



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

(21) PI 1105714-9 A2

(22) Data do Depósito: 07/12/2011

(43) Data da Publicação: 01/12/2015

(RPI 2343)



(54) Título: COMPONENTE DESLIZANTE PARA USO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

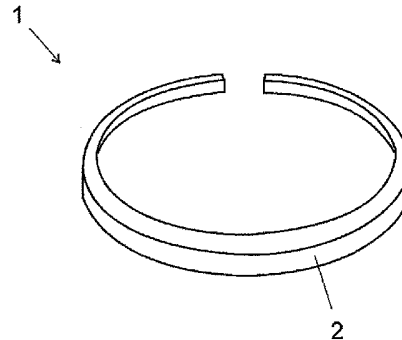
(51) Int. Cl.: C23C 14/06; F16J 1/00

(73) Titular(es): MAHLE METAL LEVE S/A, MAHLE INTERNATIONAL GMBH

(72) Inventor(es): JULIANO AVELAR ARAUJO

(74) Procurador(es): DANNEMANN, SIEMSEN, BIGLER & IPANEMA MOREIRA

(57) Resumo: COMPONENTE DESLIZANTE PARA USO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA A presente invenção refere-se a um componente deslizante para uso em motores de combustão interna, dotado de uma base (10) ferrosa recoberta por uma camada superficial protetiva (11) composta por um pelo menos um nitreto aplicada pelo processo de physical vapour deposition (PVD) ou uma camada nitretada, em cuja superfície periférica deslizante (2) é aplicado um revestimento de carbono do tipo diamonci like carbon (DLC) (12), onde o revestimento (12) compreende pelo menos unia camada de transição (122) composta por WC1x e/ou uma camada (121) de Cromo metálico com estrutura cristalina (bcc - body cubio center) posicionada entre a base ferrosa (10) e uma camada externa de carbono amorfa (124).



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**COMPONENTE DESLIZANTE PARA USO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**".

5 A presente invenção refere-se a um componente deslizante para uso em motores de combustão interna, como por exemplo um anel de pistão, dotado de um revestimento que compreende pelo menos uma camada de transição composta por um material cerâmico como carbeto de tungstênio (WC_{1-x}) ou afim e/ou por um metal como o cromo metálico (bcc-Cr) ou outro equivalente necessário ou desejável.

10 O componente deslizante assim configurado apresenta vantagens como maior estabilidade e durabilidade, conferindo ao motor de combustão interna com ele equipado uma grande vida útil comercial. Recentes e exaustivos estudos levados a cabo pela depositante confirmaram que a morfologia e a microestrutura do presente revestimento, assim como o inovador
15 processo de deposição utilizado e que garante uma melhor aderência a partir da combinação da deposição de duas camadas combinadas de material metálico na forma cristalina com uma estrutura amorfa, resultam em propriedades como maior resistência ao desgaste e aumento na tenacidade.

Descrição do estado da técnica

20 Para que um motor de combustão interna funcione confiavelmente e de acordo com os parâmetros idealizados por seus projetistas, é necessário que seus componentes internos tenham elevada durabilidade mesmo sob as mais críticas condições de operação. Para tanto, componentes como anéis de pistão e bronzinas, dentre outros, devem apresentar
25 resistência e durabilidade ao desgaste proveniente do deslizamento constante, altas temperaturas e ataque químico e abrasivo de produtos oriundos da combustão que ocorre no interior dos cilindros.

Por conta dessa elevada durabilidade requerida, componentes deslizantes como anéis de pistão e bronzinas recebem revestimentos para
30 que melhor resistam aos infindáveis ciclos de operação dos motores, e o aprimoramento dos revestimentos aplicados a esses componentes é constante, tendo como premissas o material base com que o componente é cons-

tituído, os parâmetros de funcionamento do motor, os custos de fabricação, etc.

Especificamente no tocante aos anéis de pistão, alguns revestimentos foram desenvolvidos visando conferir a esses componentes alta durabilidade com um custo de produção vantajoso.

Um primeiro revestimento está revelado no caso de patente DE 10 2009 046 281, que diz respeito a um anel de pistão manufaturado em aço ou ferro fundido que apresenta um revestimento consistindo em uma camada DLC sem metal ou composta de uma camada interna metálica e uma camada superior não metálica, uma camada de nitreto de cromo (CrN) depositada pelo processo de PVD (*physical vapour deposition*) e uma camada intermediária cerâmica Me (C_xN_y).

A camada nitretada é aplicada sobre a base do anel e por sobre ela aplica-se, subsequentemente, a aludida camada intermediária. Por fim, o revestimento DLC é aplicado por sobre a camada intermediária.

De forma opcional (não obrigatória) é provida uma camada adesiva que faz a união entre a camada de nitreto de cromo aplicada por PVD e a base do anel de pistão ou afim,.

