



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

(21) PI 1101057-6 A2



* B R P I 1 1 0 1 0 5 7 A 2 *

(22) Data de Depósito: 17/03/2011

(43) Data da Publicação: 11/06/2013

(RPI 2214)

(51) Int.Cl.:

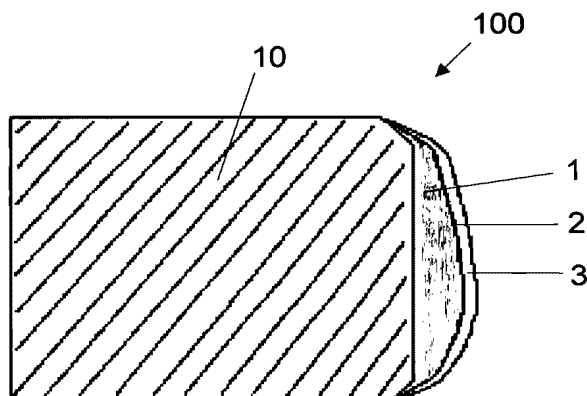
F16J 9/00

(54) Título: ANEL DE PISTÃO

(73) Titular(es): Mahle Metal Leve S/A

(72) Inventor(es): Rodrigo Favaron

(57) Resumo: ANEL DE PISTÃO. A presente invenção refere-se a um anel de pistão, particularmente idealizado para utilização no canaleta de pistão de um motor de combustão interna e/ou compressor, dotado de uma base metálica à qual é aplicado um primeiro revestimento compreendido por uma subcamada (1) de cromo duro eletrodepositado com uma espessura máxima de 100 micrômetros, sendo posteriormente formada, por cima da subcamada (1), uma camada externa (3) composta de nitreto de cromo depositada por PVD com uma espessura que varia entre os 5 e os 30 micrômetros. Adicionalmente, entre a subcamada (1) de cromo eletrodepositado e a camada externa (3) de nitreto de cromo, existe uma camada de adesão (2) formada por cromo puro com uma espessura máxima de 5 micrômetros depositada também por PVD, resultando em um anel de pistão (100) com superior resistência ao desgaste e resistência à geração de trincas.



Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "ANEL DE PISTÃO".

A presente invenção refere-se a um anel de pistão, particularmente idealizado para utilização no canaleta de pistão de um motor de combustão interna e/ou compressor, dotado de uma base metálica à qual é aplicada uma pluralidade de revestimentos à base de cromo.

Descrição do Estado da Técnica

Nos motores de combustão interna dotados de um ou mais pistões que se deslocam no interior de respectivos cilindros, cada pistão compreende um ou mais anéis, que são submetidos a severos esforços quando o motor está em funcionamento.

Uma das formas de se garantir a resistência ao desgaste de um anel, a fim de que ele apresente uma vida útil elevada/suficiente para os parâmetros de vida útil do motor, é alcançada com a aplicação de uma ou mais camadas de revestimento sobre o metal base com o qual é constituído. O revestimento, desenvolvido especificamente para resistir ao desgaste e à abrasão, mantém as propriedades de desempenho do anel mesmo após milhões de ciclos de deslocamento do pistão no interior do cilindro.

Nesse sentido, existem infindáveis técnicas utilizando as mais diversas composições de revestimento e inúmeros processos de aplicação, cada qual buscando otimizar as propriedades de desempenho e durabilidade dos mais diversos tipos e configurações de anéis.

No espírito do anel objeto da presente invenção, dotado de uma base metálica à qual são aplicados revestimentos à base de cromo, uma primeira técnica anterior representativa é a patente norte-americana US 6.161.837, que se refere a um anel de pistão dotado de uma base de ferro fundido à qual são aplicadas duas camadas de revestimento na superfície de deslizamento. Mais particularmente, a primeira camada ou subcamada é dotada de uma espessura que varia de 100 a 300 micrômetros aplicada diretamente sobre a base metálica que contém microabrasões na sua superfície produzidas pelo processo de lapidação (*lapping*), sendo que essa primeira camada é composta de cromo eletrodepositado/galvanizado (*electropla-*

ted). Este documento revela que uma segunda camada é aplicada sobre as microabrasões da primeira camada, sendo que a segunda camada é obtida pela aplicação de nitreto de cromo através do processo de deposição física de vapor (PVD – *physical vapor deposition*).

