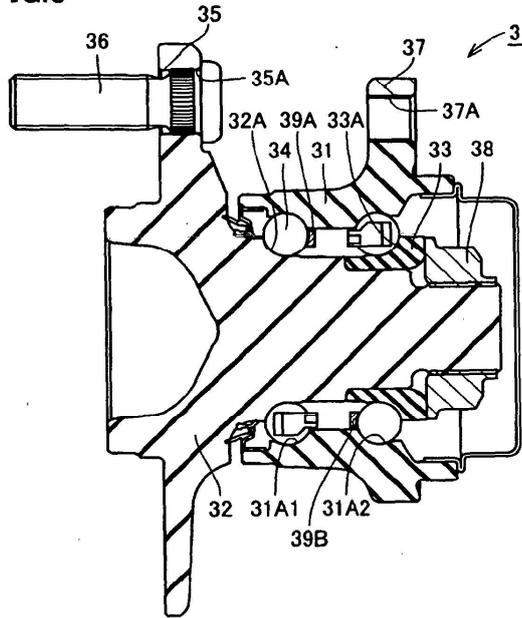


FIG.9

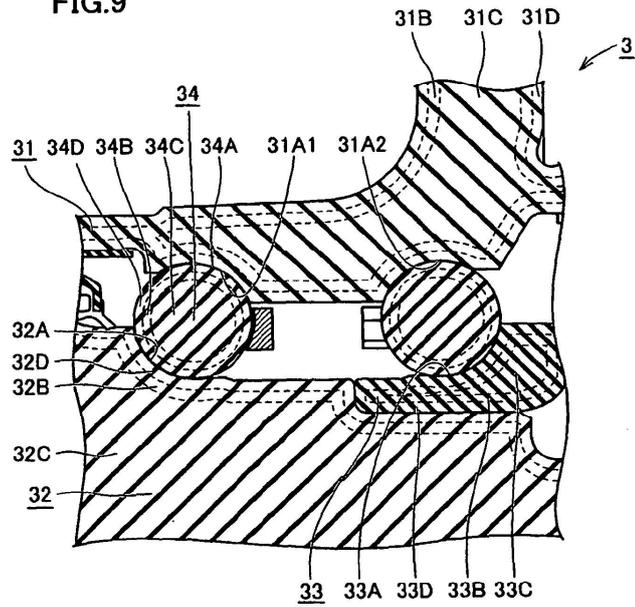


FIG.10

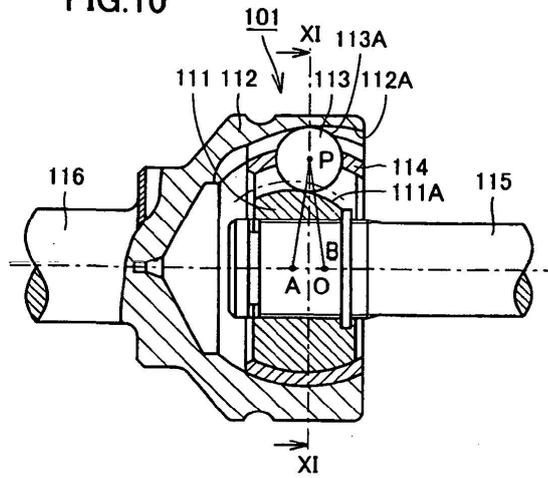


FIG.11

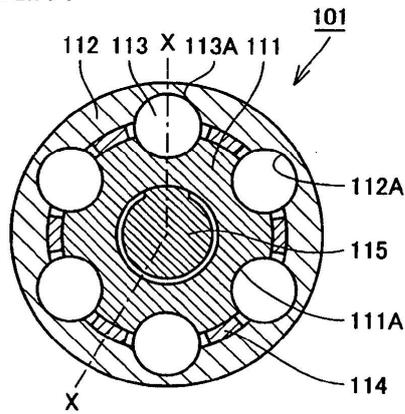


