República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 0717129-3 A2

* B R P I 0 7 1 7 1 2 9 A 2 *

(62) Data de Depósito do Pedido Original:
PI0109685 - 23/03/2001
(22) Data de Depósito: 19/10/2007
(43) Data da Publicação: 08/10/2013
(RPI 2231)

(51) Int.Cl.:
B23K 26/06
B23K 26/00
C23C 14/06
F01L 1/047
F01L 1/16
F16C 33/10

(54) Título: PEÇA DE ATRITO EM MEIO LUBRIFICADO E UTILIZAÇÃO DESTA

(30) Prioridade Unionista: 20/10/2006 FR 0654414

(73) Titular(es): Centre National de La Recherche Scientifique, Ecole Centrale de Lyon, H.E.F., Universite Jean Monnet

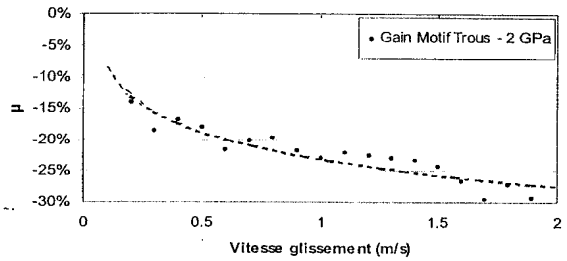
(72) Inventor(es): Christophe Donnet, Denis Mazuyer, Eric Audouard, Florent Ledrappier, Louis Mourier, Philippe Maurin-Perrier

(74) Procurador(es): Ana Cristina Müller Wegmann

(86) Pedido Internacional: PCT FR2007052204 de 19/10/2007

(87) Publicação Internacional: WO 2008/047062de 24/04/2008

(57) Resumo: "SISTEMA E MÉTODO DE FUMO ELÉTRICO". Um sistema de fumo elétrico (21) compreendendo um cigarro (23) e um acendedor elétrico (25), no qual o cigarro (23) compreende uma superfície fosca de tabaco tubular (66) parcialmente cheia com material de tabaco (80) de modo a definir uma porção de barra de tabaco cheia (60) e uma porção de barra de tabaco vaga (90). O cigarro (23) e o acendedor (25) são mutuamente dispostos de modo que quando o cigarro (23) é recebido no acendedor (25), o elemento do aquecedor elétrico (37) do acendedor (25) pelo menos parcialmente sobrepõe pelo menos uma porção da porção da barra de tabaco cheia (60). O cigarro (23) e o acendedor (25) são também mutuamente dispostos de modo que quando o cigarro (23) é recebido no acondedor (25), a extremidade livre (15) do cigarro (23) fica fechada. O cigarro (23) inclui uma zona de perfurações (12,14) em uma localização ao longo da porção da barra de tabaco cheia (60), com o cigarro sendo isento de perfurações ao longo da porção da barra de tabaco vaga (90).



PEÇA DE ATRITO EM MEIO LUBRIFICADO E UTILIZAÇÃO DESTA

A invenção se refere ao campo técnico da tribologia em meio lubrificado.

Mais particularmente, a invenção se refere aos revestimentos e aos tratamentos de superfície destinados a reduzir o desgaste e a minimizar a transmissão dos esforços tangenciais.

Numerosas soluções técnicas foram propostas para melhorar os desempenhos tribológicos de peças mecânicas. Distinguem-se essencialmente os tratamentos tradicionais de endurecimento superficial e os depósitos de camadas finas e duras obtidas por diferentes processos, tais como o processo PVD (*Physical Vapor Deposition*) ou o processo PACVD (*Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition*).

Dentre os depósitos de camadas finas e duras, podem ser citados os depósitos de nitretos de metais de transição (TiN, CrN, TiAlN, ...), os revestimentos de carbono amorfo (DLC)... Por razões técnicas, mas também mecânicas, sobressai que esses depósitos de revestimento de superfície não excedem geralmente 5 µm. Além dessa espessura, podem aparecer riscos de fragilização do depósito e de escamamento. Também é importante obter uma perfeita aderência e uma manutenção no tempo da camada fina. Assim, o técnico reivindica estados de superfícies muito pouco acidentadas, com uma rugosidade (Ra) da ordem de 0,04 µm.

Sobressai, portanto, do estado da técnica que os desempenhos tribológicos dos tratamentos de superfícies e dos depósitos sob vácuo só são assegurados à condição de ter superfícies de pouca rugosidade.

Pode-se citar, por exemplo, o ensinamento da patente US 6886521 que apresenta um valor máximo do parâmetro de rugosidade de superfície (Rz), em função da dureza do depósito de DLC e da espessura deste.

