



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

(11) PI 0924407-7 B1

(22) Data do Depósito: 23/11/2009

(45) Data de Concessão: 31/10/2017



(54) Título: ANEL DE PISTÃO E RESPECTIVO PROCESSO DE FABRICAÇÃO.

(51) Int.Cl.: C22C 38/06; F16J 9/26; C22C 38/02; C22C 38/04

(30) Prioridade Unionista: 26/03/2009 DE 10 2009 015 009.9

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

(72) Inventor(es): LASZLO PELSOECZY

**“ANEL DE PISTÃO
E RESPECTIVO PROCESSO DE FABRICAÇÃO”**

RELATÓRIO DESCRITIVO

[001] A presente invenção refere-se a anéis de pistão que tem boa capacidade de nitretação. Além disso, a presente invenção refere-se a um anel de pistão nitretado que pode ser fabricado a partir do anel de pistão com boa capacidade de nitretação da invenção. Além disso, a presente invenção refere-se a um processo para a fabricação dos anéis de pistão com boa capacidade de nitretação da invenção e a um processo para a fabricação dos anéis de pistão nitretados em conformidade com a invenção.

Técnica Precedente

[002] Em um motor de combustão interna, anéis de pistão vedam a lacuna entre o cabeçote do pistão e a parede do cilindro da câmara de combustão. Conforme o pistão se move para trás e para frente, um lado do anel de pistão desliza com sua superfície circunferencial externa contra a parede do cilindro em uma posição acionada por mola permanentemente, e por causa dos movimentos de inclinação do pistão, o outro lado do anel de pistão desliza de uma maneira oscilante em seu sulco de anel de pistão, sobre o qual seus flancos sustentam alternadamente em flancos de sulco superior ou inferior do sulco de anel de pistão. O deslizamento mútuo desses componentes um contra o outro resulta em uma maior ou menor quantidade de desgaste, dependendo do material; se funciona a seco, isso pode conduzir a, assim, chamada fricção, estriamento e finalmente destruição do motor. A fim de melhorar o comportamento de desgaste e deslizamento dos anéis de pistão contra a parede do cilindro, sua superfície circunferencial foi provida de revestimentos formados a partir de vários materiais.

[003] A fim de produzir partes de motor de combustão interna de

alto desempenho, tais como anéis de pistão, são usualmente usados materiais de ferro fundido ou ligas de ferro fundido. Em motores de alto desempenho, as necessidades colocadas sobre anéis de pistão, em particular anéis de compressão, estão se tornando cada vez mais rigorosas, por exemplo, no que diz respeito à pressão de compressão de pico, temperatura de combustão, EGR e redução de filme lubrificante, que substancialmente afetam suas propriedades funcionais tais como desgaste, resistência à queima, micro-soldagem e resistência à corrosão.

[004] Os materiais de ferro fundido da técnica precedente, contudo, estão em grande risco de quebrar; na realidade, quando usando materiais correntes, os anéis frequentemente quebram. Cargas mecânico-dinâmicas aumentadas resultam em menores tempos de vida de serviço para anéis de pistão. Corrosão e desgaste severos ocorrem nas faces corrediças e flancos.

[005] Pressões de ignição mais altas, emissões reduzidas e injeção direta de combustível significam cargas aumentadas nos anéis de pistão. Isso resulta em dano e uma acumulação de material de pistão, especialmente no flanco inferior do anel de pistão.

[006] Em razão das tensões dinâmicas e mecânicas mais altas em anéis de pistão, mais e mais fabricantes de motor estão exigindo anéis de pistão a partir de aço de alto grau (endurecido e temperado e de alta liga, tal como grau 1,4112, por exemplo). Os materiais ferrosos contendo menos que 2,08% em peso de carbono são nesse documento conhecidos como aço. Se o teor de carbono for maior, é conhecido como ferro fundido. Comparado com o ferro fundido, os aços têm melhores propriedades de força e resistência, visto que não há interferência de grafite livre na microestrutura básica.

[007] Geralmente, são usados aços martensíticos de liga de alto cromo para a fabricação de anéis de pistão de aço. Entretanto, usar tais aços sofre da desvantagem que os custos de fabricação são significativamente maiores do que aqueles de componentes de ferro fundido.

[008] Os anéis de pistão de aço são fabricados a partir de arame perfilado. O arame perfilado é bobinado dentro de uma forma circular,

cortado e puxado sobre um mandril “não arredondado”. O anel de pistão atinge sua forma não arredondada desejada nesse mandril por meio de um processo de recozimento, que transmite as forças tangenciais necessárias. Uma desvantagem adicional da fabricação de anéis de pistão a partir de aço é que além de certo diâmetro, fabricação de anel (bobinando) a partir de arame de aço não é mais possível. Anéis de pistão formados a partir de ferro fundido, por outro lado, já estão não arredondados quando moldados, de modo que desde o princípio eles têm uma forma ideal.

