

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 645 219**

51 Int. Cl.:

H01F 1/24	(2006.01)
B22F 1/02	(2006.01)
H01F 3/08	(2006.01)
H01F 1/14	(2006.01)
H01F 1/33	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.06.2006 PCT/SE2006/000722**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.12.2006 WO06135324**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.06.2006 E 06747915 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017 EP 1899994**

54 Título: **Materiales compuestos magnéticos blandos**

30 Prioridad:

15.06.2005 SE 0501378
28.07.2005 US 702996 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.12.2017

73 Titular/es:

HÖGANÄS AB (100.0%)
263 83 Höganäs, SE

72 Inventor/es:

SKARMAN, BJÖRN;
YE, ZHOU y
JANSSON, PATRICIA

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 645 219 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Materiales compuestos magnéticos blandos

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un nuevo material compuesto magnético blando. En particular, la invención se refiere a un proceso para la fabricación de nuevos materiales compuestos magnéticos blandos que tienen propiedades magnéticas blandas mejoradas.

10

Antecedentes de la invención

Los materiales magnéticos blandos se usan para aplicaciones tal como materiales centrales en inductores, estatores y rotores para máquinas eléctricas, actuadores, sensores y núcleos de transformadores. Tradicionalmente, los núcleos magnéticos blandos, tal como rotores y estatores en máquinas eléctricas, están hechos de laminados de acero apilados.

15

Sin embargo, en los últimos años ha habido un fuerte interés en los llamados materiales Compuestos Magnéticos Blandos (SMC). Los materiales SMC se basan en partículas magnéticas blandas, habitualmente basadas en hierro, con un recubrimiento eléctricamente aislante sobre cada partícula. Al compactar las partículas aisladas, opcionalmente junto con lubricantes y/o aglutinantes, usando el proceso de metalurgia tradicionalmente en polvo, se obtienen las partes de SMC. Al usar la técnica metalúrgica en polvo es posible producir materiales que tienen un mayor grado de libertad en el diseño de la parte SMC comparado con usar laminados de acero, ya que el material SMC puede llevar un flujo magnético tridimensional y ya que se pueden obtener formas tridimensionales con el proceso de compactación.

20

25

Como consecuencia del interés aumentado en los materiales SMC, las mejoras de las características magnéticas blandas de los materiales SMC es el objeto de intensos estudios para expandir la utilización de estos materiales. Para alcanzar tal mejora, se desarrollan continuamente nuevos polvos y procesos.

30

Además de las propiedades magnéticas blandas, son esenciales buenas propiedades mecánicas. A este respecto el tratamiento con vapor del cuerpo compuesto compactado ha mostrado resultados prometedores como se divulga en la patente en EE UU 6.485.579. Según la presente invención, se ha encontrado que el tratamiento con vapor puede dar inesperadamente buenos resultados, no solo respecto a las propiedades mecánicas, sino también respecto a las propiedades magnéticas blandas siempre que se cumplan ciertas condiciones respecto al tipo de polvos, lubricantes, y parámetros de proceso. En resumen y en contraste a la invención divulgada en la patente en EE UU se ha encontrado que el lubricante usado en la composición de hierro o basada en hierro que se va a compactar debe ser de naturaleza orgánica y que se debe evaporar sin dejar ningún residuo en el cuerpo compactado antes del tratamiento con vapor.

35

40

Compendio de la invención

La presente invención se refiere a un proceso para la fabricación de componentes compuestos magnéticos blandos como se define en la reivindicación independiente 1.

45

Según la reivindicación de producto 15, se pueden obtener cuerpos metalúrgicamente compactados que tienen propiedades mecánicas y magnéticas superiores. Estos cuerpos se pueden distinguir por propiedades superiores tal como una resistencia a la rotura transversal de al menos 100 MPa, una permeabilidad de al menos 700 y una pérdida de núcleo a 1 Tesla y 400 Hz de como mucho 70 W/kg y más específicamente una resistencia a la rotura transversal de al menos 120 MPa, una permeabilidad de al menos 800 y una pérdida de núcleo a 1 Tesla y 400 Hz de como mucho 65 W/kg.

50

Descripción detallada de la invención

Los polvos magnéticos blandos usados según la presente invención están compuestos de hierro o una aleación que contiene hierro. Preferiblemente, el polvo magnético blando comprende esencialmente hierro puro. Este polvo podría ser, por ejemplo, polvos de hierro atomizados con agua o atomizados con gas comercialmente disponibles o polvos de hierro reducido, tal como polvos de hierro poroso. Las capas eléctricamente aislantes preferidas, que se pueden usar según la invención, son capas finas que contienen fósforo o barreras del tipo descrito en la patente en EE UU 6.348.265, que se incorpora al presente documento mediante referencia. Se divulgan otros tipos de capas aislantes en, por ejemplo, las patentes en EE UU 6.562.458 y 6.419.877. Los polvos, que tienen partículas aisladas y que son materiales de partida adecuados según la presente invención son, por ejemplo, Somaloy®500 y Somaloy®700 disponibles de Höganäs AB, Suecia.

