

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 764 449**

51 Int. Cl.:

F16C 33/12 (2006.01)

F16C 33/14 (2006.01)

F16C 9/02 (2006.01)

F16C 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.04.2006 PCT/FR2006/000886**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2019 WO06111661**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.04.2006 E 06755439 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019 EP 1875092**

54 Título: **Par de órganos de guiado de los que uno es de un acero particular que conduce a unas prestaciones antigripado mejoradas**

30 Prioridad:

22.04.2005 FR 0504062

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

03.06.2020

73 Titular/es:

**H.E.F. (100.0%)
Rue Benoît Fourneyron Zone Industrielle Sud
42160 Andrézieux-Bouthéon, FR**

72 Inventor/es:

**CHADUIRON, ERIC;
HOUZE, LAURENT y
JUMAINE, SHAMBA**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 764 449 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

Par de órganos de guiado de los que uno es de un acero particular que conduce a unas prestaciones antigripado mejoradas

5

Campo de la invención

La invención se refiere a unas piezas mecánicas que se clasifican en la categoría de los órganos de guiado. Estos órganos de guiado (se habla, en la práctica, de par de órganos de guiado) están constituidos por dos piezas antagonistas, en contacto una con la otra, pero móviles una con respecto a la otra, de modo que los órganos de guiado a los que están fijadas pueden moverse una con respecto a la otra, con una fricción tan escasa como sea posible.

10

Las superficies por las que estas piezas están en contacto son objeto de sollicitaciones mecánicas y químicas debidas a esta movilidad relativa y a su entorno, de modo que se degradan más o menos rápidamente por desgaste de fricción, por corrosión o las dos a la vez. Estos órganos de guiado pueden tener unas geometrías diversas que corresponden a diferentes cinemáticas; es, de este modo, como pueden constituir unos sistemas de árbol/rodamiento (también se habla, a veces, de sistemas de árbol/cojinete), unas rótulas o también unas deslizaderas, en concreto.

15

De forma más precisa, la invención está relacionada con unos órganos de guiado lubricados con grasa y sometidos a unas condiciones severas, tales como una fuerte presión de contacto, por ejemplo, o también una atmósfera corrosiva o las dos a la vez, que arrastran unos riesgos elevados de degradación de las superficies en contacto.

20

De forma privilegiada, pero no limitativa, la invención se refiere a los órganos de guiado que forman parte de sistemas o articulaciones de árbol/rodamiento, debiendo ser tomada la palabra "árbol" en el sentido genérico del término, como que designa la pieza macho de la articulación (mientras que el "rodamiento" es la parte hembra de esta articulación); este puede ser, por ejemplo, el brazo de manivela o el eje de un cigüeñal o de un árbol de levas.

25

Estado de la técnica

1. Diseño de los órganos de guiado

30

De una forma general, los órganos de guiado y, en concreto, los sistemas de árboles/rodamientos diseñados para un uso bajo fuerte carga, están realizados a partir de una pieza macho de acero y de una pieza hembra que es de bronce (para los sistemas cuyo diseño es más antiguo) o de acero (para los sistemas más recientes).

35

La mayor parte del tiempo, se utilizan para unos órganos de guiado de este tipo unos aceros al carbono o unos aceros de construcción del tipo 42 Cr Mo 4 (según el estándar francés), pudiendo ciertos aceros nitrurarse para aumentar su resistencia al desgaste por fricción. En las versiones más mejoradas, los órganos de guiado pueden, como lo enseña el documento EP 0 987 456, estar revestidos, además, por una capa de revestimiento de polímero y presentar una geometría particular que favorece la acción de la grasa.

40

Evidentemente, es posible e, igualmente, se conoce que se combinan estas diferentes mejoras entre sí.

2. Elección de los aceros

45

Cuando debe diseñar un órgano mecánico, el experto en la técnica dispone de una elección muy amplia de materiales, en concreto, de aceros. La composición de estos aceros se rige por unos estándares nacionales, regionales o internacionales y la naturaleza y la concentración de los elementos de adición se definen en función de las propiedades requeridas para el uso contemplado.