[009] O ferro fundido tem um ponto de fusão substancialmente mais baixo do que aço. A diferença pode ser até 350°C, dependendo da composição química. Deste modo, ferro fundido é mais fácil de fundir e de moldar, uma vez que um ponto de fusão mais baixo significa que a temperatura de fundição é mais baixa e, assim, a contração no resfriamento é menor, e, assim, o material fundido tem menos defeitos de tubo ou rachaduras de calor e frio. Uma temperatura de fundição mais baixa também resulta em uma tensão mais baixa no material do molde (erosão, porosidade de gás, inclusões de areia) e o forno e também resulta em custos de fusão mais baixos.

[010] O ponto de fusão de um material ferroso não simplesmente depende do teor de carbono, mas também de seu “grau de saturação”. A seguinte fórmula empírica aplica:

$$S_c = C / (4,26 - 1/3(Si+P))$$

[011] Quanto mais próximo o grau de saturação está de 1, mais baixo é o ponto de fusão. Para ferro fundido, um grau de saturação de 1,0 é usualmente desejável, em que o ferro fundido tem um ponto de fusão de 1150°C. O grau de saturação de aço é aproximadamente 0,18, dependendo da composição química. O aço eutético tem um ponto de fusão de 1.500°C.

[012] O grau de saturação pode ser substancialmente influenciado pelo teor de Si ou P. Como um exemplo, um teor de silício mais alto de

3% em peso tem um efeito semelhante a um teor de C mais alto de 1% em peso. Assim, é possível fabricar um aço com um teor de C de 1% em peso e teor de silício de 9,78% em peso que tem o mesmo ponto de fusão que ferro fundido com um grau de saturação de 1,0 (C: 3,26% em peso; Si: 3,0% em peso).

[013] Um aumento drástico no teor de Si pode aumentar o grau de saturação do aço e reduzir o ponto de fusão àquele para ferro fundido. Assim, é possível fabricar aço com a ajuda da mesma tecnologia que é usada para a fabricação de ferro fundido, por exemplo, GOE 44.

[014] Os anéis de pistão formados a partir de aço fundido de alto silício são conhecidos na técnica. Entretanto, o silício presente em grandes quantidades tem uma influência negativa na capacidade de endurecimento do material uma vez que sua temperatura de transição de austenita, "Ac3", é aumentada.

[015] Um processo que é normal na técnica para, contudo, aumentar a dureza da superfície de anel de pistão pode consistir em nitretar o material. Entretanto, foi mostrado que fundição de aço de alto silício de técnica precedente tem capacidade de nitretação pobre.

Descrição da Invenção

[016] Assim, o objetivo da invenção é proporcionar anéis de pistão que têm uma composição de aço de alto silício como o corpo principal e que tem boa capacidade de nitretação, bem como anéis de pistão nitretados. Pela fabricação por moldagem por gravidade, as propriedades da composição de aço nitretado dos anéis de pistão nitretados devem superar as propriedades de ferro fundido de grafite esferoidal temperado e endurecido em ao menos um dos seguintes pontos:

[017] propriedades mecânicas tais como módulo de elasticidade, resistência à flexão;

[018] resistência à quebra;

[019] estabilidade da forma;

[020] desgaste nos flancos;

[021] desgaste nas superfícies corrediças.

[022] Em conformidade com a invenção, esse objetivo é alcançado por meio de anéis de pistão que têm como o corpo principal uma composição de aço que contém os seguintes elementos nas seguintes proporções:

Al:	0,5 – 1,5	% em			
		peso			
C:	0,5 – 1,2	% em			
		peso			
Fe:	68,2	–	% em peso		
	96,9				
Mn:	0,1 – 3,0	% em			
		peso			
Si:	2,0 – 10,0	% em			
		peso			
B:	máx 0,1	% em	P:	máx 0,1	% em
		peso			peso
Cr:	máx 4,0	% em	S:	máx 0,05	% em
		peso			peso
Cu:	máx 2,0	% em	Sn:	máx 0,05	% em
		peso			peso
Mo	máx 3,0	% em	Ti	máx 0,2	% em
		peso			peso
Nb	máx 0,05	% em	V:	máx 2,0	% em
		peso			peso
Ni	máx 4,0	% em	W:	máx 0,5	% em
		peso			peso

em que a composição de aço contém apenas elementos selecionados a partir do grupo consistindo de Al, B, C, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Nb, Ni, P, S, Si, Sn, Ti, V e W, sendo a soma de ditos elementos 100% em peso.

[023] É suposto que a boa capacidade de nitretação dos anéis de pistão da invenção é devido ao teor de alumínio de 0,5 – 1,5% em peso. No processo de nitretação, alumínio forma nitretos muito rígidos.

[024] Nitretar os anéis de pistão com boa capacidade de nitretação da invenção produz anéis de pistão nitretados em conformidade com a invenção.

[025] Os anéis de pistão nitretados da invenção têm uma tendência reduzida a mudar sua forma quando fortemente aquecidos, assim, a

assegurando alto desempenho a longo prazo e, além disso, consumo de óleo reduzido.

