

(11) Número de Publicação: **PT 2257654 E**

(51) Classificação Internacional:

**C23C 16/02** (2011.01) **C23C 16/26** (2011.01)  
**F16J 9/26** (2011.01) **C23C 28/04** (2011.01)

**(12) FASCÍCULO DE PATENTE DE INVENÇÃO**

---

(22) Data de pedido: **2009.03.18**

(30) Prioridade(s): **2008.04.02 DE**  
**102008016864**

(43) Data de publicação do pedido: **2010.12.08**

(45) Data e BPI da concessão: **2012.08.01**  
**164/2012**

(73) Titular(es):

**FEDERAL-MOGUL BURSCHEID GMBH**  
**BÜRGERMEISTER-SCHMIDT-STRASSE 17**  
**51399 BURSCHEID** DE

(72) Inventor(es):

**STEFFEN HOPPE** DE  
**MANFRED FISCHER** DE

(74) Mandatário:

**MARIA SILVINA VIEIRA PEREIRA FERREIRA**  
**RUA CASTILHO, N.º 50, 5º - ANDAR 1269-163 LISBOA** PT

---

**(54) Epígrafe: SEGMENTO PARA PISTÃO**

(57) Resumo:

UM SEGMENTO PARA PISTÃO COM UM REVESTIMENTO DE DLC (DIAMOND LIKE CARBON , CARBONO SEMELHANTE A DIAMANTE) APRESENTA, DE DENTRO PARA FORA, SOBRE UM SUBSTRATO, UMA CAMADA ADESIVA, UMA CAMADA DE CARBONO AMORFO QUE CONTÉM METAL E UMA CAMADA DE CARBONO AMORFO QUE NÃO CONTÉM METAL EM QUE, NA CAMADA DE CARBONO QUE CONTÉM METAL, EXISTEM PREPONDERANTEMENTE LIGAÇÕES SP2 E A CAMADA DE CARBONO SEM METAL APRESENTA LIGAÇÕES SP2 E SP3, SENDO O SEU TEOR DE LIGAÇÕES SP2 SUPERIOR AO DA CAMADA DE CARBONO QUE CONTÉM METAL, DE MODO QUE SE ESTABELECE UMA RESISTÊNCIA ELÉTRICA DA ESTRATIFICAÇÃO DE DLC, A QUAL SE SITUA NA CASA DE MAIS DE 5000 OHMS, PARTICULARMENTE DE MAIS DE 5000 QUILO-OHMS.

**RESUMO**  
**"SEGMENTO PARA PISTÃO"**

Um segmento para pistão com um revestimento de DLC (*Diamond Like Carbon* - Carbono Semelhante a Diamante) apresenta, de dentro para fora, sobre um substrato, uma camada adesiva, uma camada de carbono amorfo que contém metal e uma camada de carbono amorfo que não contém metal em que, na camada de carbono que contém metal, existem preponderantemente ligações  $sp^2$  e a camada de carbono sem metal apresenta ligações  $sp^2$  e  $sp^3$ , sendo o seu teor de ligações  $sp^2$  superior ao da camada de carbono que contém metal, de modo que se estabelece uma resistência elétrica da estratificação de DLC, a qual se situa na casa de mais de 5000 Ohms, particularmente de mais de 5000 quilo-ohms.

**DESCRIÇÃO**  
**"SEGMENTO PARA PISTÃO"**

**Campo técnico**

A invenção refere-se a um segmento para pistão com um revestimento de novo tipo.

Os segmentos para pistões são utilizados nos motores de combustão, a fim de se conseguir uma vedação, a mais perfeita possível, entre o pistão, no seu movimento de vai e vem, e a parede do cilindro. Os segmentos para pistões servem ainda para espalhar o óleo, que se encontra nas paredes do cilindro e para manter a utilidade desse óleo para a lubrificação. As exigências essenciais, colocadas aos segmentos para pistões, são constituídas por um atrito o menor possível, bem como pela obtenção de uma vida útil o maior possível sob as exigências parcialmente extremas do funcionamento de um motor de combustão. Isso implica um comportamento em relação ao desgaste, com o qual o segmento para pistão possa responder o mais longamente possível às suas exigências.

