

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 543 559**

51 Int. Cl.:

F16J 15/34 (2006.01)

C23C 16/27 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.10.2011** **E 11764688 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2015** **EP 2652369**

54 Título: **Aro de fricción de bajo rozamiento con recubrimiento de diamante de bajo coste**

30 Prioridad:

17.12.2010 DE 102010054875

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

20.08.2015

73 Titular/es:

EAGLEBURGMANN GERMANY GMBH & CO. KG
(100.0%)

Äussere Sauerlacher Strasse 6-10
82515 Wolfratshausen, DE

72 Inventor/es:

OTSCHIK , JOACHIM;
SCHRÜFER, ANDREAS;
ZIEGENBEIN, DIETER;
KOLLINGER, RUDOLF;
SCHÄFER, LOTHAR;
HÖFER, MARKUS y
ARMGARDT, MARKUS

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 543 559 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

Aro de fricción de bajo rozamiento con recubrimiento de diamante de bajo coste

El invento se refiere a un aro de fricción de bajo rozamiento, el cual como superficie de fricción presenta un recubrimiento de diamante de bajo coste. Además el invento se refiere a una disposición de junta de aro de fricción con como mínimo un aro de fricción acorde con el invento.

Por el estado de la técnica se conocen aros de fricción con recubrimiento de diamante en diferentes diseños. Debido al recubrimiento de diamante estos aros de fricción presentan una superficie extremadamente resistente al desgaste así como unas propiedades de marcha en seco extraordinarias. Una desventaja de este tipo de aros de fricción recubiertos con diamante es además de sus costes de fabricación en parte extremadamente altos también la problemática de que debido a una unión defectuosa entre la capa de diamante y el cuerpo base del aro de fricción se puede llegar a que se suelte la capa de diamante con los consiguientes daños en el aro de fricción. Para solucionar este problema en el documento DE 20 2007 016 868.3 U1 se propuso un aro de fricción el cual presenta un cuerpo base de dos componentes, en donde el material de diamante está incorporado en el cuerpo base. Con esto se consigue una unión mejorada entre el cuerpo base y la capa de diamante pero como sin embargo se ha incorporado diamante como material adicional en el cuerpo base, estos aros de fricción son todavía más caros de fabricar. Además por el documento DE 20 2006 006 425 U1 se conoce un aro de fricción en el que, con el consiguiente coste, se introduce una capa sustrato adicional entre el cuerpo base y la capa de diamante. Además en los aros de fricción recubiertos con diamante es un problema el que se puede llegar a separaciones completas de la capa de diamante con partes del cuerpo base.

Por tanto, es misión del presente invento el preparar un aro de fricción con una capa de diamante en la superficie de fricción, el cual pudiendo ser fabricado de manera sencilla y económica presente una unión segura entre el cuerpo base y la capa de fricción, incluso con solicitaciones extremas.

Esta misión será resuelta por un aro de fricción con las características de la reivindicación 1. Las reivindicaciones secundarias muestran desarrollos preferidos del invento.

