



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112016030819-0 B1



(22) Data do Depósito: 15/07/2015

(45) Data de Concessão: 02/08/2022

(54) Título: ELEMENTO DESLIZANTE, EM PARTICULAR UM ANEL DE PISTÃO, E MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DO MESMO

(51) Int.Cl.: C23C 28/00; F16J 9/26.

(30) Prioridade Unionista: 16/07/2014 DE 10 2014 213 822.1.

(73) Titular(es): FEDERAL-MOGUL BURSCHIED GMBH.

(72) Inventor(es): CHRISTIANE BAUER.

(86) Pedido PCT: PCT EP2015066152 de 15/07/2015

(87) Publicação PCT: WO 2016/008920 de 21/01/2016

(85) Data do Início da Fase Nacional: 28/12/2016

(57) Resumo: ELEMENTO DESLIZANTE, EM PARTICULAR UM ANEL DE PISTÃO, E MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DO MESMO A presente invenção se refere a um elemento deslizante, em particular um anel de pistão, e a um método para a produção do mesmo. Em concordância com a presente invenção, a superfície de rolamento do elemento deslizante, preferivelmente a superfície circunferencial exterior do anel de pistão, não possui nenhuma camada de nitrificação, preferivelmente nenhum endurecimento em superfície, a superfície de rolamento possui uma camada a mais externa, que difere a partir da camada intermediária, uma camada de DLC ou uma camada de nitreto fundamentada em metal, preferivelmente uma camada de nitreto de metal, preferivelmente uma camada de CrN, e proporcionada entre o substrato do elemento deslizante e a camada de DLC existe pelo menos uma camada intermediária contendo metal, preferivelmente uma camada de metal, particularmente preferivelmente uma camada de cromo, e pelo menos uma adicional superfície do elemento deslizante, preferivelmente os flancos de anel de pistão, é endurecida em superfície, preferivelmente possuindo uma camada de nitrificação, em que pelo menos uma camada contendo metal galvânico e/ou uma camada intermediária de PVD está presente.

**"ELEMENTO DESLIZANTE, EM PARTICULAR UM ANEL DE PISTÃO, E
MÉTODO PARA A PRODUÇÃO DO MESMO"**

CAMPO TÉCNICO DA PRESENTE INVENÇÃO

[0001] A presente invenção se refere a um elemento deslizante, em particular a um anel de pistão, que exibe boa resistência ao desgaste global, e bem como propriedades tribológicas favoráveis na região da superfície de rolamento, e a um método para a produção do mesmo.

PANORAMA E ESTADO DA TÉCNICA DA PRESENTE INVENÇÃO

[0002] Quando de redução das emissões de dióxido de carbono de motores de combustão interna, o consumo de combustível desempenha um papel chave. Isto é influenciado, *inter alia*, também pelas perdas de fricção dos elementos deslizantes no motor, em particular na região dos pistões. Os elementos deslizantes, por exemplo, os anéis de pistão, possuem superfícies de rolamento nas quais estes anéis de pistão estão em contato deslizante com um parceiro de fricção. Este sistema tribológico é complexo e é significativamente determinado pelo emparelhamento de material dos parceiros de fricção.

[0003] Conseqüentemente, existe uma necessidade para elementos deslizantes em motores de combustão interna, que exibem o comportamento de fricção o mais favorável possível através de toda a vida útil de serviço. Entretanto, especialmente com motores modernos, altas cargas térmicas e mecânicas ocorrem nos elementos deslizantes.

[0004] Os elementos deslizantes, por exemplo, os anéis de pistão, os pistões ou os revestimentos de cilindro em motores de combustão interna são, conseqüentemente, supostos possuírem baixos coeficientes de fricção e bem como alta resistência ao desgaste através de toda uma longa

vida útil de serviço.

[0005] Anéis de pistão são conhecidos a partir do estado da técnica, os flancos dos quais são nitretados em parte ou em completude e as superfícies de rolamento dos quais possuem um diferente revestimento pelo menos em parte.

