



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

(11) PI 0611947-6 B1

(22) Data do Depósito: 15/06/2006

(45) Data de Concessão: 24/07/2018



(54) Título: COMPONENTE COMPÓSITO MAGNÉTICO MACIO E PROCESSO PARA SUA PRODUÇÃO

(51) Int.Cl.: H01F 1/24; B22F 1/02; H01F 3/08

(30) Prioridade Unionista: 15/06/2005 SE 0501378-4, 28/07/2005 US 60/702,996

(73) Titular(es): HOGANAS AB

(72) Inventor(es): ZHOU YE; PATRICIA JANSSON; BJÖRN SKARMAN

(85) Data do Início da Fase Nacional: 17/12/2007

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**COMPONENTE COMPÓSITO MAGNÉTICO MACIO E PROCESSO PARA SUA PRODUÇÃO**".

CAMPO DA INVENÇÃO

[001] A invenção refere-se a um novo material magnético compósito macio. Particularmente, a invenção refere-se a um processo para a produção de novos materiais magnéticos compósitos macio que tenham propriedades magnéticas macias melhoradas.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

[002] Materiais magnéticos macios são usados para aplicações tais como materiais de núcleo em indutores, estatores e rotores para núcleos de máquinas elétricas, ativadores, sensores e transformadores. Tradicionalmente, núcleos magnéticos macios, tais como rotores e estatores em máquinas elétricas, são feitos de laminados de aço empilhados.

[003] Entretanto, nos últimos anos, tem havido um aguçado interesse nos chamados materiais Compósito Magnéticos Macios (SMC). Os materiais SMC são baseados em partículas magnéticas macias, geralmente à base de ferro, com um revestimento eletricamente isolante em cada partícula. Compactando-se as partículas isoladas, opcionalmente juntamente com lubrificantes e/ou aglutinantes, usando-se tradicionalmente o processo da metalurgia do pó, são obtidas as peças SMC. Usando-se a técnica da metalurgia do pó, é possível produzir-se materiais que tenham um maior grau de liberdade no design da peça SMC comparado ao uso de laminados de aço, uma vez que o material SMC pode transportar um fluxo magnético tridimensional e uma vez que formas tridimensionais podem ser obtidas com o processo de compactação.

[004] Como consequência do interesse crescente nos materiais SMC, as melhorias nas características magnéticas macias dos materiais

SMC é o objeto de estudo intenso para expandir a utilização desses materiais. Para se alcançar tal melhoria, novos pós e processos estão sendo continuamente desenvolvidos.

[005] Em adição às propriedades magnéticas macias, boas propriedades mecânicas são essenciais. A esse respeito, o tratamento com vapor do corpo compósito compactado tem mostrado resultados promissores conforme descrito na Patente U.S. 6 485 579. De acordo com a presente invenção, foi descoberto que o tratamento com vapor pode dar resultados inesperadamente bons, não apenas em relação às propriedades mecânicas, mas também em relação às propriedades magnéticas macias desde que certas condições em relação ao tipo de pós, lubrificantes, e parâmetros de processo sejam preenchidas. Em resumo e em contraste com a invenção descrita na Patente U.S., foi descoberto que o lubrificante usado no composto de ferro ou à base de ferro a ser compactado deve ter natureza orgânica e que deve vaporizar sem deixar quaisquer resíduos no corpo compactado antes do tratamento com vapor.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

[006] A presente invenção refere-se a um processo para a produção de componentes compósitos magnéticos macios compreendendo as etapas de:

- compactar em um molde uma composição de pó compreendendo uma mistura de pó magnético macio, de ferro ou à base de ferro, cujas partículas do núcleo são envolvidas por um revestimento inorgânico eletricamente isolante, e por um lubrificante orgânico em uma quantidade de 0,05 a 1,5% em peso da composição, o mencionado lubrificante orgânico sendo livre de metal e tendo uma temperatura de vaporização menor que a temperatura de decomposição do revestimento;

- ejetar o corpo compactado do molde;

- aquecer o corpo compactado em uma atmosfera não redutora até uma temperatura acima da temperatura de vaporização do lubrificante e abaixo da temperatura de decomposição do revestimento inorgânico para remoção do lubrificante do corpo compactado; e
- submeter o corpo obtido a tratamento térmico a uma temperatura entre 300°C e 600°C em vapor d'água.