50

Es, de este modo, como el experto en la técnica, cuando está interesado en unas propiedades de superficie mejoradas, puede que tenga que interesarse más particularmente por unos aceros denominados "aceros para cementación" y por unos aceros denominados "aceros para nitruración". Los aceros para cementación contienen preferentemente menos de un 0,4 % de carbono; en el interior de esta horquilla, se reserva más bien la zona 0,2-0,4 % para la carbonitruración, mientras que los contenidos inferiores a un 0,2 % están destinados más particularmente a la cementación. Los aceros de nitruración son, preferentemente, ya sea unos aceros de construcción no aleados al carbono, ya sea unos aceros escasamente aleados del tipo aceros al cromo-molibdeno, conteniendo los de más prestaciones, además, aluminio. La literatura que describe estas categorías de aceros es abundante. Se señalarán, por ejemplo, "Pratique des traitements thermo-chimiques" - Editions Techniques de l'Ingénieur", "Práctica de los tratamientos termoquímicos" - Ediciones Técnicas del Ingeniero" (esta sección se actualiza regularmente), así como las fichas técnicas de los diferentes proveedores de acero.

55

60

El experto en la técnica dispone, de este modo, de guías que, en principio, le permiten una elección óptima de acero en función del tratamiento que ha elegido y de las propiedades que desea obtener.

65

A todos los efectos útiles, se recuerda, en el presente documento, que:

* la cementación es un tratamiento termoquímico de un acero por difusión superficial de carbono; esta difusión superficial conduce a la formación de una capa dura en superficie cuyo espesor puede llegar hasta 1, incluso 2 mm y cuya dureza es de 700 a 900 HV. Este tratamiento se aplica, principalmente, a los aceros de bajo carbono; permite obtener una dureza superficial importante (resistencia al desgaste) conservando al mismo tiempo una buena tenacidad en núcleo. Este tratamiento se lleva a cabo, generalmente, en una atmósfera gaseosa a una temperatura cercana a 900 °C y durante varias horas; esto implica que la cementación debe estar seguida imperativamente de un temple, luego, de un revenido de expansión y, finalmente, de un mecanizado final, ya que las piezas experimentan, a la temperatura de cementación, unas deformaciones,

* la nitruración es un tratamiento termoquímico que permite hacer difundir, debajo de la superficie de los aceros, nitrógeno. Después de nitruración, se pueden distinguir, en función de la profundidad, dos zonas muy diferentes: en superficie, sobre una veintena de micras, una capa constituida esencialmente por nitruros de hierro (fase ϵ o γ) cuya dureza es superior a 1.000 HV (esta capa se llama "capa de combinación" o también "capa blanca"); debajo de esta capa se encuentra una zona denominada "zona de difusión" en la que el nitrógeno está en inserción en el acero (en ciertos casos, puede haber ahí una precipitación de nitruros); el perfil de penetración de nitrógeno en esta zona depende de la naturaleza de los elementos de adición del acero y de las condiciones de nitruración; en esta zona, el acero experimenta unas tensiones de compresión. Los tratamientos se pueden llevar a cabo, ya sea en atmósfera gaseosa, ya sea en baño de sales fundidas. La temperatura es, generalmente, de 570 °C, de modo que, contrariamente a la cementación, la nitruración no necesita, ni tratamiento térmico, ni reanudación de mecanizado ulterior. La nitruración se efectúa, en la práctica, en unas aplicaciones donde se busca una gran resistencia al desgaste combinada con una gran resistencia a la fatiga (gracias a las tensiones de compresión citadas anteriormente).

PROBLEMA AL QUE SE DIRIGE LA INVENCION

De hecho, ha aparecido que las prestaciones de un acero destinado a estar sometido a unas condiciones severas de desgaste, al menos dentro de un par de órganos de guiado, no pueden atribuirse claramente a la única capa dura que se puede haber generado por cementación o por nitruración y que hay que tomar en consideración otros parámetros, en concreto, la composición; es, de este modo, como no se puede garantizar de antemano que un tratamiento de nitruración será suficiente para conferir a una clase de acero unas buenas prestaciones tribológicas. Asimismo, actualmente, no se pueden prever las prestaciones tribológicas de un acero a partir de su composición sin haberlo sometido a unas pruebas. Por lo tanto, actualmente, no se pueden extrapolar las prestaciones de una nueva aleación a partir de las de aleaciones similares.

La invención tiene como objeto un par de órganos de guiado, en concreto, un sistema de árbol-rodamiento, de los que uno de los órganos está realizado de un acero cuya composición particular permite una muy buena resistencia al desgaste después de nitruración.

Descripción de la invención

El Solicitante ha descubierto, de forma completamente fortuita e inesperada, que realizando unos órganos de guiado (unos sistemas de árbol/rodamiento, en particular) con ciertos aceros que responden a unos contenidos bien precisos de elementos de adición y nitrurándolos, era posible obtener unas prestaciones completamente excepcionales, en concreto, de vida útil y aguante. El carácter sorprendente de este descubrimiento se debe no solamente al nivel de las prestaciones obtenidas, sino también al hecho de que estas se obtienen sin que las propiedades por las que se acostumbra a caracterizar la capa de dureza obtenida por nitruración sobre estos aceros particulares superan las obtenidas con unos aceros de composiciones cercanas; ahora bien, no hay una explicación conocida a día de hoy para este fenómeno.