60

Hasta ahora se han obtenido resultados muy interesantes con polvos que tienen partículas gruesas, tales polvos que tienen tamaños medios de partícula entre 106 y 425 μm . Más específicamente, al menos el 20% de las partículas deben tener preferiblemente un tamaño de partícula por encima de 212 μm .

5 El tipo de lubricante usado en la composición de polvo de hierro o basada en hierro es importante y se selecciona de sustancias lubricantes orgánicas que se evaporan a temperaturas por encima de la temperatura ambiente y por debajo de la temperatura de descomposición del recubrimiento o capa eléctricamente aislante inorgánico sin dejar ningún residuo que sea nocivo para el aislamiento inorgánico, o que pueda bloquear poros y, por tanto, prevenir la posterior oxidación según la invención. Los jabones metálicos, que se usan comúnmente para la compactación en
10 troquel de polvos de hierro o basados en hierro, dejan residuos de óxido metálico en el componente y, por tanto, no son adecuados. El ampliamente usado estearato de zinc, por ejemplo, deja óxido de zinc, que tiene un efecto perjudicial en las propiedades aislantes de, por ejemplo, las capas aislantes que contienen fósforo. Las impurezas y vestigios de metal podrían, por supuesto, estar presentes en el lubricante usado según la invención.

15 Las sustancias orgánicas adecuadas como agentes lubricantes son alcoholes grasos, ácidos grasos, derivados de ácidos grasos, y ceras. Los ejemplos de alcoholes grasos preferidos son alcohol estearílico, alcohol behenílico, y combinaciones de los mismos. También se pueden usar amidas primarias y secundarias de ácidos grasos saturados o insaturados, por ejemplo, estearamida, erucilestearamida, y combinaciones de las mismas. Las ceras se eligen preferiblemente de ceras de polialquileno, tal como etilen bis-estearamida. Además, se prefiere que los lubricantes
20 están presentes en la composición que se va a compactar en forma particular, aunque puede ser que el lubricante pueda estar presente en otras formas.

La cantidad de lubricante usado puede variar y normalmente es el 0,05-1,5%, preferiblemente el 0,05-1,0%, más preferiblemente el 0,05-0,7 y lo más preferiblemente el 0,05-0,6% en peso de la composición que se va a compactar.
25 Una cantidad menor del 0,05% de lubricante da mal rendimiento de lubricación, lo que puede producir superficies rayadas del componente expulsado y la pared del troquel, así como menor resistividad eléctrica del componente compactado principalmente debido a capa aislante deteriorada en la superficie del componente. Además, los componentes con superficies rayadas muestran un mayor grado de poros de superficie bloqueados, que a su vez previene que el lubricante se evapore libremente. Por consiguiente, en la fase posterior que implica la oxidación en vapor (= vapor de agua), tales componentes mal deslubricados no dejarán fácilmente que el vapor penetre y oxide a lo largo del cuerpo compactado. Por tanto, el resultado será baja resistencia, así como mala resistividad eléctrica. El
30 aislante inorgánico y por tanto la resistividad del cuerpo, estarán mejor protegidos a altas temperaturas, si el vapor y la oxidación ha penetrado a lo largo del cuerpo antes de que alcance temperaturas que pueden deteriorar el aislante inorgánico. Una cantidad mayor del 1,5% del lubricante puede mejorar las propiedades de expulsión, pero en general produce densidad de prensado demasiado baja del componente compactado, por tanto, dando inducción magnética y permeabilidad magnética inaceptablemente bajas.

La compactación se puede realizar a temperatura ambiente o elevada. Por tanto, el polvo y/o el troquel se pueden precalentar antes de la compactación. Hasta ahora los resultados más interesantes se han obtenido cuando la
40 compactación se realiza a temperatura elevada obtenida calentando el troquel a una temperatura controlada y predeterminada. Adecuadamente, la temperatura del troquel se ajusta a una temperatura de como mucho 60°C por debajo de la temperatura de fusión de la sustancia lubricante usada. Por ejemplo, para estearamida una temperatura de troquel preferida es 60-100°C, ya que la estearamida se funde a aproximadamente 100°C.

