

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 559**

51 Int. Cl.:

B23K 26/06 (2006.01)
B23K 26/00 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01)
F01L 1/047 (2006.01)
F01L 1/16 (2006.01)
F16C 33/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07858627 .8**
96 Fecha de presentación: **19.10.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2097208**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.09.2009**

54 Título: **Pieza de rozamiento en medio lubricado que trabaja a presiones de contacto superiores a 200 MPa**

30 Prioridad:

20.10.2006 FR 0654414

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

26.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

26.12.2012

73 Titular/es:

H.E.F. (25.0%)
Rue Benoît Fourneyron Zone Industrielle Sud
42160 Andrézieux-Bouthéon, FR;
UNIVERSITÉ JEAN-MONNET (25.0%);
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (25.0%) y
ECOLE CENTRALE DE LYON (25.0%)

72 Inventor/es:

MAURIN-PERRIER, PHILIPPE;
LEDRAPPIER, FLORENT;
MOURIER, LOUIS;
DONNET, CHRISTOPHE;
AUDOUARD, ERIC y
MAZUYER, DENIS

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 393 559 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

Pieza de rozamiento en medio lubricado que trabaja a presiones de contacto superiores a 200 MPa

5 La invención se refiere al sector técnico de la tribología en medio lubricado y, en particular, a una pieza de rozamiento en medio lubricante, de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 (ver, por ejemplo, US 2005/217 415).

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

15 Se han propuesto numerosas soluciones técnicas para mejorar los rendimientos tribológicos de las piezas mecánicas. Se conocen 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) (Depósito Físico por Vapor), o el procedimiento PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition) (Depósito Químico por Vapor Ayudado por Plasma).

20 Entre los depósitos de capas delgadas y duras se pueden citar los depósitos de nitruros de metales de transición (TiN, CrN, TiAlN,...), revestimientos de carbono amorfo (DLC)... Por razones técnicas y también mecánicas, resulta que estos depósitos de revestimiento superficial no superan en general 5µm. Más allá de este espesor, puede aparecer el riesgo de fragilización del depósito y formación de escamas. Es igualmente importante obtener una perfecta adherencia y resistencia a lo largo del tiempo de la capa delgada. De este modo, el técnico en la materia reivindica estados superficiales muy poco accidentados, con una rugosidad (Ra) del orden de 0,04µm.

25 Resulta, por lo tanto, del estado de la técnica, que los rendimientos tribológicos de los tratamientos de superficies y de depósitos en vacío solo quedan asegurados a condición de superficies de poca rugosidad.

30 Se puede citar, por ejemplo, las indicaciones de la patente US 6.886.521 que indica un valor máximo del parámetro de rugosidad superficial (Rz) en función de la dureza del depósito de DLC y del grosor de éste.

35 En el campo de la tribología, se han efectuado numerosos estudios sobre la influencia de la topografía de las superficies en contacto en el establecimiento de un régimen de lubricación hidrodinámica. Es por esta razón que se ha propuesto realizar una texturización de los cojinetes o de los topes, con la finalidad de favorecer la separación de superficies por una mejor fuerza de soporte de lubricante. Se pueden citar, por ejemplo, las indicaciones de los documentos US 5.952.080 y WO2004/063533.

El documento US 2005/217415 da a conocer una texturización que lleva a cabo la función de reservar lubricante en régimen hidrodinámico con el objetivo de bombear el lubricante, con la finalidad de formar una película.

40 No obstante, el dimensionado de la topografía de las superficies no es evidente, de manera que esta solución no es compatible con condiciones de contacto severas, así como en los casos de piezas en rozamiento fuertemente cargadas, es decir, las presiones de contacto llevan a un funcionamiento en régimen llamado elastohidrodinámico. En efecto, esta texturización que llega a efectuar un grabado de dibujos sobre la superficie en contacto comporta una disminución significativa de la superficie de soporte, de manera que una texturización no apropiada conduce
45 indudablemente a una caída de presión de la película de aceite y a la avería de las superficies, lo que es contrario al objetivo pretendido.

50 Resulta de ello, que el principio de la texturización de superficie no se aplica por el técnico en la materia, más que en caso de piezas en rozamiento débilmente cargadas en medio lubricado.