En efecto, se acostumbra a caracterizar la eficacia de la nitruración por la evolución de la microdureza del acero en función de la profundidad de medición a partir de la superficie. Entonces, se trazan unas curvas de "dureza/distancia a la superficie" llamadas, generalmente, "filiaciones". El estado de la técnica establece, generalmente, una buena correlación entre estas filiaciones y la resistencia al desgaste de órganos de guiado. Ahora bien, en el presente caso, las filiaciones obtenidas son en todos los aspectos comparables a las realizadas sobre otros aceros nitrurados de composiciones equivalentes *a priori*, pero que, sin embargo, no conducen a las muy buenas prestaciones observadas.

Ya se conocía, de acuerdo con el documento WO - A - 2006/111661, un acero de nitruración de tipo Cr-Mo-Al (con, eventualmente, vanadio), pero los ejemplos descritos no excedían un 1,38 % de cromo (un ejemplo del estado de la técnica mencionado se refiere a un acero Cr-Mo-V con un contenido de un 0,32 % de C). Se conocía, igualmente, de acuerdo con el documento DE - 10 012 619 un acero con un 0,37 % y, de acuerdo con el documento EP - 1 471 159, unos aceros con no más de un 0,03 % de molibdeno.

Además, el documento WO 00/18975 describe un acero de nitruración.

Por otra parte, se conocían, de acuerdo con los documentos WO - A - 02/25068 o US - 2003/0190105, unos aceros (de composición no precisada) que incluyen una capa de combinación de 5 a 15 micras (que debe, en el primer

documento, ser pulido para eliminar de este una parte superficial).

De forma más precisa, la invención se refiere a un par de órganos de guiado, en concreto, un rodamiento o un árbol de un sistema de árbol-rodamiento, de los que al menos uno de sus órganos está realizado de un acero cuya composición es:

- 5
- carbono comprendido entre un 0,15 y un 0,3 % en peso
 - cromo comprendido entre un 2 y un 3 % en peso
 - molibdeno al menos un 0,45 % en peso y como máximo un 0,9 % en peso
 - 10 - vanadio superior a un 0,01 % en peso y como máximo igual a un 0,3 %, opcionalmente entre un 0,4 % en peso y un 1,5 % en peso de manganeso, no más de un 0,48 % de níquel y no más de un 0,01 % de aluminio y que se nitrura después de conformación para obtener una capa de combinación entre los átomos de hierro y de nitrógeno de espesor comprendido entre 5 micras y 50 micras.

15 La invención propone, de este modo, conservar una capa de combinación (o capa blanca), contrariamente a lo que se busca hacer en las aplicaciones bajo fuerte carga. En efecto, es, en concreto, a esta capa blanca que parece que se pueda atribuir la alta resistencia al gripado de un órgano de guiado conforme a la invención.

Otros aspectos ventajosos de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

20 Además, la invención se refiere a la utilización, para la realización de al menos un órgano de un par de órganos de guiado, de un acero que contiene carbono entre un 0,15 y un 0,3 % en peso, cromo entre un 2 y un 3 % en peso, al menos un 0,45 % en peso y como máximo un 0,9 % en peso de molibdeno y vanadio a razón de más de un 0,01 % en peso y como máximo un 0,3 %, opcionalmente entre un 0,4 % en peso y un 1,5 % en peso de manganeso, no más de un 0,48 % de níquel y no más de un 0,01 % de aluminio, incluyendo este acero, nitrurado después de conformación, una capa de combinación entre unos átomos de hierro y de nitrógeno de espesor comprendido entre 5 micras y 50 micras.

30 Además, la invención se refiere a la utilización, para una acción de guiado, de un par de órganos de los que al menos uno de los órganos está realizado de un acero que contiene carbono entre un 0,15 y un 0,3 % en peso, cromo entre un 2 y un 3 % en peso, al menos un 0,45 % en peso y como máximo un 0,9 % en peso de molibdeno y vanadio a razón de más de un 0,01 % en peso y como máximo un 0,3 %, opcionalmente entre un 0,4 % en peso y un 1,5 % en peso de manganeso, no más de un 0,48 % de níquel y no más de un 0,01 % de aluminio, incluyendo este acero, nitrurado después de conformación, una capa de combinación entre unos átomos de hierro y de nitrógeno de espesor comprendido entre 5 micras y 50 micras.

