



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 360 483**

51 Int. Cl.:  
**C23C 16/02** (2006.01)  
**C23C 16/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07858599 .9**  
96 Fecha de presentación : **16.10.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2089560**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.08.2009**

54 Título: **Pieza en contacto deslizante, en régimen lubricado, revestida de una capa delgada.**

30 Prioridad: **20.10.2006 FR 06 54415**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**06.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**06.06.2011**

73 Titular/es: **H.E.F.**  
**rue Benoît Fourneyron Zone Industrielle Sud**  
**42160 Andrézieux-Bouthéon, FR**

72 Inventor/es: **Maurin-Perrier, Philippe;**  
**Ledrappier, Florent y**  
**Houze, Laurent**

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

**ES 2 360 483 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

Pieza en contacto deslizante, en régimen lubricado, revestida de una capa delgada.

5 La presente invención se refiere al campo técnico de la tribología en medio lubricado.

Más particularmente, la invención se refiere a los revestimientos y a los tratamientos de superficie destinados a reducir el desgaste y a minimizar la transmisión de los esfuerzos tangenciales.

10 Se han propuesto numerosas soluciones técnicas para mejorar las características tribológicas de las piezas mecánicas. Se distinguen esencialmente los tratamientos tradicionales de endurecimiento superficial y los depósitos de capas delgadas y duras obtenidas por diferentes procedimientos tales como el procedimiento PVD (Physical Vapour Deposition) o el procedimiento PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition).

15 Entre los depósitos de capas delgadas y duras, se pueden citar los depósitos de nitruros de metales de transición (TiN, CrN, TiAlN, etc.), los revestimientos de carbono amorfo (DLC), etc. Por razones técnicas, pero también mecánicas, se destaca que estos depósitos de revestimiento de superficie no exceden generalmente 5 µm. Más allá de este espesor, pueden aparecer riesgos de fragilización de la capa y de desescamado. También es importante obtener una perfecta adherencia y un comportamiento en el tiempo de la capa delgada. Así, el experto en la materia reivindica unos estados de superficie muy poco accidentados con una rugosidad (Ra) del orden de 0,04 µm.

20 Se desprende por tanto del estado de la técnica que las características tribológicas de los tratamientos de superficies y de los depósitos bajo vacío, sólo están aseguradas a condición de tener unas superficies de pequeña rugosidad.

25 Se puede citar por ejemplo la enseñanza de la patente US nº 6.886.521 que plantea un valor máximo del parámetro de rugosidad de superficie (Rz) en función de la dureza del depósito de DLC y del espesor de éste. El experto en la materia reivindica generalmente unas rugosidades lo más pequeñas posibles, por ejemplo,  $Ra \leq 0,04 \mu\text{m}$ .

30 Así, se destaca del análisis del estado de la técnica que unas rugosidades de superficie elevadas no son adecuadas para recibir unos depósitos duros puesto que resultan de ellos unos efectos de irregularidades de superficie que conducen a unas sobrepresiones locales que pueden provocar unas deformaciones plásticas excesivas, nefastas para el comportamiento mecánico del revestimiento. Además, en régimen lubricado, cuando la amplitud de las asperezas es demasiado importante. La película de aceite se rompe localmente y las superficies que están en movimiento relativo, ya no están perfectamente separadas, lo cual conduce a una elevación del coeficiente de rozamiento y un desgaste prematuro de dichas superficies.

35 Unas publicaciones científicas en el campo de la tribología, evocan asimismo la influencia de la rugosidad sobre la lubricación. Se puede citar, por ejemplo:

40 "Occurrence of microelastohydrodynamic lubrication in simple sliding motion with transverse roughness"- J. Wang, M. Kaneta, F.Guo, P. Yang- Journal of Engineering Tribology- Vol. 220 nº J 13 (mayo 2006) págs.273-285.

45 Destaca de estas publicaciones que conviene considerar la amplitud de de las asperezas de superficie y concluir de ello que conviene buscar las rugosidades lo más pequeñas posibles con vistas a disminuir el coeficiente de rozamiento.