5 As microabrasões mencionadas por este documento podem ser vistas na figura 1 e sua função é a de melhorar a adesão da segunda camada de nitreto de cromo na primeira camada de cromo eletrodepositado.

 Uma segunda técnica anterior representativa no âmbito da presente invenção é a patente norte-americana US 5.605.741, que se refere a
10 um anel de pistão dotado de uma base de ferro fundido dotado de uma subcamada de cromo eletrodepositado ou nitretado a gás formada na sua face periférica externa. Tal subcamada é tratada superficialmente através do jateamento de partículas de forma a tornar a sua superfície áspera, sendo que posteriormente é lapidada a óleo para remover as asperezas. A superfície
15 resultante tem um platô suave e diversos reservatórios aleatoriamente orientados à qual é posteriormente aplicado um revestimento metálico de nitreto.

 Segundo este documento estadunidense, os reservatórios oferecem uma área superficial adicional que visa promover a adesão entre o nitreto metálico e a subcamada. No entanto, o revestimento metálico de nitreto
20 não elimina os reservatórios, tendo tais reservatórios a função adicional de armazenamento do óleo lubrificante para, conseqüentemente, reduzir o atrito e desgaste durante a operação do anel de pistão (vide figura 2). O documento revela ainda que a dureza da subcamada varia entre 800 e 950 Vickers sendo dotada de uma espessura mínima de 100 micrômetros.

25 Tal como se pode observar pelos documentos da técnica anterior apresentados, existe a necessidade de uma abrasão da subcamada de forma a promover uma melhoria na adesão da camada externa, sendo que tal característica é aquela atualmente capaz de oferecer solução para a adesão entre as duas camadas (cromo eletrodepositado e camada de nitreto
30 metálico, por exemplo cromo).

 Adicionalmente, resta claro que as soluções de ambos os documentos necessitam de subcamadas com espessuras superiores a 100

micrômetros. No entanto, é sabido que o aumento da espessura das camadas de cromo leva a uma redução da resistência à fadiga e a um aumento da tensão residual do revestimento, o que torna a especificação e aplicação de camadas de tal espessura arriscada dado o aumento considerável na
5 tensão residual e como corolário no risco do aparecimento de trincas/rachaduras indesejáveis.

Paralelamente, é também conhecido que anéis de pistão dotados de revestimentos de cromo eletrodepositado na superfície de deslizamento ainda mais se com espessura elevada, apresentam microtrincas nas
10 camadas de revestimento. Tal realidade é bem-conhecida, e pode ser reproduzida facilmente em testes de bancada. Um exemplo disso pode ser visualizado na figura 5 anexa, que apresenta o resultado de um teste de motor em um anel de pistão do estado da técnica dotado de uma subcamada de cromo eletrodepositado e uma camada externa de nitreto de cromo.

15 Assim, as soluções do estado da técnica apresentam dois grandes inconvenientes que até ao presente momento ainda não têm solução. Por um lado são necessários processos de lapidação ou afins da camada de cromo galvanizada para que se obtenha uma melhor adesão à camada metálica de nitreto. Por outro lado, até talvez devido à forçosa necessidade de
20 se adentrar na camada de cromo eletrodepositado no momento de formação das microabrasões, as camadas de cromo apresentam espessuras superiores ao necessário, o que notoriamente irá contribuir para uma redução na vida útil do anel de pistão devido ao acúmulo de tensões e potencial aparecimento de trincas.

25 De outro lado, sem recorrer formação de microabrasões e consequentes procedimentos que oneram o custo de fabricação do anel de pistão (ou seja, dando um passo inventivo), a depositante apresenta um produto absolutamente novo e original, que não necessita da etapa de lapidação da camada de cromo galvanizada, apresentando um revestimento com uma
30 espessura consideravelmente inferior, atendendo com louvor a todos os requisitos de desempenho e durabilidade, e mantendo um custo de fabricação competitivo.

Objetos da Invenção

A presente invenção tem por objeto um anel de pistão idealizado para utilização em motores de combustão interna ou compressores, dotado de uma subcamada de cromo eletrodepositado disposto na superfície de deslizamento do anel e de uma camada externa de nitreto de cromo, sendo
5 que a ligação entre as referidas camadas é proporcionada por uma camada de adesão de cromo puro.