No campo da tribologia, numerosos estudos foram feitos sobre a influência da topografia das superfícies em contato sobre o estabelecimento de um regime de lubrificação hidrodinâmica. Assim é que se propôs a realização de uma texturização de mancais ou de batentes, a fim de favorecer a separação de superfícies por uma sustentação do lubrificante melhorada. Pode-se citar, por exemplo, o ensinamento dos documentos US 5.952.080 e WO2004/063533.

Todavia, o dimensionamento da topografia das superfícies não é evidente, de modo que essa solução não é compatível com condições de contato rigorosas, assim como no caso de peças de atrito muito carregadas, isto é, cujas pressões de contato levam ao funcionamento em regime dito elasto-hidrodinâmico. Com efeito, essa texturização, que chega a efetuar uma gravação de motivos sobre a superfície em contato, acarreta uma diminuição significativa da superfície de sustentação, de modo que uma texturização não apropriada leva infalivelmente a uma queda de pressão da

película de óleo e a um dano das superfícies, o que vai ao encontro da finalidade buscada.

Resulta daí que o princípio da texturização de superfície é aplicado pelo técnico apenas no caso de peças de atritos ligeiramente carregadas em meio lubrificado.

A partir da análise desse estado da técnica, um dos problemas que se propõe a resolver a invenção é de poder aplicar o princípio da texturização de uma superfície de atrito a fim de prolongar a existência de um regime de lubrificação elasto-hidrodinâmica entre peças atritantes em meio lubrificado e muito carregadas, isto é, trabalhando sob pressões de contato, por exemplo, superiores a 200 MPa.

Com efeito, além de um certo limiar de pressão de contato, o aumento exponencial da viscosidade do lubrificante (várias ordens de grandeza) muda radicalmente seu comportamento físico. O lubrificante muda, então, de estado, para se comportar de forma mais próxima daquela de um sólido do que de um fluido. A separação completa das superfícies de contato é, então, permitida pela deformação elástica das superfícies antagônicas sob a ação do lubrificante tornado extremamente viscoso. Situa-se, então, no regime dito elasto-hidrodinâmico. O comportamento físico do lubrificante e das superfícies antagônicas sendo fundamentalmente diferente em regime elasto-hidrodinâmico, compreender-se-á assim que a otimização de uma texturização de superfície para o contato se efetua muito diferentemente do que para o caso das outras interfaces lubrificadas.

A originalidade da presente invenção consiste assim na otimização conseguida, em termos de atrito e de desgaste, de uma texturização de superfície para os contatos que funcionam pelo menos parcialmente em regime elasto-hidrodinâmico.

Para resolver esse problema, a superfície em contato é submetida a operações aptas a realizarem uma rede periódica de cavidades micrométricas de formas e dimensões determinadas e cujo período é adaptado à largura de superfície em contato, a fim de favorecer a passagem em regime de lubrificação elasto-hidrodinâmico.

De acordo com outras características, as cavidades micrométricas são constituídas, vantajosamente, mas não limitativamente, por orifícios e/ou ranhuras. A profundidade das cavidades é inferior ou igual a 10 μm, e vantajosamente, inferior a 3 μm e inferior a 1 μm. O comprimento maior dessas cavidades está compreendido entre 5 e 500 μm.

Para resolver o problema apresentado para se obter uma superfície texturizada, segundo as características da invenção, a rede periódica das cavidades é obtida notadamente por um processo de usinagem por impulsos laser femto-segundo ou bem por feixe de íons, ou por microusinagem, ou por deformação plástica ou por ataque químico, ou por eletroerosão.

Vantajosamente, a peça de atrito, cuja superfície é texturizada, é submetida, antes ou depois da texturização, a um tratamento de endurecimento superficial com função tribológica. Esse tratamento é vantajosamente obtida por depósito de uma camada fina de carbono amorfo (DLC), a fim de limitar o dano das superfícies e diminuir o coeficiente de atrito, antes da passagem em lubrificação elasto-hidrodinâmica das peças atritantes muito carregadas.

Conforme indicado, a texturização de superfície atritante pode ser obtida segundo diferentes processos. Os impulsos por laser femto-segundo permitem uma retirada de matéria por sublimação, sem modificação significativa da microestrutura. Deve ser observado, todavia, que as técnicas de microusinagem (litografia, micro-erosão) ou de deformação plástica de superfície (recartilhamento, micropercussão) ou eletroquímicas (ataques químicos, eletroerosão) permitem conseguir resultados similares. Os motivos periódicos realizados sobre as superfícies texturizadas constituem cavidades que podem ser definidas, segundo os seguintes quatro parâmetros:

- a forma no plano da superfície (circular, elíptica, quadrada, triangular, ranhura, etc);
- o perfil na espessura da matéria (cilindro, semi-esfera, cone, etc);
- as dimensões (diâmetro, largura, profundidade, etc);
- o período considerado em todas as direções, e em relação à direção de atrito de superfície.

