



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

**(11) PI 1008470-3 B1**



**(22) Data do Depósito: 25/03/2010**

**(45) Data de Concessão: 24/03/2020**

---

**(54) Título:** ANEIS DE PISTÃO DE AÇO OU CAMISAS DE CILINDRO DE AÇO E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS MESMOS

**(51) Int.Cl.:** F16J 9/26; C22C 38/34; C22C 38/44; C22C 38/46.

**(30) Prioridade Unionista:** 26/03/2009 DE 102009015008.0.

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

**(72) Inventor(es):** LASZLO PELSOECZY.

**(86) Pedido PCT:** PCT EP2010001887 de 25/03/2010

**(87) Publicação PCT:** WO 2010/108685 de 30/09/2010

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 25/08/2011

**(57) Resumo:** ANEIS DE PISTÃO DE AÇO OU CAMISAS DE CILINDRO DE AÇO E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS MESMOS São descritos um anel de pistão de aço e uma camisa de cilindro de aço que compreendem como corpo principal uma composição de aço que tem boa capacidade de nitretação. A composição de aço consiste nos seguintes elementos: 0 0,5% em peso de B, 0,5 0,95% em peso de C, 11,0 14,5% em peso de Cr, 0,003 2,0% em peso de Cu, 72,055 84,550% em peso de Fe, 0,1 1,0% em peso de Mn, 0,2 1,0% em peso de Mo, 0 0,05% em peso de Nb, 1,5 3,0% em peso de Ni, 0,003 0,055% em peso de P, 0,003 0,05% em peso de Pb, 0,003 0,04% em peso de S, 3,0 4,0% em peso de Si, 0 0,05% em peso de Sn, 0,05 0,15% em peso de V, 0 0,2% em peso de Ti e 0 0,4% em peso de W. O anel de pistão de aço e a camisa de cilindro de aço podem ser fabricados em um processo de fundição usando a maquinaria e tecnologia empregada para a fabricação de partes de ferro fundido.

**“ANEIS DE PISTÃO DE AÇO OU CAMISAS DE CILINDRO DE AÇO  
E PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS MESMOS”**

**RELATÓRIO DESCRITIVO**

**[001]** A presente invenção refere-se a aneis de pistão e camisas de cilindro que têm boa capacidade de nitretação e podem ser fabricados em um processo de fundição. Além disso, a presente invenção se refere a aneis de pistão e camisas de cilindro nitretados que podem ser fabricados a partir dos aneis de pistão e camisas de cilindro com boa capacidade de nitretação da invenção. Além disso, a presente invenção se refere a um processo para a fabricação dos aneis de pistão e camisas de cilindro com boa capacidade de nitretação da invenção e a um processo para a fabricação de aneis de pistão e camisas de cilindro nitretados em conformidade com a invenção.

**Estado da Técnica**

**[002]** Num motor de combustão interno, os aneis de pistão selam a lacuna entre a cabeça 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 exterior 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, após o que 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 ele funciona a seco, isso pode levar à assim chamada fricção, estriamento e finalmente destruição do motor. A fim de melhorar o deslizamento e comportamento de desgaste dos aneis de

pistão contra a parede do cilindro, a sua superfície circunferencial foi provida de revestimentos formados a partir de vários materiais.

**[003]** As camisas de cilindro, tais como aquelas em motores de combustão interna de pistão alternativos, devem ter alta resistência ao desgaste como de outro modo, isto é, conforme a camisa do cilindro se torna mais fina, o vazamento de gás e consumo de óleo podem aumentar e o desempenho do motor deteriora. Conforme uma camisa de cilindro desgasta, o jogo nos anéis de pistão aumenta de forma constante de modo que mais gás de combustão ganhe ingresso dentro do cárter. Além disso, em casos extremos, o anel de pistão pode não mais sustentar uniformemente na camisa de cilindro e em seguida ainda mais gás pode ganhar ingresso dentro do cárter.