40 Los otros elementos de adición han aparecido indiferentes, que no parece que desempeñen un papel mayor en la obtención de las prestaciones, incluso si el aluminio parece nocivo más allá de un 1 % y que parece deseable evitarlo (no más de un 0,1 %, incluso un 0,01 %); asimismo, el níquel también parece que tiene un efecto nocivo y parece que se puede omitir (no más de un 0,1 %, incluso un 0,01 %, por ejemplo); el azufre, el fósforo y el calcio también parece que se pueden omitir (no más de un 0,1 %, incluso un 0,01 %, por ejemplo).

Esto es por lo que, de manera ventajosa, el acero del que está hecho el órgano de guiado no incluye un elemento de adición aparte de los citados anteriormente.

45 Según una aplicación particularmente ventajosa de la invención, estos aceros nitrurados se utilizan ya sea en el árbol ya sea en el rodamiento de un sistema de árbol-rodamiento, en función de las condiciones particulares de utilización; pudiendo el otro elemento del sistema de árbol-rodamiento ser, también él, un acero de la composición recomendada o cualquier otro material compatible, por ejemplo, unos materiales tales como los mencionados en el documento EP - 0 987 456 citado anteriormente.

No obstante, la invención se aplica a bastantes otros pares de órganos de guiado, tales como unas deslizaderas o unas rótulas o un sistema de cigüeñal o un sistema de árbol de levas, en concreto.

55 Para ser conformes a la invención, los órganos de guiado de acero definido aquí arriba deben nitrurarse, pero el procedimiento de nitruración no ha aparecido que tenga una influencia mayor en este caso; por lo tanto, esta operación puede llevarse a cabo indiferentemente en baño de sales fundidas, en fase gaseosa o también por un procedimiento iónico. Asimismo, la presencia de una capa de óxido superficial que recubre la capa de nitruro ha aparecido que no tiene impacto notable sobre las prestaciones. Sucede lo mismo para la presencia de barniz de deslizamiento o cualquier otro revestimiento de superficie, por ejemplo, del tipo de polímero, depositado después de nitruración (véase, en concreto, el documento EP - 0 987 456 citado anteriormente).

Es de este modo como, según unas características ventajosas de la invención, eventualmente combinadas:

- 65
- dicho órgano incluye unas cavidades no pasantes,
 - dicho órgano lleva un revestimiento de material de polímero o copolímero, ventajosamente elegido de entre las

poliimidadas, las poliimidadas cargadas, las resinas epoxídicas, las resinas epoxídicas cargadas, las resinas de poliacetato, el polietileno, los fluorocarbonos sustituidos o no, el tereftalato de polietileno, la polietersulfona las poliamidas y la polieteretercetona,

- este órgano es un rodamiento que coopera con un árbol,
- 5 • como variante, este órgano es un árbol que coopera con un rodamiento,
- este órgano forma parte de un par en el que el árbol es un árbol de cigüeñal o como variante, un árbol de levas,
- estos órganos forman un sistema de zapata-deslizadera, dentro del que, a título de ejemplo, el órgano realizado de dicho acero es la deslizadera,
- 10 • estos órganos forman un sistema de rótula, dentro del que, a título de ejemplo, el órgano realizado de dicho acero es una rótula,
- cada uno de los órganos está realizado de un acero que tiene dicha composición.

EJEMPLOS NO LIMITATIVOS DE REALIZACIÓN CONFORMES Y NO CONFORMES A LA INVENCION

15 Los ejemplos no limitativos que siguen ilustran unas realizaciones conformes al estado de la técnica, otras realizaciones conformes a la invención y, finalmente, unas realizaciones no conformes a la invención. Ponen de manifiesto la relación entre la composición del acero recomendada según la invención y las prestaciones tribológicas, por una parte, y la asombrosa ausencia de relación clara entre las durezas de la capa de nitruración (tal como se definen habitualmente) y estas mismas prestaciones tribológicas.

20 En cada uno de estos ejemplos, el proceso de prueba se ha elegido para ser perfectamente representativo de la vida útil de un sistema de árbol/rodamiento lubricado con grasa (convencional) y que funciona en unas condiciones severas. El proceso es el mismo para todos los ejemplos para permitir una comparación de los resultados. Con el fin de comparar la influencia de la naturaleza del acero, todas las muestras se han nitrurado de la misma manera por inmersión 90 minutos en un baño de sal fundida. Se ha optado por esta técnica, preferentemente a las otras que se operan en medio gaseoso, ya que un baño de sal es un medio perfectamente isoterma, lo que garantiza que el tratamiento es rigurosamente el mismo para todas las muestras y permite librarse de las incertidumbres relativas a la homogeneidad térmica de los hornos de nitruración gaseosa; pero es más que evidente que la utilización de cualquier otro procedimiento que conduzca a la misma capa superficial permanece en el alcance de la invención.