A profundidade das cavidades é vantajosamente inferior a 3 µm, a fim de limitar o dano das camadas finas e de maximizar sua influência sobre o regime de lubrificação, com um resultado ótimo constatado por motivos em torno de 500 nm mais ou menos 250 nm de profundidade. Lembra-se que as peças texturizadas, de acordo com a invenção, podem ser tratadas antes ou depois da texturização por tratamentos termoquímicos tradicionais (cementação, carbonitreturação, e outros tratamentos de difusão ou de conversão) ou dos depósitos sob vácuo obtidos pelos processos PVD (*Physical Vapour Deposition*) ou PACVD (*Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition*), tais como nitretos ou carbonetos de metais de transição ou dos depósitos de carbono amorfo (DLC).

As diferentes dimensões e orientações dos motivos são adaptadas às peças a tratar, segundo as dimensões das superfícies de contato, o sentido e a velocidade de deslizamento, as pressões de contato e a curvatura das peças tratadas. Por exemplo, sobre peças mecânicas, submetidas a pressões de contato muito elevadas, tais como as peças de agitação no setor automobilístico, é necessário realizar profundidades de motivos pequenos de aproximadamente 500 nm.

Deve ser observado que o fornecimento de uma camada dura, conforme indicado anteriormente, em relação a uma superfície texturizada não revestida, permite entre outros reduzir, de maneira significativa, o dano dos motivos no decorrer do tempo e, por conseguinte, manter os desempenhos

tribológicos das superfícies texturizadas. Observa-se também que, além de uma influência sobre o regime de lubrificação, a texturização permite também bloquear, de maneira surpreendente, a propagação de fissuras oriundas de uma descolagem localizada do depósito.

A invenção é exposta mais detalhadamente com o auxílio das figuras anexadas, nas quais:

- a figura 1 é um gráfico, mostrando a evolução do ganho fornecido pelos motivos da superfície texturizada;
- a figura 2 mostra um exemplo de uma superfície texturizada por uma rede de orifícios;
- a figura 3 mostra as medidas de atrito obtidas, quando a pressão máxima de contato é mantida constante em 2,4 GPa;
- a figura 4 representa três curvas de atrito, mostrando a influência de uma microtexturização sobre o nível de atrito.

Remete-se ao exemplo nº 1 de tratamento a seguir:

As peças tratadas são rodetes com abaulamento esférico de 50 mm de diâmetro, em aço X85WCrMoV6-5-4-2 triboacabados. Essas peças foram revestidas de um depósito de DLC de 2 µm de espessura, no qual orifícios (microcavidades de forma circular) foram abertos por impulsos laser femto-segundo. As superfícies são texturizadas por uma rede de orifícios de 79 µm de diâmetro e de 400 nm de profundidade, espaçados de 125 µm, tal como

representado na figura 2. A rede é constituída de uma sucessão de fileira 7 e de 8 orifícios defasados, em uma faixa de largura de 1 mm disposta no centro da pista de atrito do rodete.

Esses rodetes são utilizados para testes de atrito sobre uma máquina dita "Amsler" (teste tribológico de referência para o técnico), sob pressões de contato elevadas (de 1 a 3,2 GPa de pressão máxima de contato), velocidades de deslizamento que vão de 0,2 a 2 m/s, e de baixas velocidades de arrastamento do lubrificante no contato (10% da velocidade de deslizamento). Cada peça texturizada foi testada face a um rodete não revestido e não texturizado, a fim de observar a influência da texturização sobre o coeficiente de atrito em regime lubrificado (óleo motor 10W40), e para estudar a manutenção em serviço dos revestimentos sob diferentes pressões de contato. Um rodete revestido de DLC, mas não texturizado foi também testado face a um rodete não revestido e não texturizado, para servir de referência, e isolar precisamente o efeito das texturações testadas sobre os desempenhos do contato.

A fim de quantificar o ganho fornecido pela microtexturização, testes de atrito foram feitos, diminuindo-se progressivamente a velocidade de deslizamento, de maneira a romper a película de óleo, com carga aplicada constante.

A realização de testes sobre superfícies lisas revestidas, levando a um ganho sobre o coeficiente de atrito em relação às mesmas superfícies, mas sem depósito de DLC, as superfícies revestidas de DLC com esse motivo sob uma pressão de contato de 2 GPa revelaram um ganho significativo sobre o coeficiente de atrito.

O gráfico na figura 1 em anexo apresenta a evolução do ganho fornecido por esse motivo particular sobre o coeficiente de atrito (em comparação com o mesmo teste feito sem texturização), em função da velocidade de deslizamento dos antagônicos em um banho de óleo. Observa-se que sob essa pressão de contato de 2 GPa, o coeficiente de atrito pode ser reduzido de 30% por esse motivo em relação a uma superfície revestida não texturizada. A título de observação, a realização de um depósito de DLC não texturizado permite reduzir o coeficiente de atrito de 15% em relação a uma superfície em aço poli não tratado.