A presente invenção tem por objeto também um anel de pistão, que possua uma espessura de revestimento de cromo eletrodepositado reduzida, de forma a reduzir os valores de formação de microtrincas potencialmente destrutivas.
10

Breve Descrição da Invenção

Os objetos da presente invenção são alcançados por um anel de pistão, particularmente para uso no canaleta de um pistão de um motor de combustão interna ou de um compressor, compreendendo uma base metálica substancialmente anelar, o anel de pistão compreendendo uma face periférica externa dotada de uma subcamada de cromo eletrodepositado e uma camada externa de nitreto de cromo. A subcamada possui uma espessura máxima de 100 micrômetros, a camada externa possui uma espessura substancialmente entre 5 micrômetros e 30 micrômetros e é provida uma
15 20 camada de adesão de cromo puro entre a subcamada e a camada externa.

Descrição Resumida dos Desenhos

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

Figura 1 - é uma fotografia das microabrasões formadas aleatoriamente pelo processo de lapidação / esmerilhamento de um anel de pistão do estado da técnica;

Figura 2 - é uma ilustração da superfície de platôs e reservatórios formados aleatoriamente pelo processo de lapidação e jateamento de um anel de pistão do estado da técnica;
30

Figura 3 - é uma fotografia da vista da face de trabalho, superfí-

cie periférica de um anel de pistão do estado da técnica onde se podem visualizar as trincas axiais após teste em motor Diesel com duração de 500 horas.

Figura 4 - é uma fotografia da vista da face de trabalho, superfície periférica de um anel de pistão da presente invenção sem trincas após teste em motor Diesel com duração de 500 horas.

Figura 5 - é uma fotografia que ilustra as trincas da face de trabalho, superfície periférica de uma camada de cromo duro galvanizado / electrodepositado de um anel de pistão do estado da técnica após um teste de motor;

Figura 6 - é uma vista esquemática em corte transversal do anel de pistão objeto da presente invenção;

Figura 7 - é uma ilustração do princípio do teste de medição de emissão acústica ao qual os anéis de pistão são submetidos para alferir as propriedades de seu revestimento; e

Figura 8 - é uma figura que mostra os resultados das medições de emissão acústica que compara diferentes espessuras de camadas.

Descrição Detalhada das Figuras

A presente invenção refere-se a um anel de pistão 100, particularmente para uso no canaleta de um pistão de um motor de combustão interna ou de um compressor, sendo que tal anel é preferivelmente configurado como anel de compressão, muito embora possa perfeitamente ter a constituição de um anel raspador de óleo, ou ainda qualquer outra.

Antes que se dê início à descrição do anel objeto da presente invenção propriamente dito, cumpre reiterar que o aumento da espessura das camadas de cromo de revestimento leva a uma correspondente redução da resistência à fadiga e a um aumento da tensão residual do revestimento. Tal conhecimento está embasado não só em teoria, mas sobretudo em resultados experimentais levados a cabo pela depositante e que serão discutidos no decorrer deste texto.

Tendo como base a incontornável realidade apontada no parágrafo anterior, a depositante desenvolveu um anel de pistão 100 dotado de

revestimento com espessura de camadas reduzida, bem como de uma solução de adesão entre elas capaz de garantir os requisitos de desempenho e durabilidade suficientemente superior àquela dos anéis até o momento desenvolvidos.

5 A figura 6 mostra um corte transversal do anel de pistão 100 da presente invenção, que possui a concretização preferencial de uma base 10 metálica, preferencialmente de aço ou ferro fundido, podendo no entanto ser de qualquer outro material metálico, como por exemplo alumínio.

10 A superfície externa ou periférica do anel 100 (aquela voltada para a parede do cilindro) recebe um primeiro revestimento compreendido por uma subcamada 1 de cromo duro eletrodepositado / galvanizado. A subcamada 1 de cromo duro eletrodepositado terá uma espessura preferencialmente de 60 micrômetros, podendo alcançar um valor máximo de 100 micrômetros. Valores superiores a 100 micrômetros são indesejados a fim
15 de evitar o acúmulo de tensões, e o consequente aumento na probabilidade da ocorrência de trincas.