[0006] A patente alemã número DE 102 21 800 A1 divulga um anel de pistão de aço possuindo uma superfície de rolamento, uma superfície interior e bem como flanco superior e flanco inferior proporcionados dentre as mesmas, com a superfície de rolamento sendo proporcionada pelo menos em parte com uma camada de *spray* térmica como revestimento de superfície de rolamento e uma camada nitretada criada por nitretação de plasma sendo proporcionada pelo menos sobre os flancos.

[0007] A patente norte americana número US 6.508.473 B1 descreve um anel de pistão possuindo uma camada nitretada sobre o flanco superior e o flanco inferior ou sobre o flanco superior e o flanco inferior e a superfície circunferencial interior, e um película dura formada por ionização (metalização iônica) sobre a superfície circunferencial exterior.

[0008] O pedido de patente alemão número DE 10 2005 023 627 A1 revela um anel de pistão de aço possuindo uma superfície de rolamento em câmara (encerrada) sobre uma lateral, com a superfície de rolamento sendo revestida com uma camada de proteção ao desgaste fundamentada em cerâmica crômio possuindo micro rachaduras (micro fissuras) e pelo menos os flancos sendo proporcionados com uma camada nitretada de redução de desgaste.

[0009] O pedido de patente alemão número DE 10 2005 011 438 B3 divulga um método para a produção de camadas de proteção ao desgaste sobre um corpo base de anel

de pistão consistindo de aço ou ferro fundido, com a região de superfície de rolamento sendo primeiramente proporcionada pelo menos em parte com pelo menos uma camada de *spray* térmica de camada única sobre a base de elementos metálicos de afinidade por nitrogênio, e então, pelo menos os flancos e a superfície de rolamento com a camada *spray* aplicada para os mesmos são submetido/as para um processo de nitretação.

[0010] Ainda que tais elementos deslizantes venham a possuir camadas com resistência ao desgaste satisfatória, estes elementos deslizantes não possuem tanto superfícies de rolamento com coeficientes de fricção particularmente baixos ou quanto nenhuma suficiente adesão entre o substrato e a camada de proteção ao desgaste.

[0011] Adicionalmente, revestimentos de *DLC* sobre as superfícies de rolamento de anéis de pistão são conhecidos a partir do estado da técnica. Camadas de carbono assemelhadas ao diamante [*diamond-like carbon (DLC)*] constituem uma forma metaestável de carbono amorfo com uma porção significativa de carbono hibridizado em sp^3 , que exibem propriedades tribológicas particularmente favoráveis. Um resumo dos possíveis sistemas de camada de *DLC* pode ser descoberto no *VDI Guideline 2840 Carbon Layers*.

[0012] O pedido de patente alemão número DE 10 2011 003 254 A1 divulga um elemento deslizante onde pelo menos uma superfície de rolamento possui, a partir do interior em direção para o exterior, um revestimento com uma camada adesiva contendo metal e uma camada de *DLC* do tipo *ta-C* possuindo uma espessura de pelo menos 10 μm . O material básico do elemento deslizante pode ser ou pode não ser nitretado.

[0013] Tais elementos deslizantes possuem um

baixo coeficiente de fricção sobre a superfície de rolamento, mas não são suficientemente resistentes ao desgaste.

[0014] Conhecido a partir do pedido de patente alemão número DE 10 2011 014 483 B3 é um método para a produção de um anel de pistão de aço no qual um corpo de base é produzido e que é proporcionado com câmara sobre a lateral da superfície de rolamento, e a superfície de rolamento é diretamente proporcionada com uma camada resistente ao desgaste e as regiões circunferencial e de flanco do corpo de base, que não são proporcionadas com a camada resistente ao desgaste, são nitretadas. A camada resistente ao desgaste pode consistir, *inter alia*, de uma camada de *DLC* ou de uma camada de cromo, e uma camada de cromo pode também ser aplicada para a camada de *DLC*.

[0015] Devido para o fato da aplicação direta da camada de *DLC* para o substrato da superfície de rolamento, entretanto, a resistência ao desgaste do elemento deslizando é limitada pela insuficiente adesão da camada de *DLC* para a superfície de rolamento.