El aro de fricción acorde con el invento para una junta de aro de fricción con las características de la reivindicación 1 presenta la ventaja de que presenta una capa de diamante en una superficie de fricción y con ello presenta una larga vida útil y propiedades de marcha en seco especialmente extraordinarias. En él la fabricación de la capa de diamante es muy económica porque la capa de diamante presenta un espesor menor o igual a 4 μm y se consigue una extraordinaria unión entre la capa de diamante y un cuerpo base. Con esto se puede evitar especialmente la problemática presente en el estado de la técnica de una separación de la capa de diamante del cuerpo base, especialmente con partes del cuerpo base, bajo cargas altas, por ejemplo altas cargas mecánicas sobre las juntas de aro de fricción. De acuerdo con el invento esto se consigue por que el cuerpo base no presenta ninguna grieta o solo presenta grietas que presentan una extensión longitudinal que es menor o igual que 5 μm . De acuerdo con el invento se confirmó que en el caso de que no existan grietas o solo existan grietas muy pequeñas en la superficie y en el cuerpo base, en cada punto puede quedar asegurada una unión suficiente entre el cuerpo base y la capa de diamante. Cuando la grieta es muy grande, en la zona de las grietas hay defectos de manera que en esas zonas, especialmente bajo solicitaciones altas, especialmente solicitaciones mecánicas muy altas, se puede llegar a la separación de la capa de diamante con partes del cuerpo base y finalmente a la destrucción del aro de fricción. La extensión longitudinal de las grietas de menor o igual que 5 μm está definida de acuerdo con el invento, por una recta que corte dos puntos de la grieta, en cada punto de corte posible con la grieta presenta entre los puntos de corte una longitud menor o igual que 5 μm . Los límites acordes con el invento de 5 μm para la longitud de la grieta son válidos para grietas en la superficie y para grietas en el cuerpo base, las cuales por ejemplo, partiendo de la superficie se extienden al interior del cuerpo base. De acuerdo con el invento, con esto un cuerpo base no presenta tanto en una superficie en la que se ha aplicado una capa de diamante, como también en el propio cuerpo base, ninguna grieta o solo grietas con una extensión máxima longitudinal $\leq 5 \mu\text{m}$. Para por ejemplo, en una superficie del cuerpo base obtener un tamaño de grieta como el anteriormente definido se lleva a cabo un mecanizado fino de la superficie, por ejemplo un proceso de pulido. Con ello es posible, de acuerdo con el invento, prever un aro de fricción con pequeñas grietas, que sea económico de fabricar y que el aro de fricción presente extraordinarios tiempos de vida y propiedades de marcha en seco. La capa de diamante puede ser depositada sobre el cuerpo base libre de grietas o presenta solo pequeñas grietas, preferentemente mediante un proceso CVD. Con ello se abre un potencial de aplicación económicamente muy grande puesto que prácticamente todo tipo de aros de fricción pueden ser recubiertos económicamente con diamante. Un aro de fricción acorde con el invento presenta un coeficiente de rozamiento muy bajo y presenta una unión estable entre capa de diamante y cuerpo base. Se prefiere un espesor de la capa de diamante menor de 4 μm , preferentemente menor de 3 μm , especialmente preferido menor de 2 μm y especialmente preferido el espesor de la capa de diamante es menor de 1 μm . También se prefiere una longitud de grieta menor de 3 μm y especialmente preferido menor de 1 μm o que no exista en absoluto ninguna grieta.

Además se prefiere una profundidad de la grieta partiendo de la superficie en perpendicular a la superficie menor o igual a 3 μm .

5 Además se prefiere el espesor de la capa de diamante como mínimo de 0,5 μm . Con esto se asegura que la capa de diamante ofrece una protección suficiente contra medios agresivos o corrosivos con los cuales podrían llegar a estar en contacto los aros de fricción.

Según otra configuración preferida del presente invento la superficie del cuerpo base está libre de poros o presenta preferiblemente solo poros con un diámetro de poro medio menor o igual de 0,4 mm, preferiblemente menor o igual de 0,3 mm, especialmente preferido menor o igual de 0,2 mm.

10 También se prefiere que los poros estén separados unos de otros dependiendo del diámetro medio de poro multiplicado por el factor 100. Es decir, si el diámetro medio de poro es de 0,4 mm, una separación de este poro a un poro vecino, partiendo de cada borde de los poros, es de como mínimo 40 mm. De acuerdo con el invento, bajo diámetro medio de poros se entiende aquel diámetro al cual corresponde una longitud máxima de una recta entre dos puntos de borde a través del poro, puesto que los poros habitualmente no tienen forma circular.

15 De acuerdo con otra configuración preferida del invento, un tamaño de cristal de la capa de diamante depositada como diamantes cristalinos está entre 0,2 y 5 μm , especialmente entre 0,2 a 4 μm , preferiblemente 0,2 a 3 μm , preferentemente 0,2, a 0,25, mas preferentemente de 0,2 a 1 μm .

También se prefiere una rugosidad R_3 de la superficie del cuerpo base menor o igual de 0,2 μm , especialmente menor o igual de 0,15 μm y especialmente preferido menor o igual de 0,1 μm .

Preferentemente un porcentaje SP3 en la capa de diamante es mayor o igual de 97%.

20 Según otra configuración preferida del invento el cuerpo base presenta una dureza Vickers de como mínimo 1400 HV.

Para presentar una vida útil lo más larga posible, se toma una densidad de defectos en el recubrimiento de diamante de tal manera que la relación de la superficie defectuosa respecto de la superficie de recubrimiento libre de defectos es menor o igual a 200×10^{-9} .

25 El cuerpo base está fabricado preferentemente de un material con carburo, especialmente de carburo de silicio (SiC) o carburo de wolframio (WC), pudiendo estar contenidas cantidades muy pequeñas de productos adicionales y/o materiales de unión y/o impurezas.

También se prefiere una superficie de la capa de diamante se corresponde con una superficie del cuerpo base con una desviación de como máximo $\pm 0,2 \mu\text{m}$.