FIG.12

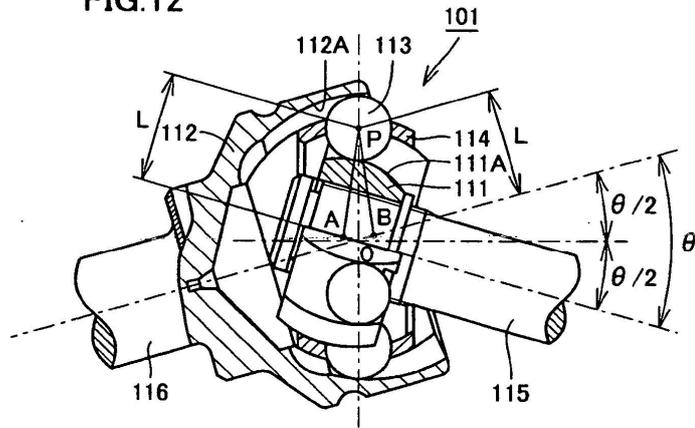


FIG.13

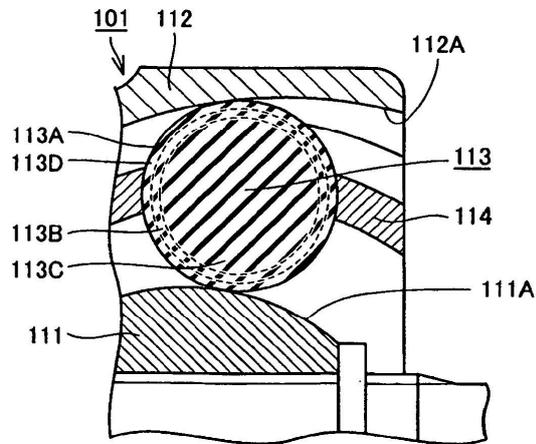


FIG.14

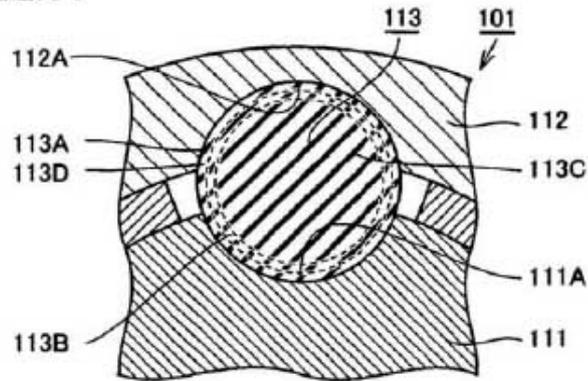
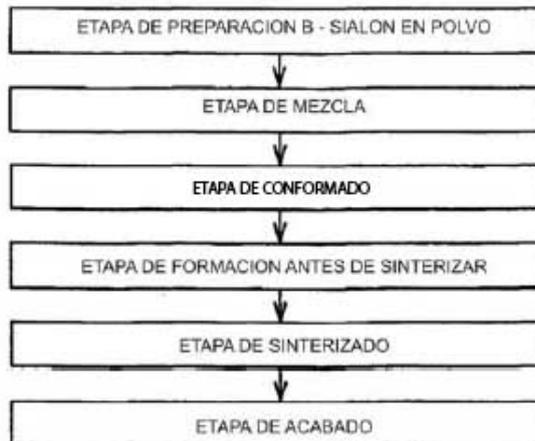