Nessa configuração precisa, a aplicação de um depósito texturizado leva a uma redução da potência dissipada pelo atrito de 30 W e permite também reduzir o aquecimento das superfícies e do óleo, o que é favorável à durabilidade dos componentes.

Exemplo de tratamento nº 2:

Seguindo estritamente o mesmo procedimento que para o exemplo de tratamento nº 1, independentemente de ser para o revestimento e a texturização da pista de atrito dos

rodetes de teste, como para a realização dos testes sobre máquina Amsler, uma segunda série de testes de atrito foi realizada com diferentes pressões de contato.

A figura 3 apresenta as medidas de atrito obtidas, quando a pressão máxima de contato é mantida constante em 2,4 GPa, e para diferentes velocidades de deslizamento impostas.

Um primeiro rodete com abaulamento esférico foi revestido com DLC, depois texturizado, seguindo a rede de microcavidades circulares, tal como descrito no exemplo de tratamento nº 1. A profundidade das microcavidades foi feita com 5 µm, esse valor sendo um exemplo que representa o que é comumente utilizado pelo técnico. Após acionamento do teste com aplicação do esforço normal imposto ao contato, a destruição das superfícies antagônicas por deslaminação do depósito de DLC e engripamento das superfícies interveio após somente 25 segundos. A texturização de superfície como é praticada usualmente não é, portanto, adaptada a esse contato elasto-hidrodinâmico.

Os três outros testes feitos em seguida a essa pressão de contato de 2,4 GPa são apresentados na figura 3. As curvas de atrito obtidas mostram assim claramente que a otimização das dimensões, e, em particular, da profundidade "d" das microcavidades para valores fixados vantajosamente em 800 nm, e ainda mais vantajosamente a 450 nm, permite conseguir uma importante redução do atrito gerado no meio do contato.

Trata-se, com efeito, de dimensionar a profundidade das microcavidades em função da espessura da película de óleo que separa as superfícies de contato, calculada pelas fórmulas analíticas clássicas da teoria da lubrificação elasto-hidrodinâmico. Essa profundidade está vantajosamente compreendida entre 0,1 e 10 vezes a espessura de película de lubrificação calculada teoricamente.

De maneira inesperada, a figura 3 mostra assim claramente que a escolha da profundidade das cavidades fixada em 450 nm permite uma redução sistemática da energia dissipada por atrito, indo de 15% a 35%, comparativamente à mesma superfície sem microtexturização.

Os testes comparativos entre o rodete com superfície revestida com DLC, que apresenta a texturização de profundidade de 450 nm são, em seguida, prosseguidos, fixando-se a pressão máxima de contato em valores mais elevados, seja 2,6 GPa, 2,8 GPa, 3 GPa e 3,2 GPa.

Quando do primeiro teste com pressão mantida constante em 2,6 GPa, a superfície revestida e não texturizada do rodete de referência é destruída imediatamente, por deslaminação do depósito de DLC, depois engripamento das superfícies antagônicas. O valor de 2,6 GPa é assim retido como o limite de pressão de contato máxima suportada pela superfície de referência sem texturização.

Comparativamente, o teste feito nas mesmas condições estritamente é feito em seu prazo sem dano, com a

superfície revestida e apresentando a texturização de profundidade de 450 nm.

Da mesma forma, esse teste é, em seguida, reproduzido três vezes, utilizando esse rodete texturizado em 450 nm de profundidade, e aumentando ainda a pressão de contato mantida constante a 2,8 GPa a primeira vez, 3,0 GPa a segunda vez e 3,2 GPa a terceira vez.

De maneira inesperada, a superfície atritante desse rodete, apresentando a texturização a mais vantajosa não é danificada no fim dessa série de teste, e conclui-se daí assim que a texturização otimizada, seguindo nossa invenção, permite aumentar consideravelmente a capacidade de uma superfície para suportar a pressão de contato que lhe é aplicada.

Surpreendentemente, além de reduzir a energia dissipada por atrito, a invenção permite assim conferir à superfície melhor resistência à carga, e aumenta assim sensivelmente sua duração de vida.

Exemplo de tratamento nº 3:

As peças tratadas são plaquetas retangulares e planas de dimensões 30 mm x 18 mm, de 8 mm de espessura, em aço X85WCrMoV6-5-4-2. Essas peças são revestidas com um depósito de DLC de 2 µm de espessura, no qual orifícios (microcavidades de forma circular) foram abertos por impulsos laser femto-segundo. As superfícies são

texturizadas por uma rede de orifícios de 79 µm de diâmetro, espaçados de 125 µm, tal como representado na figura 2. A rede é constituída de uma sucessão de fileiras orifícios defasados, abrangendo a totalidade da superfície atritante. Duas plaquetas são texturizadas, segundo essa descrição, uma com microcavidades de profundidade 1200 nm, a outra com microcavidades de profundidade de 600 nm. Uma terceira placa de referência é revestida do mesmo depósito de DLC estritamente, mas não é texturizada. A influência das duas texturações de superfície realizadas sobre os desempenhos do contato pode assim ser isolada por comparação com a plaqueta revestida e lisa.