30 Un aro de fricción acorde con el invento puede ser utilizado en juntas de aros de fricción en la que ambos aros de fricción estén contruidos con el recubrimiento de diamante acorde con el invento. Alternativamente, un aro de fricción acorde con el invento puede girar también contra un aro de fricción no recubierto, por ejemplo, de carburo de silicio.

35 A continuación y bajo referencia a los dibujos que se acompañan se describe en detalle un ejemplo constructivo del invento. En el dibujo se muestra:

Fig. 1 una vista esquemática en planta superior sobre una superficie de un cuerpo base para un aro de fricción acorde con un ejemplo constructivo del invento, y

Fig. 2 una vista esquemática en sección a través de un aro de fricción acorde con el invento.

40 Como se aprecia en la figura 2, el aro de fricción 1 comprende un cuerpo base 2 de SiC así como una capa de diamante 3 aplicada sobre él. La capa de diamante 3 presenta un espesor D de 1 μm . La capa de diamante 3 está formada por diamantes cristalinos con un porcentaje de SP3 muy alto, del 97%.

45 La figura 1 muestra una vista en planta superior sobre una superficie del cuerpo base 2 antes de aplicar la capa de diamante. Como se puede apreciar en la figura 1, en la superficie del cuerpo base 2 se han formado algunas grietas 4. Sin embargo, las grietas 4 están formadas de tal manera que presentan una extensión longitudinal máxima que es menor de 5 μm . En la figura 1, en dos grietas se ha identificado la extensión longitudinal máxima existente L1 o L2. La extensión longitudinal máxima está identificada según el invento, como una extensión recta máxima la cual une en forma de línea recta dos puntos de la grieta 4.

En la sección de la figura 2 hay representadas otras dos grietas 4 las cuales presentan una extensión máxima longitudinal L3 o L4 en la profundidad del cuerpo base, cada una de las cuales es menor de 5 μm . Por ello, el cuerpo

- base 2 acorde con el invento presenta tanto en la superficie como también en el propio cuerpo solo grietas 4 que presentan una extensión longitudinal máxima menor o igual de 5 µm. La extensión longitudinal está definida por una recta que corta dos puntos cualesquiera de la grieta y en cada posible punto de corte de dos puntos de la grieta presenta una longitud menor o igual de 5 µm. La grieta 4 mostrada en la figura 2 con la extensión longitudinal L3 presenta entonces una profundidad T3 que es menor de 3 µm. En la figura 2 está representada además otra grieta 4 con una extensión longitudinal L4 y una profundidad T4 la cual comienza en un primer lugar de la superficie va hacia el interior del cuerpo base 2 y en otro lugar de la superficie del cuerpo base sale de nuevo. Aquí conviene hacer notar que la grieta también puede presentar una superficie de grieta tridimensional, pudiendo discurrir tanto por la superficie del cuerpo base 2 como también en forma de superficie hacia el interior del cuerpo base.
- Además sobre la superficie del cuerpo base se han formado varios poros 5. Los poros 5 presentan un diámetro medio menor o igual de 0,4 mm siendo la separación de poros vecinos como mínimo 100 veces el diámetro de poro, es decir, en este ejemplo constructivo 40 mm. El diámetro de poro viene definido según el invento como la recta más larga a través de dos puntos de borde de los poros, puesto que los poros habitualmente no presentan ninguna forma circular, sino una zona de borde de forma desigual. Los poros 5 presentan entonces una profundidad máxima que corresponde al diámetro de los poros.

Además todas las grietas 4 presentan una profundidad T que es menor de 3 µm. Además de esto, la superficie de la capa de diamante corresponde con la superficie del cuerpo base con una desviación de ± 0,2 µm como máximo.

- La capa de diamante cristalina acorde con el invento es fabricada sobre el cuerpo base 2 como sigue. El aro de fricción que va a ser recubierto es colocado en un recipiente bajo vacío en el cual a continuación se introducen metano e hidrogeno. A una distancia de algunos cm por encima de los aros de fricción que van a ser recubiertos se tensan alambres que después son calentados hasta incandescencia. Con ello el gas se calienta de manera que sobre la superficie del cuerpo base 2 se deposita carbono en forma de diamantes cristalinos. Con ello se consigue una unión química entre la capa de diamante y el cuerpo base 2. Debido a que el cuerpo base está libre de grietas o a la condición de que sobre o en el cuerpo base solo presentan grietas que tienen una extensión longitudinal máxima igual o menor de 5 µm, se obtiene una alta estabilidad en la capa limite.