**[004]** A fim de produzir partes de motor de combustão interna de alto desempenho, tais como anéis de pistão e camisas de cilindro, materiais de ferro fundido ou ligas de ferro fundido são comumente usados. Em motores de alto desempenho, as necessidades colocadas nos 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, a temperatura de combustão, EGR e a redução de filme lubrificante, que substancialmente afetam suas propriedades funcionais tais como desgaste, resistência a queima, microssoldagem e resistência a corrosão.

**[005]** Materiais de ferro fundido de técnica precedente, contudo, estão em grande risco de quebrar; na realidade, quando usando materiais correntes, os anéis frequentemente se quebram. As cargas mecânico-dinâmicas aumentadas resultam em tempos de vida de serviço mais curtos para anéis de pistão e camisas de cilindro. Desgaste e corrosão severos ocorrem nas faces corrediças e flancos.

**[006]** Pressões de ignição mais altas, emissões reduzidas e injeção de combustível direta significam cargas aumentadas nos anéis de pistão. Isso resulta em dano e um acúmulo de material de pistão, especialmente no flanco de anel de pistão mais baixo.

**[007]** Em razão das tensões dinâmicas e mecânicas mais altas nos anéis de pistão e camisas de cilindro, mais e mais fabricantes de motor estão exigindo anéis de pistão e camisas de cilindro 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 do que 2,08% em peso de carbono são nesse documento conhecidos como aço. Se o teor de carbono for mais alto, é conhecido como ferro fundido. Comparados com o ferro fundido, os aços têm melhores propriedades de força e resistência, visto que não há interferência de grafite livre na microestrutura básica.

**[008]** Geralmente, os aços martensíticos de alta liga de cromo são usados para a fabricação de anéis de pistão de aço ou camisas de cilindro de aço. Entretanto, o uso desses aços sofre com as desvantagens de que os custos de fabricação são significativamente maiores que aqueles de componentes de ferro fundido.

**[009]** Os anéis de pistão de aço são fabricados a partir de arame perfilado. O arame perfilado é bobinado em 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 do aço é que, além de certo diâmetro, a fabricação do anel (bobinando) a partir do arame de aço não é mais possível.

**[0010]** Um anel de pistão de aço convencional é divulgado em EP 0 295 111 A2. Consiste numa liga com alumínio adicionado a facilitar fabricação do arame perfilado e para facilitar processamento adicional para formar o anel de pistão.

**[0011]** Anéis de pistão formados a partir de ferro fundido, por outro lado, já são não arredondados quando moldados, de modo que, desde o princípio, eles têm uma forma ideal. O ferro fundido tem um ponto de fusão substancialmente mais baixo do que o aço. A diferença pode ser de até 350°C, dependendo da composição química. Assim, o

ferro fundido é mais fácil de fundir e 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, dessa maneira, o material fundido tem menos defeitos de tubo ou rachadura por calor e frio. Uma temperatura de fundição mais baixa também resulta em uma tensão mais baixa no material do molde (erosão, porosidade do gás, inclusões de areia) e da fornalha e também resulta em custos de fusão mais baixos.

**[0012]** O ponto de fusão de um material ferroso não depende simplesmente do teor de carbono, mas também de seu “grau de saturação”. A seguinte fórmula empírica aplica:

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

**[0013]** Quanto mais próximo o grau de saturação está de 1, menor é o ponto de fusão. Para o ferro fundido, um grau de saturação de 1,0 é normalmente desejável, com o 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.

**[0014]** O grau de saturação pode ser substancialmente influenciado pelo teor de Si ou P. Como exemplo, um teor de silício mais alto 3% em peso tem um efeito semelhante a um teor de C mais alto 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).

**[0015]** 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.

**[0016]** Os anéis de pistão e as camisas de cilindro formados a partir de aço fundido de alto silício são conhecidos na técnica. Contudo, o silício presente em quantidades maiores tem uma influência negativa na capacidade de endurecimento do material uma vez que sua temperatura de transição de austenita, “Ac3”, é aumentada.

**[0017]** Os anéis de pistão de aço com teores baixos de silício são, contudo, fabricados convencionalmente a partir de arame perfilado. Esse anel de pistão de aço com um baixo teor de silício é descrito em JP 03-122257A.