A partir del análisis de este estado de la técnica, uno de los problemas que se propone resolver la invención es poder aplicar el principio de la texturización de una superficie de rozamiento con la finalidad de prolongar la existencia de un régimen de lubricación elastohidrodinámico entre piezas en rozamiento en medio lubricado y fuertemente cargadas, es decir, que trabajan bajo presiones de contacto, por ejemplo, superiores a 200 MPa.

55 En efecto, más allá de un cierto umbral de presión de contacto, el aumento exponencial de la viscosidad del lubricante (varios órdenes de magnitud) cambia radicalmente su comportamiento físico. El lubricante cambia entonces de estado para comportarse de manera más próxima a un sólido que a un fluido. La separación completa de las superficies de contacto es permitida entonces por la deformación elástica de las superficies antagonistas bajo la acción del lubricante, que ha pasado a ser extremadamente viscoso. Se sitúa entonces en el régimen llamado elastohidrodinámico. El comportamiento físico del lubricante y de las superficies antagonistas es fundamentalmente distinto en régimen elastohidrodinámico, por lo que se comprenderá que la optimización de una texturización superficial para el contacto se efectúa de manera muy distinta que para el caso de otras interfaces lubricadas.

65 La originalidad de la presente invención consiste, por lo tanto, en conseguir la optimización en términos de rozamiento y de desgaste de una texturización de superficie para los contactos que funcionan, como mínimo

parcialmente, en régimen elastohidrodinámico, a presiones de contacto superiores a 200 MPa y cuya superficie está texturizada y sometida, antes o después de la texturización, a un tratamiento de endurecimiento superficial con función tribológica.

5 De acuerdo con la invención, la pieza de rozamiento presenta las características de la reivindicación 1.

Para resolver el problema planteado de obtener una superficie texturada, según las características de la invención, la red periódica de las cavidades es obtenida especialmente por un procedimiento de mecanización por impulsos láser en femtosegundos, o bien por un haz de iones, o bien por micro-mecanización o por deformación plástica, o por ataque químico o por electroerosión.

De manera ventajosa, la pieza de rozamiento, cuya superficie está texturizada, es sometida, antes o después de la texturización, a un tratamiento de endurecimiento superficial con función tribológica. Este tratamiento, se obtiene ventajosamente por depósito de una capa delgada de carbono amorfo (DLC), con la finalidad de limitar las averías de las superficies y reducir el coeficiente de rozamiento antes del paso a lubricación elastohidrodinámica de las piezas, en rozamiento fuertemente cargadas.

Tal como se ha indicado, la texturización de la superficie en rozamiento puede ser conseguida según diferentes procedimientos. Los impulsos por láser en femtosegundos permiten una eliminación de material por sublimación, sin modificación significativa de la microestructura. Se debe observar, no obstante, que las técnicas de micro-mecanización (litografía, micro-erosión), o de deformación plástica de la superficie (moleteado, micro-percusión) o electroquímicas (ataque químico, electroerosión) permiten obtener resultados similares. Los motivos periódicos realizados sobre las superficies texturadas, constituyen cavidades que pueden ser definidas según los cuatro parámetros esenciales siguientes:

- la forma en el plano de la superficie (circular, elíptica, cuadrada, triangular, ranura, etc...);
- perfil en el espesor del material (cilindro, semiesfera, cono, etc...);
- dimensiones (diámetro, anchura, profundidad, etc...);
- periodo considerado en todas direcciones y con relación a la dirección de rozamiento de la superficie.

La profundidad de las cavidades es, de acuerdo con la invención, inferior o igual a $3\mu\text{m}$ con la finalidad de limitar las averías de las capas delgadas y de hacer máxima su influencia en el régimen de la lubricación, con un resultado óptimo constatado por marcas con una profundidad aproximada de 500 nm o menos de 250 nm de profundidad. Se recordará que las piezas texturadas, según la invención, pueden ser tratadas antes o después de la texturización por los tratamientos térmicos tradicionales (cementación, carbonitruración, y otros de difusión o de conversión) o depósitos en vacío obtenidos por los procedimientos PVD (Physical Vapour Deposition) (Depósito Físico por Vapor), o PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition) (Depósito Químico por Vapor Ayudado por Plasma), tales como nitruros o carburos de metales de transición o depósitos de carbono amorfo (DLC).