Essas plaquetas são, em seguida, utilizadas para testes de atrito sobre uma máquina dita "cilindro/plano". Esse dispositivo permite colocar em contato um cilindro em aço X85WCrMoV6-5-4-2, apresentando uma pista externa de atrito de diâmetro de 35 mm, e de largura 8 mm, com uma plaqueta, tal como definida no parágrafo precedente. O cilindro é acionado em rotação em torno de seu eixo próprio. A plaqueta é mantida sobre uma montagem, imprimindo-lhe um movimento de vaivém horizontal, segundo a direção de sua maior dimensão. A linha do contato estabelecido entre a superfície externa do cilindro e a superfície da plaqueta efetua assim idas e vindas sobre a superfície plana tratada. Um macaco pneumático permite aplicar um esforço normal sobre a montagem que suporta a plaqueta, e assim gerar uma importante pressão de contato entre a plaqueta e o cilindro em movimento. Os dois sólidos

em contato são contidos em um reservatório cheio de óleo motor 10W40, aquecida, e regulada em temperatura.

Os testes descritos são realizados sucessivamente para diferentes esforços constantes aplicados em contato, seja 40 daN, 80 daN, 120 daN, depois 160 daN, fazendo descer por graus sucessivos a velocidade de rotação do cilindro de 1000 rpm a 100 rpm (dando uma velocidade de deslizamento compreendida respectivamente entre 2 m/s e 0,2 m/s). Essa descida em velocidade permite assim reduzir a espessura da película de óleo que separa as superfícies antagônicas, e provocar a transição entre o regime de lubrificação elasto-hidrodinâmico, e o regime misto.

Para a carga normal testada e mantida constante a 160 daN (induzindo uma pressão máxima em contato com 700 MPa), as medidas de atrito obtidas são reportadas na figura 4.

De forma inesperada, por comparação das três curvas de atrito da figura 4, constata-se que a texturização otimizada, segundo nossa invenção, e vantajosamente de profundidade "d" igual a 600 nm permite no caso reduzir sistematicamente o coeficiente de atrito medido. Essa redução da energia dissipada por atrito atinge no caso até 30%, quando as condições de lubrificação são as mais severas.

A aplicação da texturização de superfície no âmbito da invenção apresentada no caso permite defasar a transição

entre regime elasto-hidrodinâmico e regime misto em direção às condições de funcionamento mais severas.

Essa diminuição do atrito é de novo conseguida, adaptando-se as dimensões e, em particular, a profundidade das microcavidades "d", que deve estar vantajosamente compreendida entre 0,1 e 10 vezes a espessura da película lubrificante.

As vantagens da invenção ilustrada por esses três exemplos sobressaem da descrição feita e, em particular, sublinha-se e lembra-se:

- reduzir significativamente o coeficiente de atrito em condições de funcionamento bem definidas, favorecendo a passagem em regime de lubrificação elasto-hidrodinâmica;
- aumentar a pressão de contato máximo admissível pela superfície tratada, antes de sua destruição;
- limitar o dano do depósito por um confinamento das escamas entre dois períodos do motivo realizado, e por uma evacuação das partículas de desgaste nas cavidades;
- aumentar a durabilidade das peças mecânicas, limitando seu desgaste.

A invenção encontra uma aplicação vantajosa no âmbito de uma lubrificação em regime elasto-hidrodinâmica de peças atritantes muito carregadas (pressões de contato superiores a 0,2 MPa, superiores a 0,5 MPa, superiores a 0,8 MPa), notadamente no campo automobilístico e mais particularmente para a realização de componentes de motores, notadamente de

agitação, tais como lingüetas ou botões no setor de veículos de lazer ou de competição.

A invenção encontra também uma aplicação vantajosa no âmbito da lubrificação em regime elasto-hidrodinâmica de peças atritantes muito carregadas de transmissão de potência, notadamente para o tratamento de conjuntos dentados de engrenagens, que intervêm notadamente nas caixas de marcha para veículos de lazer ou de competição.

REIVINDICAÇÕES

1. Peça de atrito em meio lubrificado, trabalhando sob pressões de contato superiores a 200 MPa e cuja superfície é texturizada e submetida, antes ou depois da texturização, a um tratamento de endurecimento superficial com função tribológica,
caracterizada pelo fato de essa superfície ser submetida a operações aptas a realizar uma rede periódica de cavidades micrométricas de formas e dimensões determinadas e cujo período é adaptado à largura de superfície em contato, a fim de favorecer a passagem em regime de lubrificação elasto-hidrodinâmica.