**[0018]** Um processo que é normal na técnica, contudo, para aumentar a dureza da superfície do anel de pistão pode consistir em nitretar o material. Entretanto, foi mostrado que moldagens de aço de alto silício de técnica precedente têm capacidade de nitretação pobre.

### **Descrição da Invenção**

**[0019]** Assim, o objetivo da invenção é proporcionar anéis de pistão de aço e camisas de cilindro de aço com um corpo principal formado a partir de uma composição de aço de teor de alto silício e que tem boa capacidade de nitretação, bem como o provimento de anéis de pistão e camisas de cilindro nitretados. Após a fabricação por moldagem por gravidade, as propriedades da composição de aço nitretada das camisas de cilindro e anéis de pistão nitretados devem ultrapassar as propriedades de ferro fundido de grafite esferoidal temperado e endurecido em ao menos um dos seguintes pontos:

- propriedades mecânicas tais como módulo de elasticidade, resistência à flexão;
- resistência à quebra;
- estabilidade da forma;
- desgaste nos flancos;
- desgaste nas superfícies corrediças.

**[0020]** Em conformidade com a invenção, esse objetivo é alcançado por meio de anéis de pistão de aço e camisas de cilindro de aço tendo um corpo principal formado a partir de uma composição de aço que contem os seguintes elementos nas seguintes proporções:

B:	0 – 0,5	% em peso
C:	0,5 – 0,95	% em peso
Cr:	11,0 – 14,5	% em peso
Cu:	0,003 – 2,0	% em peso
Fe	72,055 – 84,55	% em peso
Mn:	0,1 – 1,0	% em peso
Mo:	0,2 – 1,0	% em peso
Nb:	0 – 0,05	% em peso
Ni:	1,5 – 3,0	% em peso
P:	0,003 – 0,055	% em peso
Pb:	0,003 – 0,05	% em peso
S:	0,003 – 0,04	% em peso
Si:	3,0 – 4,0	% em peso
Sn:	0 – 0,05	% em peso
Ti:	0 – 0,2	% em peso
V:	0,05 – 0,15	% em peso
W:	0 – 0,4	% em peso

em que a composição de aço tem uma microestrutura dendrítica.

**[0021]** É assumido que a boa capacidade de nitretação dos anéis de pistão e camisas de cilindro da invenção é devida ao teor de cromo. No processo de nitretação, o cromo forma nitretos muito duros. Ao mesmo tempo em que se adiciona cromo a uma composição de aço, normalmente a temperatura de transição de austenita do material aumentaria ainda mais e, assim, faria com que a sua capacidade de endurecimento deteriorasse ainda mais, os presentes inventores descobriram que a adução de níquel neutraliza esse aumento na

temperatura de transição de austenita. Dessa maneira, a invenção impede que um aumento na temperatura de transição de austenita anule a maior capacidade de endurecimento da superfície do material obtível em razão da capacidade de nitretação melhorada da composição de aço por meio de uma redução simultânea na capacidade de endurecimento do corpo principal.

**[0022]** A fim de aumentar o grau de saturação do aço empregado, em ambas alternativas, o teor de silício do aço é, de preferência, de ao menos 3,0% em peso.

**[0023]** Os anéis de pistão de aço convencionais fabricados a partir de um arame perfilado compreendem uma estrutura dividida finamente sem dendritos. Em alguns anéis de pistão de aço convencionais, entretanto, a direção de desenho ou ondulante do arame perfilado pode ainda ser detectada na microestrutura.

**[0024]** Nitritar os anéis de pistão de aço ou camisas de cilindro de aço com boa capacidade de nitretação da invenção são obtidos anéis de pistão de aço ou camisas de cilindro de aço nitretados em conformidade com a invenção.

**[0025]** Os anéis de pistão de aço e camisas de cilindro de aço nitretados da invenção têm uma tendência reduzida a mudar sua forma, quando fortemente aquecidos, e, assim, proporcionar alto desempenho a longo prazo e, além disso, reduzir o consumo de óleo reduzido.