45 La compactación normalmente se realiza entre 400 y 2000 MPa y preferiblemente entre 600 y 1300 MPa.

El cuerpo compactado se somete posteriormente a tratamiento con calor para eliminar el lubricante a temperatura por encima de la temperatura de evaporación del lubricante, pero por debajo de la temperatura de descomposición del recubrimiento/capa aislante inorgánico. Para muchos lubricantes y capas aislantes actualmente usados esto
50 significa que la temperatura de evaporación debe ser menor de 500°C y adecuadamente entre 200 y 450°C. Hasta ahora los resultados más interesantes se han obtenido para lubricantes que tienen una temperatura de evaporación menor de 400°C. El método según la presente invención, sin embargo, no está particularmente restringido a estas temperaturas, pero las temperaturas que se van a usar en las diferentes etapas se basan en la relación entre la temperatura de descomposición de la capa eléctricamente aislante y la temperatura de evaporación del lubricante.

55 El tratamiento de evaporación preferiblemente se debe realizar en una atmósfera inerte, tal como nitrógeno. Sin embargo, en ciertas condiciones, puede ser interesante evaporar el lubricante orgánico en una atmósfera oxidante, tal como aire. En este caso, la evaporación se debe realizar a una temperatura por debajo de esa, donde tiene lugar oxidación de superficie significativa de las partículas de hierro o basadas en hierro para prevenir el bloqueo de poros de superficie, que pueda atrapar lubricante no evaporado o dejar productos de degradación del lubricante dentro del
60 componente. Esto significa que la temperatura de evaporación en, por ejemplo, aire de los lubricantes usados en relación con los recubrimientos inorgánicos basados en fósforo actualmente usados debe ser menor de 400°C y adecuadamente entre 200 y 350°C. Por consiguiente, para lubricantes con altas temperaturas de evaporación (por encima de aproximadamente 350°C), la deslubricación se debe realizar en atmósferas de gases inertes para evitar la preoxidación de los poros de la superficie.
65

5 El cuerpo deslucado posteriormente se trata con vapor a una temperatura entre 300°C y 600°C. El tiempo de tratamiento normalmente varía entre 5 y 120 minutos, preferiblemente entre 5 y 60 minutos. Si el tratamiento con vapor se realiza por debajo de 300°C, el tiempo para ganar suficiente resistencia puede ser inaceptablemente largo. Si, por otra parte, el tratamiento con vapor del cuerpo compactado se mantiene por encima de 600°C, el aislante inorgánico se puede destruir. Por tanto, el tiempo y la temperatura del tratamiento con vapor lo decide adecuadamente el experto en la materia en vista de la resistencia deseada, el tipo de lubricante y el tipo de recubrimiento aislante eléctrico.

10 El vapor de agua preferiblemente usado en la presente invención se puede definir como vapor supercalentado con una presión parcial de uno. Se esperaría un efecto mejorado, es decir, periodo de procesamiento más corto o capas de óxido más gruesas, si el vapor supercalentado está presurizado. Para alcanzar los mejores resultados respecto a la resistencia mecánica, propiedades magnéticas y aspecto de superficie del cuerpo compactado se debe tener cuidado para asegurar que el vapor no está diluido o contaminado.

15 Sin estar unido a ninguna teoría específica, se cree que el tratamiento con vapor tiene un efecto oxidante específico en la superficie de las partículas basadas en hierro. Este proceso oxidante se inicia en la superficie del cuerpo compactado y penetra hacia el centro del cuerpo. Según una forma de realización de la invención, el proceso oxidante se termina antes de que las superficies de todas las partículas se hayan sometido al proceso oxidante específico. En este caso, una corteza oxidada rodeará un núcleo no oxidado (véase la figura 1). Siempre que la resistencia mecánica del cuerpo compactado haya alcanzado un nivel aceptable el tratamiento de oxidación se puede terminar antes de que se haya producido la oxidación completa a lo largo del cuerpo compactado. Esto sugiere la posibilidad de optimizar la resistencia mecánica y permeabilidad relativa a la pérdida de núcleo. El material oxidado da resistencia y permeabilidad mejoradas, pero también pérdidas de núcleo ligeramente mayores.

25 El proceso se puede realizar por lotes o como un proceso continuo en hornos que están comercialmente disponibles de, por ejemplo, J B Furnace Engineering Ltd, SARNES Ingenieure OHG, Fluidtherm Technology P. Ltd, etc.

30 Como se puede ver de los siguientes ejemplos se pueden obtener componentes compuestos magnéticos blandos que tienen propiedades notables respecto a resistencia a la rotura transversal, resistividad eléctrica, inducción magnética y permeabilidad magnética mediante el método según la invención.

Descripción de las figuras

35 La figura 1 muestra diferentes secciones transversales de diferentes componentes según la presente invención de Somaloy®500 y Somaloy®700, que son polvos de hierro puro disponibles de Höganäs AB, Suecia. Las partículas de estos polvos están aisladas con una capa que contiene fósforo. En la figura 1 se muestran componentes oxidados por completo y componentes que tienen una corteza oxidada.