Uma vulnerabilidade deste revestimento reside no fato de que a camada de ligação Me(C_xN_y) é frágil e quebradiça, podendo levar a um descolamento prematuro do recobrimento, redundando em uma menor vida útil do motor de combustão interna, o que é indesejável mercadologicamente.

Ademais, contrariamente ao revestimento ora proposto, este revestimento de técnica anterior não possui nenhuma camada de transição composta por carbeto de tungstênio WC_{1-x} .

O documento DE 10 2008 042 747 revela um componente deslizante como um anel de pistão cujo revestimento compreende uma camada adesiva constituída de cromo metálico aplicada sobre o substrato, uma camada nitretada (CrN) aplicada pelo processo de PVD (*physical vapour deposition*), uma camada interna dotada de carbono que possui maior dureza e/ou contém um pequeno percentual de hidrogênio do que uma camada dotada de carbono externa preferivelmente do tipo a-C:H.

A desvantagem deste segundo revestimento reside no fato de que o hidrogênio favorece a formação da estrutura eletrônica sp^3 (mesma estrutura do diamante) e com a redução desde ocorrerá o aumento da estrutura sp^2 (mesma estrutura do grafite). Com isto a resistência ao desgaste deste recobrimento é comprometida.

Ademais, como diferença em relação ao revestimento ora desenvolvido, este revestimento de técnica anterior tem como grande diferencial a segunda camada, contada de fora para dentro, que apresenta a forma de carbono amorfo ao invés da inovadora estrutura multicamadas (W-C:H) e (a-C:H). Com isso, os índices de *performance* alcançados por este revestimento são inferiores, notadamente na resistência à propagação de trincas.

O documento DE 10 2009 028 504, por seu turno, revela um anel de pistão manufaturado em aço ou ferro fundido recoberto inicialmente por uma camada adesiva à qual é aplicada uma camada intermediária contendo carbono e um metal, especialmente o Tungstênio e uma camada de DLC sem a ocorrência de um componente metálico. A espessura média desse revestimento é de $5\mu\text{m}$ a $40\mu\text{m}$, a relação entre as espessuras da camada externa e da camada intermediária é de 0,7 a 1,5 e a relação entre as espessura da camada externa e a espessura total do revestimento é de cerca de 0,4 a 0,6.

Como grande diferença em relação ao revestimento ora desenvolvido, esta técnica anterior não apresenta nenhuma camada intermediária configurada em estrutura multicamadas (W-C:H) e (a-C:H). Na verdade, esta camada é ausente deste revestimento e, com isso, os índices de *performance* alcançados por ele são inferiores, notadamente na resistência à propagação de trincas.

Por fim, o documento US 2007/0078067 revela um revestimento aplicado a pelo menos um membro deslizante caracterizado pelo fato de que compreende um filme de carbono amorfo na superfície deslizante do componente e possui a razão de intensidade integrada no espectro de Raman da banda D (associado à desordem do carbono sp^2) à banda G (grafite monocristalina) entre 1,5 e 2,0.

Os revestimentos discutidos acima apresentam propriedades que os tornam não satisfatórios para a utilização em componentes de motor, visto que não apresentam ao mesmo tempo uma elevada resistência ao desgaste, uma tenacidade adequada para trabalhar dentro de um motor de combustão interna. A depositante desenvolveu outro revestimento, novo e inventivo frente aos demais, que apresenta vantagens significativas como fácil deposição, excelentes propriedades mecânicas e custo de aplicação competitivo, elevada resistência ao desgaste e tenacidade compatível com as demandas dos novos motores. O presente revestimento pode ser aplicado a quaisquer componentes deslizantes utilizados em um motor de combustão interna como anéis de pistão, bronzinas, mancais, buchas, etc., con-

5
10

Objetivos da invenção

A presente invenção tem por objetivo um componente deslizante qualquer para ser utilizado em um motor de combustão interna, dotado de um revestimento do tipo DLC cujo processo de aplicação resulta em um revestimento inovador, novo e inventivo à luz dos demais revestimentos atualmente conhecidos e que apresenta inúmeras vantagens de utilização, como fácil deposição, excelentes propriedades mecânicas e estruturais e custo de aplicação competitivo.

15
20

Breve descrição da invenção

Os objetivos da presente invenção são alcançados por um componente deslizante para uso em motores de combustão interna, dotado de uma base ferrosa recoberta por uma camada superficial protetiva composta por pelo menos um nitreto aplicada pelo processo de *physical vapour deposition* (PVD) ou uma camada nitretada, em cuja superfície periférica deslizante é aplicado um revestimento de carbono do tipo *diamond like carbon* (DLC), onde o revestimento compreende pelo menos uma camada de transição composta por WC_{1-x} e/ou uma camada de Cromo metálico com estrutura cristalina (*bcc - body cubic center*) posicionada entre a base ferrosa e uma camada externa de carbono (DLC), e uma fase nanocristalina de carbetos, em uma estrutura multicamadas (*a-C:H:W*) e (*a-C:H*) na forma de uma ca-

25
30

mada intermediária entre a camada de transição e a camada externa de DLC.