**Estado da técnica**

A WO 2007/020139 A1 descreve um substrato, em que se pode tratar de um segmento para pistão, com uma camada adesiva, uma camada intermédia de carbono tetraédrico e uma camada exterior de carbono amorfo.

Da DE 10 2005 063 123 B3, da requerente, ressalta um elemento deslizante, por exemplo um segmento para pistão, que apresenta uma camada de desgaste e uma camada deslizante.

A WO 2006/125683 A1 refere-se a um segmento para pistão com um revestimento que, de dentro para fora, apresenta, uma primeira camada intermédia com pelo menos um elemento do grupo IVB (carbono, silício), VB (azoto, fósforo) ou VIB (calcogénios), uma segunda camada intermédia com composição nanocomposta tipo diamante e uma camada de carbono tipo diamante.

### **Apresentação da invenção**

A invenção tem por objeto fundamental o fabrico de um segmento para pistão, que pode ser produzido a um custo mais baixo do que o dos segmentos para pistões conhecidos do estado da técnica e simultaneamente é suficiente para suprir as necessidades em termos de valores de atrito e/ou de duração de vida útil.

A solução desse objeto obtém-se através do segmento para pistão descrito na reivindicação 1.

Consequentemente este apresenta, de dentro para fora, uma camada adesiva aplicada sobre um substrato, uma camada de carbono amorfo que contém metal e uma camada de carbono amorfo que não contém metal. Por meio desta construção das camadas, pode abdicar-se da construção, comum no estado da técnica, com uma camada de deslize e uma camada, construída separadamente, de proteção contra o atrito. As camadas de proteção contra o atrito conhecidas são, na sua maioria, construídas como camadas nitrocarburadas e exigem a utilização de aços com elevados teores de crómio, que são comparativamente caros. Em contrapartida, de acordo com a invenção não são necessários quaisquer teores elevados de crómio, de modo que o segmento para pistão do novo tipo pode ser economicamente construído. Neste ponto a ideia de

base da invenção pode também ver-se no facto de o novo tipo de estratificação do carbono sobre o substrato se fazer sem a união intermédia de uma camada própria de proteção contra o atrito, mas simplesmente por meio da aplicação de uma fina camada adesiva, para servir de intermediário de aderência entre o substrato e a camada de carbono.

Para o segmento para pistão de acordo com a invenção, verifica-se, com a ajuda de testes conforme pormenorizados a seguir, que os coeficientes de atrito são duradouramente reduzidos. Sob este ponto de vista o novo tipo de segmento para pistão proporciona correspondentemente uma vida útil de longa duração. Isso é válido, da mesma maneira, sob o ponto de vista do desgaste, para o qual foi estabelecido que se desenvolve dentro de limites, que garantem uma longa vida útil. A camada de carbono amorfo, que contém metal, pode ser designada, de acordo com as designações vulgares (conforme a *VDI-Richtlinie 2840 - Norma VDI 2840*), pela abreviatura a-C:H:Me. A designação correspondente para a camada de carbono amorfo sem metal é a-C:H. A camada de carbono sem metal pode ser aplicada, por exemplo, no quadro de qualquer passo de processamento contido num processo PACVD (*plasma assisted chemical vapor deposition* - deposição química a vapor assistida por plasma). Quanto às duas camas de carbono amorfo, trata-se de camadas de DLC (*Diamond like carbon - carbono semelhante ao diamante*).

Na camada de carbono que contém metal, estão presentes predominantemente ligações sp<sup>2</sup>. Com essa característica podem ser garantidas as características desejadas no segmento para pistão. O seu teor situa-se, particularmente, na casa dos 20 a 70% do conteúdo total de ligações do carbono.

Sob o ponto de vista da camada de carbono que não contém metal, é válido que o teor de ligações  $sp^3$  seja mais elevado do que o teor de ligações  $sp^3$  da camada de carbono, que contém metal. Um teor preferido de ligações  $sp^3$  é, portanto, proporcionado quando se estabelece uma resistência elétrica (Ohm) mais elevada. Enquanto que estratificações simples de DLC apresentam uma resistência elétrica de uma gama inferior a 100 ohms, a elevada resistência elétrica preferida para a camada de acordo com a invenção, situa-se acima dos 5000 ohms, particularmente acima dos 5000 quilo-ohms e de preferência em pelo menos 10 quilo-ohms.