DESCRIÇÃO DA PRESENTE INVENÇÃO

[0016] A presente invenção é fundamentada sobre o objetivo de provisão de um elemento deslizando, preferivelmente de um anel de pistão, e de um método para produção do mesmo, e que exhibe boa resistência ao desgaste global para desgastar e bem como propriedades tribológicas favoráveis na região da superfície de rolamento.

[0017] Este objetivo é solucionado pelo elemento deslizando descrito na reivindicação de patente independente 1 acompanhante, e bem como pelo método para a produção do elemento deslizando em concordância com a reivindicação de patente independente 7 acompanhante.

[0018] O endurecimento de superfície das

superfícies não constituindo a superfície de rolamento assegura a resistência ao desgaste das mesmas. Na medida em que a camada a mais exterior da superfície de rolamento, de qualquer forma, uma camada de *DLC* ou uma camada de nitreto fundamentada em metal é proporcionada, isto é que vem a contribuir para propriedades tribológicas particularmente vantajosas e comportamento de desgaste da superfície de rolamento.

[0019] Foi surpreendentemente tornado evidente em várias séries de teste que substratos sem uma camada nitretada, que são proporcionados com uma camada de *DLC* ou com uma camada de nitreto fundamentada em metal, são consideravelmente mais resistentes para uma carga cíclica simulando a queima de combustão do que substratos possuindo uma camada nitretada debaixo da camada de *DLC* ou da camada de nitreto fundamentada em metal.

[0020] Devido para o fato da carga, o substrato é plasticamente deformado, entretanto, a fragilidade da camada nitretada resulta na iniciação de rachaduras na região nitretada e na camada de *DLC*. Em um substrato sem uma camada nitretada, entretanto, tensões consideravelmente mais altas podem ser reduzidas por deformação plástica antes que a formação de rachaduras venha a ser iniciada no material. A camada de *DLC* ou a camada de nitreto fundamentada em metal é elasticamente deformada devido para o fato da sua espessura de camada que é fina comparada com a do substrato.

[0021] Além do mais, por aplicação de uma camada intermediária contendo metal, preferivelmente uma camada de metal, particularmente preferivelmente uma camada de cromo, entre o substrato e a camada de *DLC* ou a camada de nitreto fundamentada em metal, adesão entre o substrato e a camada de *DLC* ou a camada de nitreto fundamentada em metal

pode ser significativamente aperfeiçoada.

[0022] A estrutura do revestimento sobre a superfície de rolamento em concordância com a reivindicação de patente independente 1 acompanhante, a saber, uma superfície de substrato não nitretada sobre a qual pelo menos uma camada intermediária contendo metal e bem como, como a camada a mais externa, uma camada de *DLC* ou uma camada de nitreto fundamentada em metal são proporcionadas, assegura proteção ao desgaste da superfície de rolamento com baixos coeficientes de fricção enquanto a resistência ao desgaste das superfícies não constituindo a superfície de rolamento é assegurada por endurecimento de superfície.

[0023] A superfície de rolamento preferivelmente corresponde para a superfície circunferencial exterior de um anel com área de seção transversal poligonal, preferivelmente de um cilindro oco ou de um cone truncado oco, sem câmara.

[0024] No método em concordância com a presente invenção para a produção do elemento deslizante, a camada de *DLC* ou a camada de nitreto fundamentada em metal é inevitavelmente aplicada depois da aplicação da camada intermediária enquanto o endurecimento de superfície de pelo menos uma superfície não constituindo a superfície de rolamento pode ser desempenhado precedentemente para a aplicação da camada intermediária, depois da aplicação da camada intermediária, mas precedentemente para a aplicação da camada de *DLC* ou da camada de nitreto fundamentada em metal e/ou depois da aplicação da camada de *DLC* ou da camada de nitreto fundamentada em metal.

[0025] Desenvolvimentos adicionais preferidos do elemento deslizante em concordância com a presente invenção são descritos nas adicionais reivindicações de patente dependentes acompanhantes.