 A subcamada 1 de cromo duro eletrodepositado é produzida, de modo preferencial, mas não obrigatório, através de um meio ácido de cromo contendo micropartículas sólidas dispersas no meio. Note-se que durante o
20 processo de cromação o substrato/base 10 metálica é conectado a um catodo de forma a iniciar a formação dos primeiros micrômetros de espessura da subcamada 1 de cromo duro na superfície exposta da base 10. Após esta etapa, a corrente elétrica é revertida de modo que o substrato/base 10 se torna o anodo e, dessa forma, o cromo é parcialmente removido da base 10
25 gerando a ocorrência de microfissuras. Em seguida, a corrente elétrica é novamente revertida à condição inicial, de modo que o substrato passa de novo a funcionar como catodo, condição que gera novamente a formação de cromo duro sobre a superfície exposta. Assim, é possível que as partículas dispersas no meio sejam encapsuladas por entre as microfissuras.

30 Cumpra-se notar que o processo de eletrodeposição acima descrito é repetido por várias vezes durante a formação da subcamada 1 de cromo duro, resultando em um revestimento contendo micropartículas que são en-

capsuladas por entre as fissuras em toda a extensão da camada de cromo duro.

Dependendo das propriedades que se desejam alcançar, a subcamada 1 de cromo duro eletrodepositado pode ser constituída de múltiplas camadas finas (*multilayer*) que podem ou não conter partículas abrasivas por entre as múltiplas camadas finas, resultando em subcamadas 1 com durezas que variam entre 400 e 1200 Vickers (HV).

Posteriormente, ainda durante o processo de fabricação do anel, um segundo revestimento é aplicado por cima da subcamada 1, formando-se uma camada externa 3 composta de nitreto de cromo, na constituição predominante de CrN ou Cr₂N ou ainda uma mistura sem que ocorra a preponderância de nenhuma das fases.

Esta camada externa 3 é formada, de modo preferencial, mas não obrigatório, por um processo de deposição física de vapor (PVD) e tem uma espessura que varia entre os 5 e os 30 micrômetros, sendo preferencialmente de 20 micrômetros. Analogamente ao que foi dito para a subcamada 1, valores de espessura superiores a 30 micrômetros são indesejados a fim de evitar o acúmulo de tensões, e o consequente aumento na probabilidade da ocorrência de trincas.

Adicionalmente, cumpre notar que entre a subcamada 1 de cromo eletrodepositado e a camada externa 3 de nitreto de cromo, aplicada posteriormente, existe uma camada de adesão 2 formada por cromo puro depositada também por PVD. Note-se que esta camada tem uma espessura bastante reduzida, substancialmente inferior a 5 micrômetros, sendo a sua função fundamental para promover uma boa adesão entre a subcamada 1 e a camada externa 3.

Durante o processo de fabricação, após a aplicação da subcamada 1, inicia-se a aplicação do cromo metálico por PVD e, no mesmo processo (sem paralisá-lo), tão logo a espessura ao redor de 5 micrômetros seja atingida, introduz-se o nitrogênio de forma que o nitreto de cromo passe a ser depositado. O volume de nitrogênio disponível vai determinar a composição da camada externa, se composta primordialmente por nitreto de

cromo na fase CrN, Cr₂N ou ainda uma mistura sem preponderância de fases.

Note-se, portanto, que a presente invenção se distancia completamente do conceito dos revestimentos de anéis de pistão à base de cromo, não sendo mais necessário proceder ao tratamento superficial (lapidação ou afim) da subcamada 1 para a criação das microabrasões, nem a eventuais procedimentos subsequentes. Destarte, a presente invenção consegue alcançar um revestimento de anéis de pistão 100 à base de cromo sem a necessidade de procedimentos adicionais que oneram forçosamente o produto final e com uma espessura de revestimento consideravelmente inferior, que reduz a tensão interna cumulada e a consequente ocorrência de trincas

Prova dessa considerável mudança conceitual e da considerável redução da espessura das camadas é o fato de que, se nos anéis atualmente conhecidos a espessura da subcamada 1 tinha um valor mínimo de 100 micrômetros necessário devido ao posterior procedimento de lapidação superficial, ao passo que no presente anel a espessura da subcamada 1 de revestimento passa a ser no máximo de 100 micrômetros, trazendo todas as vantagens de durabilidade comentadas acima.