Con este tipo de procedimiento se recubrió con diamante un cuerpo base de SiC (ejemplo 1). Para ello el cuerpo base o la capa de diamante tienen las siguientes propiedades;

Ejemplo 1

Propiedad	Valor
Espesor	1 µm
Tamaño de cristal	1,0 µm
Rugosidad R ₃	0,1 µm
Porcentaje de SP3	97%
Tamaño máximo de poro	0,4 mm
Separación de poros	>40 mm
Longitud máxima de grieta	5 µm
Profundidad máxima de grieta	3 µm
Dureza Vickers del cuerpo base	2600 HV
Densidad de defectos del recubrimiento de diamante	< 200x10 ⁻⁹

- El espesor de la capa de diamante fue medido entonces con un procedimiento de Beta retrodispersión. El tamaño de los cristales fue medido mediante un microscopio de luz con un aumento de 1000 veces. La rugosidad R₃ fue medida con un interferómetro de luz blanca y el porcentaje de SP3 mediante un microscopio Raman. El tamaño de los poros y la separación de poros fue calculada mediante un microscopio de luz y la longitud de grieta o la profundidad de grieta por el cálculo de una distribución del número de grietas en un proceso Böschungsschnitt por iones a través del cuerpo base 2 en donde la sección presenta una longitud de corte mínima de 1 mm. La dureza del sustrato fue determinada por un ensayo de dureza Vickers y la densidad de defecto por un microscopio de luz, en donde la

densidad de defecto está definida por el porcentaje de superficie de los puntos defectuosos no recubiertos de la superficie de sustrato respecto de la superficie recubierta con diamante.

5 Según el invento con ello es posible, mediante el ajuste de diferentes parámetros del cuerpo base 2, el generar sobre el cuerpo base 2 una capa de diamante homogénea y duradera con un espesor de menos de 3 μm , lo que hasta ahora, con el estado de la técnica, no era posible. Un núcleo del invento consiste en que el cuerpo base debe ser adquirido de tal manera que no presente ninguna grieta o presente solo grietas con una longitud menor o igual de 5 μm . Manteniendo estos parámetros se puede obtener entonces un recubrimiento de diamante estable con un espesor de capa extremadamente delgado de menos o igual de 4 μm lo que lleva a una significativa reducción de costes puesto que el tiempo del recubrimiento puede ser reducido a pocas horas. Además con ello se puede evitar que la capa de diamante se suelte junto con una parte de la capa base. Al evitar grandes grietas se prepara también una unión estable en el interior de la capa base. Mediante el recubrimiento extremadamente delgado se pueden obtener además aros de fricción con extraordinarias propiedades, especialmente referidas a tiempos de vida y propiedades de marcha en emergencia. Con ello, y especialmente en el transporte de gas y petróleo, puede aumentarse especialmente el tiempo de vida de los aros de fricción, el cual en parte debido a las duras condiciones de utilización es de pocas horas. Además, la capa de diamante forma también una extraordinaria protección contra la corrosión para el aro de fricción. Mediante la extraordinaria idea de reducir la longitud de la grietas en la superficie del cuerpo base y en el propio cuerpo base 2 se puede obtener una capa de diamante con un espesor de menos o igual de 4 μm . Con ello, por primera vez es posible que aros de fricción puedan ser recubiertos con una capa de diamante también para casos de aplicaciones normales, como por ejemplo en bombas para grandes series, en las cuales los costes de los aros de fricción juegan un papel importante.