FIG.15



FIG.16



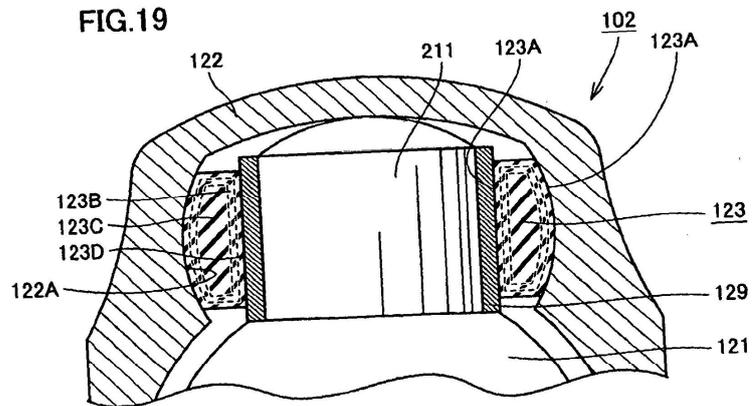
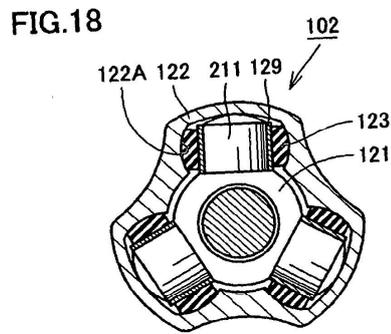
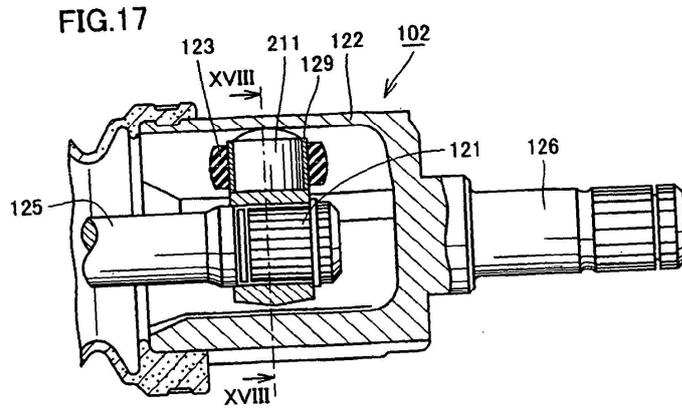