40 En la figura 2, se muestra el análisis termogravimétrico de compactos con diferentes lubricantes.

Ejemplos

La invención se ilustra adicionalmente mediante los siguientes ejemplos no limitantes;

45 Ejemplo 1

Como material de partida se usó Somaloy®700. El material de partida se mezcló con diferentes cantidades (0,2-0,5% en peso) de un lubricante orgánico, estearamida, según la tabla 1.

50 Las diferentes formulaciones se compactaron (600-1100 MPa) en muestras toroides que tienen un diámetro interno de 45 mm, diámetro externo de 55 mm y altura de 5 mm y en muestras de resistencia a la rotura transversal (muestras TRS) a las densidades especificadas en la tabla 1. La temperatura de troquel se controló a una temperatura de 80°C y a temperatura ambiente (muestra E).

55 Después de la compactación las muestras se expulsaron del troquel y se sometieron a un tratamiento con calor en una atmósfera de aire durante 20 minutos a 300°C seguido por tratamiento con vapor a 520°C durante 45 minutos. Como referencia, se usó una muestra con un 0,3% de estearamida comprimida a 800 MPa y sometida a una única etapa de tratamiento con calor en aire a 520°C durante 30 minutos.

60 La resistencia a la rotura transversal se midió en las muestras TRS según ISO 3995. Las propiedades magnéticas se midieron en las muestras toroides con 100 giros de impulso y 100 de sentido usando un histerisigrafo de Brockhaus. Se midió la permeabilidad máxima en un campo eléctrico aplicado de 4 kA/m.

Tabla 1

Muestra	Estearamida [% en peso]	Presión de compactación [MPa]	Densidad [g/cm ³]	TRS [MPa]	μmax
Referencia	0,30	800	7,54	45	620
A	0,30	600	7,44	115	800
B	0,30	800	7,56	130	860
C	0,30	1100	7,63	110	900
D	0,40	800	7,53	130	820
E (ambiente)	0,40	800	7,49	135	750
F	0,20	1100	7,68	115	950
G	0,50	800	7,49	135	800

5 Como se puede ver de la tabla 1, se obtienen valores de TRS notablemente altos y permeabilidad máxima alta cuando los componentes (muestra A a G) se tratan con vapor según la presente invención comparado con el componente de referencia tratado con calor, que solo se trata con calor en aire. Además, usar un troquel de herramienta sin calentar da menor densidad con propiedades magnéticas ligeramente peores (muestra E).

Ejemplo 2

10 Se mezcló polvo de Somaloy®700 con estearamida al 0,4% en peso y se compactó a 800 MPa usando una temperatura del troquel de herramienta de 80°C según el ejemplo 1 (densidad 7,53 g/cm³). Las muestras (D, H, e I) se sometieron además a tratamiento con calor en una atmósfera de gas inerte durante 20 minutos a 300°C seguido por tratamiento con vapor a varias temperaturas, 300°C, 520°C, y 620°C, respectivamente.

15 Las propiedades magnéticas y mecánicas se midieron según el ejemplo 1. La resistividad eléctrica específica se midió en las muestras toroides mediante un método de medida de cuatro puntos. La pérdida total de núcleo se midió a 1 Tesla y 400 Hz.

Tabla 2

Muestra	TRS [MPa]	Resistividad [μOhm*m]	μmax	Perdida de núcleo [W/kg]
D (vapor a 520°C)	145	260	820	44
H (vapor a 300°C)	110	860	630	68
I (vapor a 620°C)	120	5	860	180

20 Como se puede ver de la tabla 2, se obtienen valores altos de TRS para un amplio intervalo de temperaturas de tratamiento con calor en un vapor (de 300°C a 620°C). Sin embargo, las bajas temperaturas de tratamiento con vapor proporcionan menos relajación material, que produce mayor pérdida de núcleo (muestra H). Una temperatura menor (<300°C) producirá ningún efecto oxidante o tiempos de procesos inaceptablemente largos. En contraste, una temperatura demasiado alta deteriorará la capa aislante y dará resistividad inaceptablemente baja con malas propiedades magnéticas tal como pérdida de núcleo (muestra I).

Ejemplo 3

30 Se mezcló polvo de Somaloy®700 con el 0,5% en peso de estearamida, cera EBS y estearato de Zn, respectivamente, y se compactó a 7,35 g/cm³. Las muestras (J, K y L) se sometieron además a tratamiento con calor durante 45 minutos en aire a 350°C, y en una atmósfera de nitrógeno a 440°C, respectivamente. Los componentes deslubricados se trataron después de ello con calor a 530°C durante 30 minutos.