Las diferentes dimensiones y orientaciones de las marcas están adaptadas a las piezas a tratar, según las dimensiones de las superficies de contacto, el sentido y la velocidad de deslizamiento, las presiones de contacto y la curvatura de deslizamiento. Por ejemplo, en piezas mecánicas sometidas a presión desde contacto muy elevadas, tales como piezas de los empujadores de válvulas en el campo del automóvil, es necesario realizar profundidades de marcas reducidas del orden de 500 nm.

Se debe observar que la aportación de una capa dura como se ha indicado anteriormente con respecto a una superficie texturizada no revestida, permite entre otros, reducir de forma significativa las averías de las marcas en el curso del tiempo, y por consiguiente mantener los rendimientos tribológicos de las superficies texturadas. Se observa igualmente que, además de una influencia sobre el régimen de lubricación, la texturación permite igualmente bloquear de manera sorprendente la propagación de fisuras procedentes de un despegue localizado del depósito.

La invención se expone a continuación de manera más detallada, con ayuda de las figuras adjuntas, en las que:

- la figura 1 es un gráfico que muestra la evolución de la ganancia aportada por las marcas de la superficie texturada;
- la figura 2 muestra un ejemplo de una superficie texturada por una red de orificios;
- la figura 3 muestra las mediciones de rozamiento obtenidas cuando la presión máxima de contacto se mantiene constante en 2,4 CPa;
- la figura 4 representa tres curvas de rozamiento que muestran la influencia de una micro-texturación a nivel del rozamiento.

Se hace referencia, a continuación, al ejemplo nº 1 de tratamiento:

65 Las piezas tratadas son rodillos con superficie portante esférica de 50 mm de diámetro, de acero X85WCrMoV6-5-4-2 con triboacabado. Estas piezas son dotadas de recubrimiento con un depósito de DLC de $2\mu\text{m}$ de espesor, en el

que se han efectuado orificios (microcavidades de forma circular) mediante impulsos láser de femtosegundos. Las superficies son texturadas por una red de orificios de 79µm de diámetro y 400 nm de profundidad, separadas en 125µm, tal como se ha representado en la figura nº 2. La red está constituida por una sucesión de alineaciones de 7 y 8 orificios, desplazados sobre una banda de anchura de 1 mm dispuesta en el centro de la pista de rozamiento del rodillo.

Estos rodillos son utilizados para ensayos de rozamiento en una máquina llamada "Amsler" (ensayo tribológico de referencia para los técnicos en la materia) bajo presiones de contacto elevadas (de 1 a 3,2 GPa de presión máxima de contacto), velocidades de deslizamiento comprendidas entre 0,2 y 2 m/s, y velocidades reducidas de arrastre de lubricante en el contacto (10% de la velocidad de rozamiento). Cada una de las piezas texturadas ha sido comprobada frente a un rodillo sin revestimiento y sin texturación, con la finalidad de observar la influencia de la texturación sobre el coeficiente de rozamiento en régimen lubricado (aceite motor 10W40), y para estudiar la resistencia en servicio de los revestimientos bajo diferentes presiones de contacto. Un rodillo revestido de DLC pero no texturado, se ha probado igualmente con respecto a un rodillo no revestido y no texturado, para servir de referencia y aislar de manera precisa el efecto de las texturaciones comprobadas con respecto a los rendimientos del contacto.

Con la finalidad de cuantificar la ganancia aportada por la micro-texturación, se han realizado ensayos de rozamiento disminuyendo progresivamente la velocidad de deslizamiento, de manera que se rompa la película de aceite, con una carga aplicada constante.

La realización de ensayos en superficies lisas revestidas, que conducen ya a una ganancia del coeficiente de rozamiento con respecto a las mismas superficies sin depósito de DLC, las superficies dotadas de recubrimiento de DLC con este marcado, bajo una presión de contacto de 2 GPa, han mostrado una ganancia significativa en el coeficiente de rozamiento.

El gráfico de la figura 1 adjunta, presenta la evolución de la ganancia aportada por este marcado particular en el coeficiente de rozamiento (en comparación con un mismo ensayo realizado sin texturación), en función de la velocidad de deslizamiento de los antagonistas dentro de un baño de aceite. Se hace observar que bajo esta presión de contacto de 2 GPa, el coeficiente de rozamiento se puede reducir un 30% por esta razón con respecto a una superficie con un revestimiento no texturado. A título de observación, la realización de un depósito de DLC no texturado permite ya reducir el coeficiente de rozamiento en 15% con respecto a la superficie de acero pulido no tratado.