FIG.20

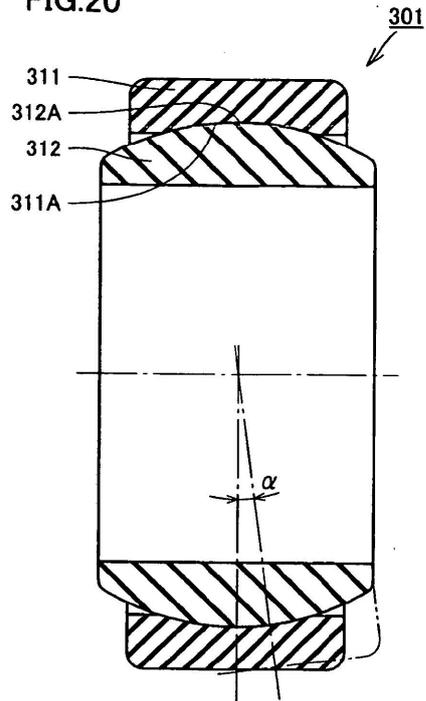


FIG.21

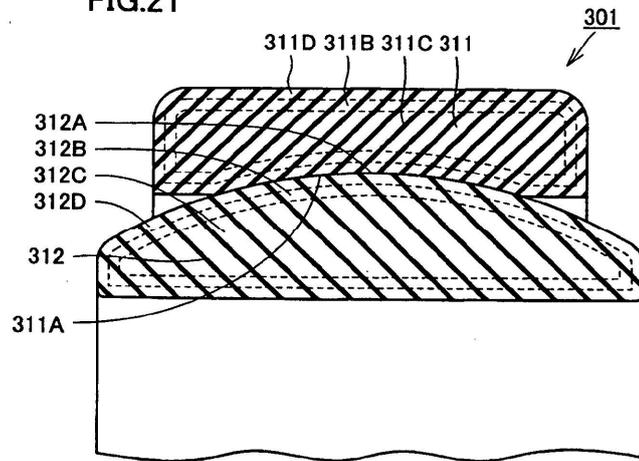
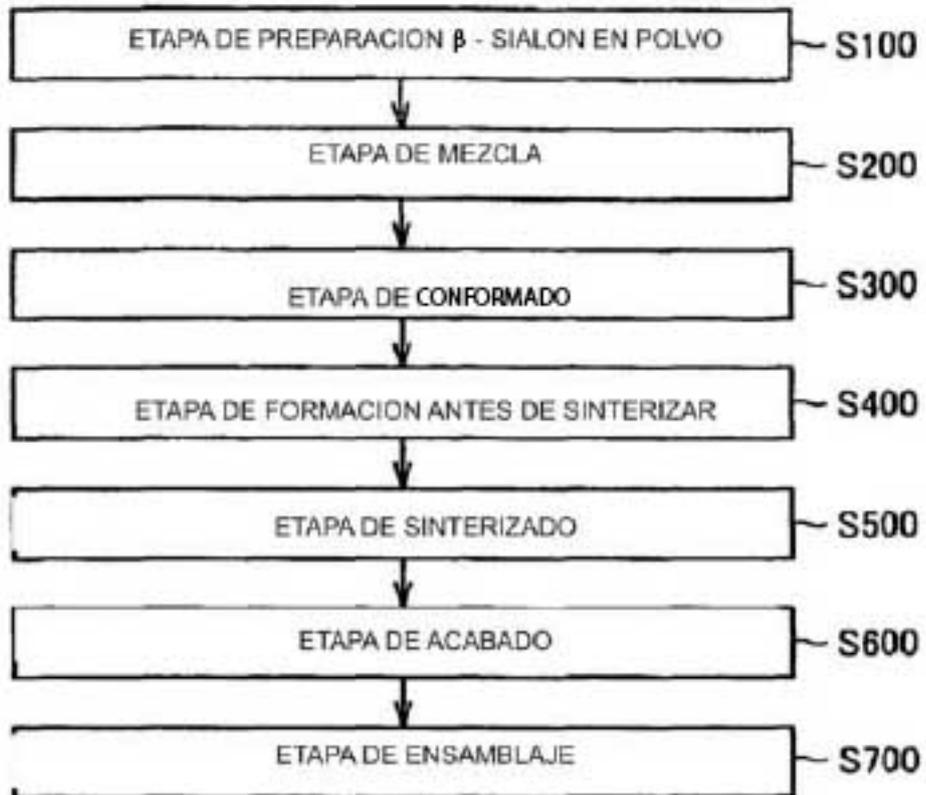