Debe observarse asimismo, como se destaca de la publicación científica:

50 "Influence of harmonic surface roughness on the fatigue life of elasto-hydrodynamic lubricated contact" – A.D Chapkov, F. Collin, A. A. Lubrecht – Journal of Engineering Tribology – Vol. 220 nº J 13 (mayo 2006) págs. 287-294", que un análisis digital del contacto de superficie rugosa parecido a unos perfiles sinusoidales, revela unos efectos de sobrepresión relacionados con las irregularidades de las superficies en contacto, e indica que estas sobrepresiones pueden ser limitadas aumentando el periodo de perfil. Sin embargo, esta disminución de la presión de contacto sobre unos perfiles de gran longitud de onda, se explica por una deformación elástica del sustrato. En el caso de depósitos duros obtenidos por el procedimiento PVD o PACVD estos depósitos, teniendo en cuenta su módulo de elasticidad elevado y su gran dureza, se acomodan mal a la deformación del sustrato, de manera que serán rápidamente dañados.

60 Se desprende por tanto claramente del estado de la técnica, en el campo de la tribología, que los depósitos de capas delgadas, por ejemplo en el caso de carbono amorfo, deben ser efectuados sobre unas superficies que presentan unos niveles de acabado muy elevados con una rugosidad (Ra) que no sobrepase de algunas centésimas de micrón y generalmente inferior a 0,04 µm.

65 De manera sorprendente e inesperada y en contra de los conocimientos generales del experto en la materia, se ha observado que un estado de superficie que presenta una cierta rugosidad, con un periodo suficientemente grande,

puede permitir unos depósitos delgados obtenidos por un procedimiento PVD o PACVD, y esto cuando las piezas trabajan en régimen lubricado.

5 Resulta de ello por tanto, según una característica base de la invención, que la capa delgada es depositada sobre una superficie que presenta unos perfiles de rugosidad cuyos parámetros y periodos medios son determinados para mejorar las características tribológicas. La obtención de estos perfiles de rugosidad particulares se efectúa eligiendo unos parámetros de mecanizado (torneado, fresado) apropiados (velocidad de rotación de la broca, avance de la herramienta, etc).

10 Más particularmente, según una característica base de la invención, la relación A entre el cuadrado del periodo medio del perfil ( $P_{SM}$ ) en  $\mu m$  y el perfil de rugosidad ( $P_a$ ) en  $\mu m$ , tales como los definidos por la norma francesa ISO 4288 es superior o igual a  $5 \cdot 10^5 \mu m$ , o sea:

$$A = \frac{P_{SM}^2}{P_a} \geq 5 \cdot 10^5 \mu m$$

15 En razón de la gran dispersión de los parámetros ( $P_{SM}$ ), esta fórmula se aplicará a unos parámetros medios calculados a partir de 8 mediciones realizadas a nivel de la zona rozante y paralelamente a la dirección del deslizamiento.

20 Unos ensayos tribológicos han dado en particular unos resultados destacables a partir de (A) superior a  $10^6 \mu m$  y aún mejores a partir de (A) superior a  $10^7 \mu m$ .

Es posible por consiguiente tolerar unos estados de superficie a veces muy degradados, con una altura de perfil habitualmente no tolerada actuando únicamente sobre el periodo de las ondulaciones.

25 La aplicación de la fórmula anterior, para un perfil que presenta una rugosidad ( $P_a$ ) de  $0,4 \mu m$  muestra que se obtienen buenos resultados cuando el periodo medio de este perfil ( $P_{SM}$ ) es superior a  $450 \mu m$ . Unos resultados aún mejores se obtienen cuando el periodo medio de este perfil ( $P_{SM}$ ) es superior a 2 mm.

30 Teniendo en cuenta las características base de la invención, contrariamente a la enseñanza del estado de la técnica, donde era necesario obtener un estado de superficie con unos niveles de acabado elevados, es posible por consiguiente obtener, con menor coste, unas piezas con las características tribológicas y equivalentes, incluso superiores.

35 Así, cuando no es posible, por razones económicas o técnicas, obtener unos estados de superficie destacables por unos procedimientos de rodado, rectificado u otro, según la invención, es suficiente desbastar someramente la superficie de manera que se limite la presencia de las aristas vivas y de los picos de rugosidad conservando solamente las ondulaciones de superficie ligadas a los procedimientos de mecanizado corriente arriba. Estos últimos serán incluso optimizados (velocidad de rotación, avance de la herramienta, etc.), con el fin de maximizar el parámetro (A) definido más arriba. Estas ondulaciones permiten obtener un perfil sinusoidal aceptable a nivel de la lubricación que resulta interesante con vistas a reducir los costes de fabricación para aplicaciones de mercado de gran serie.