2. Peça de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de as cavidades micrométricas serem constituídas por orifícios e/ou ranhuras.

3. Peça de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 e 2, caracterizada pelo fato de o comprimento maior dessas cavidades estar compreendido entre 5 e 500 µm.

4. Peça de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de a profundidade das cavidades ser inferior ou igual a 10 µm.

5. Peça de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de a profundidade das cavidades ser inferior ou igual a 3 µm.

6. Peça de acordo com a reivindicação 4, caracterizada pelo fato de a profundidade das cavidades ser inferior ou igual a 1 μm.

7. Peça de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de a rede periódica das cavidades ser obtida por um processo de usinagem por impulsos laser femto-segundo.

8. Peça de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de a rede periódica de cavidades ser obtida por micro-usinagem.

9. Peça de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de a rede periódica das cavidades ser obtida por deformação plástica das superfícies.

10. Peça de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de a rede periódica das cavidades ser obtida por ataque químico ou eletroerosão.

11. Peça de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de a rede periódica das cavidades ser obtida por processo de usinagem por feixe de íons.

12. Peça, de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de o tratamento de endurecimento superficial ser obtido por depósito de uma camada fina de carbono.

13. Peça de acordo com as reivindicações 1 a 12, caracterizada pelo fato de o período das cavidades ser inferior à metade da largura de contato, e a profundidade estar vantajosamente compreendida entre 0,1 e 10 vezes a espessura da película lubrificante que separa as superfícies de contato.

14. Utilização das peças de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizada pelo fato de ocorrer no campo automobilístico e sobretudo dos motores e das caixas de mudança de marcha.

15. Utilização de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de servir para a realização de tratamentos sobre compostos de agitação, notadamente de tipo lingüetas ou de tipo botões.

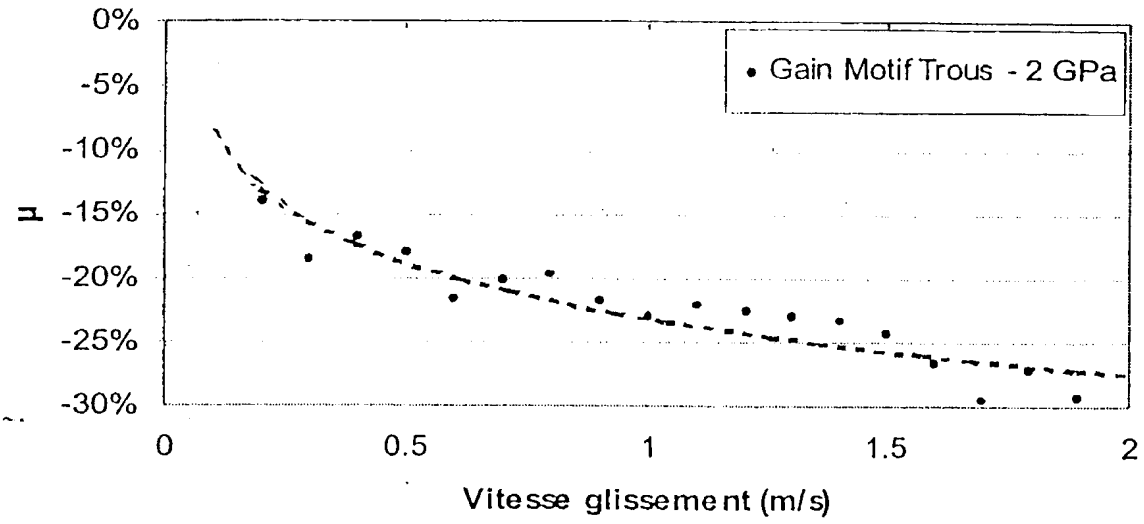
16. Utilização de acordo com a reivindicação 14, caracterizada pelo fato de servir para a realização de tratamento sobre componentes de transmissão de potência, notadamente de tipo conjuntos dentados de engrenagens.

17. Utilização de acordo com as reivindicações 1 a 16, caracterizada pelo fato de ser feita sobre peças submetidas durante o total ou parte de seu funcionamento a pressões máximas de contato superiores a 0,5 GPa, utilizando vantajosamente microcavidades à profundidade inferior a 1 µm.

18. Utilização de acordo com as reivindicações 1 a 16, caracterizada pelo fato de ser feita sobre peças durante o total ou parte de seu funcionamento a pressões máximas de contato superiores a 0,8, GPa utilizando vantajosamente microcavidades à profundidade inferior a 1 μm.

19. Utilização de acordo com as reivindicações 1 a 18, caracterizada pelo fato de ser feita, fixando-se a profundidade das microcavidades entre 0,1 e 10 vezes a espessura da película de lubrificante, que separa as superfícies de contato.