Também, os objetivos da presente invenção são alcançados por um componente deslizante para uso em motores de combustão interna, do-

5 tado de uma base ferrosa, em cuja superfície periférica deslizante é aplicado um revestimento, onde o revestimento compreende, tomado da porção externa em direção à base ferrosa, uma camada externa de carbono do tipo *diamond like carbon* (DLC) amorfa do tipo (a-C:H), uma fase nanocristalina de carbetos, em uma estrutura multicamadas (a-C:H:W) e (a-C:H) e uma

10 camada de transição composta por WC_{1-x} , e/ou uma camada de Cromo metálico com estrutura cristalina (bcc - *body cubic center*) e uma camada protetiva composta por pelo menos um nitreto aplicada pelo processo de *physical vapour deposition* (PVD), onde a razão de intensidade integrada no espectro de Raman da banda D (associado à desordem do carbono sp²) e a banda G

15 (grafite monocristalina) apresenta valores entre 0,2 a 1,0.

Descrição resumida dos desenhos

A presente invenção será, a seguir, mais detalhadamente descrita com base em um exemplo de execução representado nos desenhos. As figuras mostram:

20 Figura 1 - é uma vista em perspectiva de uma configuração preferencial do componente deslizante objeto da presente invenção, na forma de um anel de pistão;

Figura 2 - é uma vista superior do anel de pistão ilustrado na figura 1

25 Figura 3 - é uma vista esquemática da secção transversal do anel de pistão ilustrado na figura 2 segundo o corte A-A, onde se vê, esquematicamente, o revestimento aplicado à sua superfície periférica deslizante.

Figura 4 - é uma vista em detalhes de uma variação preferencial do revestimento aplicado à superfície periférica deslizante do componente

30 deslizante objeto da presente invenção.

Figura 5 - é uma vista em detalhes da camada intermediária composta por (a-C:H:W) e (a-C:H) do revestimento aplicado à superfície pe-

riférica deslizante do componente deslizante objeto da presente invenção.

Figura 6 - é uma fotografia do revestimento aplicado à superfície periférica deslizante do componente deslizante objeto da presente invenção ampliada em 1.000x.

5 Descrição detalhada das figuras

De acordo com uma concretização preferencial e como pode ser visto a partir da figura 1, a presente invenção refere-se a um componente deslizante 1 para uso em motores de combustão interna, que possui uma base ferrosa 10, em cuja superfície periférica deslizante 2 é aplicado um revestimento 12 de carbono do tipo *diamond like carbon* (DLC).

O presente revestimento 12 desenvolvido pela ora depositante é novo e inventivo frente aos demais existentes atualmente, conforme será explicado mais adiante, e apresenta vantagens significativas como fácil deposição, excelentes propriedades mecânicas e estruturais e custo de aplicação competitivo.

Inicialmente, cumpre notar que, de modo preferível, o componente deslizante 1 é um anel de pistão, mas ele pode assumir qualquer outra constituição necessária ou desejável como por exemplo uma bronzina, um mancal, uma bucha ou ainda qualquer outro componente.

Ainda preliminarmente, cumpre notar que o componente deslizante 1 objeto da presente invenção possui o revestimento aplicado pelo menos à sua superfície periférica deslizante 2, mas nada impede que o revestimento seja aplicado adicionalmente a outras partes e superfícies do componente.

Quando o componente 1 apresenta a constituição preferível de um anel de pistão, o presente revestimento 12 é aplicado à superfície periférica lateral 2, que é aquela que toca a parede do cilindro, em relação ao qual o anel desliza na medida em que o pistão realiza seu movimento recíproco.

Todavia, nada impede que outras partes do anel, como por exemplo as superfícies superior, inferior e interior, que atritam com a cavidade anelar respectiva existente no pistão, também recebam o presente revesti-

mento.

Descrevendo de maneira conceitual, o componente deslizante 1 é dotado de uma base ferrosa 10 recoberta por uma camada superficial protetiva 11 composta por nitreto de cromo aplicada pelo processo de *physical vapour deposition* (PVD), também conhecido como *ion plating* e/ou uma camada nitretada como é o caso apontado na figura 6. Tal como mencionado acima, na superfície periférica deslizante 2 é aplicado um revestimento 12 de carbono do tipo DLC, o qual compreende pelo menos uma camada de transição 122 composta por WC_{1-x} e/ou uma camada de cromo metálico com estrutura cristalina (bcc - *body cubic center*) 121 posicionada entre a base ferrosa 10 e uma camada externa de carbono amorfo 124. Uma ilustração esquemática do revestimento, com as camadas claramente ilustradas, pode ser vista nas figuras 3 e 4.