[007] De acordo com a presente invenção, podem ser obtidos corpos de pó compactado metalurgicamente que tenham propriedades mecânicas e magnéticas superiores. Esses corpos podem ser distinguidos pelas propriedades superiores tais como resistência de ruptura transversal de pelo menos 100 MPa, uma permeabilidade de pelo menos 700 e uma perda de núcleo a 1 Tesla e 400 Hz de no máximo 70W/kg e mais especificamente uma resistência de ruptura transversal de pelo menos 120 MPa, uma permeabilidade de pelo menos 800 e uma perda de núcleo a 1 Tesla e 400 Hz de no máximo 65W/kg.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

[008] Os pós magnéticos macios usados conforme a presente invenção são compósitos de ferro ou de uma liga contendo ferro. Preferivelmente o pó magnético macio compreende essencialmente ferro puro. Esse pó deve ser, por exemplo, pós de ferro atomizados com água ou atomizados com gás ou pós de ferro reduzido disponibilizados comercialmente, tais como pós de ferro esponja. Camadas eletricamente isolantes preferidas, que podem ser usadas conforme a invenção, são camadas finas contendo fósforo, ou barreiras do tipo descrito na Patente U.S. 6 348 265, que está aqui incorporada como referência. Outros tipos de camadas isolantes estão descritos, por exemplo, as Patentes U.S. 6 562 458 e 6 419 877. Pós, que tenham partículas isoladas e que são materiais de partida adequadas conforme a presente invenção, são, por exemplo, Somaloy[®]500 e Somaloy[®]700 disponibilizado pela Höganäs AB, Suécia.

[009] Até aqui resultados muito interessantes foram obtidos com pós tendo partículas grosseiras, tais pós tendo tamanho médio de partícula entre 106 e 425 μm . Mais especificamente, pelo menos 20% das partículas devem ter, preferivelmente, um tamanho de partícula acima de 212 μm .

[0010] O tipo de lubrificante usado na composição do pó de ferro ou à base de ferro é importante e é selecionado das substâncias lubrificantes orgânicas que vaporizam a temperaturas acima da temperatura ambiente e abaixo da temperatura de decomposição do revestimento inorgânico ou camada eletricamente isolante sem deixar quaisquer resíduos que sejam venenosos para o isolamento inorgânico, ou que possam bloquear os poros e, portanto evitar a subsequente oxidação de acordo com a invenção. Sabões metálicos, que são usados comumente para moldagem por compactação de pós de ferro ou à base de ferro, deixam resíduos de óxidos metálicos no componente e, portanto, não são adequados. O estearato de zinco, amplamente usado, por exemplo, deixa óxido de zinco, que tem um efeito prejudicial nas propriedades isolantes de, por exemplo, camadas isolantes contendo fósforo. Impurezas e traços de metal podem, naturalmente, estar presentes no lubrificante usado conforme a invenção.

[0011] Substâncias orgânicas adequadas como agentes lubrificantes são álcoois graxos, ácidos graxos, derivados de ácidos graxos, e ceras. Exemplos de álcoois graxos preferidos são álcool estearila, álcool beenila, e suas combinações. Amidas primárias e secundárias de ácidos graxos saturados ou não-saturados podem também ser usadas, por exemplo, estearamida, erucila estearamida, e suas combinações. As ceras são preferivelmente escolhidas de ceras polialquilenas, tais como etileno bis-estearamida. Além disso, é preferido que os lubrificantes estejam presentes na composição a ser compactada de forma particular, embora o lubrificante possa estar presente em outras formas.

[0012] A quantidade de lubrificante usada pode variar e é normalmente 0,05-1,5%, preferivelmente 0,05-1,0%, mais preferivelmente 0,05-0,6% em peso da composição a ser compactada. Uma quantidade menor que 0,05% do lubrificante dá uma performance de lubrificação pobre, que pode resultar em superfícies arranhadas do componente ejetado e da parede do molde, bem como uma resistividade elétrica menor do componente compactado principalmente devido à camada de isolamento deteriorada na superfície do componente. Em adição, componentes com superfícies arranhadas apresentam um maior grau de poros de superfície bloqueados, que por sua vez evitam que o lubrificante vaporize livremente. Consequentemente, na fase subsequente, envolvendo oxidação em vapor (= vapor d'água), tais componentes pobremente lubrificadas não permitirão facilmente que o vapor penetre e oxide através do corpo compactado. Assim, resultarão uma baixa resistência, bem como uma resistividade elétrica baixa. O isolamento inorgânico e assim a resistividade elétrica do corpo serão melhor protegidas a altas temperaturas, se o vapor e a oxidação tiverem penetrado através do corpo antes que ele alcance as temperaturas que possam deteriorar o isolamento inorgânico. Uma quantidade de mais de 1,5% do lubrificante pode melhorar as propriedades de ejeção, mas geralmente resulta em uma densidade verde muito baixa do componente compactado, dando assim uma indução magnética e permeabilidade magnética inaceitavelmente baixas.