Ademais, outro grande diferencial do anel de pistão 100 da presente invenção é que ele apresenta agora uma superfície de deslizamento (periférica) lisa, isenta dos reservatórios do estado da técnica (devido à não lapidação da subcamada 1. Adicionalmente, a presente invenção possui agora uma camada intermediária, a denominada camada de adesão 2 à base de cromo puro que não está prevista no estado da técnica, resultando em uma maior facilidade e maior qualidade da adesão entre a camada de cromo galvanizada e a camada de nitreto de cromo, e sem trazer nenhum inconveniente ou desvantagem, visto que é aplicada da mesma forma e maneira do revestimento de nitreto de cromo, o que foi mencionado mais acima.

No geral, o anel de pistão 100 da presente invenção resulta em uma maior resistência à fadiga e ao contrário das tecnologias do estado da técnica, é capaz de resolver os problemas das trincas presentes nas subcamadas 1 de cromo eletrodepositado. E, muito além de basear-se somente

em teorias, a depositante conseguiu alcançar os excelentes resultados da presente invenção comprovadamente, com base em testes experimentais que resultaram nas fotografias das figuras 3 e 4.

5 Ao se observar as duas figuras é notória a diferença entre as superfícies das subcamadas 1. A figura 3 mostra uma fotografia em corte transversal de um anel de pistão do estado da técnica onde se podem visualizar as trincas axiais na camada de cromo eletrodepositado (subcamada 1) após um teste de motor. Vale lembrar que a subcamada 1' de cromo eletrodepositado do anel 100 do estado da técnica tem uma espessura na ordem
10 de 180 micrômetros, sendo que a camada externa 3' de nitreto de cromo possui uma espessura de 18 micrômetros.

 Com um resultado absolutamente vantajoso, a figura 4 mostra uma fotografia de um anel de pistão 100 da presente invenção em condições de teste similares às da figura 3, sendo que a subcamada 1 de cromo
15 eletrodepositado possui uma espessura de substancialmente 60 micrômetros, resultando em uma subcamada 1 claramente isenta de trincas após ser submetida ao mesmo teste.

 De forma a consubstanciar os excelentes resultados obtidos pela presente invenção, a depositante efetuou testes de medição acústica de
20 anéis de pistão do estado da técnica, bem como da presente invenção, fato que lhe permitiu compreender o comportamento das camadas à base de cromo quanto à sua resistência ao surgimento de trincas e sua adesão.

 A figura 7 ilustra o princípio de funcionamento de um teste de medição de emissão acústica. O anel de pistão 100, após receber o revestimento, é disposto em um dispositivo tal como representado na figura 7.
25 Posteriormente é aplicada uma carga na superfície de deslizamento do anel 100, sendo que todo o ruído emitido devido às tensões aplicadas no anel 100 e suas respectivas camadas são registrados por um equipamento específico para o efeito.

30 Como resultado, à medida que ocorre um deslocamento, as camadas vão atingindo a sua resistência máxima, vão colapsando e emitindo um som que se traduz posteriormente sob a forma de um gráfico tal como

apresentado na figura 8. Assim, o gráfico da figura 8 apresenta no eixo dos xx o descolamento e no eixo dos yy o retorno do sinal do equipamento referente à emissão de trincas, que é representado no gráfico pela sigla ASL, que significa a Média do Nível de Sinal (*Average Signal Level*) e que está representado no gráfico em volts (V). Para se ter uma noção de como isso ocorre, um transdutor transforma o ruído de dB em um sinal analógico entre 0 e 10V (volts) onde 1 dB equivale a 0,04 V.

Os resultados obtidos e registrados na figura 8 resultaram de revestimentos onde foram aplicadas espessuras de subcamadas 1 superiores a 100 micrômetros, configurações essas que são de anéis de pistão do estado da técnica. Uma análise do gráfico mostra que quando há uma redução na espessura tanto da camada de cromo eletrodepositado como da camada de nitreto de cromo obtida por PVD, ocorre uma melhora na resistência à fratura do anel 100 (amostras 1, 2 e 3). Mais particularmente, comparando os resultados das amostras 1, 2 e 3 é possível observar que quanto mais reduzida a espessura total dos revestimentos à base de cromo, melhor a resistência à fratura do anel, sendo que o melhor resultado foi obtido pela amostra 1 com uma espessura da camada de cromo eletrodepositado de 110 micrômetros e uma espessura da camada de nitreto de cromo obtido por PVD de 18 micrômetros, o que leva a crer que a maior influência na resistência à fratura decorre, principalmente, de uma redução da subcamada 1.