En esta configuración precisa, la aplicación de un depósito texturado conduce a una reducción de la potencia disipada por el rozamiento de 30 W y permite igualmente reducir el calentamiento de las superficies y del aceite, lo que es favorable para la vida útil de los componentes.

Ejemplo de tratamiento nº 2:

Siguiendo estrictamente el mismo procedimiento que para el ejemplo de tratamiento nº 1, tanto para el revestimiento y la texturación de la pista de rozamiento de los rodillos de la prueba, como por la realización de los ensayos en una máquina Amsler, se ha realizado una segunda serie de ensayos de rozamiento a diferentes presiones de contacto.

La figura nº 3 presenta las mediciones de rozamiento obtenidas cuando la presión máxima de contacto se mantiene constante a 2,4 GPa y para diferentes velocidades de deslizamiento impuestas.

Un primer rodillo con superficie portante esférica ha sido revestido de DLC y, posteriormente, texturado siguiendo la red de microcavidades circulares, tal como se ha descrito en el ejemplo de tratamiento nº 1. La profundidad de las microcavidades ha sido llevada a 5µm, siendo este valor un ejemplo representativo de lo que es utilizado corrientemente por el técnico en la materia (no cubierto por la presente invención). Después del inicio del ensayo por aplicación del esfuerzo normal impuesto en el contacto, la destrucción de las superficies antagonistas por deslaminación del depósito de DLC y bloqueo de las superficies, ha ocurrido después de únicamente 25 segundos. La texturación de la superficie como se practica habitualmente, no está adaptada, por lo tanto, a este contacto elastohidrodinámico.

Los otros tres ensayos realizados a continuación a esta presión de contacto de 2,4 GPa se han presentado en la figura nº 3. Las curvas de rozamiento obtenidas muestran de este modo claramente que la optimización de las dimensiones y, en particular, de la profundidad "d" de las microcavidades para valores fijados ventajosamente en 800 nm, y todavía más ventajosamente en 450 nm, permite obtener una importante reducción del rozamiento generado en el seno del contacto.

En efecto, se trata de dimensionar la profundidad de las microcavidades en función del espesor de la película de aceite que separa las superficies en contacto, calculada por las fórmulas analíticas clásicas de la teoría de la lubricación elastohidrodinámica. Esta profundidad está ventajosamente comprendida entre 0,1 y 10 veces el espesor de la película lubricante calculada teóricamente.

De manera inesperada, la figura nº 3 muestra de este modo claramente que la elección de la profundidad de las cavidades, fijada en 450 nm, permite una reducción sistemática de la energía disipada por rozamiento que va de 15% a 35%, comparativamente con la misma superficie sin micro-texturación.

5 Los ensayos comparativos entre el rodillo con superficie revestida de DLC no texturada y el rodillo con superficie revestida de DLC que presenta la texturación con una profundidad de 450 nm se han continuado posteriormente fijando la presión máxima de contacto en valores más elevados, es decir, 2,6 GPa, 2,8 GPa, 3 GPa, y 3,2 GPa.

10 En el primer ensayo a presión, mantenida constante en 2,6 GPa, la superficie revestida y no texturada del rodillo de referencia ha sido destruida inmediatamente por el depósito de DLC después del bloqueo de las superficies antagonistas. El valor de 2,6 GPa ha sido considerado como el límite de presión de contacto máxima soportada por la superficie de referencia sin texturación.

15 De manera comparativa, el ensayo realizado en las mismas condiciones estrictamente, ha terminado sin averías, con la superficie revestida presentando texturación con una profundidad de 450 nm.

Igualmente, este ensayo se ha reproducido a continuación 3 veces utilizando este rodillo texturado con 450 nm de profundidad y aumentando todavía la presión de contacto mantenida constante en 2,8 GPa la primera vez, 3,0 GPa la segunda vez y 3,2 GPa la tercera vez.

20 De manera inesperada, la superficie de rozamiento de este rodillo que presenta la texturación más ventajosa, no se ha averiado al final de estos ensayos, y se ha llegado a la conclusión, por lo tanto, que la texturación optimizada, siguiendo la presente invención, permite aumentar considerablemente la capacidad de una superficie en soportar la presión de contacto que se aplica a la misma.