Para o substrato do segmento para pistão de acordo com a invenção estão previstos o aço ou o ferro fundido.

A camada adesiva contém crómio e, em especial, pode ser preponderantemente constituída por crómio. Para uma camada adesiva deste tipo foi garantido que tinha as desejadas capacidades de aderência intermédia entre o substrato e a camada de carbono amorfo que contém metal.

Com base nos resultados da investigação foi, por sua vez, prevista, para a camada aderente, uma espessura máxima de 2  $\mu\text{m}$ , de preferência cerca de 0,5  $\mu\text{m}$ .

De acordo com a invenção o teor metálico da camada de carbono que contém metal acumula-se no lado exterior.

No que se refere à espessura, está prevista para a camada de carbono que contém metal, uma espessura de cerca de 1,5

a cerca de 17  $\mu\text{m}$ . Pode particularmente garantir-se um bom desempenho com uma espessura de camada de cerca de 1,5  $\mu\text{m}$ .

Características especialmente boas poderão ainda ser garantidas, se na camada de carbono que contém metal, estiverem incluídas fases de carbeto.

A camada de carbono que contém metal e a camada de carbono sem metal contêm ainda hidrogénio. O hidrogénio presente tem uma influência sobre o grau de reticulação do carbono e leva por isso a camadas particularmente duras.

A dureza das superfícies expostas do segmento para pistão formado de acordo com a invenção atinge 1800 a 2800 HV (*Hardness Vickers* - dureza de Vickers), de preferência até 2400 HV a 0,002. A medição é aqui executada por meio de um nanocunho de medição (*Nanoindenter*) com uma HV pl de 0,002. A abreviatura pl significa plástica e o respetivo processo é conhecido dos técnicos do ramo. Em casos especiais de utilização é também possível uma medição com um nanocunho de medição com uma HV pl de 0,02.

Aperfeiçoamentos preferidos são descritos nas restantes reivindicações.

Para a camada de carbono que contém metal é, por sua vez preferido sob o ponto de vista do metal nela contido, que se trate de volfrâmio. Com ele puderam ser garantidas nos testes características particularmente boas.

Para a camada de carbono que não contém metal, são ainda garantidas boas características do segmento para pistão munido com ela, quando esta apresenta uma espessura de

entre cerca de 1  $\mu\text{m}$  e cerca de 15  $\mu\text{m}$ , particularmente cerca de 1  $\mu\text{m}$ .

Para a espessura conjunta das camadas aplicadas sobre o substrato é por sua vez preferido, que aquelas sejam  $\geq$  a cerca de 2,9  $\mu\text{m}$  e de preferência  $\leq$  a cerca de 30  $\mu\text{m}$ . Isso representa uma diferenciação vantajosa em relação às camadas de DLC até aqui utilizadas, que na maior parte das vezes são mais finas. Por intermédio das espessuras realizáveis através da invenção, pode-se obter a vantagem de se poder dispensar uma camada de proteção contra o desgaste, uma vez que as camadas de DLC atuam, tanto como camadas de deslize, como também como camadas de proteção contra o desgaste.

Para a camada adesiva, que de preferência é constituída por crómio, é por sua vez preferido que seja aplicada por vaporização do metal.

Sob o ponto de vista da camada de carbono que contém metal e/ou da camada de carbono que não contém metal é, por sua vez, preferido que seja aplicada por meio de um processo de PACVD (deposição química a vapor assistida por plasma).

No resto faz-se referência, sob o ponto de vistas das características conjuntas do segmento para pistão de acordo com a invenção, da sua estratificação prevista bem como dos seus auxiliares de deslizamento, às anteriormente referidas DE 10 2005 063 123 B3, ou à WO 2007/079834 A1 aqui retirada, cujas descrições, sob o ponto de vista das referidas características, são convertidas em objeto do presente pedido.