FIGURA 1



Ganho com motivos de orifício - 2 GPa

Velocidade de deslizamento (m/s)

FIGURA 2

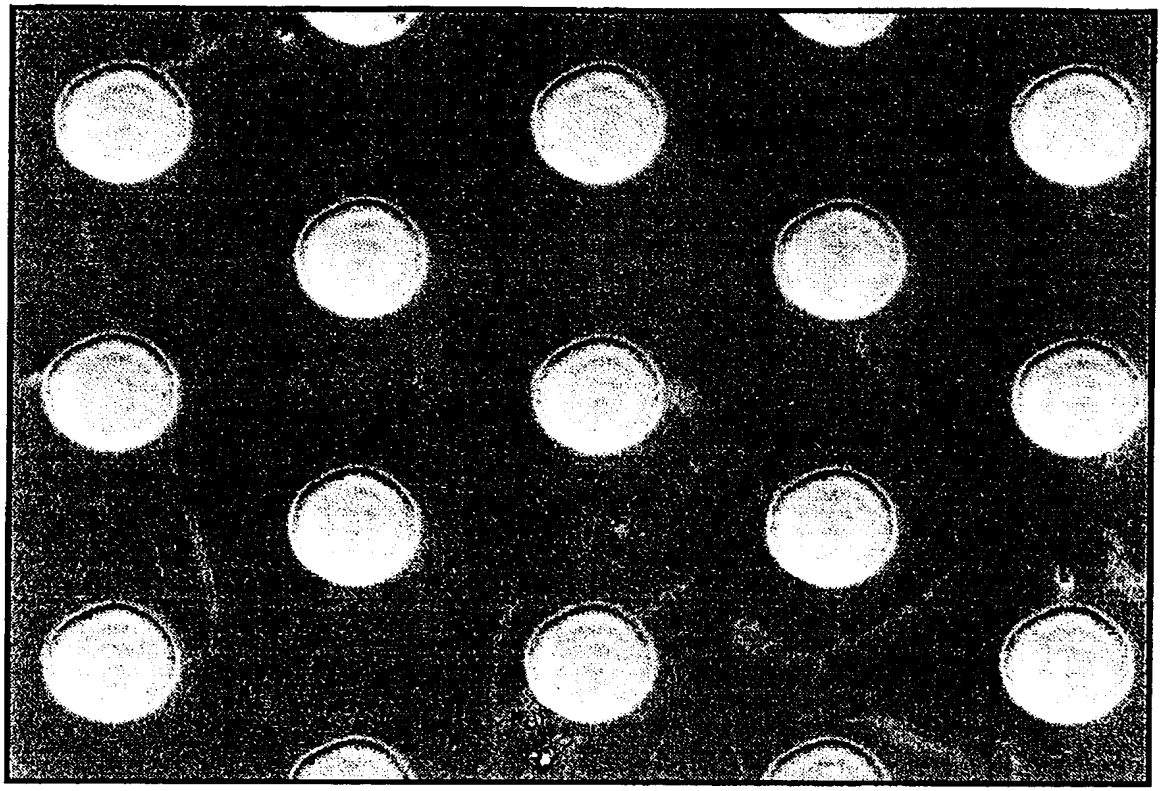


FIGURA 3

Redução do atrito - P = 2,4 GPa
Coeficiente de atrito médio
Superfícies não texturizadas
Micro-texturização I - d = 800 nm
Micro-texturização II - d = 450 nm
Velocidade de deslizamento (m s^{-1})