**[0026]** Os anéis de pistão de aço e camisas de cilindro de aço nitretados da invenção também têm a vantagem de que 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 ou camisas de cilindro de ferro fundido cinzento, proporcionando redução de custo para o fabricante e melhorando as margens. De modo semelhante, os parâmetros de material podem ser ajustados independentemente do fornecedor.

**[0027]** A invenção também provê um processo para a fabricação de anéis de pistão de aço e camisas de cilindro de aço com boa capacidade de nitretação em conformidade com a invenção, compreendendo as seguintes etapas:

- a. produção de uma massa fundida a partir de matérias-primas e
- b. moldar a massa fundida em um molde preparado.

**[0028]** Isso produz anéis de pistão de aço e camisas de cilindro de aço com microestruturas dendríticas. Como exemplo, em contraste, a fabricação convencional de anéis de pistão de aço a partir de um arame perfilado produz anéis de pistão com uma microestrutura dividida finamente.

**[0029]** Exemplos de matérias-primas são sucata de aço, sucata de retorno e substâncias de liga. O processo de fusão é executado em uma fornalha, preferencialmente uma fornalha de fundição, particularmente preferencialmente em uma fornalha de cúpula. Em seguida, um vácuo é produzido, quando a fusão solidifica. Em processos de técnica precedente, o anel de pistão de aço ou a camisa de cilindro de aço pode ser moldado, tais como, por exemplo, processos de fundição centrífuga (um método preferido para a fabricação de camisas de cilindro), processos de moldagem contínuos, processos de estampagem em matriz, processos *Croning* ou, como é preferível, moldagem de areia verde.

**[0030]** Após o anel de pistão ou camisa de cilindro ter resfriado, o molde é esvaziado e o vazio obtido é limpo.

**[0031]** Se necessário, o anel de pistão ou a camisa de cilindro podem, então, ser resfriados e temperados. As seguintes etapas executam isso:

- c. austenitização do anel de pistão ou da camisa de cilindro acima de sua temperatura Ac3;

d. temperar o anel de pistão ou a camisa de cilindro em um meio de resfriamento adequado e

e. revenir o anel de pistão ou a camisa de cilindro em uma temperatura na faixa de 400°C a 700°C em um forno de atmosfera controlada.

**[0032]** Preferencialmente, é usado óleo como meio de resfriamento.

**[0033]** A fim de fabricar um anel de pistão ou uma camisa de cilindro nitretados em conformidade com a invenção, seguindo as etapas de processo mencionadas acima, é executada a nitretação do anel de pistão ou da camisa de cilindro obtida. Isso pode, por exemplo, ser realizado por nitretação de gás, nitretação de plasma ou nitretação de pressão.

**[0034]** O seguinte exemplo e as figuras ilustram a invenção, sem limitá-la.

### **Breve Descrição dos Desenhos**

**[0035]** A **FIG. 1** mostra um desenho diagramático de um anel de pistão em conformidade com a invenção.

A **FIG. 2** mostra uma seção ampliada (500:1) da microestrutura básica de um anel de pistão de aço em conformidade com a invenção.

A **FIG. 3** mostra uma seção ampliada (200:1) da microestrutura básica de um anel de pistão de aço em conformidade com a invenção.

A **FIG. 4** mostra uma seção ampliada (500:1) da microestrutura básica de um anel de pistão de aço convencional.

### **Exemplo**

**[0036]** Um anel de pistão (ver Figura 1) foi fabricado a partir de uma composição de aço altamente nitretável em conformidade com a

invenção tendo a seguinte composição:

B:	0,001% em peso	Pb:	0,16% em peso
C:	0,8% em peso	S:	0,009% em peso
Cr:	13,0% em peso	Si:	3,0% em peso
Cu:	0,05% em peso	Sn:	0,001% em peso
Mn:	0,3% em peso	Ti:	0,003% em peso
Mo:	0,5% em peso	V:	0,11% em peso
Nb:	0,002% em peso	W:	0,003% em peso
Ni:	2,1% em peso	Fe:	restante
P:	0,041% em peso		

**[0037]** Foi obtido produzindo uma massa fundida a partir de matérias-primas (sucata de aço, sucata de retorno e substâncias de liga) e moldando a fusão em 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 austenitização 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 uma fornalha de atmosfera controlada.