[0026] Em concordância com uma concretização em concordância com a presente invenção, a superfície de rolamento do elemento deslizante não é endurecida em superfície. Administração (dispensação) com endurecimento de superfície sob o revestimento da superfície de rolamento aumenta consideravelmente a resistência ao desgaste na medida em que iniciação de rachadura pode ser significativamente reduzida analogamente para o mecanismo de ação na superfície de rolamento nitretada.

[0027] Preferivelmente, as camadas intermediárias contendo metal em concordância com a presente invenção constituem camadas intermediárias galvânicas e/ou de PVD na medida em que estas camadas intermediárias influenciam positivamente a adesão.

[0028] Em concordância com uma concretização preferida adicional da presente invenção, uma camada intermediária contendo metal, preferivelmente uma camada intermediária galvânica, é diretamente adjacente para a superfície de substrato de maneira tal que a adesão é adicionalmente aperfeiçoada.

[0029] Particularmente vantajosa é uma estrutura de camada sobre a superfície de rolamento, na qual uma camada intermediária contendo metal é localizada diretamente entre o substrato e a camada de DLC ou a camada de nitreto fundamentada em metal. Uma tal estrutura provou ser particularmente vantajosa para a adesão do revestimento.

[0030] Vantajosamente, uma camada intermediária contendo metal, preferivelmente uma camada intermediária galvânica, possui uma espessura de camada de 1 μm até menos do que 5 μm na medida em que isto influencia positivamente a vida útil de serviço do revestimento.

[0031] Uma concretização preferida do método em

concordância com a presente invenção para a produção de um elemento deslizando proporciona que uma camada intermediária contendo metal é aplicada utilizando um processo galvânico. Por meio disso, camadas intermediárias contendo metal podem ser depositadas de uma maneira eficiente em custos utilizando métodos simples.

[0032] De acordo com o método em concordância com a presente invenção para a produção de um elemento deslizando, uma camada intermediária contendo metal e/ou uma camada de nitreto fundamentada em metal e/ou uma camada de *DLC* é vantajosamente aplicada utilizando um processo de *PVD*. Por consequência, camadas possuindo uma espessura de camada definida e uma composição química definida podem ser confiavelmente depositadas.

[0033] Em concordância com uma concretização preferida adicional da presente invenção, as superfícies endurecidas em superfície não possuem um revestimento, ainda que estas superfícies endurecidas em superfície possam, de fato, ser revestidas em casos de aplicação particulares.

[0034] As camadas de nitreto fundamentadas em metal com nitretos dos seguintes elementos provaram serem particularmente vantajosas: alumínio (*Al*), titânio (*Ti*), zircônio (*Zr*), háfnio (*Hf*), vanádio (*V*), nióbio (*Nb*), tântalo (*Ta*), crômio (*Cr*), molibdênio (*Mo*) e tungstênio (*W*). As composições de (*CrN*), de [*CrN(O)*] de (*VN*) e de (*AlN*) são particularmente preferidas. Adicionalmente, sistemas de três componentes (*A-B-N*) são preferidos, onde (*A*) e (*B*) cada um é um elemento a partir do grupo *Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Al, Si* e *C*, e *N* é nitrogênio. Particularmente preferidos são os sistemas de *Ti-Zr-N, Ti-Al-N, Cr-Si-N, Cr-Zr-N, Cr-Ti-N* e *Cr-V-N*. Estes sistemas podem ser de fases estequiométricas ou de fases não

estequiométricas ou de misturas das mesmas. As camadas de nitreto fundamentadas em metal podem além do mais compreender quaisquer combinações das composições estabelecidas, em particular estas composições podem também ser proporcionadas em forma graduada. Adicionalmente, estas composições podem compreender gotículas e ser formadas como um sistema de camada múltipla ou com estruturas super entrelaçadas.