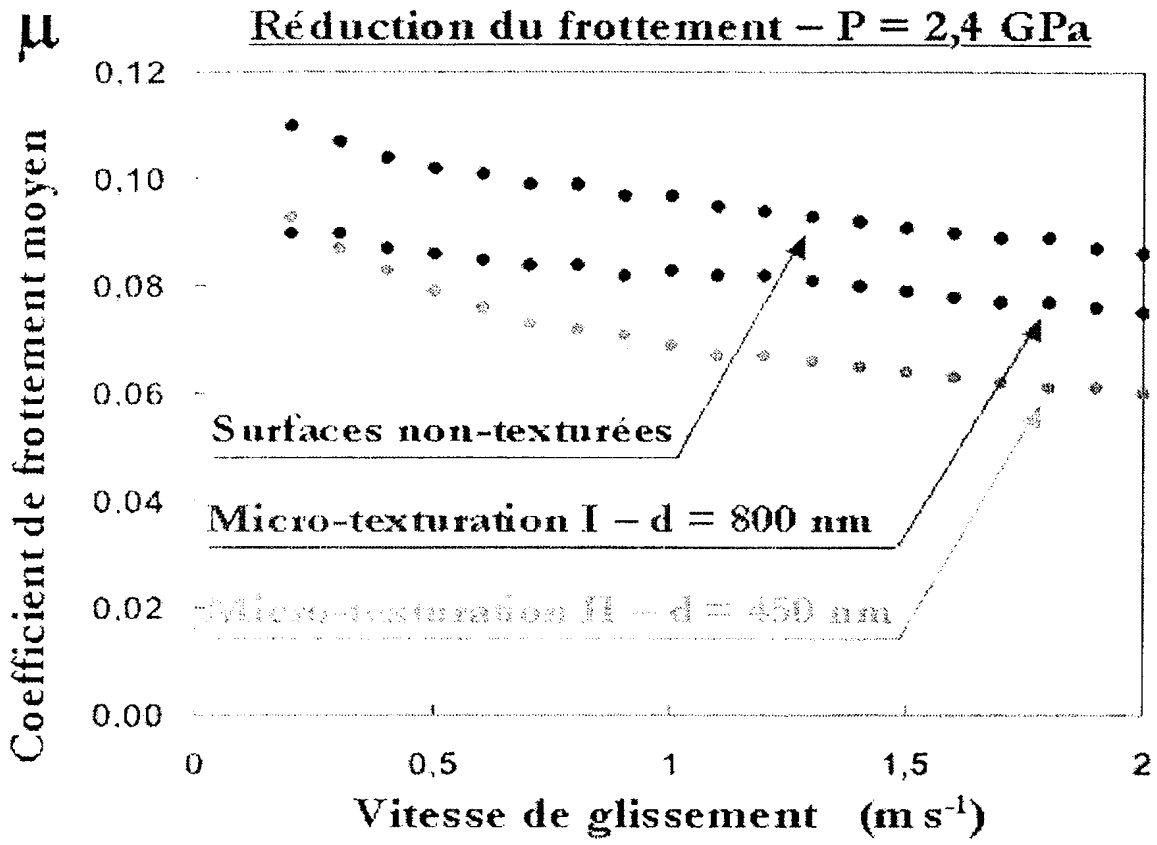
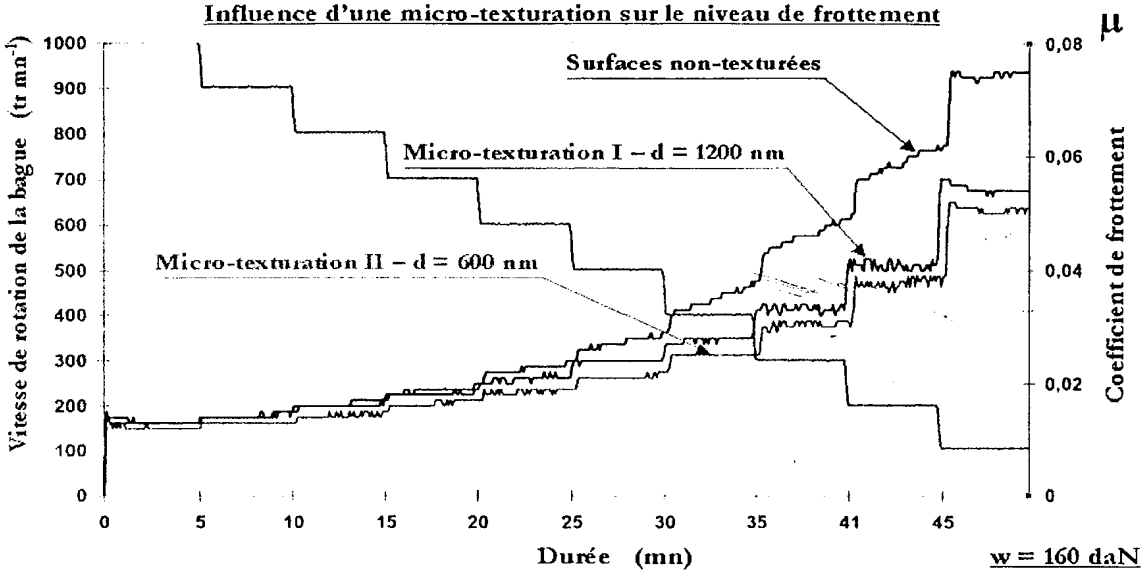


FIGURA 4

Influência de uma micro-texturização sobre o nível de atrito

Superfícies não texturizadas
Micro-texturização I - d = 1200 nm
Micro-texturização II - d = 600 nm
Velocidade de rotação do anel (rpm)
Coeficiente de atrito
Duração (min)



RESUMO

PEÇA DE ATRITO EM MEIO LUBRIFICADO E UTILIZAÇÃO DESTA

A invenção refere-se a uma peça de atrito em meio lubrificado, trabalhando a pressões de contato superiores a 200 MPa. Essa superfície é submetida a operações aptas a realizarem uma rede periódica de cavidades micrométricas de formas e dimensões determinadas e cujo período é adaptado à largura de superfície em contato, a fim de favorecer a passagem em regime de lubrificação elasto-hidrodinâmica.