FIG.22



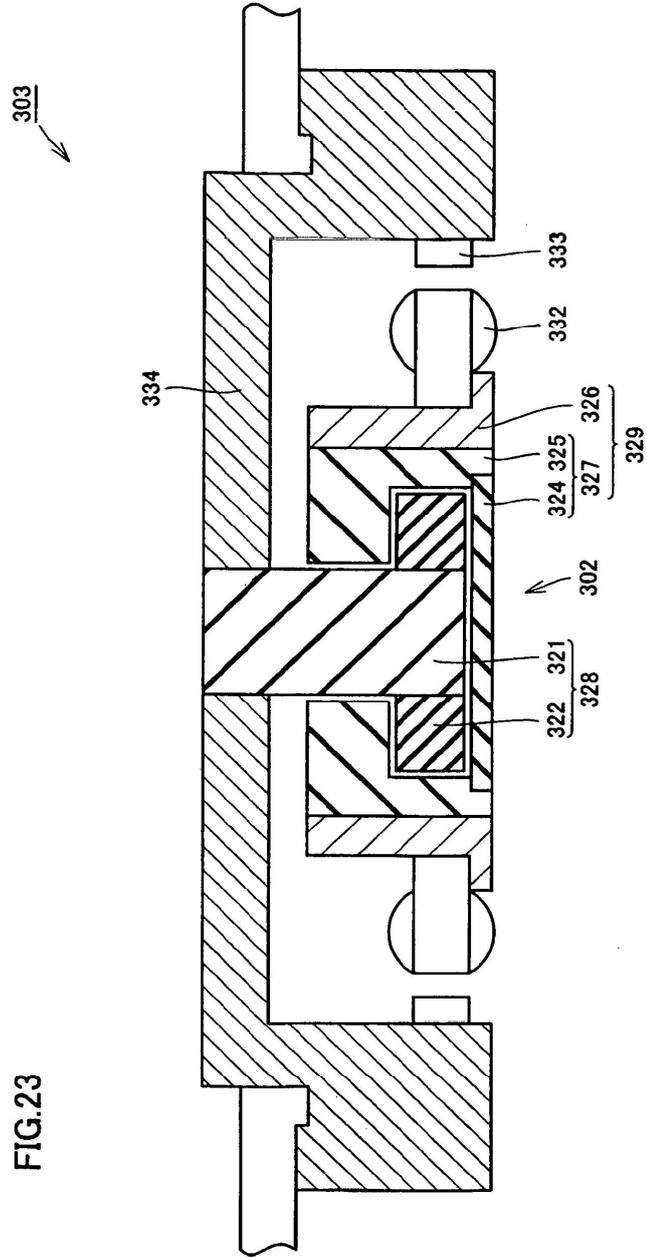


FIG. 23

FIG.24

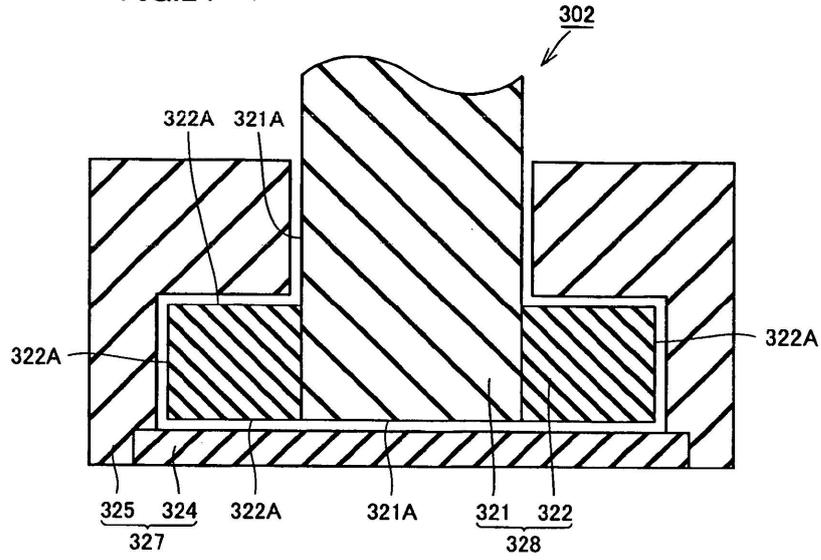


FIG.25