10

15

20

REIVINDICACIONES

1. Aro de fricción para una junta de aro de fricción, comprendiendo:
 - 5 - un cuerpo base (2) con una capa de diamante (3) aplicada sobre el cuerpo base (2) la cual está diseñada como capa de fricción,
 - 10 - en donde la capa de diamante (3) presenta un espesor (D) el cual es menor o igual de 4 μm , especialmente menor o igual de 3 μm , especialmente menor o igual de 2 μm , especialmente preferido aproximadamente 1 μm , caracterizado por que el cuerpo base (2) no presenta ninguna grieta o presenta solo grietas que presentan una extensión longitudinal (L) máxima en una superficie del cuerpo base (2) o en el cuerpo base (2) que es menor o igual de 5 μm .
2. Aro de fricción según la reivindicación 1, caracterizado por que las grietas (4) en el cuerpo base (2) presentan una profundidad de grieta (T) menor o igual de 3 μm .
3. Aro de fricción según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la capa de diamante (3) presenta un espesor de como mínimo 0,5 μm .
- 15 4. Aro de fricción según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la superficie del cuerpo base (2) está libre de poros o porque la superficie presenta solamente poros con un diámetro medio de poro menor o igual de 0,4 mm, especialmente menor o igual de 0,3 mm, especialmente preferido menor o igual de 0,2 mm, y/o porque los poros (5) presentan una separación entre ellos que es como mínimo 100 veces el diámetro de poro.
- 20 5. Aro de fricción según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que un tamaño de cristal de los diamantes de la capa de diamantes (3) está entre 0,2 y 5 μm , especialmente entre 0,2 y 4 μm , preferentemente entre 0,2 y 3 μm , preferido entre 0,2 y 2,5 μm y especialmente entre 0,2 y 1 μm .
- 25 6. Aro de fricción según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la capa de diamante (3) presenta una rugosidad (R_3) menor o igual a 0,2 μm , especialmente menor o igual a 0,15 μm , especialmente menor o igual a 0,1 μm .
7. Aro de fricción según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la capa de diamante (3) presenta un porcentaje en SP3 mayor o igual al 97%.
8. Aro de fricción según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el cuerpo base (2) presenta una dureza Vickers mayor o igual de 1400 HV.
- 30 9. Aro de fricción según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que una densidad de defectos de la capa de diamante (3) es menor o igual de 200×10^{-9} , siendo la densidad de defectos la relación entre la superficie defectuosa respecto de la superficie recubierta libre de defectos de la superficie exterior.
- 35 10. Aro de fricción según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el cuerpo base (2) está fabricado de un material con carburo, especialmente de un carburo de Silicio (SiC) o un carburo de wolframio (WC).
- 40 11. Aro de fricción según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la superficie de la capa de diamante (3) corresponde con una superficie del cuerpo base (2) con una desviación máxima del $\pm 0,2 \mu\text{m}$.

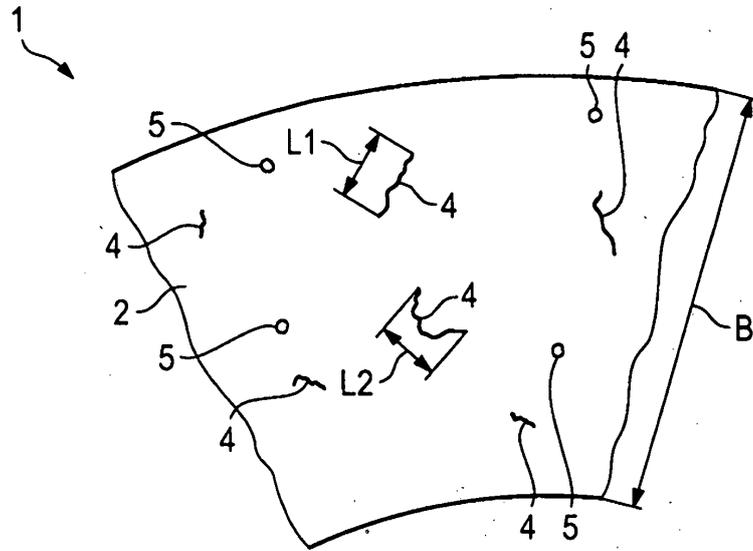


Fig. 1

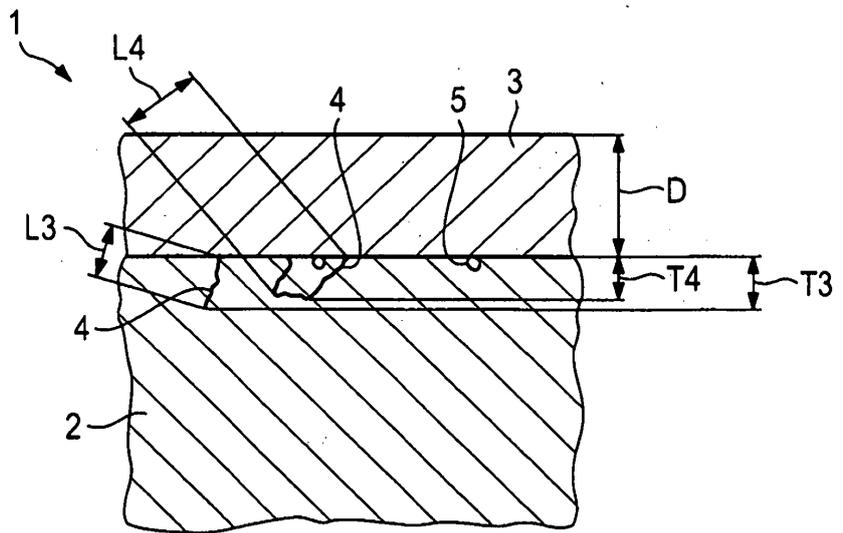


Fig. 2