30 La literatura relativa a la comparación de los diferentes procedimientos de nitruración, a diferentes clases de acero, es, por otra parte, muy abundante y muestra que las diferencias metalúrgicas observadas son escasas y sin influencia notable sobre las prestaciones tribológicas.

35 De conformidad con el uso, la comparación de diferentes aceros nitrurados asocia dos tipos de caracterización:

- una caracterización metalúrgica que consiste en medir el espesor de la microcapa de combinación y su dureza y en trazar un perfil de dureza en función de la profundidad de medición.
- 40 - una caracterización tribológica haciendo friccionar un anillo de acero cementado templado, que simula el árbol, contra una placa de acero nitrurado, que simula el rodamiento. La carga aplicada entre el anillo y la placa es de 250 daN, lo que corresponde a una presión de Hertz de 570 MPa, la velocidad de deslizamiento es de 0,18 m/s, el contacto se lubrica con grasa (con una grasa convencional, tal como una grasa a base de jabón de litio con aceite mineral parafínico de grado 2 (NLGI), viscosidad: 105 centistokes). El coeficiente de fricción se registra en función del tiempo y el ensayo está caracterizado por el tiempo al cabo del que aparece el gripado. Al final del ensayo, se realiza eventualmente una micrografía para visualizar el perfil de desgaste.

50 Para ser más preciso, el material constitutivo del anillo de acero cementado templado se ha elegido como que es un acero 16NC6 cementado templado, endurecido entre 58 y 62 HRC y el tratamiento de nitruración de la placa que simula el anillo, aplicado a los diversos ejemplos definidos aquí abajo:

- inmersión en un baño de sales fundidas, de composición comercial (conocida bajo la marca "SURSULF®"),
- temperatura de tratamiento: 570 °C,
- tiempo de tratamiento: 90 minutos,
- 55 • enjuague con agua, luego, secado.

Ejemplo 1: conforme al estado de la técnica, no conforme a la invención (42 CrMo 4)

60 De conformidad con el estado de la técnica, la placa que simula el rodamiento es de acero que contiene un 0,42 % de carbono, un 1 % de cromo, un 0,2 % de molibdeno, un 0,01 % de vanadio y un 0,83 % de manganeso y se ha nitrurado según el proceso descrito más arriba.

65 La microdureza de la capa de combinación es de $1.000 \pm 70 \text{ kg/mm}^2$ (HV) y su espesor es de 20 ± 5 micrómetros. Esta dureza no es más que de $600 \pm 50 \text{ kg/mm}^2$ a 50 micrómetros sobre la superficie y disminuye rápidamente para alcanzar $420 \pm 50 \text{ kg/mm}^2$ a 200 micrómetros de profundidad, lo que es sustancialmente la dureza en núcleo.

La prueba de fricción conduce a un gripado después de 25 min de ensayo; la evaluación técnica metalúrgica de las

piezas después de ensayo muestra que la microcapa de combinación está desgasta por sitios, apareciendo inmediatamente unos gripados en los sitios donde la microcapa está ausente.

Ejemplo 2: no conforme a la invención (40 CrAlMo 6-12)

5 La placa que simula el órgano de guiado está realizada de acero que contiene un 0,44 % de carbono, un 1,6 % de cromo, un 0,32 % de molibdeno, un 0,12 % de níquel y un 1 % de aluminio. Este acero se nitrura según el proceso descrito más arriba.

10 El análisis metalográfico muestra la presencia de una microcapa de combinación de dureza $1.300 \pm 100 \text{ kg/mm}^2$ y de espesor 20 ± 5 micrómetros. La dureza también es de $820 \pm 50 \text{ kg/mm}^2$ a una profundidad de 50 micrómetros para estabilizarse a $330 \pm 20 \text{ kg/mm}^2$ a 200 micrómetros de profundidad, lo que corresponde a la dureza en núcleo. El perfil de dureza corresponde al efecto esperado, puesto que este acero se ha diseñado para esto.

15 Puesta en fricción en las condiciones indicadas, la pieza de prueba presenta un primer inicio de gripado después de 10 minutos de ensayo, apareciendo el gripado generalizado después de 60 minutos de ensayo.