[0013] A compactação pode ser executada à temperatura ambiente ou a uma temperatura elevada. Assim, o pó e/ou o molde podem ser preaquecidos antes da compactação. Até aqui os resultados mais interessantes foram obtidos quando a compactação foi executada a uma temperatura elevada obtida aquecendo-se o molde até uma temperatura controlada e predeterminada. Adequadamente a temperatura do

molde é ajustada para uma temperatura no máximo 60°C abaixo da temperatura de fusão da substância lubrificante usada. Para, por exemplo, estearamida, uma temperatura de molde preferida é de 60-100°C, uma vez que a estearamida funde a aproximadamente 100°C .

[0014] A compactação é normalmente executada entre 400 e 2000 MPa e preferivelmente entre 600 e 1300 MPa.

[0015] O corpo compactado é subsequentemente submetido a tratamento térmico para remover o lubrificante a uma temperatura acima da temperatura de vaporização do lubrificante, mas abaixo da temperatura de decomposição do revestimento/camada isolante inorgânico. Para muitos lubrificantes e camadas isolantes usados atualmente, isto significa que a temperatura de vaporização deve ser menor que 500°C e adequadamente entre 200 e 450°C. Até agora os resultados mais interessantes foram obtidos para lubrificantes que tenham uma temperatura de vaporização menor que 400°C. O método conforme a presente invenção não é, entretanto, particularmente restrito a essas temperaturas, mas as temperaturas a serem usadas em diferentes etapas são baseadas na relação entre a temperatura de decomposição da camada eletricamente isolante e a temperatura de vaporização do lubrificante.

[0016] O tratamento de vaporização deve preferivelmente ser conduzido em uma atmosfera inerte, tal como nitrogênio. Entretanto, sob certas condições, pode ser interessante vaporizar-se o lubrificante orgânico em uma atmosfera oxidante, tal como o ar. Nesse caso, a vaporização deve ser executada a uma temperatura abaixo daquela onde ocorra uma significativa oxidação da superfície das partículas de ferro ou à base de ferro de modo a evitar o bloqueio dos poros da superfície, que pode capturar o lubrificante não-vaporizado ou deixar produtos prejudiciais ao lubrificante dentro do componente. Isto significa que a temperatura de vaporização, por exemplo, no ar, de lubrificantes usados em

conexão com os revestimentos inorgânicos à base de fósforo atualmente usados deve ser menor que 400°C e adequadamente entre 200 e 350°C. Conseqüentemente, para lubrificantes com altas temperaturas de vaporização (acima de cerca de 350°C), a lubrificação deve ser executada em atmosferas de gás inerte para evitar a pré-oxidação dos poros da superfície.

[0017] O corpo lubrificado é subsequentemente tratado com vapor a uma temperatura entre 300°C e 600°C. O tempo de tratamento normalmente varia entre 5 e 120 minutos, preferivelmente entre 5 e 60 minutos. Se o tratamento com vapor for executado abaixo de 300°C, o tempo para ganhar resistência suficiente pode ser inaceitavelmente longo. Se, por outro lado, o tratamento com vapor do corpo compactado for mantido acima de cerca de 600°C, o isolamento inorgânico pode ser destruído. Assim, o tempo e a temperatura de tratamento com vapor são adequadamente decididos pela pessoa versada na técnica em vista da resistência desejada, do tipo de lubrificante e do tipo de revestimento eletricamente isolante.

[0018] O vapor d'água usado preferivelmente na presente invenção pode ser definido como um vapor superaquecido com uma pressão parcial de um. Um efeito melhorado, isto é, período de processamento mais curto ou camadas de óxido mais espessas, seria esperado se o vapor superaquecido for pressurizado. Para se alcançar os melhores resultados em relação à resistência mecânica, propriedades magnéticas e aparência da superfície do corpo compactado, deve ser tomado cuidado em garantir-se que o vapor não esteja diluído ou contaminado.

[0019] Sem estar agregado a qualquer teoria específica, acredita-se que o tratamento com vapor tem um efeito oxidante específico na superfície das partículas à base de ferro. Esse processo oxidante é iniciado na superfície do corpo compactado e penetra na direção do centro do corpo. De acordo com uma configuração da invenção, o processo

oxidante é terminado antes da superfície de todas as partículas terem sido submetidas ao processo de oxidação específico. Nesse caso, uma crosta oxidada circundará um núcleo não-oxidado (veja Figura 1). Desde que a resistência mecânica do corpo compactado tenha alcançado um nível aceitável, o tratamento de oxidação pode ser encerrado antes que ocorra a oxidação completa através do corpo compactado. Isto sugere a possibilidade de otimizar a resistência mecânica e a permeabilidade relativa à perda de núcleo. Material oxidado dá uma resistência e permeabilidade melhoradas, mas também aumenta levemente as perdas de núcleo.

[0020] O processo pode ser executado em fornadas ou como um processo contínuo em fornos que são disponibilizados comercialmente, por exemplo, pela J. B. Furnace Engineering Ltd, SARNES Ingenieure OHG, Fluidtherm Technology P. Ltd., etc.