35 Las propiedades magnéticas y mecánicas se midieron según el ejemplo 1 y 2 y se resumen en la tabla 3 a continuación.

Tabla 3

Muestra	Tratamiento de evaporación	TRS [MPa]	Resistividad [μOhm*m]	μmax	Perdida de núcleo [W/kg]	Rendimiento
J (Estearamida)	350°C aire	141	165	620	58	Bueno
	440°C N ₂	150	67	620	63	OK
K (cera EBS*)	350°C aire	69	11	350	100	Malo
	440°C N ₂	147	160	620	59	Bueno
L (estearato de zinc)	350°C aire	122	8	680	90	Malo
	440°C N ₂	148	12	590	77	Malo

* Etilen bis-estearamida (Acrax®).

40 Como se puede ver de la tabla 3, la atmósfera y la temperatura a la se realiza la evaporación es de gran importancia. Según la invención, el lubricante se debe evaporar y esencialmente no dejar ningún residuo para

obtener compactos que después del tratamiento con vapor tengan tanto alta resistencia como alta resistividad eléctrica.

5 La estearamida (muestra J) se evapora por completo por encima de 300°C tanto en atmósfera de gas inerte como en aire. La menor temperatura de evaporación posible es preferida ya que esto da resistividad eléctrica mejorada y por tanto menor pérdida de núcleo. La cera EBS (muestra K) no se puede evaporar a 350°C en aire, pero se elimina del compacto en nitrógeno por encima de 400°C según la tabla 3.

10 De la tabla 3 se puede ver que los lubricantes que incluyen un metal no dan resultados satisfactorios, y que para diferentes lubricantes orgánicos el tipo de atmósfera y temperatura importa. Para cada combinación de lubricante/capa aislante el experto en la materia puede decidir la atmósfera y temperatura adecuadas.

Ejemplo 4

15 Se mezcló polvo de Somaloy®700 con el 0,3% en peso de alcohol behenílico (NACOL® 22-98) y se compactó a 800 MPa usando una temperatura de troquel de herramienta de 55°C. Las muestras (M, N y O) se sometieron además a tratamiento con calor en una atmósfera de gas inerte durante 30 minutos a varias temperaturas para la evaporación del lubricante según la tabla 4 y posteriormente se trataron con vapor a 520°C durante 45 minutos.

20 Tabla 4

Muestra	Tratamiento de evaporación del lubricante	TRS [MPa]	Resistividad [$\mu\text{Ohm}\cdot\text{m}$]	Perdida de núcleo [W/kg]
M	250°C	65	12	101
N	350°C	149	153	54
O	450°C	154	52	74

Las propiedades magnéticas y mecánicas se midieron según el ejemplo 1 y 2.

25 La tabla 4 muestra la importancia de usar una temperatura de evaporación correcta del lubricante. Una temperatura de evaporación demasiado baja da insuficiente eliminación del lubricante y poros de superficie cerrados (muestra M). Una temperatura de evaporación demasiado alta (muestra O), al contrario, expondrá el recubrimiento aislante hacia altas temperaturas durante periodos largos innecesarios con menor resistividad eléctrica como resultado.

Ejemplo 5

30 Se mezcló polvo de Somaloy®700 con el 0,5% en peso de ocho lubricantes diferentes y las muestras se compactaron a 800 MPa. Los lubricantes usados fueron, alcohol behenílico, estearamida, etilen bis-estearamida (EBS), euricil-estearamida, amida oleica, cera de polietileno ($M_w = 655 \text{ g/mol}$; PW655), una poliamida (Orgasol®3501) y estearato de zinc.

35 Se realizó un análisis termogravimétrico (TGA) de las muestras (cada muestra pesaba 0,68 g). El TGA mide el cambio de peso en un material como función de la temperatura (o tiempo) en una atmósfera controlada. Las curvas de TGA se registraron entre 20 y 500°C usando una velocidad de calentamiento de 10°C/min en una atmósfera de nitrógeno y se divulgan en la figura 2.

40 Como se puede ver la evaporación de lubricantes procede de forma diferente para los lubricantes.

45 Las muestras P, Q, R y S contienen lubricantes que tienen puntos de ebullición relativamente bajos. Estos lubricantes se eliminan principalmente como vapores y dejan compactos con una estructura de poro limpia. Las muestras T, U y V, por otra parte, contienen lubricantes que evaporan a temperaturas mayores de 450°C, y por tanto no son adecuados para usar en este caso. El estearato de zinc en la muestra W se evapora por completo por debajo de 450°C, pero deja residuos de ZnO. Por tanto, la muestra W está fuera del ámbito de la presente invención.

50 La tabla 5 muestra el intervalo de temperatura para evaporación en atmósferas inertes de diferentes lubricantes según el ejemplo. Las muestras P a S incluyen lubricantes que tienen temperaturas de evaporación adecuadas para usar en combinación con los polvos ensayados.