El examen micrográfico de la pieza después de fricción muestra que la microcapa está desgastada por sitios; estas zonas donde el acero está expuesto son, entonces, muy sensibles al gripado.

20 Esta ligera mejora de las prestaciones con respecto al caso presentado en el ejemplo 1 es previsible y puede atribuirse a la dureza más elevada de las capas superficiales.

Ejemplo 3: conforme a la invención (32 CrMoV 13)

25 La placa que simula el órgano de guiado es de acero que incluye un 0,27 % de carbono, un 2,9 % de cromo, un 0,88 % de molibdeno, un 0,26 % de vanadio y un 0,12 % de níquel; se nitrura según el proceso descrito aquí arriba.

30 El examen metalográfico de esta placa muestra la presencia de una microcapa de combinación cuyo espesor es de 20 ± 5 micrómetros y la dureza de $1.150 \pm 100 \text{ kg/mm}^2$. A 50 micrómetros de profundidad, la dureza es de $770 \pm 50 \text{ kg/mm}^2$, se estabiliza a $350 \pm 20 \text{ kg/mm}^2$ a 200 micrómetros de profundidad, lo que corresponde sustancialmente a la dureza en núcleo.

35 El ensayo de fricción hace aparecer unas trazas de gripado después de 140 minutos de ensayo, el examen de la zona de fricción muestra que la microcapa de combinación no está totalmente desgastada, estando el espesor residual comprendido entre 5 y 8 micrómetros. Su aspecto es brillante, está libre de trazas de gripado; en cambio, los microgripados observados en el origen de la parada del ensayo se han producido sobre la pieza antagonista.

40 Esta mejora de las prestaciones no puede vincularse en ningún caso con el espesor inicial de la microcapa, con su dureza o también con la evolución de la dureza en función de la profundidad, puesto que, con la precisión de las mediciones de aproximación, estas magnitudes son completamente comparables con las apuntadas en el ejemplo 2, que conduce a unos resultados mucho peores.

Ejemplo 4: conforme a la invención (15 CrMnMoV 9)

45 La placa que simula el órgano de guiado está constituida por un acero que contiene un 0,15 % de carbono, un 1,25 % de manganeso, un 2,14 % de cromo, un 0,47 % de molibdeno, un 0,48 % de níquel y un 0,17 % de vanadio; se nitrura según el proceso descrito más arriba.

50 Su examen metalográfico hace aparecer en superficie una microcapa de combinación cuyo espesor es de 20 ± 4 micrómetros y la dureza de $1.100 \pm 100 \text{ kg/mm}^2$. A 50 micrómetros de profundidad, la dureza es de $780 \pm 50 \text{ kg/mm}^2$, se estabiliza a partir de 200 micrómetros de profundidad al valor de $350 \pm 20 \text{ kg/mm}^2$.

55 La prueba de fricción deja aparecer las primeras trazas de gripado después de 150 min de ensayo; después de desmontaje, el examen de la placa muestra que la microcapa de combinación está totalmente desgastada, pero la placa presenta un aspecto liso uniforme, habiéndose manifestado los microgripados únicamente sobre la pieza antagonista.

Ejemplo 5: conforme a la invención (18 CrMo 7)

60 La placa que simula el órgano de guiado está realizada de acero que contiene un 0,18 % de carbono, un 2 % de cromo, un 0,5 % de molibdeno, un 0,15 % de níquel, un 0,7 % de manganeso y un 0,01 de vanadio. Se nitrura según el proceso descrito más arriba.

65 El análisis metalográfico muestra la presencia de una microcapa de combinación de dureza $1.150 \pm 100 \text{ kg/mm}^2$ y de espesor 13 ± 5 micrómetros, la dureza también es de $770 \pm 50 \text{ kg/mm}^2$ a una profundidad de 50 micrómetros debajo

de la capa de combinación y se estabiliza a 300 ± 50 kg/mm² en núcleo.

Puesta en fricción en las condiciones indicadas, la pieza de prueba presenta un primer inicio de gripado después de 225 minutos de ensayo, lo que es completamente destacable.