A base ferrosa 10 pode apresentar as mais diversas constituições, mas de maneira preferível ela é constituída por um substrato de aço carbono, ferro fundido ou ainda em aço inoxidável (este último preferivelmente contendo 17% de cromo – Cr).

A essa base 10 ferrosa é aplicada a aludida camada superficial protetiva 11 composta por pelo menos um nitreto (preferivelmente, nitreto de cromo), pelo processo de PVD. O nitreto de cromo preferivelmente apresenta a constituição preponderante de CrN mas é evidente que pode-se utilizar preponderantemente o Cr_2N se necessário ou desejável. Ademais, de modo alternativo, pode-se conceber o uso de uma camada nitretada.

A aplicação de uma camada nitretada 11 ou o recobrimento de CrN segundo o processo PVD por sobre um substrato ferroso 10 é algo bastante conhecido daqueles técnicos no assunto, e portanto a novidade do revestimento 12 desenvolvido pela depositante reside nas camadas aplicadas por sobre a camada nitretada e/ou de CrN.

Assim, iniciando a descrição dos aspectos inovadores da presente invenção, e tomando a descrição da composição das camadas aplicadas da base em direção ao exterior, por sobre a camada nitretada é aplicado o revestimento 12 de carbono do tipo *diamond like carbon* (DLC), que com-

preende a camada adesiva metálica 121, a camada de transição composta por WC_{1-x} 122, a camada intermediária 123 composta por uma nanocristalina de carbetos, em uma estrutura multicamadas (ou *multilayer*) (a-C:H:W) e (a-C:H) e, por fim, a camada externa 124 de carbono amorfa do tipo (a-C:H).

5 A camada adesiva metálica 121 é, de modo preferível, uma camada de cromo metálico com a já aludida estrutura cristalina (bcc - *body cubic center*). Ainda de modo preferível, mas não mandatório, a espessura da camada adesiva é de cerca de 500nm a 2.000nm.

10 A função precípua da camada adesiva 121, como o próprio nome diz, é aumentar a adesividade das camadas que por sobre ela são depositadas em relação à camada nitretada 11 aplicada sobre a base ferrosa 10, garantindo a coesão do revestimento 12 como um todo, evitando o deslocamento ("*spalling*") e o acúmulo de tensões, fenômenos que, em ocorrendo, diminuem a vida útil do componente deslizante 1.

15 A camada de transição 122 composta por WC_{1-x} é aplicada por sobre a camada adesiva 121 e compreende carbetos de tungstênio (o qual, por sua vez, compreende os elementos químicos em proporção variável). A composição WC_{1-x} significa que, se $x =$ zero, a proporção é de um átomo de carbono (C) para um átomo de tungstênio (W). Por analogia, se, por exemplo, o $x = 0,5$, significa que são dois átomos de tungstênio para um átomo de carbono.

Se necessário ou desejável o metal tungstênio pode ser substituído por outros elementos metálicos.

25 A camada intermediária 123, que conforme já mencionado é composta por uma estrutura nanocristalina de carbetos em uma estrutura multicamadas (*multilayer*) tendo subcamadas (-a-C:H:W) e (a-C:H), é aplicada por sobre a camada de transição 122, permitindo a aplicação posterior da camada de carbono amorfa 124, de formato (a-C:H), que é da camada mais externa do revestimento 12, a camada externa 124 contém hidrogênio.

30 As subcamadas (a-C:H:W) e (a-C:H) são aplicadas uma sobre a outra, a partir da manipulação da quantidade de tungstênio existente no momento da aplicação, no próprio equipamento em que ela é realizada, for-

mando a aludida estrutura multicamadas tal e qual ilustrado na figura 5. Tal constituição é francamente vantajosa se comparada com os revestimentos atuais, em que a camada intermediária não é configurada como *multilayer*, uma vez que essa estrutura múltipla diminui enormemente a propagação de

5 trincas. Ainda que haja o início de uma trinca ou ruptura em uma das sub-camadas (a-C:H:W) ou (a-C:H), seu crescimento ou propagação é interrompido no instante em que ela atinge a subcamada imediatamente adjacente, devido ao fato de ela apresentar uma estrutura suficientemente diferente em termos de dissipação/acúmulo de tensões.

10 Essa característica que a camada intermediária 123 do revestimento objeto da presente invenção apresenta, de impedir a propagação de trincas e rachaduras, possibilita ao componente deslizante de motor objeto da presente invenção uma maior resistência ao desgaste, conferindo consequentemente uma maior vida útil ao motor e com isso sendo muito mais de-

15 seável.