[026] Os anéis de pistão nitretados da invenção também têm a vantagem que, por exemplo, eles podem ser fabricados usando maquinaria e tecnologia para a fabricação de partes de ferro fundido. Além disso, os custos de fabricação correspondem àqueles de anéis de pistão de ferro fundido, proporcionando redução dos custos para o fabricante e melhorando as margens. De modo semelhante, os parâmetros de material podem ser ajustados independentemente do fornecedor.

[027] Os anéis de pistão em conformidade com a invenção são fabricados em um processo que compreende as seguintes etapas:

- a. produção de uma massa fundida a partir de matérias-primas; e
- b. moldagem da massa fundida dentro de um molde preparado.

[028] Exemplos de matérias-primas são sucata de aço, sucata de retorno e substâncias de liga. O processo de fusão é executado em um forno, preferencialmente um forno de cúpula. Em seguida, um vazio é produzido quando a fusão solidifica. O anel de pistão pode, assim, ser moldado usando métodos que são conhecidos na técnica, por exemplo, por processos de moldagem centrífugos, processos de moldagem contínuos, processos de estampagem em matriz, processos Croning ou, como é preferível, moldagem de areia verde.

[029] Após o anel de pistão ter resfriado, o molde é esvaziado e o vazio obtido é limpo.

[030] Se necessário, o anel de pistão pode, então, ser resfriado e temperado. As seguintes etapas realizam isso:

- i. c. austenitização do anel de pistão acima de sua temperatura Ac₃;
- ii. d. têmpera do anel de pistão em um meio de têmpera adequado; e
- iii. e. fazer o revenido do anel de pistão a uma temperatura na faixa de 400°C a 700°C em um forno de atmosfera controlada.

[031] Preferencialmente, óleo é usado como o meio de resfriamento.

[032] A fim de fabricar um anel de pistão nitretado em conformidade com a invenção, seguindo as etapas de processo mencionadas acima, nitretação do anel de pistão obtido é executada. Isso pode, por exemplo, ser realizado por nitretação a gás, nitretação de plasma ou nitretação por pressão.

[033] O seguinte exemplo ilustra a invenção sem limitá-la.

Exemplo

[034] Um anel de pistão foi fabricado a partir de uma composição de aço altamente nitretável em conformidade com a invenção tendo a seguinte composição:

Al:	1,1% em peso	P:	0,03% em peso
B:	0,001% em peso	S:	0,009% em peso
C:	0,7% em peso	Si:	3,0% em peso
Cr:	2,0% em peso	Sn:	0,001% em peso
Cu:	0,05% em peso	Ti:	0,003% em peso
Mn:	0,45% em peso	V:	0,11% em peso
Mo:	0,5% em peso	W:	0,003% em peso
Nb:	0,002% em peso	Fe:	restante

[035] Foi obtido produzindo uma massa fundida a partir das matérias-primas (sucata de aço, sucata de retorno e substâncias de liga) e moldando a fusão dentro de um molde de areia verde preparado. Em seguida, o molde foi esvaziado e o anel de pistão obtido foi limpo. O anel de pistão foi, então, resfriado e temperado. Isso foi realizado por austeni-

tização acima da temperatura Ac3 da composição de aço, resfriando em óleo e temperando em uma temperatura na faixa de 400°C a 700°C em um forno de atmosfera controlada.

[036] Finalmente, a superfície do anel de pistão obtida foi nitretada. Nas regiões nitretadas, uma dureza de mais de 1.000 HV foi obtida, que garantiu uma alta resistência a desgaste de flanco e desgaste de face corrediça. A dureza nesse caso foi determinada em conformidade com DIN 6773.

REIVINDICAÇÕES

1 - Anel de Pistão, que consiste como corpo principal numa composição de aço nitretada, **caracterizada** por que a composição de aço contém os seguintes elementos nas proporções dadas, expressas em relação a 100% em peso da composição de aço:

Al:	0,5 – 1,5	% em peso
C:	>0,7 – 1,2	% em peso
Fe:	68,2 – 96,9	% em peso
Mn:	0,1 – 3,0	% em peso
Si:	2,0 – < 4,0	% em peso

2 - Processo de Fabricação de Anel de Pistão, conforme a Reivindicação 1, **caracterizado** por que a fabricação da composição do aço consiste nas seguintes etapas:

- a. produção de uma massa fundida a partir das matérias-primas;
- b. moldagem da massa fundida dentro de um molde preparado e
- c. nitretar a composição de aço obtida.

3 - Processo de Fabricação de Anel de Pistão de acordo com a Reivindicação 2, **caracterizado** por que a fabricação da composição do aço compreende ainda as seguintes etapas:

- c. austenitização da composição de aço acima de sua temperatura A_{c3} ;
- d. têmpera da composição de aço em um meio de têmpera; e
- e. revenido da composição de aço a uma temperatura na faixa de 400°C a 700°C num forno de atmosfera controlada.