[0021] Como pode ser visto nos exemplos a seguir, componentes compósitos magnéticos macios tendo propriedades notáveis em relação à resistência à ruptura transversal, resistividade elétrica, indução magnética, e permeabilidade magnética podem ser obtidos pelo método conforme a invenção.

DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

[0022] A Figura 1 apresenta seções transversais diferentes de diferentes componentes produzidos conforme a presente invenção de Somaloy[®]500 e Somaloy[®]700, que são pós de ferro puro disponibilizados pela Höganäs AB, Suécia. As partículas desses pós são isoladas com uma camada contendo fósforo. Componentes totalmente oxidados e componentes tendo uma crosta oxidada estão mostrados na Figura 1.

[0023] Na Figura 2, é mostrada a análise termogravimétrica dos compactos com os diferentes lubrificantes.

Exemplos

[0024] A invenção é também ilustrada pelos exemplos não-limitativos a seguir;

Exemplo 1

[0025] Como material de partida foi usado o Somaloy[®]700. O material de partida foi misturado com diferentes quantidades (0,2-0,5% em peso) de um lubrificante orgânico, estearamida, conforme a tabela 1.

[0026] As formulações diferentes foram compactadas (600-110 MPa) em amostras toroidais tendo um diâmetro interno de 45 mm, um diâmetro externo de 55 mm, e uma altura de 5 mm, e em amostras de Resistência à Ruptura Transversal (amostras TRS) para as densidades especificadas na tabela 1. A temperatura do molde foi controlada até uma temperatura de 80°C e até a temperatura ambiente (amostra E).

[0027] Após a compactação as amostras foram ejetadas do molde e submetidas a um tratamento térmico em uma atmosfera de ar por 20 minutos a 300°C seguido de tratamento com vapor a 520°C por 45 minutos. Como referência, foi usada uma amostra com 0,3% de estearamida prensada a 800 MPa e submetida a uma única etapa de tratamento térmico ao ar a 520°C por 30 minutos.

[0028] A Resistência à Ruptura Transversal foi medida nas amostras TRS conforme a ISO 3995. As propriedades magnéticas foram medidas nas amostras toroidais com 100 voltas de "**drive**" e 100 voltas de "**sense**" usando-se um gráfico de histerese de Brockhaus. Foi medida a permeabilidade máxima a um campo elétrico aplicado de 4 kA/m.

Tabela 1

Amostra	Estearamida [wt%]	Pressão de compactação [MPa]	Densidade [g/cm ³]	Referência [MPa]	Ambiente
Referência	0,30	800	7,54	45	620
A	0,30	600	7,44	115	800
B	0,30	800	7,56	130	860

Amostra	Estearamida [wt%]	Pressão de compactação [MPa]	Densidade [g/cm ³]	Referência [MPa]	Ambi- ente
C	0,30	1100	7,63	110	900
D	0,40	800	7,53	130	820
E	0,40	800	7,49	135	750
F	0,20	1100	7,68	115	950
G	0,50	800	7,49	135	800

[0029] Como pode ser visto da tabela 1, valores TRS notavelmente altos e uma alta permeabilidade máxima são obtidos quando os componentes (amostras A a G) são tratadas com vapor conforme a presente invenção se comparado com o componente de referência tratado termicamente, que é Apenas tratado termicamente no ar. Além disso, usar-se uma ferramenta de molde não aquecida dá menor densidade com propriedades magnéticas levemente piores (amostra E).

Exemplo 2

[0030] O pó Somaloy[®]700 foi misturado com 0,4% de estearamida e compactado a 800 MPa usando-se uma temperatura de ferramenta de molde de 80°C conforme o exemplo 1 (densidade 7,53 g/cm³). As amostras (D, H e I) foram também submetidas a tratamento térmico em uma atmosfera de gás inerte por 20 minutos a 300°C seguido de tratamento com vapor a várias temperaturas, 300°C, 520°C e 620°C respectivamente.

[0031] As propriedades magnéticas e mecânicas foram medidas conforme o exemplo 1. A resistividade elétrica específica foi medida nas amostras toroidais por um método de medição em quatro pontos. A perda total do núcleo foi medida a 1 Tesla e 400 Hz.

Tabela 2

Amostra	TRS[MPa]	Resistividade Y [$\mu\text{Ohm}\cdot\text{m}$]	μMAX	Perda de núcleo [W/kg]
D (520 °C vapor)	145	260	820	44
H (300 °C vapor)	110	860	630	68
I (620 °C vapor)	120	5	860	180

[0032] Como pode ser visto da tabela 2, altos valores de TRS são obtidos para uma ampla faixa de temperaturas de tratamento térmico em um vapor (300°C a 620°C). Entretanto, baixas temperaturas de tratamento de vapor fornecem menor relaxamento do material, o que resulta numa maior perda de núcleo (amostra H). Uma menor temperatura (< 300°C) resultará em nenhum efeito de oxidação ou tempos de processo inaceitavelmente longos. Em contraste, uma temperatura muito alta deteriorará o revestimento de isolamento e dará uma resistividade inaceitavelmente baixa com propriedades magnéticas insuficientes tais como perda de núcleo (amostra I).