As espessuras preferenciais das camadas do revestimento 12 objeto da presente invenção podem ser encontradas na tabela abaixo, muito embora as espessuras possam variar livremente sem que a invenção resultante deixe de estar incluída no escopo de proteção das reivindicações.

Camada externa 124	1.000nm a 3.000nm
Camada intermediária 123 (<i>multilayer</i>)	1.000nm a 3.000nm
Camada de transição 122	100nm a 500nm
Camada adesiva 121	500nm a 2.000nm

20 Além de possuir uma configuração não apresentada por nenhum revestimento pertencente ao estado da técnica, o revestimento 12 apresenta uma série de características e propriedades técnicas muito desejáveis.

Em alguns dos mais recentes dos incansáveis estudos que a depositante efetua de forma a manter-se na vanguarda tecnológica, descobriu que a morfologia e a microestrutura do presente revestimento 12, bem

25 como o processo de deposição das aludidas camadas, que garante uma maior aderência a partir da adição de duas camadas combinadas de material cristalino metálico (tungstênio – W), em combinação com a estrutura amorfa

da camada externa 124, significam que o presente revestimento 12 apresenta taxas de desgaste mais reduzidas e aumento da tenacidade, propriedades extremamente desejáveis para utilização em componentes deslizantes de motores.

5 Ainda que o aumento de dureza pudesse ser alcançado a partir do refinamento de grão e controle dos níveis de tungstênio presentes, atingindo até mesmo o nível apresentado por componentes cerâmicos, conseguiu-se a obtenção de uma elevada dureza mantendo uma razoável elasticidade, ou tenacidade, e evitando-se os defeitos típicos apresentados pelos
10 revestimentos do tipo DLC com espessuras elevadas.

O presente revestimento 12 é uma alternativa muito eficiente de um filme multicamadas e com estrutura nanocristalina porque, contrariamente aos demais existentes, é suficientemente tenaz para apresentar bons resultados segundo duas abordagens diferentes.

15 Em uma primeira abordagem, devido à combinação de resiliência e tenacidade mais compatíveis com aquelas apresentadas pelo material base (substrato ferroso), ele é bastante mais tolerante ao desgaste se comparado os demais revestimentos à base de carbono.

Em uma segunda abordagem, a estrutura nanocristalina atua
20 como um elemento aliviador de stress e possibilita uma proteção compatível ao revestimento do componente do motor em relação ao qual o componente 1 com o presente revestimento 12 desliza.

A dureza do revestimento 12 é de 1.500HV a 2.000HV.

É importante ainda mencionar que, no revestimento 12 objeto da
25 presente invenção, a razão de intensidade integrada no espectro de Raman da banda D (associado à desordem do carbono sp^2) à banda G (grafite monocristalina) apresenta valores entre 0,2 a 1,0, o que será detalhado a seguir.

A espectroscopia Raman é uma técnica que usa uma fonte
30 monocromática de luz a qual, ao atingir um objeto, é espalhada por ele, gerando luz de mesma energia ou de energia diferente da incidente. No primeiro caso, o espalhamento é chamado de elástico e não é de interesse, mas no

segundo (espalhamento inelástico) é possível obter muitas informações importantes sobre a composição química do objeto a partir dessa diferença de energia. A técnica é possível devido ao fenômeno segundo o qual, quando uma molécula é irradiada, a energia pode ser transmitida, absorvida, ou espalhada.

5 O efeito Raman pode ser explicado pela colisão não elástica entre o fóton incidente e a molécula. Isto muda os níveis das energias vibracional e/ou rotacional da molécula por um dado incremento e , pela lei de conservação de energia, isto significa que as energias dos fótons incidente e espalhado serão diferentes.

10 O espectro Raman é o comprimento de onda da radiação espalhada em relação ao da radiação de excitação (laser). As leituras são feitas na região do visível e do NIR (*near infrared* – infravermelho próximo).

15 Explicando com maior detalhamento, um feixe de radiação laser de baixa potência é usado para iluminar pequenas áreas do objeto de interesse e, ao incidir sobre a área definida, é espalhado em todas as direções, sendo que uma pequena parcela dessa radiação é espalhada inelasticamente, (com frequência diferente da incidente $\rightarrow E = h\nu$ ou $E = h.c.\lambda^{-1}$).

20 A diferença de energia entre a radiação incidente e a espalhada corresponde à energia com a qual átomos presentes na área estudada estão vibrando e essa frequência de vibração permite descobrir como os átomos estão ligados, ter informação sobre a geometria molecular, sobre como as espécies químicas presentes interagem entre si e com o ambiente, entre outras coisas.

25 Com isso, a técnica de espectroscopia Raman permite a diferenciação de polimorfos, isto é, substâncias que tem diferentes estruturas e, portanto, diferentes propriedades, apesar de terem a mesma fórmula química.