Tabla 5

Muestra	Temperatura de evaporación completa [°C]	Rendimiento de oxidación del compacto tratado con calor
P (alcohol behenílico)	290-300	Bueno
Q (estearamida)	290-300	Bueno
R (euricil-estearamida)	410-420	Bueno
S (EBS)	390-440	Bueno
T (PW655)	470-500	Malo

U (amida oleica)	>500	Malo
V (poliamida)	>550	Malo
W (estearato de Zn)	No posible	Malo

Ejemplo 6

5 Se mezcló polvo de Somaloy®700 con el 0,5% en peso de un lubricante orgánico metálico según la tabla 6, y se compactó a 800 MPa usando una temperatura de troquel de herramienta de 80°C. Las muestras se sometieron además a tratamiento con calor en aire durante 20 minutos a 300°C seguido por tratamiento con vapor a 520°C durante 45 minutos.

10 Las propiedades magnéticas y mecánicas se midieron según el ejemplo 1 y 2 y se resumen en la siguiente tabla 6.

Tabla 6

Muestra	Densidad [g/cm ³]	TRS [MPa]	Resistividad [μOhm*m]	Perdida de núcleo [W/kg]
G (estearamida)	7,49	135	192	45
X (Kenolube®)	7,47	105	90	51
Y (estearato de Li)	7,50	90	20	63
Z (estearato de Zn)	7,52	100	4	126

15 Como se puede ver de la tabla 6, los lubricantes que tienen diferentes contenidos de metal (muestras X, Y, Z), dan menor resistividad eléctrica y por tanto mayor pérdida de núcleo que la muestra G, que se prepara con estearamida.

Ejemplo 7

20 Se mezcló polvo de Somaloy®700 con el 0,5% en peso de cera EBS (Acrawax®) y se compactó a 7,35 g/cm³. Una muestra (AA) se sometió primero a un tratamiento con calor durante 45 minutos en una atmósfera de nitrógeno a 440°C según la invención. Una segunda muestra (AB) no se deslucó previamente, sino que se sometió directamente a tratamiento con vapor según el método divulgado en la patente en EE UU 6.485.579. El tratamiento con vapor de las muestras se realizó a una temperatura máxima de 500°C durante 30 minutos.

25 Las propiedades magnéticas y mecánicas se midieron según el ejemplo 1 y 2.

Tabla 7

Muestra	Tratamiento de evaporación	TRS [MPa]	Resistividad [μOhm*m]	μmax	Perdida de núcleo [W/kg]	Rendimiento
AA (cera EBS)	440°C N ₂	138	85	600	61	OK
AB* (cera EBS)	Ninguno	65	17	350	98	Malo

* según la descripción de la patente en EE UU 6.485.579

30 Como se puede observar en la tabla 7, la alta resistencia mecánica y resistividad eléctrica superior de la muestra AA muestra que la deslucación antes del tratamiento con vapor según la invención da las propiedades superiores, mientras que la muestra AB muestra comparativamente baja resistividad y resistencia mecánica baja. Para el lubricante usado (un lubricante que no contiene metal, en este ejemplo cera EBS), el éxito del tratamiento con vapor depende de la etapa de deslucación.

Ejemplo 8

40 En este ejemplo, se usó polvo de Somaloy®500 (disponible de Höganäs AB, Suecia) con un tamaño medio de partícula menor que el tamaño medio de partícula de Somaloy®700. Somaloy®500 se mezcló en el 0,5% de estearamida o Kenolube® y se compactó a 800 MPa usando una temperatura del troquel de herramienta de 80°C. Dos muestras (AC y AD) se sometieron además a un tratamiento con calor en gas inerte durante 20 minutos a 300°C seguido por tratamiento con vapor a 520°C durante 45 minutos según la invención.

45 Las propiedades magnéticas y mecánicas se midieron según el ejemplo 1.

Tabla 8

Muestra	Densidad [g/cm ³]	TRS [MPa]	Resistividad [μOhm*m]	μmax	Perdida de núcleo [W/kg]
AC (estearamida)	7,36	150	30	450	65
AD* (Kenolube®)	7,36	120	5	420	105

* según la descripción de la patente en EE UU 6.485.579

ES 2 645 219 T3

La tabla 8 claramente muestra que los componentes fabricados según la invención a partir de polvo de Somaloy®500 más fino con un lubricante que no contiene metal (muestra AC) puede alcanzar alta resistencia y pérdidas de núcleo aceptables. Está claro que la muestra AC muestra mejores valores para TRS, resistividad, permeabilidad, así como pérdida de núcleo comprada con la muestra AD.