**[0038]** Finalmente, a superfície do anel de pistão obtido foi nitretada. Embora a dureza antes de nitretar fosse de 420 HV e 42 HRC, nas regiões nitretadas uma dureza de mais de 1.000 HV foi obtida, que garante uma alta resistência a desgaste do flanco e desgaste da face corrediça. A dureza nesse caso foi determinada em conformidade com DIN EN 10109-1 e DIN EN 10008-1. O módulo de elasticidade do anel de pistão da invenção foi 215000 MPa.

**[0039]** Seções ampliadas da microestrutura básica do anel de pistão de aço fundido da invenção são mostradas na Figura 2 (500:1) e na Figura 3 (200:1). Para comparação, a Figura 3 mostra a microestrutura básica de um anel de pistão de aço fabricado convencionalmente na mesma ampliação (ferro fundido GOE 65 D de

Federal Mogul; composição química: 0,05 – 0,75% em peso de C, 11,0 – 15,0% em peso de Cr, máx. 1,0% em peso de Mn, máx. 0,6% em peso de Mo, máx. 0,045% em peso de P, máx.1,0% em peso de Si, máx.0,1% em peso de V). Pode ser visto que o anel de pistão de aço da invenção tem uma microestrutura básica dendrítica. As regiões brancas identificam carboneto de cromo, que precipitou para fora em limites de grão ao longo dos dentritos. Em contraste, o anel de pistão de aço convencional tem uma microestrutura dividida finamente sem dentritos. Nem mesmo a direção de desenho ou ondulante do anel de pistão pode ser vista.

## REIVINDICAÇÕES

**1. Anel de Pistão de Aço ou Camisa de Cilindro de Aço**, compreendendo como corpo principal uma composição de aço que tem boa capacidade de nitretação, **caracterizado(a)** por que a composição de aço consiste nos seguintes elementos nas proporções dadas, expressas em relação a 100% em peso da composição de aço:

B:	0 – 0,5	% em peso
C:	0,5 – 0,95	% em peso
Cr:	11,0 – 14,5	% em peso
Cu:	0,003 – 2,0	% em peso
Fe:	72,055 – 84,550	% em peso
Mn:	0,1 – 1,0	% em peso
Mo:	0,2 – 1,0	% em peso
Nb:	0 – 0,05	% em peso
Ni:	1,5 – 3,0	% em peso
P:	0,003 – 0,055	% em peso
Pb:	0,003 – 0,05	% em peso
S:	0,003 – 0,04	% em peso
Si:	3,0 – 4,0	% em peso
Sn:	0 – 0,05	% em peso
Ti:	0 – 0,2	% em peso
V:	0,05 – 0,15	% em peso
W:	0 – 0,4	% em peso

em que a composição de aço tem uma microestrutura dendrítica.

**2. Anel de Pistão de Aço**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizado** por que o anel de pistão de aço é nitretado, segundo processo conforme definido na Reivindicação 9.

**3. Camisa de Cilindro de Aço**, de acordo com a Reivindicação 1, **caracterizada** por que a camisa de cilindro de aço é nitretada, segundo processo conforme definido na Reivindicação 9.

**4. Processo de Fabricação de Anel de Pistão de Aço ou de Camisa de Cilindro de Aço**, conforme definido na Reivindicação 1, **caracterizado** por que compreende as seguintes etapas:

a. produzir uma massa fundida a partir das matérias-primas e

b. moldar a massa fundida num molde preparado.

**5. Processo de Fabricação de Anel de Pistão de Aço ou de Camisa de Cilindro de Aço**, de acordo com a Reivindicação 4, **caracterizado** por que a fusão é produzida numa fornalha de fundição.

**6. Processo de Fabricação de Anel de Pistão de Aço ou de Camisa de Cilindro de Aço**, de acordo com a Reivindicação 4 ou 5, **caracterizado** por que o molde é um molde de areia verde.