Resta assim claro que o anel de pistão 100 da presente invenção apresenta uma solução de revestimento com menos procedimentos de fabricação, sendo capaz de alcançar, sem trincas, todos os requisitos de desempenho e durabilidade que se espera de um anel de pistão 100.

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 apresentadas, aí incluídos os possíveis equivalentes.

REIVINDICAÇÕES

1. Anel de pistão, particularmente para uso no canaleta de um pistão de um motor de combustão interna ou de um compressor, compreendendo uma base (10) metálica substancialmente anelar, o anel de pistão
5 (100) compreendendo uma face periférica externa dotada de uma subcamada (1) de cromo duro eletrodepositado e uma camada externa (3) de nitrato de cromo, o anel de pistão sendo caracterizado pelo fato de que a subcamada (1) possui uma espessura máxima de 100 micrômetros, a camada externa (3) possui uma espessura substancialmente entre 5 micrômetros e
10 30 micrômetros e é provida uma camada de adesão (2) de cromo puro entre a subcamada (1) e a camada externa (3).

2. Anel de pistão de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a camada de adesão (2) possui uma espessura máxima de 5 micrômetros.

15 3. Anel de pistão de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado pelo fato de que a subcamada (1) é compreendida por múltiplas camadas finas de cromo duro eletrodepositado.

4. Anel de pistão de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de que a subcamada (1) possui partículas abrasivas entre as
20 múltiplas camadas finas de cromo duro eletrodepositado.

5. Anel de pistão de acordo com as reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a subcamada (1) possui uma dureza que varia entre 400HV e 1200HV.

6. Anel de pistão de acordo com as reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que a camada externa (3) é depositada por deposição física de vapor (PVD).
25

7. Anel de pistão de acordo com as reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que a camada de adesão (2) é depositada por deposição física de vapor (PVD).
30

8. Anel de pistão de acordo com as reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que a base metálica (10) é constituída por aço.

9. Anel de pistão de acordo com as reivindicações 1 a 7, carac-

terizado pelo fato de que a base metálica (10) é constituída por ferro fundido.