25 De manera sorprendente, además de reducir la energía disipada por rozamiento, la invención permite conferir a la superficie una mejor resistencia a la carga y aumenta, por lo tanto sensiblemente, su vida útil.

30 Ejemplo de tratamiento nº 3:

Las piezas tratadas son plaquitas rectangulares planas de dimensiones 30mm x 18mm, de 8 mm de espesor, de acero X85WCrMoV6-5-4-2. Estas piezas son revestidas de un depósito de DLC de 2µm de espesor, en el que se han efectuado orificios (microcavidades de forma circular) por impulsos láser de femtosegundos. Las superficies son texturadas por una red de orificios de 79µm de diámetro, separados en 125µm, tal como se ha mostrado en la figura 2. La red está constituida por una sucesión de alineaciones de orificios desplazadas que cubren la totalidad de la superficie en rozamiento. Dos plaquitas están texturadas según la presente descripción, una con microcavidades con una profundidad de 1200 nm, y la otra con microcavidades con una profundidad de 600 nm. Una tercera plaquita de referencia está revestida por el mismo depósito de DLC estrictamente, pero no está texturada. La influencia de las dos texturaciones de superficie realizadas sobre los rendimientos del contacto se puede, por lo tanto, aislar en comparación con la plaquita dotada de revestimiento y lisa.

45 Estas plaquitas han sido utilizadas a continuación para ensayos de rozamiento sobre una máquina llamada "cilindro/plano". Este dispositivo permite poner en contacto un cilindro de acero X85WCrMoV6-5-4-2 que presenta una pista exterior de rozamiento con un diámetro de 35mm y una anchura de 8mm con una plaquita, tal como se ha definido en el párrafo anterior. El cilindro es impulsado en rotación alrededor de su propio eje. La plaquita es mantenida sobre un montaje que le imprime un movimiento de vaivén horizontal, según la dirección de su dimensión mayor. La línea de contacto establecida entre la superficie exterior del cilindro y la superficie de la plaquita efectúa, por lo tanto, recorridos de vaivén sobre la superficie plana tratada. Un cilindro neumático permite aplicar un esfuerzo normal sobre el montaje que soporta la plaquita y, por lo tanto, generar una importante presión de contacto entre la plaquita y el cilindro en movimiento. Los dos sólidos en contacto están contenidos en una cubeta llena de aceite de motor 10W40, caliente, y con regulación de temperatura.

50 Los ensayos descritos han sido realizados sucesivamente para diferentes esfuerzos constantes aplicados en el contacto, es decir, 40 daN, 80 daN, 120 daN, y después 160 daN, haciendo descender por escalones sucesivos la velocidad de rotación del cilindro de 1000 rpm a 100 rpm (produciendo una velocidad de deslizamiento comprendida respectivamente entre 2m/s y 0,2 m/s). Esta disminución de la velocidad permite reducir, por lo tanto, el grosor de la película de aceite que separa las superficies antagonistas y provocar la transición entre el régimen de lubricación elastohidrodinámico y el régimen mixto.

55 Para la carga normal comprobada y mantenida constante a 160 daN (que induce una presión máxima en el contacto de 700 MPa), las mediciones de rozamiento obtenidas se han indicado en la figura 4.

60 De manera inesperada, por comparación de las curvas de rozamiento de la figura 4, se comprueba que la texturación optimizada, según la presente invención, y ventajosamente de profundidad "d" igual a 600 nm permite,

en este caso, reducir sistemáticamente el coeficiente de rozamiento medido. Esta reducción de la energía disipada por rozamiento alcanza, en este caso, hasta 30% cuando las condiciones de lubricación son las más severas.

5 La aplicación de la texturación de superficie en el marco de la invención que se ha indicado, permite desplazar la transición entre régimen elastohidrodinámico y régimen mixto hacia las condiciones de funcionamiento más severas.

Esta disminución del rozamiento se consigue nuevamente adaptando las dimensiones y, en particular, la profundidad de las microcavidades "d" que debe estar comprendida ventajosamente entre 0,1 y 10 veces el grosor de la película lubricante.