**7. Processo de Fabricação de Anel de Pistão de Aço ou de Camisa de Cilindro de Aço**, de acordo com a Reivindicação 4 ou 5, **caracterizado** por que é um processo para a fabricação de uma camisa de cilindro de aço e a camisa de cilindro de aço é fabricada por um processo de fundição centrífuga.

**8. Processo de Fabricação de Anel de Pistão de Aço ou de Camisa de Cilindro de Aço**, de acordo com qualquer uma das Reivindicações de 4 a 7, **caracterizado** por que compreende ainda as seguintes etapas:

c. austenitizar o anel de pistão de aço ou a camisa de cilindro de aço acima de sua temperatura Ac3,

d. temperar o anel de pistão de aço ou a camisa de cilindro

de aço num meio de resfriamento adequado e

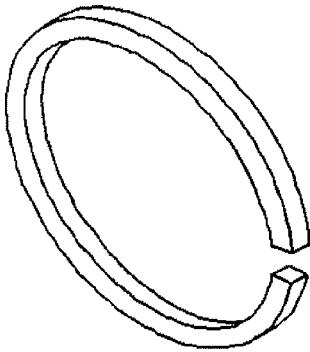
e. revenir o anel de pistão de aço ou a camisa de cilindro de aço numa temperatura na faixa de 400°C a 700°C num forno de atmosfera controlada.

**9. Processo de Fabricação de Anel de Pistão de Aço**, conforme definido na Reivindicação 2, **ou de Camisa de Cilindro de Aço**, conforme definido na Reivindicação 3, **caracterizado** por que compreende as seguintes etapas:

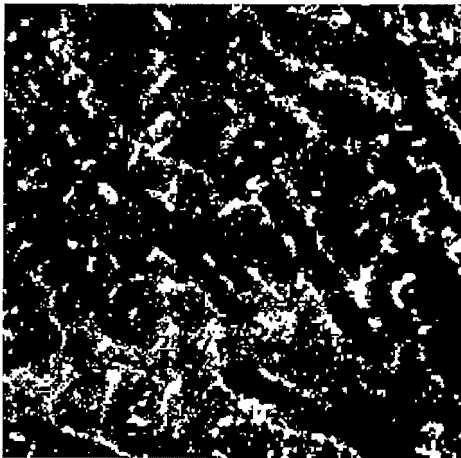
a. executar um processo conforme definido em qualquer uma das Reivindicações de 4 a 8 e

b. nitretar o anel de pistão de aço ou a camisa de cilindro de aço obtida.

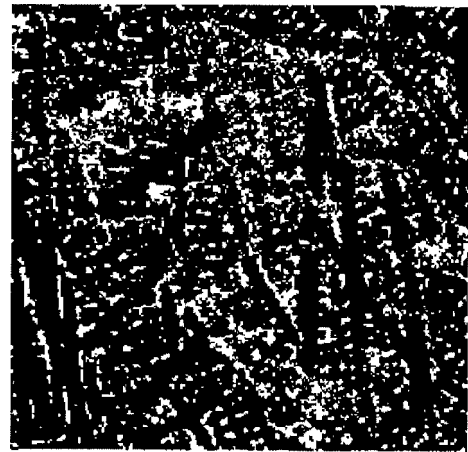
**10. Processo de Fabricação de Anel de Pistão de Aço ou de Camisa de Cilindro de Aço**, de acordo com a Reivindicação 9, **caracterizado** por que a nitretação é executada por nitretação de gás, nitretação de plasma ou nitretação de pressão.



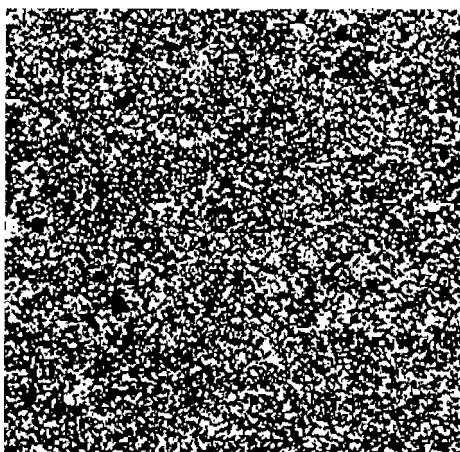
**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**