REIVINDICACIONES

- 5
1. Un proceso para la fabricación de componentes compuestos magnéticos blandos que comprende las etapas de:
- 10
- compactar con troquel una composición en polvo que comprende una mezcla de polvo de hierro o basado en hierro magnético blando, cuyas partículas centrales están rodeadas por un recubrimiento inorgánico eléctricamente aislante, y un lubricante orgánico en una cantidad del 0,05 al 1,5% en peso de la composición, dicho lubricante orgánico está libre de metal y tiene una temperatura de evaporación menor de la temperatura de descomposición del recubrimiento inorgánico;
 - expulsar el cuerpo compactado del troquel;
 - someter el cuerpo compactado a tratamiento con calor realizado en una atmósfera inerte tal como nitrógeno o en una atmósfera oxidante tal como aire a una temperatura por encima de la temperatura de evaporación del lubricante que es menor de 500°C y por debajo de la temperatura de descomposición del recubrimiento inorgánico hasta que el lubricante se haya eliminado del cuerpo compactado, y después
 - 15 - someter el cuerpo deslubiado obtenido a tratamiento con calor a una temperatura entre 300°C y 600°C en vapor de agua.
- 20
2. Un proceso según la reivindicación 1, en donde la compactación se realiza a una temperatura de como mucho 60°C, por ejemplo, como mucho 40°C, o, por ejemplo, incluso como mucho 30°C por debajo de la temperatura de fusión del lubricante o lubricantes orgánico(s).
- 25
3. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde la temperatura de evaporación del lubricante es menor de 450°C, y preferiblemente menor de 400°C.
4. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la temperatura de evaporación del lubricante en una atmósfera oxidante es menor de 400°C, preferiblemente menor de 350°C, y lo más preferiblemente menor de 300°C.
- 30
5. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde el tratamiento con calor en vapor de agua (tratamiento con vapor) se realiza a una temperatura menor de 550°C.
- 35
6. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en donde las partículas centrales consisten en hierro puro.
7. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el recubrimiento inorgánico que aísla las partículas centrales incluye fósforo.
- 40
8. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el tamaño medio de partícula de las partículas de polvo aisladas está entre 106 y 425 µm.
9. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde al menos el 20% de las partículas de polvo aisladas tienen un tamaño de partícula por encima de 212 µm.
- 45
10. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde la cantidad de lubricante es del 0,05-1,0, preferiblemente del 0,05-0,7 y lo más preferiblemente del 0,05-0,6% en peso de la composición.
- 50
11. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el lubricante se selecciona del grupo que consiste en amidas primarias y amidas secundarias de ácidos grasos saturados o insaturados o una combinación de las mismas.
12. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el lubricante se selecciona del grupo que consiste en alcoholes grasos saturados o insaturados.
- 55
13. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el lubricante se selecciona del grupo que consiste en estearamida, erucil-estearamida y alcohol behenílico.
14. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el lubricante se selecciona del grupo que consiste en ceras de amidas, tal como etilen bis-estearamida.
- 60
15. Un componente compuesto magnético blando preparado según cualquiera de las reivindicaciones precedentes que tiene una corteza oxidada y un núcleo no oxidado, en donde el componente tiene una resistencia a la ruptura transversal de al menos 100 MPa, una permeabilidad de al menos 700 y una pérdida de núcleo a 1 Tesla y 400 Hz de como mucho 70 W/kg.
- 65

16. Un componente compuesto magnético blando según la reivindicación 15 en donde el componente tiene una resistencia a la ruptura transversal de al menos 120 MPa, una permeabilidad de al menos 800 y una pérdida de núcleo a 1 Tesla y 400 Hz de como mucho 65 W/kg.