Exemplo 3

[0033] O pó Somaloy[®]700 foi misturado com 0,5% em peso de estearamida, cera EBS, e estearato de Zn, respectivamente, e compactado a 7,35 g/cm³. As amostras (J, K e L) foram também submetidas a um tratamento térmico por 45 minutos no ar a 350°C, e em uma atmosfera de nitrogênio a 440°C, respectivamente. Os componentes lubrificados foram posteriormente tratados com vapor a 530°C por 30 minutos.

[0034] As propriedades magnéticas e mecânicas foram medidas conforme os exemplos 1 e 2 e resumidas na tabela 3 abaixo.

Tabela 3

Amostra	Tratamento de vaporização	TRA [MPa]	Resistividade [$\mu\text{Ohm}\cdot\text{m}$]	μ_{max}	Perda de núcleo	Performance
J (estearamida)	350°C Air	141	165	620	58	Bom
	440 °C N ₂	150	67	620	63	OK
K (EBS cera*)	350°C Air	69	11	350	100	Pobre
	440 °C N ₂	147	160	620	59	Bom
L (estearato de zinco)	350°C Air	122	8	680	90	Pobre
	440 °C N ₂	148	12	590	77	Pobre

* etileno bis-estearamida (Acrawax®)

[0035] Como pode ser visto da tabela 3, a atmosfera e a temperatura na qual a vaporização é conduzida são de grande importância. De acordo com a invenção, o lubrificante deve ser vaporizado e não deixar essencialmente nenhum resíduo para obter compactos que após o tratamento com vapor tenha tanto alta resistência quanto alta resistividade elétrica.

[0036] A estearamida (amostra J) é completamente vaporizada acima de 300°C tanto na atmosfera de gás inerte quanto no ar. A menor temperatura de vaporização possível é preferida uma vez que dá uma resistividade elétrica melhorada e assim diminui a perda de núcleo. A cera EBS (amostra K) não pode ser vaporizada a 350°C no ar, mas é removida do compacto em nitrogênio a mais de 400°C conforme a tabela 3.

[0037] Da tabela 3 pode ser visto que lubrificantes incluindo um metal não dão resultados satisfatórios, e que para diferentes lubrificantes orgânicos, o tipo de atmosfera e a temperatura são importantes. Para cada combinação lubrificante/camada isolante, a atmosfera e a temperatura adequadas podem ser decididas pela pessoa versada na técnica.

Exemplo 4

[0038] O pó Somaloy[®]700 foi misturado com 0,3% em peso de álcool beenila (NACOL[®] 22-98) e compactado a 800 MPa usando uma temperatura de ferramenta de molde de 55°C. As amostras (M, N e O) foram também submetidas a um tratamento térmico em uma atmosfera de gás inerte por 30 minutos a várias temperaturas para vaporização do lubrificante conforme a tabela 4 e subsequentemente tratadas com vapor a 520°C por 45 minutos.

Tabela 4

Amostra	Tratamento de vaporização do lubrificante	TRS [MPa]	Resistividade[$\mu\text{Ohm}\cdot\text{m}$]	Perda de núcleo [W/kg]
M	250 °C	65	12	101
N	350 °C	149	153	54
O	450 °C	154	52	74

[0039] As propriedades magnéticas e mecânicas foram medidas conforme os exemplos 1 e 2.

[0040] A tabela 4 mostra a importância do uso de uma correta temperatura de vaporização do lubrificante. Uma temperatura de vaporização muito baixa dá uma remoção insuficiente do lubrificante e poros fechados de superfície (amostra M). Uma temperatura de vaporização muito alta (amostra O), ao contrário, exporá o revestimento de isolamento na direção da alta temperatura por períodos desnecessariamente longos com menor resistividade elétrica como resultado.

Exemplo 5

[0041] O pó Somaloy[®]700 foi misturado com 0,5% em peso de oito lubrificantes diferentes e as amostras foram compactadas a 800 MPa. Os lubrificantes usados foram álcool beenila, estearamida, etileno bisestearamida (EBS), erucil-estearamida, amido oléico, cera polietileno ($M_w = 655 \text{ g/mol}$; PW655), uma poliamida (Orgasol[®]3501), e estearato

de zinco.