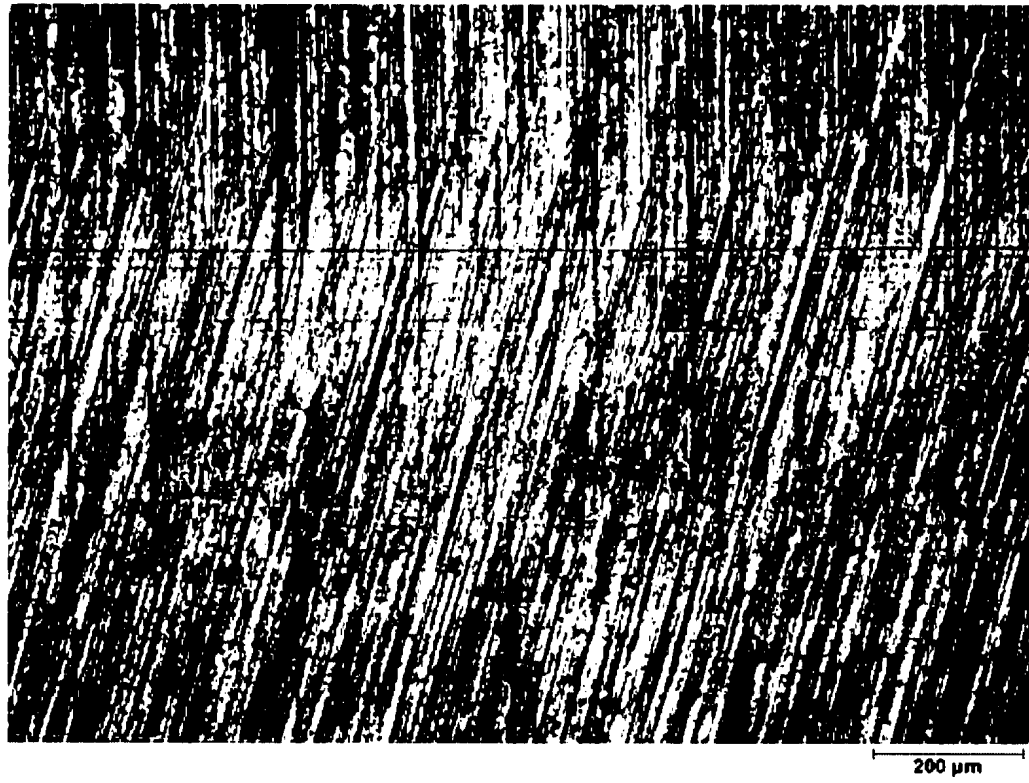


FIG. 1

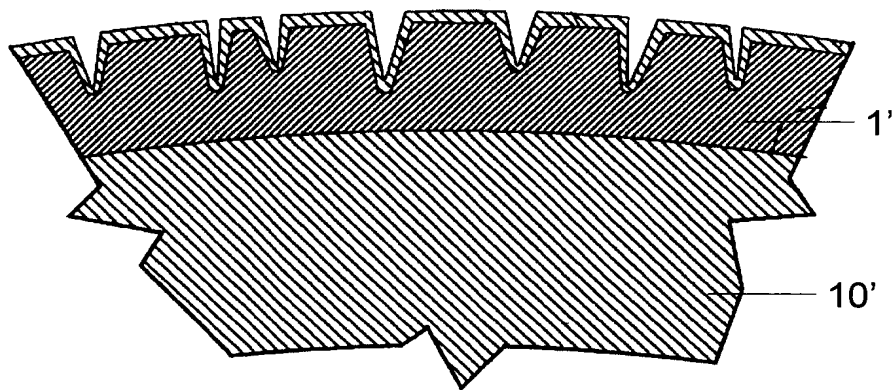


FIG. 2



FIG. 3 Estado da técnica



FIG. 4 Invenção



FIG. 5

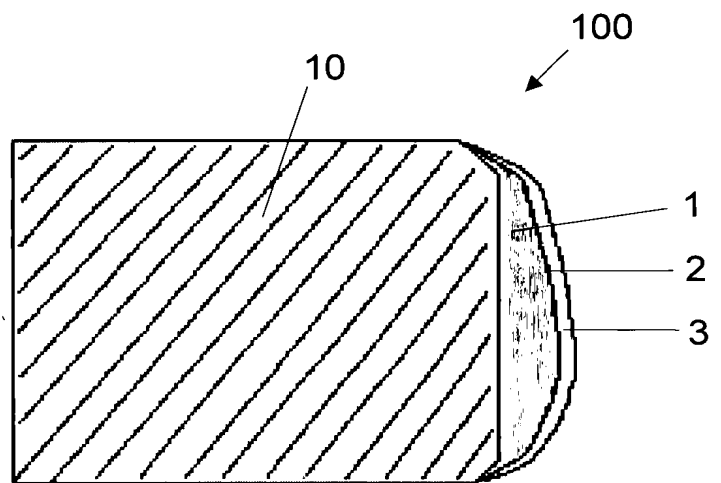


FIG. 6

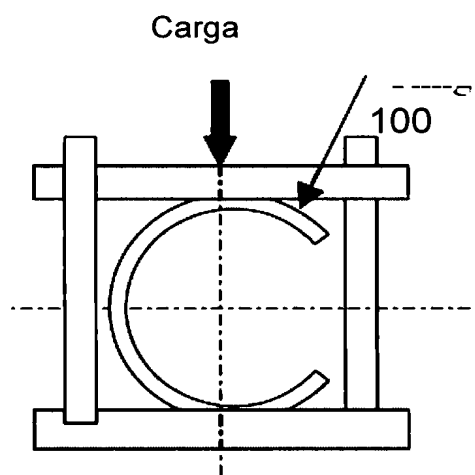


FIG. 7

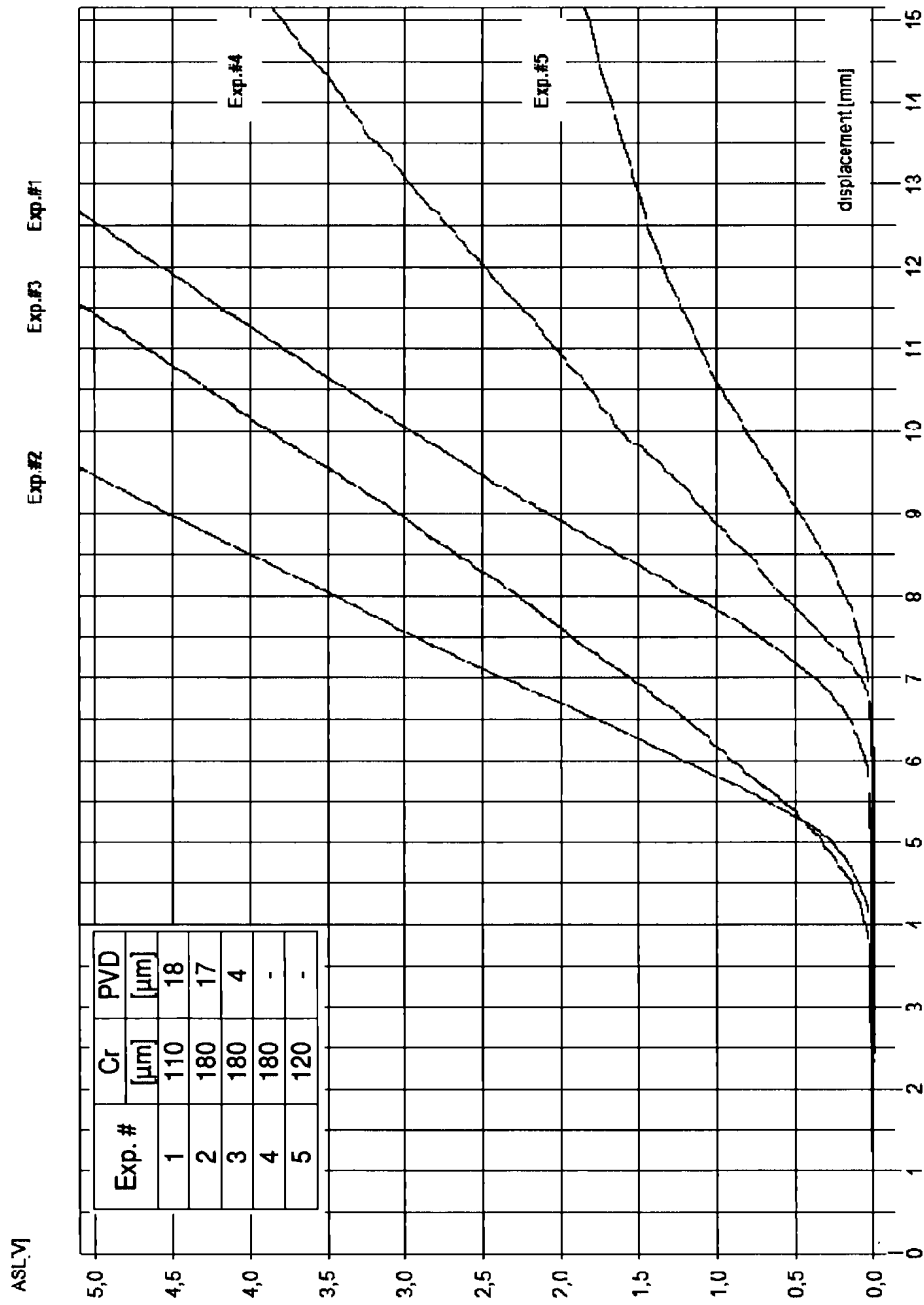


FIG. 8

RESUMO

Patente de Invenção: **"ANEL DE PISTÃO"**.

A presente invenção refere-se a um anel de pistão, particularmente idealizado para utilização no canaleta de pistão de um motor de combustão interna e/ou compressor, dotado de uma base metálica à qual é aplicado um primeiro revestimento compreendido por uma subcamada (1) de cromo duro eletrodepositado com uma espessura máxima de 100 micrômetros, sendo posteriormente formada, por cima da subcamada (1), uma camada externa (3) composta de nitreto de cromo depositada por PVD com uma espessura que varia entre os 5 e os 30 micrômetros. Adicionalmente, entre a subcamada (1) de cromo eletrodepositado e a camada externa (3) de nitreto de cromo, existe uma camada de adesão (2) formada por cromo puro com uma espessura máxima de 5 micrômetros depositada também por PVD, resultando em um anel de pistão (100) com superior resistência ao desgaste e resistência à geração de trincas.