30 Como não há somente um tipo de vibração, uma vez que geralmente as espécies químicas presentes são complexas, a radiação espalhada inelasticamente é constituída por um número muito grande de diferentes frequências, que precisam ser separadas e ter sua intensidade medida. O

gráfico que representa a intensidade da radiação espalhada em função de sua energia (dada em uma unidade chamada de número de onda e expressa em cm^{-1}) é chamado de espectro Raman. Cada espécie química, seja um pigmento, corante, substrato, aglutinante, veículo ou verniz, fornece um espectro que é como sua impressão digital, permitindo sua identificação inequívoca ou, por exemplo, a detecção de alterações químicas decorrentes de sua interação com outras substâncias ou com a luz.

10 Voltando ao presente revestimento, a análise do espectro de Raman torna possível a definição das bandas D e G (desordem do carbono sp^2 e grafite monocristalina, respectivamente).

Os espectros Raman das várias formas do carbono são bem conhecidos. O espectro de primeira ordem do diamante consiste em único pico em 1332 cm^{-1} . O espectro correspondente da grafite monocristalina também apresenta um único pico, (pico G), em 1580 cm^{-1} (associado com o carbono grafítico sp^2). Na grafite policristalina, além do pico G, o espectro Raman apresenta outro pico perto dos 1350 cm^{-1} (pico D) (associado à desordem do carbono sp^2).

20 Dessa forma, comparando o espectro Raman da grafite policristalina com os obtidos para os filmes de DLC, pode-se investigar as mudanças na estrutura da grafite provocada pela presença de elementos metálicos nos filmes.

A relação de intensidade (relação) entre as bandas D e G (D/G) indica a razão da estrutura amorfa (camada externa 124) contida no revestimento DLC. Quando o valor dessa relação é maior (a proporção da camada amorfa é maior), a estrutura amorfa tende a se transformar em grafite no momento do deslizamento, o que reduz o coeficiente de atrito e o consequente desgaste, mas a resistência ao desgaste não pode ser mantida devido aos pontos de enfraquecimentos existentes.

30 No caso do presente revestimento 12, a estrutura nanocristalina de carbeto de tungstênio é apropriada para revestimentos de carbono amorfo que possuem relação D/G entre 0,2 e 1,0 de acordo com a análise de espectro de Raman, de modo que as características de baixo atrito e resistên-

cia ao desgaste podem ser aprimoradas.

Quando a relação D/G é inferior a 0,55, o coeficiente de atrito não pode ser suficientemente reduzido e de outro lado, quando D/G é superior a 0,65, a resistência ao desgaste não consegue ser mantida em níveis interessantes.

Tendo sido descrito um exemplo de concretização preferido, deve ser entendido que o escopo da presente invenção abrange outras possíveis variações, sendo limitado tão somente pelo teor das reivindicações apensas, aí incluídos os possíveis equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Componente deslizante para uso em motores de combustão interna, dotado de uma base (10) ferrosa recoberta por uma camada superficial protetiva (11) composta por um pelo menos um nitreto aplicada pelo processo de *physical vapour deposition* (PVD) ou uma camada nitretada, em
5 cuja superfície periférica deslizante (2) é aplicado um revestimento de carbono do tipo *diamond like carbon* (DLC) (12), caracterizado pelo fato de que o revestimento (12) compreende pelo menos uma camada de transição (122) composta por WC_{1-x} e/ou uma camada (121) de Cromo metálico com
10 estrutura cristalina (bcc - *body cubic center*) posicionada entre a base ferrosa (10) e uma camada externa de carbono amorfa (124), e uma fase nanocristalina de carbetos, em uma estrutura multicamadas (a-C:H:W) e (a-C:H) na forma de uma camada intermediária (123).

2. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camada externa de carbono (124) contém hidrogênio.
15

3. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camada de transição (122) compreende precipitados nanocristalinos de carbeto de tungstênio.

20 4. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que uma das camadas do revestimento é completamente amorfa.

5. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 1 ou 3, caracterizado pelo fato de que a camada de transição (122) tem espessura
25 entre 100nm e 500nm.

6. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o revestimento (12) total tem a espessura de 1 μ m a 5 μ m, sendo mais preferivelmente entre 3 μ m e 4 μ m.

7. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a dureza do revestimento (12) é de 1.500HV a
30 2.000HV.

8. Componente deslizante para uso em motores de combustão

interna, dotado de uma base (10) ferrosa, em cuja superfície periférica deslizante (2) é aplicado um revestimento de carbono do tipo *diamond like carbon* (DLC) (12), caracterizado pelo fato de que o revestimento (12) compreende, tomado da porção externa em direção à base ferrosa (10), uma camada externa (124) amorfa do tipo (a-C:H), camada intermediária (123) correspondente a uma fase nanocristalina de carbeto, em uma estrutura multicamadas (a-C:H:W) e (a-C:H) e uma camada de transição (122) composta por WC_{1-x}, e/ou uma camada (121) de Cromo metálico com estrutura cristalina (bcc - *body cubic center*) e uma camada protetiva (10) composta por pelo menos um nitreto aplicada pelo processo de *physical vapour deposition* (PVD), onde a razão de intensidade integrada no espectro de Raman da banda D (associado à desordem do carbono sp²) e a banda G (grafite monocristalina) apresenta valores entre 0,2 a 1,0.

9. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a camada externa de carbono (124) contém hidrogênio.

10. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a camada de transição (122) compreende precipitados nanocristalinos de carbeto de tungstênio.

11. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que uma das camadas do revestimento é completamente amorfa.

12. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 8 ou 10, caracterizado pelo fato de que a camada de transição (122) tem espessura entre 100nm e 500nm.

13. Componente deslizante de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato de que a razão de intensidade integrada no espectro de Raman da banda D e a banda G apresenta valores entre 0,2 a 1,0.

14. Componente deslizante de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizado pelo fato de ser um anel de pistão.

15. Componente deslizante de acordo com as reivindicações 5 ou 12, caracterizado pelo fato de que a deposição de íon metálico é efetuada

pelo processo de *sputtering*.

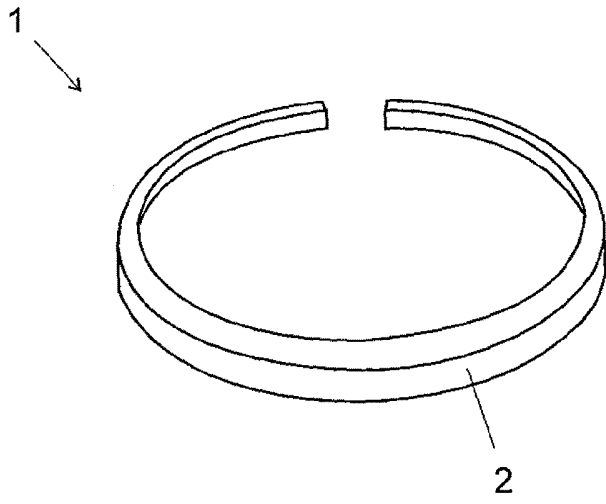