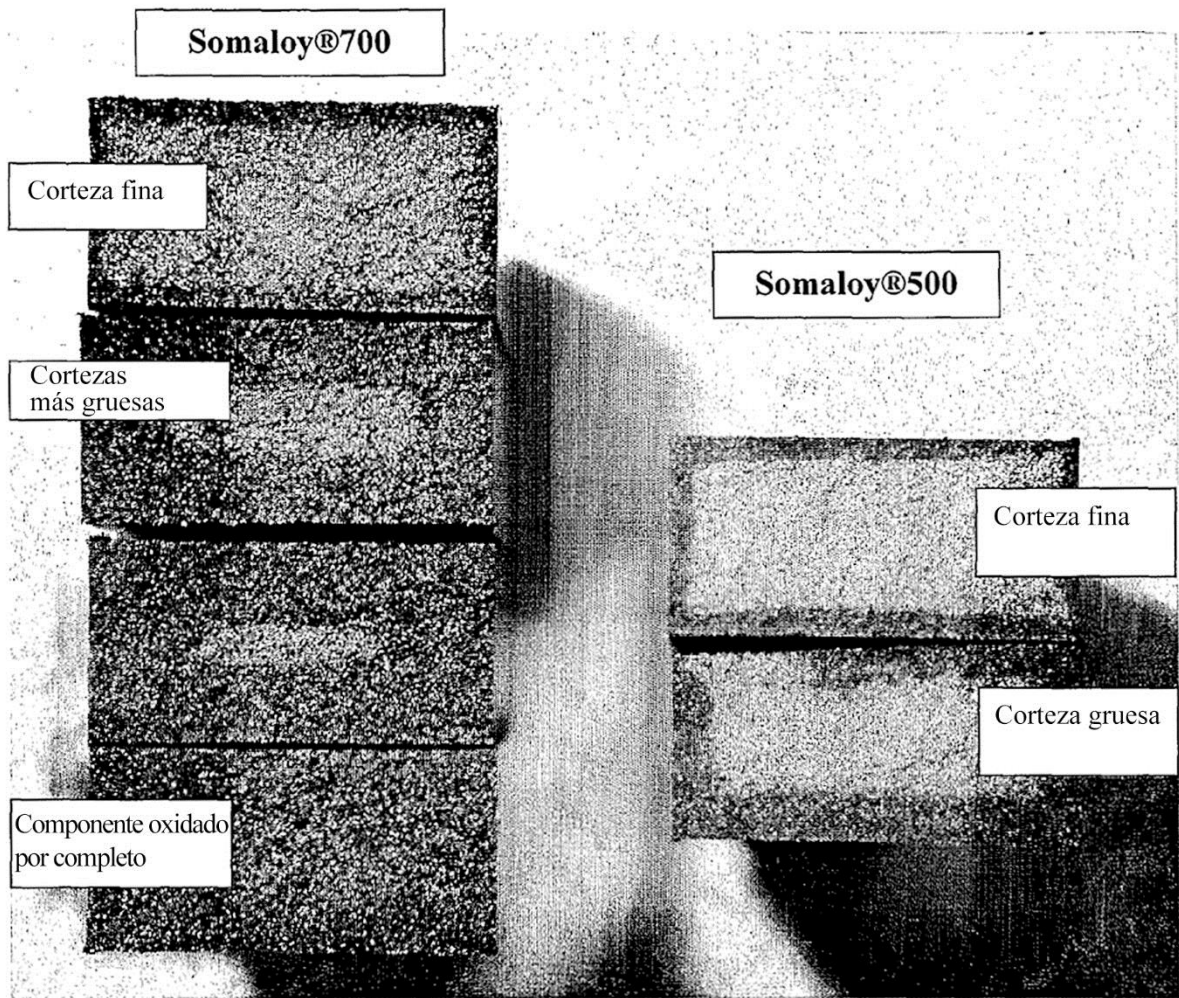


Figura 1

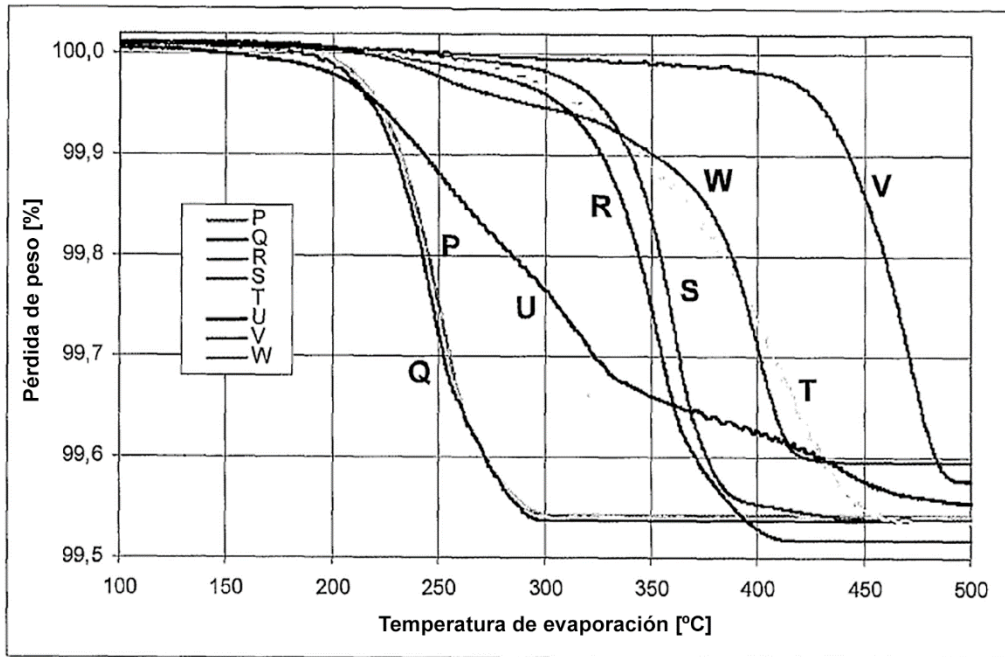


Figura 2