5

Ejemplos 6 a 8: no conformes a la invención

Composiciones					
Designación de los aceros según estándar	% C	% Cr	% Mo	% V	% Mn
15 CrMoV6	0,15	1,25	0,8	0,2	0,8
30 CrMo 12	0,3	3	0,4	0	
40 CrMnMo 8	0,38	2	0,2	0,1	

Características superficiales después de nitruración				
Designación según estándar	Espesor capa de combinación (µm)	Dureza capa de Combinación (kg/mm ²)	Dureza a 50 µm debajo de la capa (kg/mm ²)	Dureza en núcleo (kg/mm ²)
15 CrMoV6	15 ± 5	1.180 ± 100	770 ± 50	400 ± 50
30 CrMo 12	20 ± 5	1.120 ± 100	720 ± 50	360 ± 50
40 CrMnMo 8	13 ± 5	1.050 ± 100	700 ± 50	320 ± 50

Prestaciones en fricción	
Designación según estándar	Vida útil antes de gripado (min)
15 CrMoV6	15
30 CrMo 12	21
40 CrMnMo 8	26

10

Estos ejemplos no limitativos ilustran el carácter completamente sorprendente de los resultados obtenidos con las piezas realizadas con los aceros nitrurados conformes a la invención; mientras que la dureza superficial no parece intervenir en el fenómeno (las durezas de los dos primeros aceros no conformes 1 y 2 enmarcan las de los tres aceros conformes 3 a 5, tanto en superficie como en profundidad); se constata que cuando el órgano de guiado está realizado de acero de construcción ordinario o "de nitruración", pero cuya composición está fuera de la horquilla reivindicada, la resistencia al desgaste de la microcapa de combinación es mediocre y su desaparición local bajo el efecto del desgaste conduce inmediatamente al gripado, mientras que cuando el órgano de guiado es de acero conforme a la invención, no solamente la microcapa de combinación, a igual dureza, se desgasta mucho menos rápido, sino que la zona de difusión subyacente presenta, ella misma, unas propiedades tribológicas asombrosas, puesto que no se gripa, terminando este fenómeno por llegar *in extremis* a la pieza antagonista. La vida útil de la pieza constitutiva del órgano de guiado se alarga, de este modo, en un factor que va de 2,5 a más de 5 según los casos, lo que es una ventaja completamente considerable.

15

20

25

Cabe señalar que, en los ejemplos citados anteriormente, ha habido un aumento sustancial de las propiedades antigripantes con respecto a las soluciones conocidas, sin aumentar la dureza de la capa blanca y sin aumentar de manera significativa la profundidad del endurecimiento (que es típicamente inferior a 500 micras, contrariamente a lo que busca, por ejemplo, un documento tal como WO-00/18 975).

30

La explicación de este fenómeno todavía no se conoce.

30

Como se ha indicado aquí arriba, la invención se aplica muy particularmente bien a un sistema de árbol-rodamiento cuyo rodamiento está realizado de un acero conforme a la definición dada aquí arriba, en combinación con un árbol que puede ser de cualquier material compatible, en concreto, un acero tal como un acero endurecido por un medio cualquiera y cuya dureza es superior a 55 HRC. En concreto, puede tratarse de un acero elegido de entre los aceros cementados, templados, rectificadas, los aceros templados HF rectificadas, los aceros endurecidos, luego, revestidos con cromo duro, los aceros nitrurados, los aceros revestidos con cerámica y los otros aceros carbonitrurados.

35

40

Como variante, es el árbol de un sistema de árbol-rodamiento de este tipo el que puede estar realizado de un acero conforme a la definición citada anteriormente, con un rodamiento de uno de los materiales indicados en el párrafo anterior. En el caso particular de sistemas de cigüeñal o de árbol de levas, el acero recomendado aquí arriba se utiliza ventajosamente para el brazo de manivela o el eje del cigüeñal o del árbol de levas.

40

45

La invención se aplica a bastantes otros pares de órganos de guiado, tales como los descritos en el documento EP - 0 987 456 citado anteriormente; es, de este modo, como se puede utilizar el acero recomendado aquí arriba para realizar, en concreto, la deslizadora o la zapata de un par de deslizadora-zapata o la rótula o la tapa de un sistema de

rótula.

Los dos órganos de guiado de un mismo par pueden estar realizados, incluso, de un acero que entra en la definición citada anteriormente, por ejemplo, de unos aceros de mismas composiciones.

5 Asimismo, una de las superficies incluye ventajosamente unas cavidades no pasantes y/o está revestido (puede tratarse de la pieza realizada con el acero recomendado) con un material de polímero o copolímero, en concreto, elegido de entre las poliimidas, las poliimidas cargadas, las resinas epoxídicas, las resinas epoxídicas cargadas, las
10 resinas de poliacetato, el polietileno, los fluorocarbonos sustituidos o no, el tereftalato de polietileno, la polietersulfona, las poliamidas y la polieteretercetona.