10 Las ventajas de la invención mostrada por estos tres ejemplos resultan de la descripción que se ha realizado y, en particular, se subraya y se recuerda:

- 15 - reducir significativamente el coeficiente de rozamiento en las condiciones de funcionamiento bien definidas favoreciendo el paso a régimen de lubricación elastohidrodinámica;
- aumentar la presión de contacto máxima admisible por la superficie tratada antes de su destrucción;
- limitar las averías del depósito por una limitación de las escamas entre dos periodos de las marcas realizadas y por la evacuación de las partículas del desgaste en dichas cavidades;
- 20 - aumentar la vida útil de las piezas mecánicas, limitando su desgaste.

25 La invención encuentra aplicación particularmente ventajosa en el marco de una lubricación en régimen elastohidrodinámico de piezas en rozamiento fuertemente cargadas (presiones de contacto superiores a 0,2 MPa, superiores a 0,5 MPa, superiores a 0,8 MPa), en especial en el sector del automóvil, y más particularmente para la realización de componentes de motores, en especial, para el accionamiento de válvulas, tales como lengüetas o empujadores en el sector de vehículos de turismo o de competición.

30 La invención encuentra igualmente aplicación ventajosa en el marco de la lubricación en régimen elastohidrodinámico de piezas en rozamiento fuertemente cargadas de transmisiones de potencia, en especial, para el tratamiento de los dentados de engranajes, que se aplican en especial en las cajas de marchas para vehículos de turismo o de competición.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Pieza de rozamiento en medio lubricado que trabaja a presiones de contacto superiores a 200 MPa y cuya superficie está texturada y sometida, antes o después de texturación, a un tratamiento de endurecimiento superficial con función tribológica, caracterizada porque dicha superficie presenta una red periódica de cavidades micrométricas, cuya longitud mayor está comprendida entre 5 y 500µm, y cuyo periodo es inferior a la mitad de la anchura de contacto, y la profundidad de dichas cavidades es inferior o igual a 3µm, con la finalidad de favorecer el paso a régimen de lubricación elastohidrodinámica.
- 10 2. Pieza, según la reivindicación 1, caracterizada porque las cavidades micrométricas están constituidas por orificios y/o ranuras.
- 15 3. Pieza, según la reivindicación 1, caracterizada porque la profundidad de las cavidades es inferior o igual a 1µm.
4. Pieza, según la reivindicación 1, caracterizada porque la red periódica de las cavidades es obtenida por un procedimiento de mecanización por impulsos láser en femtosegundos.
- 20 5. Pieza, según la reivindicación 1, caracterizada porque la red periódica de las cavidades es obtenida por micro-mecanización.
6. Pieza, según la reivindicación 1, caracterizada porque la red periódica de las cavidades es obtenida por deformación plástica de las superficies.
- 25 7. Pieza, según la reivindicación 1, caracterizada porque la red periódica de las cavidades es obtenida por ataque químico o por electroerosión.
8. Pieza, según la reivindicación 1, caracterizada porque la red periódica de las cavidades es obtenida por el procedimiento de mecanización por haz de iones.
- 30 9. Pieza, según la reivindicación 1, caracterizada porque el tratamiento de endurecimiento superficial es obtenido por depósito de una capa delgada de carbono amorfo (DLC).
- 35 10. Utilización de las piezas, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el sector del automóvil, y en especial de los motores y de las cajas de velocidades.
11. Utilización, según la reivindicación 10, para la realización de tratamientos sobre componentes de accionamiento de válvulas, en especial del tipo de lengüetas o de empujadores.
- 40 12. Utilización, según la reivindicación 10, para la realización de tratamiento sobre componentes de transmisión de potencia, en especial del tipo de dentados de engranajes.
- 45 13. Utilización, según las reivindicaciones 1 a 12, en piezas sometidas durante la totalidad o parte de su funcionamiento a presiones máximas de contacto, superiores a 0,5 GPa, utilizando ventajosamente microcavidades con profundidad inferior a 1µm.
- 50 14. Utilización, según las reivindicaciones 1 a 12, en piezas sometidas durante la totalidad o parte de su funcionamiento a presiones máximas de contacto, superiores a 0,8 GPa, utilizando ventajosamente microcavidades con profundidad inferior a 1µm.
15. Utilización, según las reivindicaciones 1 a 14, fijando la profundidad de las microcavidades entre 0,1 y 10 veces el grosor de la película de lubricante que separa las superficies de contacto.