### **Exemplos**

Foi construído um segmento para pistão de acordo com a invenção, que tinha um revestimento com uma espessura conjunta de  $2,9 \mu\text{m}$ , para o qual foi determinada uma dureza de 1935 HV a 0,002. Esse segmento para pistão foi submetido a um teste de desgaste, juntamente com um segmento para pistão possuidor de uma camada nitrocarburada como camada de proteção contra o desgaste e um segmento para pistão de série, revestido com DLC. O teste foi executado a  $190^\circ \text{C}$ , com uma carga de 50 N e com a utilização de Castrol VP1 como óleo de lubrificação. Como furo dos cilindros foi usado um bloco Silitec S260. O respetivo produto é conhecido dos técnicos do ramo. Ao fim de seis horas foi determinado no segmento para pistão de acordo com a invenção um desgaste de cerca de  $1,0 \mu\text{m}$  e no segmento de série revestido com DLC um desgaste de cerca de  $5,3 \mu\text{m}$ . Normalmente, com um revestimento mais resistente ao desgaste aumenta o desgaste do auxiliar de deslizamento. Surpreendentemente, o revestimento de acordo com a invenção não mostra nenhum desgaste aumentado do auxiliar de deslizamento, nem da camisa do cilindro.

O desgaste da camisa do cilindro atingiu, com o segmento de pistão de acordo com a invenção,  $2,7 \mu\text{m}$  e com o segmento de pistão de série, revestido com DLC,  $2,8 \mu\text{m}$ . Além disso verificou-se, no segmento para pistão de acordo com a invenção, uma descida acentuada do coeficiente de atrito. Em relação a um segmento para pistão vulgar, revestido com DLC, verificou-se uma redução do coeficiente de atrito de até cerca de 30 %.

Foi assim verificado que, com o segmento para pistão de acordo com a invenção, são alcançadas características vantajosas. Conforme executado, isso é particularmente válido para os coeficientes de atrito, sobretudo quando observados ao longo do tempo, para o comportamento funcional e para a resistência à raspagem, o que, em conjunto, conduz a um segmento para pistão com uma longa vida útil.

Lisboa, 20 de Agosto de 2012

## REIVINDICAÇÕES

1. Segmento para pistão com um revestimento de DLC, o qual apresenta, de dentro para fora, sobre um substrato de ferro forjado ou de aço, uma camada adesiva com crómio e uma espessura máxima de cerca de 2  $\mu\text{m}$ , uma camada de carbono amorfo que contém metal e hidrogénio, a qual apresenta uma espessura de cerca de 1,5  $\mu\text{m}$  a 17  $\mu\text{m}$  e compreende uma fase nanocristalina de carbeto e na qual a componente metálica aumenta em direção ao lado exterior e apresenta uma camada de carbono amorfo, sem metal e que contém hidrogénio, em que na camada de carbono amorfo que contém metal são preponderantes ligações  $\text{sp}^2$  e a camada de carbono amorfo sem metal apresenta ligações  $\text{sp}^2$  e  $\text{sp}^3$  e em que o teor de ligações  $\text{sp}^3$  é mais elevado do que na camada de carbono amorfo que contém metal, em que a estratificação apresenta uma dureza da superfície exterior de 1800 a 2800 HV a 0,002, em que se estabelece uma resistência elétrica da estratificação de DLC, que se situa na casa de mais de 5000 khoms e em que não está prevista na estratificação qualquer camada de deslizamento.
2. Segmento para pistão de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a camada de carbono, que contém metal, compreender volfrâmio.
3. Segmento de pistão de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado por a camada de carbono sem metal apresentar uma espessura de cerca de 1 a cerca de 15  $\mu\text{m}$ .

4. Segmento de pistão de acordo com uma das reivindicações anteriores, caracterizado por as camadas apresentarem, no seu conjunto, uma espessura  $\geq$  a cerca de 2,9  $\mu\text{m}$ , de preferência  $\leq$  que 30  $\mu\text{m}$ .
5. Segmento de pistão de acordo com uma das reivindicações anteriores, caracterizado por a camada adesiva ser constituída por vaporização de metal.
6. Segmento de pistão de acordo com uma das reivindicações anteriores, caracterizado por a camada de carbono que contém metal e/ou a camada de carbono sem metal, serem aplicadas por meio de um processo de PACVD.

Lisboa, 20 de Agosto de 2012