REIVINDICACIONES

1. Par de órganos de guiado **caracterizado por que** al menos uno de sus órganos está realizado de un acero que contiene carbono entre un 0,15 y un 0,3 % en peso, cromo entre un 2 y un 3 % en peso, al menos un 0,45 % en peso y como máximo un 0,9 % en peso de molibdeno y vanadio a razón de más de un 0,01 % en peso y como máximo un 0,3 %, opcionalmente entre un 0,4 % en peso y un 1,5 % en peso de manganeso, no más de un 0,48 % de níquel y no más de un 0,01 % de aluminio y que este acero, nitrurado después de conformación, incluye una capa de combinación entre unos átomos de hierro y de nitrógeno de espesor comprendido entre 5 micras y 50 micras.
2. Par según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el contenido de cromo está comprendido entre un 2 % y un 2,9 % en peso.
3. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** el contenido de carbono está comprendido entre un 0,15 y un 0,27 % en peso.
4. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, cuyo acero contiene carbono entre un 0,15 y un 0,18 % en peso, cromo entre un 2 y un 2,14 % en peso, molibdeno entre un 0,47 y un 0,5 % en peso, vanadio entre un 0,01 y un 0,17 % en peso, níquel entre un 0,15 y un 0,48 % en peso, manganeso entre un 0,7 y un 1,25 % en peso y no más de un 0,01 % en peso de aluminio.
5. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, cuyo acero contiene un 0,27 % de C, un 2,9 % de Cr, un 0,88 % de Mo, un 0,26 % de V, un 0,12 % de Ni y no más de un 0,01 % en peso de aluminio.
6. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** dicho órgano incluye unas cavidades no pasantes.
7. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** dicho órgano lleva un revestimiento de material de polímero o copolímero.
8. Par según la reivindicación 7, **caracterizado por que** el revestimiento es de un material elegido de entre las poliimidas, las poliimidas cargadas, las resinas epoxídicas, las resinas epoxídicas cargadas, las resinas de poliacetato, el polietileno, los fluorocarbonos sustituidos o no, el tereftalato de polietileno, la polietersulfona, las poliamidas y la polieteretercetona.
9. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** este órgano es un rodamiento que coopera con un árbol.
10. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** este órgano es un árbol que coopera con un rodamiento.
11. Par según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, **caracterizado por que** el árbol es un árbol de cigüeñal.
12. Par según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, **caracterizado por que** el árbol es un árbol de levas.
13. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** estos órganos forman un sistema de zapata-deslizadera.
14. Par según la reivindicación 13, **caracterizado por que** el órgano realizado de dicho acero es la deslizadera.
15. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** estos órganos forman un sistema de rótula.
16. Par según la reivindicación 15, **caracterizado por que** el órgano realizado de dicho acero es una rótula.
17. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado por que** cada uno de los órganos está realizado de un acero que tiene dicha composición y una capa de combinación de espesor comprendido entre 5 y 50 micras.
18. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado por que** el otro órgano de guiado es de acero.
19. Par según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 18, **caracterizado por que** dicho órgano de guiado no contiene más de un 0,1 % de níquel.
20. Utilización, para la realización de al menos un órgano de un par de órganos de guiado, de un acero que contiene carbono entre un 0,15 y un 0,3 % en peso, cromo entre un 2 y un 3 % en peso, al menos un 0,45 % en peso y como

ES 2 764 449 T3

máximo un 0,9 % en peso de molibdeno y vanadio a razón de más de un 0,01 % en peso y como máximo un 0,3 %, opcionalmente entre un 0,4 % en peso y un 1,5 % en peso de manganeso, no más de un 0,48 % de níquel y no más de un 0,01 % de aluminio, incluyendo este acero, nitrurado después de conformación, una capa de combinación entre unos átomos de hierro y de nitrógeno de espesor comprendido entre 5 micras y 50 micras.

- 5
21. Utilización para una acción de guiado, de un par de órganos de los que al menos uno de los órganos está realizado de un acero que contiene carbono entre un 0,15 y un 0,3 % en peso, cromo entre un 2 y un 3 % en peso, al menos un 0,45 % en peso y como máximo un 0,9 % en peso de molibdeno y vanadio a razón de más de un 0,01 % en peso y como máximo un 0,3 %, opcionalmente entre un 0,4 % en peso y un 1,5 % en peso de manganeso, no más de un 0,48 % de níquel y no más de un 0,01 % de aluminio, incluyendo este acero, nitrurado después de conformación, una capa de combinación entre unos átomos de hierro y de nitrógeno de espesor comprendido entre 5 micras y 50 micras.
- 10