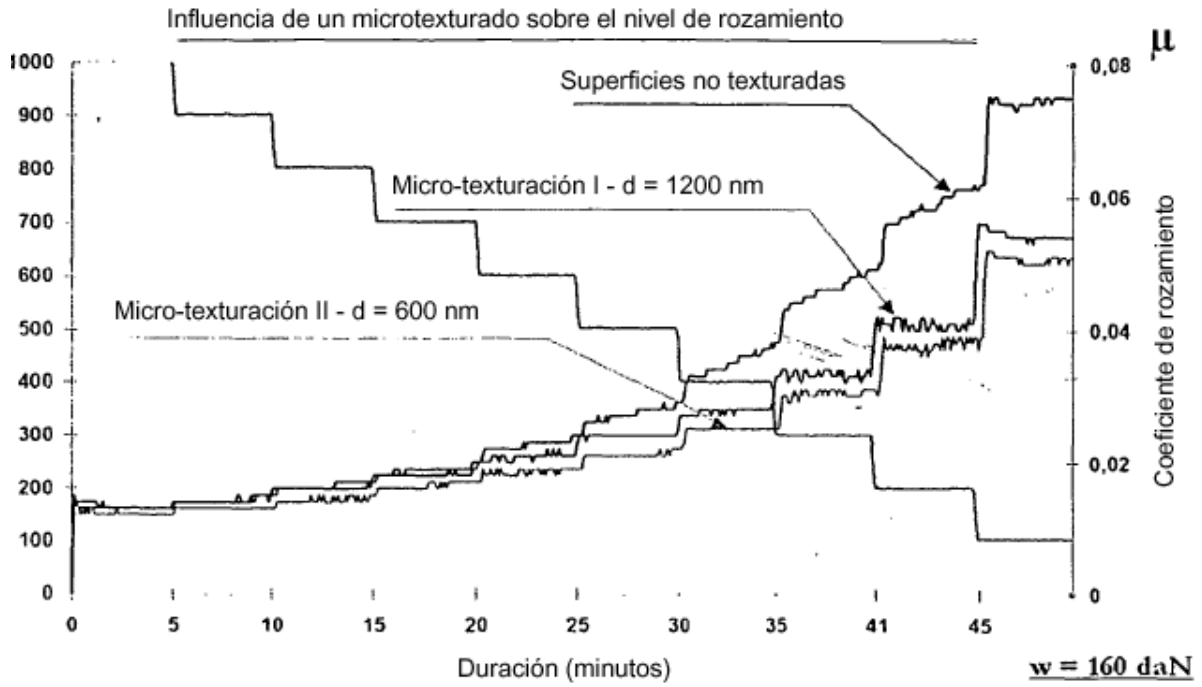
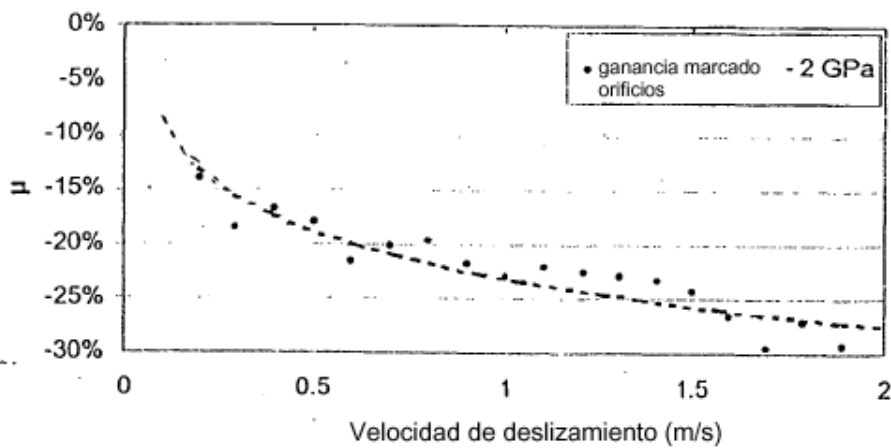