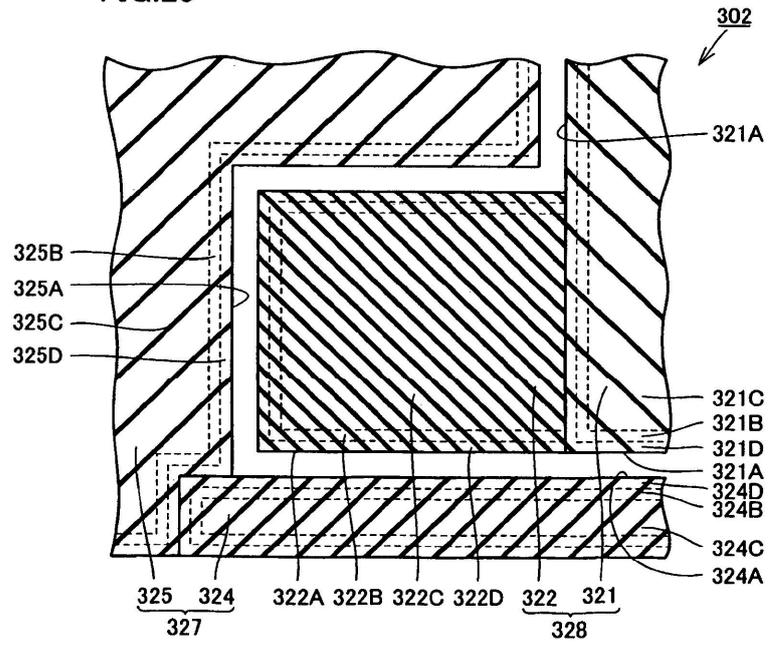


FIG.26

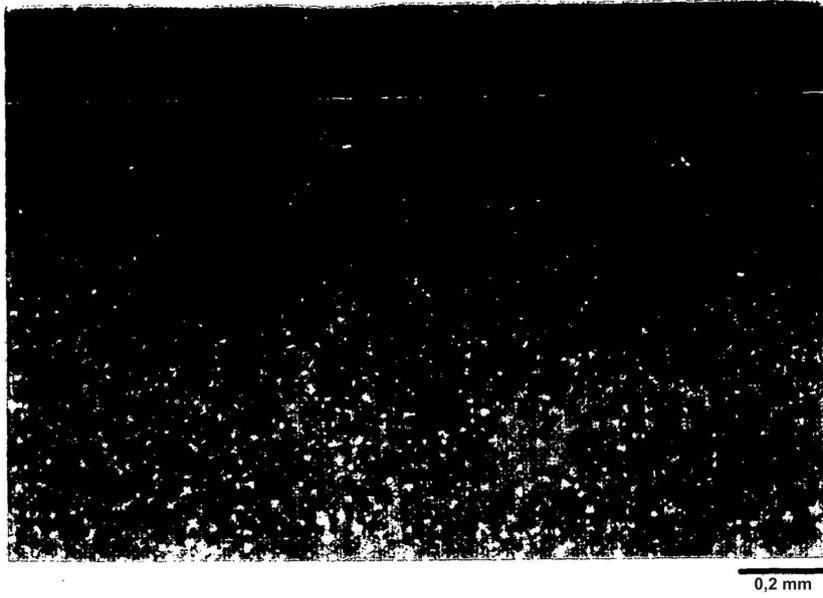


FIG.27

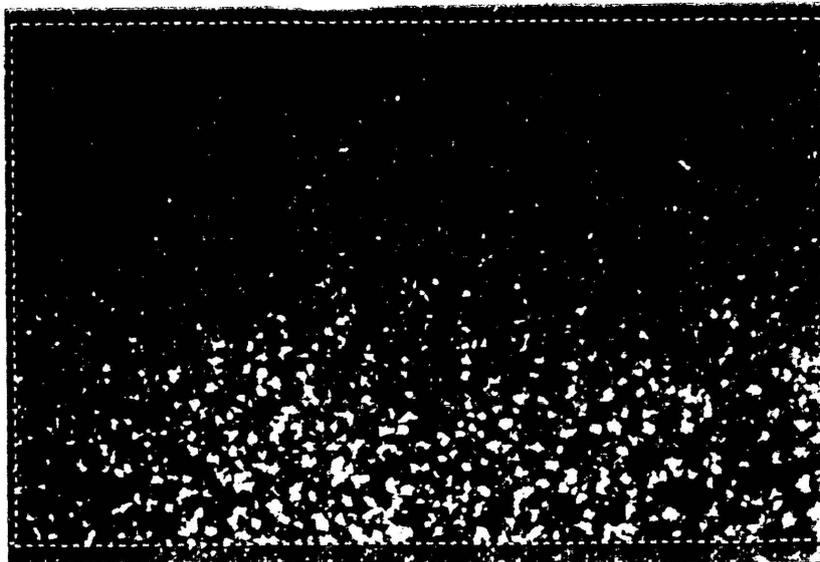


FIG.28