Fig. 1

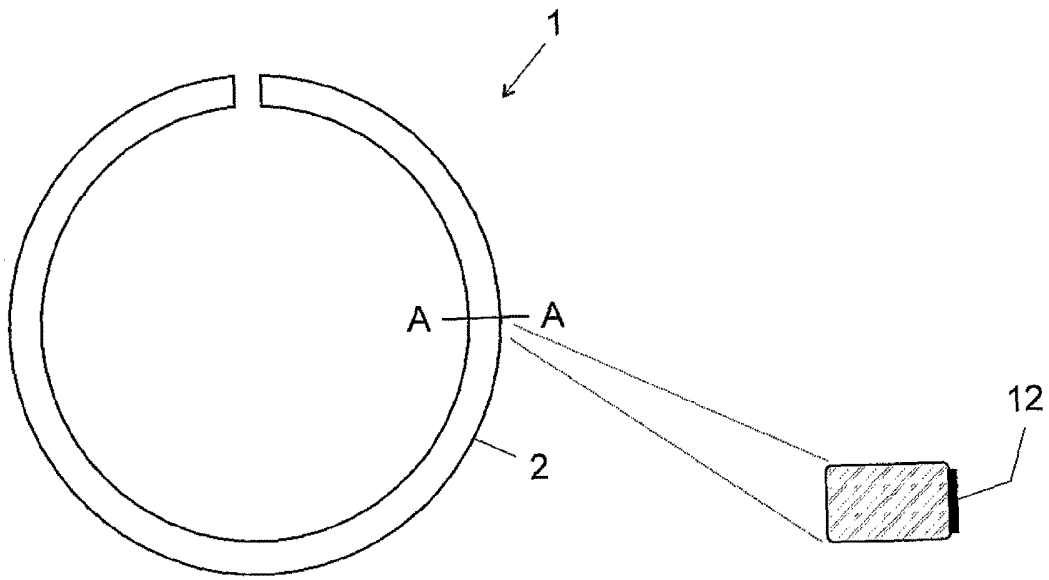


Fig. 2

Fig. 3
Corte A-A

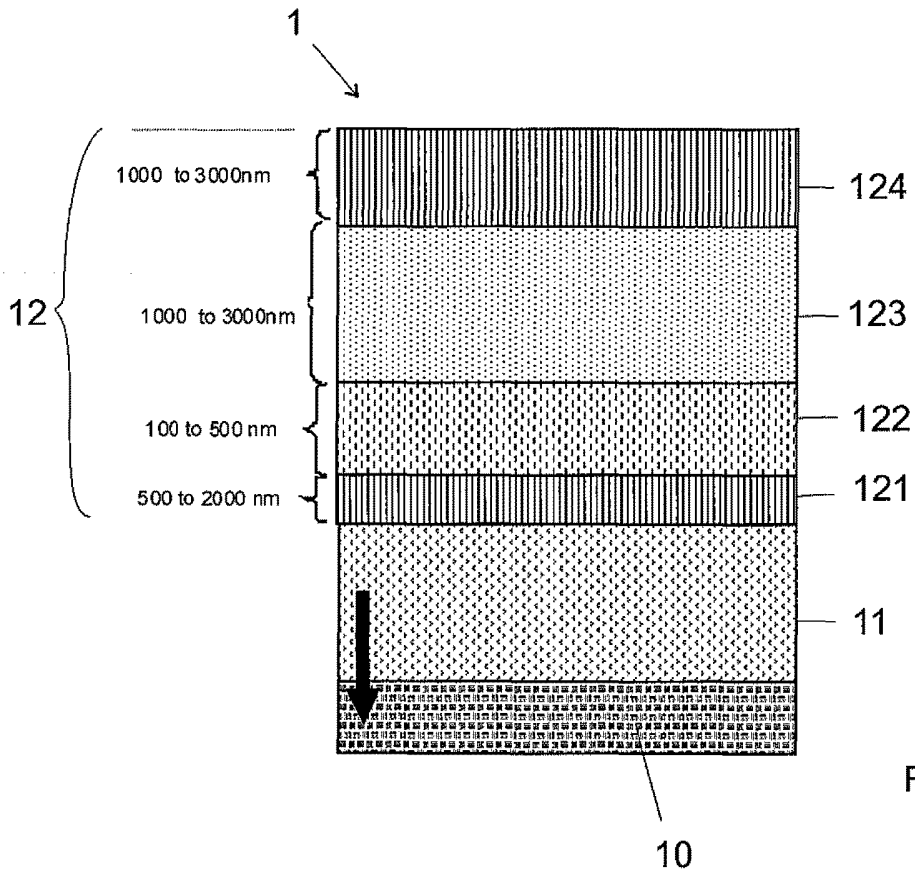


Fig. 4

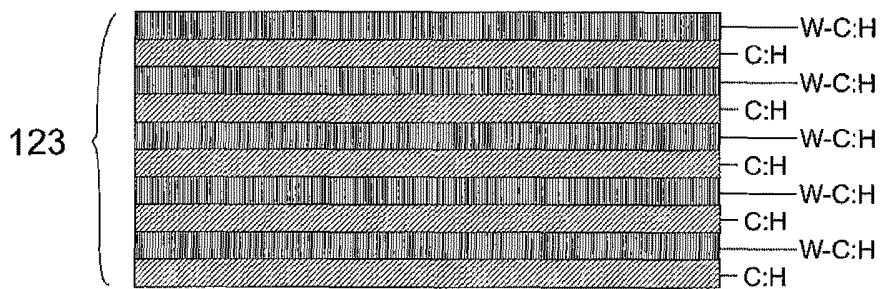


Fig. 5

1

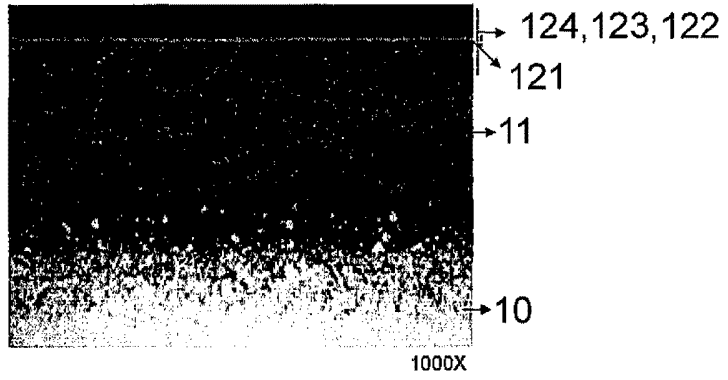


Fig. 6

RESUMO

Patente de Invenção: "**COMPONENTE DESLIZANTE PARA USO EM MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**".

A presente invenção refere-se a um componente deslizante para uso em motores de combustão interna, dotado de uma base (10) ferrosa recoberta por uma camada superficial protetiva (11) composta por um pelo menos um nitreto aplicada pelo processo de *physical vapour deposition* (PVD) ou uma camada nitretada, em cuja superfície periférica deslizante (2) é aplicado um revestimento de carbono do tipo *diamond like carbon* (DLC) (12), onde o revestimento (12) compreende pelo menos uma camada de transição (122) composta por WC_{1-x} e/ou uma camada (121) de Cromo metálico com estrutura cristalina (bcc - *body cubic center*) posicionada entre a base ferrosa (10) e uma camada externa de carbono amorfa (124).