[0042] Foi executada uma análise termogravimétrica (TGA) das amostras (cada amostra pesando 0,68 g). A TGA mede a mudança de peso em um material em função da temperatura (ou tempo) em uma atmosfera controlada. As curvas TGA foram gravadas entre 20 e 500° usando-se uma taxa de aquecimento de 10°C/min em uma atmosfera de nitrogênio e estão descritas na Figura 2. Como pode ser visto, a vaporização de lubrificantes progride diferentemente para os lubrificantes.

[0043] As amostras P, Q, R e S contêm lubrificantes que têm pontos de ebulição relativamente baixos. Esses lubrificantes são removidos principalmente como vapores e deixam compactos com uma estrutura de poros limpa. As amostras T, U e V, por outro lado, contêm lubrificantes que vaporizam a temperaturas maiores que 450°C, e não são, portanto, adequadas para uso nesse caso. O estearato de zinco na amostra W é completamente vaporizado abaixo de 450°C, mas deixa resíduos de ZnO. Assim, a amostra W está fora do escopo da presente invenção.

[0044] A tabela 5 mostra a faixa de temperatura para vaporização na atmosfera inerte dos diferentes lubrificantes de acordo com o exemplo. As amostras P a S incluem lubrificantes que têm temperaturas de vaporização adequadas para uso em combinação com os pós testados.

Tabela 5

Amostra	Temperatura de vaporização completa [°C]	Performance de oxidação de compactos tratados termicamente
P(álcool beenila)	290-300	Bom
Q(estearamida)	290-300	Bom
R(erucil-estearamida)	410-420	Bom
S (EBS)	390-440	Bom

Amostra	Temperatura de vaporização completa [°C]	Performance de oxidação de compactos tratados termicamente
T(PW655)	470-500	Pobre
U (amida oléica)	>500	Pobre
V (poliamida)	>550	Pobre
W (estearato de zinco)	Não possível	Pobre

Exemplo 6

[0045] O pó Somaloy[®]700 foi misturado com 0,5% em peso de um lubrificante organo-metálico conforme a tabela 6, e compactado a 600 MPa usando uma temperatura de ferramenta de molde de 80°C. As amostras foram também submetidas a um tratamento térmico no ar por 20 minutos a 300°C seguido de tratamento com vapor a 520°C por 45 minutos.

[0046] As propriedades magnéticas e mecânicas foram medidas conforme os exemplos 1 e 2 e estão resumidas na tabela 6 a seguir.

Tabela 6

Amostra	Densidade [g/cm ³]	TRS [MPa]	Resistividade y [μOhm*m]	Perda de núcleo [W/kg]
G (estearamida)	7,49	135	192	45
X (Kenolube [®])	7,47	105	90	51
W (estearato de lítio)	7,50	90	20	63
Z (estearato de zinco)	7,52	100	4	126

[0047] Como pode ser visto da tabela 6, lubrificantes tendo diferentes teores de metal (amostras X, Y, Z), dão menores resistividades elétricas e assim uma maior perda de núcleo que a amostra G, que é preparada com estearamida.

Exemplo 7

[0048] O pó Somaloy[®]700 foi misturado com 0,5% em peso de cera EBS (Acrawax[®]) e compactado até 7,35 g/cm³. Uma amostra (AA) foi inicialmente submetida a um tratamento térmico por 45 minutos em uma atmosfera de nitrogênio a 440°C conforme a invenção. Uma segunda amostra (AB) não foi previamente lubrificada mas submetida diretamente ao tratamento de vapor conforme o método descrito na Patente U.S. 6 485 579. O tratamento de vapor das amostras foi conduzido a uma temperatura máxima de 500°C por 30 minutos.

[0049] As propriedades magnéticas e mecânicas foram medidas conforme os exemplos 1 e 2.

Tabela 7

Amostra	Tratamento de vaporização	TRS [MPa]	Resistividade [$\mu\text{Ohm}\cdot\text{m}$]	μ_{max}	Perda de núcleo	Performance
AA (ceraES)	440 °C	138	85	600	61	OK
AB* (ceraES)	Nenhum	65	17	350	98	Pobre

*conforme a descrição da Patente U.S. 6 485 579

[0050] Como pode ser observado na tabela 7, a alta resistência mecânica e a resistividade elétrica superior da amostra AA mostra que a lubrificação antes do tratamento com vapor conforme a invenção dá propriedades superiores, enquanto que a amostra AB mostra comparativamente baixa resistividade e baixa resistência mecânica. Para o lubrificante usado (um lubrificante não contendo metal, no exemplo cera EBS), o sucesso do tratamento com vapor depende da etapa de lubrificação.

Exemplo 8

[0051] Nesse exemplo, foi usado o pó Somaloy[®]500 (disponível da

Höganäs AB, Suécia) com tamanho médio de partícula que o tamanho médio de partícula de Somaloy[®]700. O Somaloy[®]500 foi misturado com 0,5% em peso de estearamida ou Kenolube[®] e compactado a 800 MPa usando uma temperatura de ferramenta de moldagem de 80°C. Duas amostras (AC e AD) foram também submetidas a um tratamento térmico em gás inerte por 20 minutos a 300°C seguido por tratamento com vapor a 520°C por 45 minutos conforme a invenção.