45 Se debe observar que los procedimientos de obtención de gran periodo sobre los motivos de rugosidad son múltiples y generalmente fácilmente realizables a partir de procedimientos de mecanizado convencionales: torneado, fresado, etc.

50 Se hará referencia a la tabla siguiente que muestra diferentes ejemplos de tratamiento según la invención. Las piezas o muestras son unas probetas de ensayos planas obtenidas por diferentes procedimientos de mecanizado, de manera que se observe la influencia de la preparación de superficie y el coeficiente de rozamiento en el curso de un ensayo en régimen lubricado. Las superficies han sido revestidas con un depósito de DLC realizado por el procedimiento PACVD. Las muestras han sido ensayadas en régimen lubricado en un baño de aceite 5W30 calentado a  $100^\circ C$  frente a un anillo de acero 100C6 no tratado que gira a velocidad constante. El coeficiente de rozamiento del anillo frente a la muestra ha sido medido en el curso de los ensayos. Se han realizado cuatro muestras (A), (B), (C), (D) con vistas a comparar su coeficiente de rozamiento.

Muestra	$R_a$ ( $\mu m$ )	$R_z$ ( $\mu m$ )	$P_a$ ( $\mu m$ )	$P_{SM}$ ( $\mu m$ )	$A = P_{SM}^2 / P_a$ ( $\mu m$ )	Coefficiente de rozamiento	Superficie degradada ( $mm^2$ )
A	0,014	0,12	0,18	240	$3 \cdot 10^5$	0,089	2,9
B	0,042	0,25	0,23	1300	$7 \cdot 10^5$	0,087	1,0
C	0,036	0,20	0,23	2400	$2,5 \cdot 10^6$	0,065	0,6
D	0,12	0,79	0,34	578	$10^6$	0,088	2,1

Estos resultados demuestran que la relación A definida más arriba influye aún más en el coeficiente de rozamiento que los parámetros de rugosidad (Ra) y (Rz). Se observa, por ejemplo, que la muestra (A), a pesar de una rugosidad muy baja, no entra en el campo de la invención y presenta el coeficiente de rozamiento más elevado de esta tabla. Por el contrario, la muestra (C), aunque presenta un (Ra) netamente superior al de la muestra (A), presenta una relación A muy elevada y presenta un comportamiento en rozamiento bajo.

5

Las ventajas se desprenden bien de la descripción.

La invención encuentra unas aplicaciones ventajosas en el campo del automóvil, en particular en el caso de piezas en rozamiento en el motor.

10

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Pieza en contacto deslizante, en régimen lubricado, revestida de una capa delgada, por ejemplo de carbono amorfo (DLC), con función tribológica, caracterizada porque la capa delgada es depositada sobre una superficie que presenta unos perfiles de rugosidad cuyos parámetros y periodos medios son determinados para mejorar las características tribológicas, de manera que la relación A entre el cuadrado del periodo medio del perfil ( $P_{SM}$ ) en  $\mu\text{m}$  y el perfil de rugosidad ( $P_a$ ) en  $\mu\text{m}$ , tales como los definidos por la norma francesa ISO 4288, es superior o igual a  $5 \cdot 10^5 \mu\text{m}$ , o sea:

10 
$$A = \frac{P_{SM}^2}{P_a} \geq 5 \cdot 10^5 \mu\text{m}$$

2. Pieza según la reivindicación 1, caracterizada porque la relación A es superior a  $10^6 \mu\text{m}$ .
3. Pieza según la reivindicación 2, caracterizada porque la relación A es superior a  $10^7 \mu\text{m}$ .
- 15 4. Pieza según la reivindicación 1, caracterizada porque, para un perfil cuya rugosidad  $P_a$  es del orden de  $0,4 \mu\text{m}$ , el periodo medio de dicho perfil  $P_{SM}$  es superior a  $450 \mu\text{m}$ .
- 20 5. Pieza según la reivindicación 1, caracterizada porque, para un perfil cuya rugosidad  $P_a$  es del orden de  $0,4 \mu\text{m}$ , el periodo medio de dicho perfil  $P_{SM}$  es superior a  $2 \text{ mm}$ .
6. Utilización de piezas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 en el campo del automóvil, en particular de las partes constitutivas de un motor.