FIG. 4

FIG.1



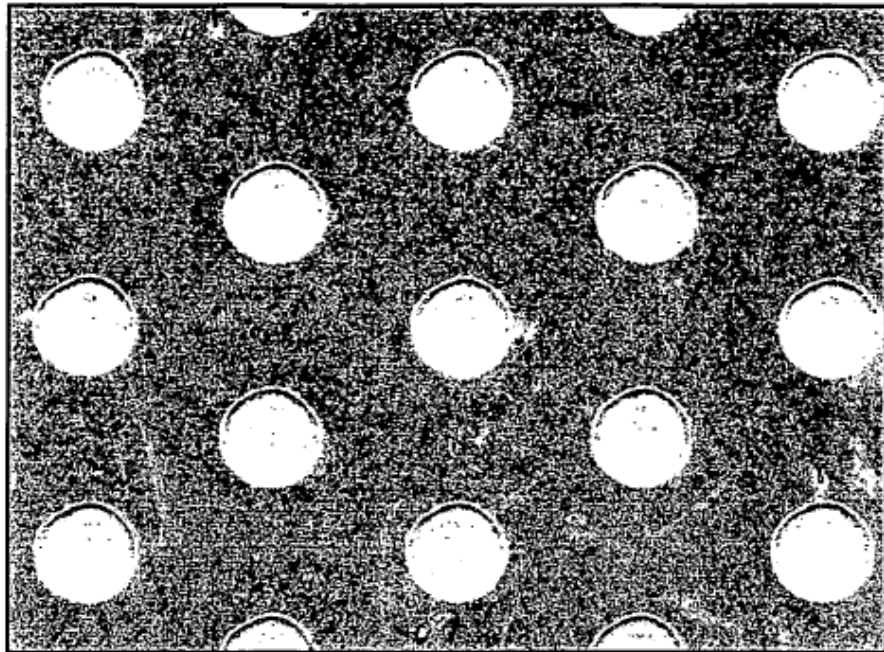


FIG. 2

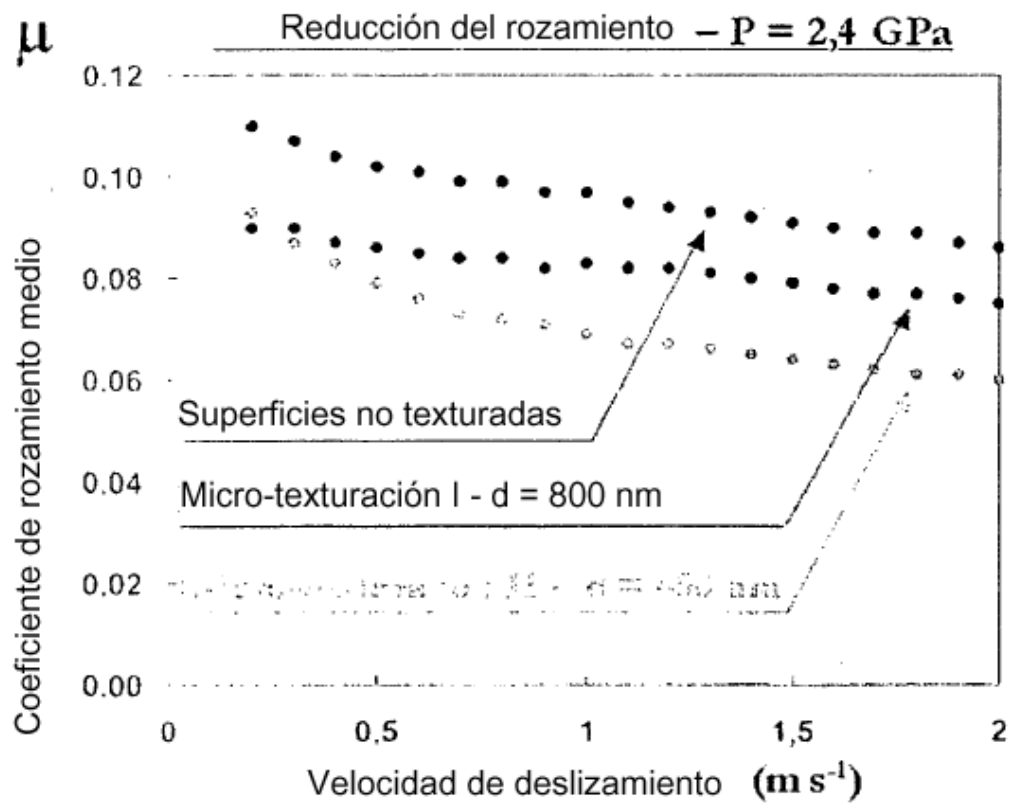


FIG 3