[0052] As propriedades magnéticas e mecânicas foram medidas conforme o exemplo 1.

Tabela 8

Amostra	Densidade [g/cm ³]	TRA [MPa]	Resistividade [μOhm*m]	μ _{max}	Perda de núcleo
AC (estearamida)	7,36	150	30	450	65
AD* (Kenolube [®])	7,36	120	5	420	105

*conforme a descrição da Patente U.S. 6 485 579

[0053] A tabela 8 mostra claramente que componentes produzidos conforme a invenção a partir de pó de Somaloy[®]500 mais fino com um lubrificante não contendo metal (amostra AC) pode alcançar alta resistência e perdas de núcleos aceitáveis. Está claro que a amostra AC apresenta melhores valores para TRS, resistividade, permeabilidade, bem como perda de núcleo comparado à amostra AD.

REIVINDICAÇÕES

1. Processo para a produção de componentes compósitos magnéticos macios, caracterizado pelo fato de que compreende as etapas de:

- compactar uma composição de pó em um molde compreendendo uma mistura de pó magnético macio, de ferro ou à base de ferro, cujas partículas de ferro são rodeadas por um revestimento inorgânico eletricamente isolante e um lubrificante orgânico em uma quantidade de 0,05 a 1,5% em peso da composição, o mencionado lubrificante orgânico sendo livre de metal e tendo uma temperatura de vaporização menor que a temperatura de decomposição do revestimento;

- ejetar o corpo compactado do molde;

- aquecer o corpo compactado em uma atmosfera não redutora, que é um gás inerte ou o ar, até uma temperatura acima da temperatura de vaporização do lubrificante, que é menor que 500°C, e abaixo da temperatura de decomposição do revestimento inorgânico para remover o lubrificante do corpo compactado, e

- submeter o corpo obtido a tratamento térmico a uma temperatura entre 300°C e 600°C em vapor d'água.

2. Processo de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a compactação é executada a uma temperatura de no máximo 60°C abaixo da temperatura de fusão do lubrificante orgânico, e opcionalmente com pó pré-aquecido.

3. Processo de acordo com a reivindicação 2, caracterizado pelo fato de que a compactação é executada a uma temperatura de no máximo 40°C, mais preferivelmente no máximo 30°C, abaixo da temperatura de fusão do lubrificante orgânico.

4. Processo de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que a temperatura de vaporização do lubrificante é menor que 450°C, e preferivelmente menor que 400°C.

5. Processo acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, caracterizado pelo fato de que a temperatura de vaporização do lubrificante em uma atmosfera oxidante é menor que 400°C, preferivelmente menor que 350°C, e mais preferivelmente menor que 300°C.

6. Processo acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizado pelo fato de que o tratamento térmico em vapor d'água (tratamento com vapor) é executado a uma temperatura menor que 550°C.

7. Processo acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizado pelo fato de que as partículas de núcleo consistem em ferro puro.

8. Processo acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizado pelo fato de que o revestimento inorgânico que isola as partículas de núcleo inclui fósforo.

9. Processo acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 8, caracterizado pelo fato de que o tamanho médio de partícula das partículas de pó isoladas está entre 106 e 425 µm.

10. Processo acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 9, caracterizado pelo fato de que pelo menos 20% das partículas de pó isoladas têm um tamanho de partícula acima de 212 µm.

11. Processo acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que a quantidade de lubrificante é de 0,05 a 1,0, preferivelmente 0,05 a 0,7, e mais preferivelmente 0,05 a 0,6% em peso da composição.

12. Processo acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o lubrificante é selecionado do grupo consistindo em amidas primárias e amidas secundárias de ácidos graxos saturados e não-saturados ou suas combinações.