[0035] Além do mais, as camadas de nitreto fundamentadas em metal dos seguintes documentos são proporcionadas como variações preferidas:

Patente alemã número DE 102012200378 A1

Patente alemã número DE 102008017583 A1

Patente alemã número DE 102007027245 A1

Patente alemã número DE 102007035502 A1

Patente alemã número DE 102006046915 B3

Patente alemã número DE 102006046917 B3

Patente alemã número DE 102004032403 B3

CONCRETIZAÇÃO PREFERIDA DA PRESENTE INVENÇÃO

[0036] Em concordância com uma concretização preferida da presente invenção, um anel de pistão de aço é proporcionado possuindo um flanco superior e um flanco inferior e bem como uma superfície circunferencial interior e uma superfície circunferencial exterior. O flanco superior e o flanco inferior e bem como a superfície circunferencial interior cada um/a possui uma camada nitretada que é introduzida para o anel de pistão por nitretada de plasma, banho de nitretação ou nitretação de gás, por exemplo. Sobre a superfície circunferencial exterior, que constitui a superfície de rolamento do anel de pistão e que não é nitretada, é aplicado um revestimento que consiste de uma primeira camada intermediária de

crômio, preferivelmente possuindo uma espessura de camada entre 1 μm e 5 μm , e uma segunda camada intermediária de crômio e uma camada de *DLC* do tipo de *ta-C*. A primeira camada intermediária de crômio é preferivelmente aplicada em cima da superfície de rolamento por deposição galvânica, e a segunda camada intermediária de crômio e a camada de *DLC* são preferivelmente depositadas utilizando um processo de *PVD*.

[0037] Portanto, embora a presente invenção tenha sido descrita em concordância com e com referência para exemplificações específicas e concretizações preferidas, aqueles especializados no estado da técnica irão apreciar que a presente invenção pode ser concretizada de muitas outras diferentes formas com um número de modificações, de variações e de mudanças sendo conceptível sem afastamento a partir do espírito inventivo e do escopo de proteção da presente invenção que é unicamente limitada no que se refere para o estabelecido pelas reivindicações de patente subsequente.

REIVINDICAÇÕES

1. Anel de pistão de aço **caracterizado** pelo fato de que compreende:

uma superfície de rolamento, uma superfície circunferencial interna, um flanco superior e um flanco inferior;

cada um dentre o flanco superior, o flanco inferior e a superfície circunferencial interna possuindo uma camada nitretada;

um revestimento disposto sobre uma área de base de substrato não nitretada da superfície de rolamento,

o revestimento incluindo uma camada intermediária contendo metal incluindo cromo aplicada à superfície de rolamento, a camada intermediária contendo metal possuindo uma espessura entre 1 μm e 5 μm , e uma camada mais externa compreendendo uma camada de DLC,

em que pelo menos uma camada contendo metal galvânico e/ou uma camada intermediária de PVD está presente.

2. Anel de pistão de aço, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a superfície de rolamento é isenta de endurecimento em superfície.

3. Anel de pistão de aço, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que uma camada intermediária adicional contendo metal está entre a superfície de substrato e a camada intermediária contendo metal incluindo cromo.

4. Anel de pistão de aço, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a camada intermediária contendo metal está localizada diretamente entre o substrato e a camada de DLC.

5. Anel de pistão de aço, de acordo com a

reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que pelo menos uma camada de nitreto metálico é fornecida entre a camada mais externa e a superfície de substrato.

6. Anel de pistão de aço, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a referida superfície de rolamento compreende uma superfície circunferencial externa do referido anel de pistão.

7. Anel de pistão de aço, de acordo com a reivindicação 3, **caracterizado** pelo fato de que a referida camada intermediária adicional contendo metal compreende uma camada intermediária galvânica.

8. Anel de pistão de aço, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado** pelo fato de que a referida camada intermediária adicional contendo metal possui uma espessura de camada de 1 μm a menos que 5 μm .

9. Método para produção de um anel de pistão de aço, conforme definido na reivindicação 1, **caracterizado** pelo fato de que a camada de DLC é depositada sobre a superfície de rolamento do elemento deslizante e pelo menos uma superfície adicional do elemento deslizante é endurecida em superfície enquanto a nitretação da superfície de rolamento é evitada.

10. Método, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo fato de que uma camada intermediária adicional contendo metal é aplicada entre a superfície de substrato e a camada intermediária contendo metal incluindo cromo utilizando um processo galvânico.

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pelo fato de que a camada intermediária contendo metal incluindo cromo e/ou a camada de DLC são aplicadas utilizando um processo de PVD.