13. Processo acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que o lubrificante é selecionado

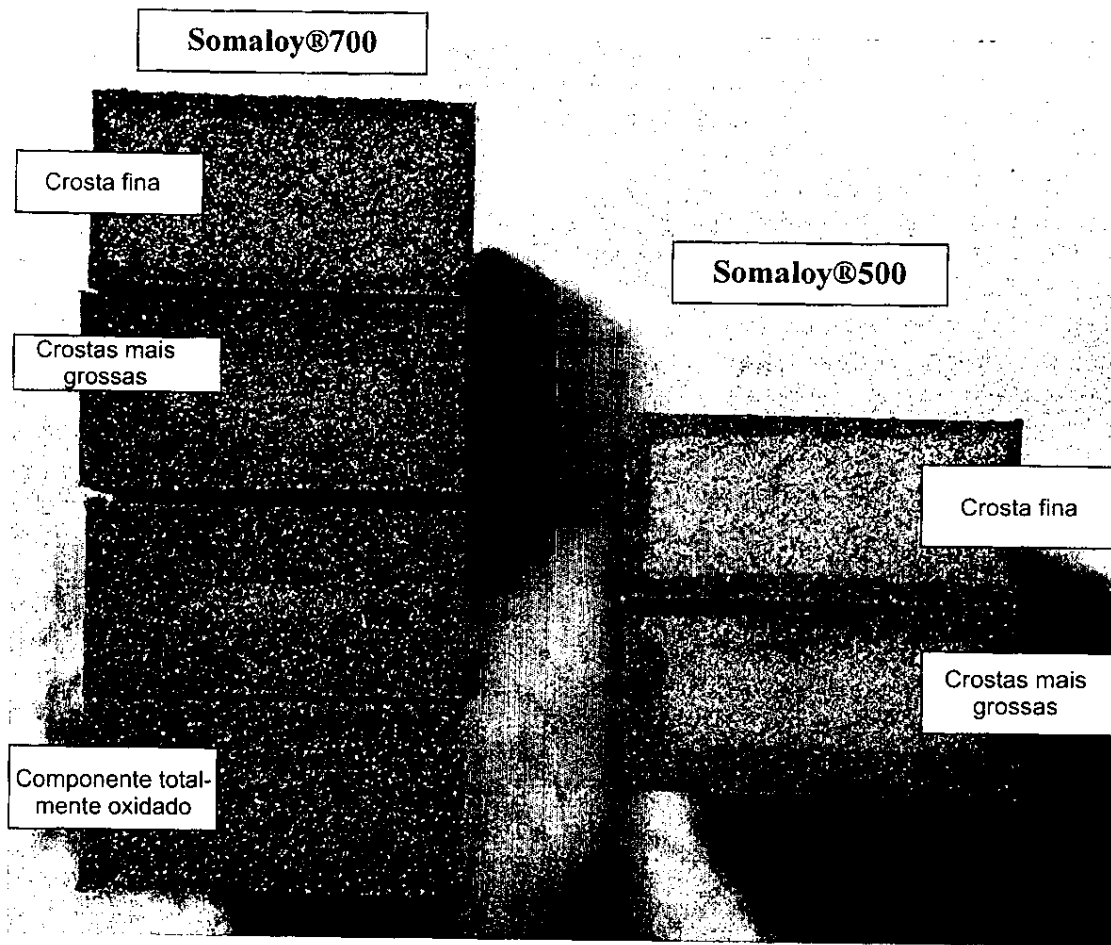


FIG. 1

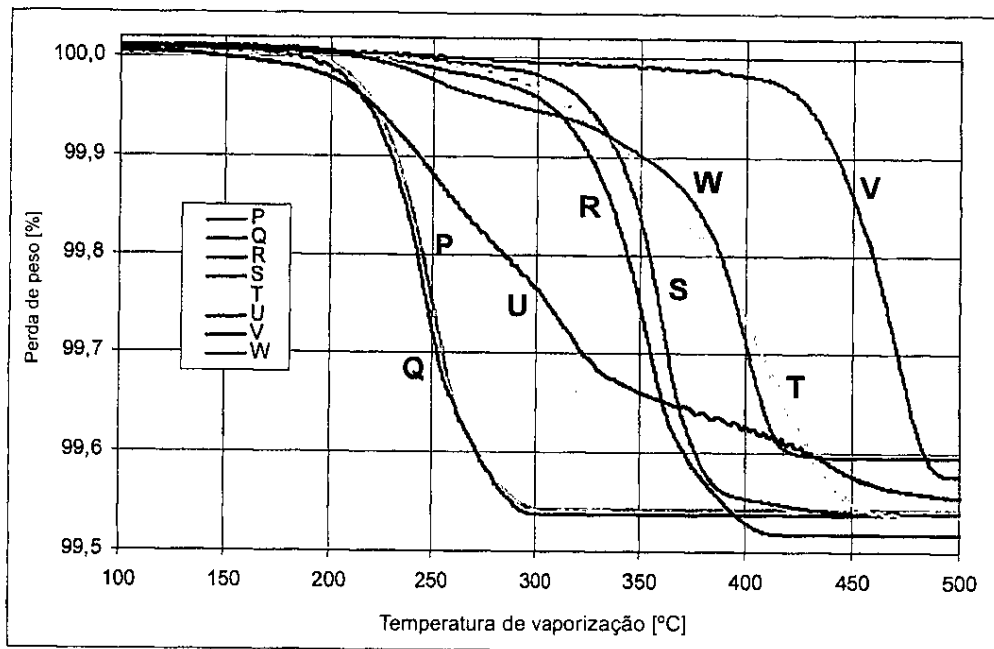


FIG. 2