

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 431**

51 Int. Cl.:

H01F 1/24 (2006.01)

B22F 1/02 (2006.01)

C23C 22/03 (2006.01)

H01F 41/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2007 PCT/SE2007/050945**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.06.2008 WO08069749**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2007 E 07852217 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017 EP 2147445**

54 Título: **Polvo magnético blando**

30 Prioridad:

07.12.2006 SE 0602652

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.10.2017

73 Titular/es:

**HÖGANÄS AB (100.0%)
263 83 Höganäs, SE**

72 Inventor/es:

**YE, ZHOU y
SKARMAN, BJÖRN**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 638 431 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

Polvo magnético blando

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un polvo para la preparación de materiales magnéticos blandos, así como a los materiales magnéticos blandos que se obtienen utilizando este polvo. Específicamente, la invención se refiere a polvos para la preparación de materiales compuestos magnéticos blandos que trabajan a altas frecuencias.

Antecedentes de la invención

10 Los materiales magnéticos blandos se utilizan para aplicaciones, tales como materiales de núcleo en inductores, estatores y rotores para máquinas eléctricas, actuadores, sensores y núcleos de transformadores. Tradicionalmente, los núcleos magnéticos blandos, tales como rotores y estatores en máquinas eléctricas, están hechos de laminados de acero apilados. Los materiales de SMC (compuesto magnético blando), están basados en partículas magnéticas blandas, habitualmente con base de hierro, con un revestimiento eléctricamente aislante sobre cada partícula. Mediante la compactación de las partículas aisladas opcionalmente junto con lubricantes y/o aglutinantes usando el proceso tradicional de la metalurgia del polvo, se obtienen las piezas de SMC. Mediante el uso de esta técnica

15 metalúrgica de polvo es posible producir componentes de SMC con un mayor grado de libertad en el diseño, que, mediante el uso de laminados de acero, ya que el material de SMC puede transportar un flujo magnético tridimensional y ya que las formas tridimensionales pueden obtenerse mediante el proceso de compactación. Para que las piezas de SMC sean de alto rendimiento y de un tamaño reducido, es indispensable mejorar el rendimiento de los polvos magnéticos blandos.

20 Un parámetro importante para mejorar el rendimiento de las piezas de SMC es reducir sus características de pérdida de núcleo. Cuando un material magnético se expone a un campo variable, se producen pérdidas de energía debido a pérdidas de histéresis y pérdidas por corrientes parásitas. La pérdida de histéresis es proporcional a la frecuencia de los campos magnéticos alternos, mientras que la pérdida de corrientes parásitas es proporcional al cuadrado de la frecuencia. Así, a altas frecuencias, la pérdida de corrientes parásitas es la más importante y es especialmente

25 necesaria para reducir la pérdida de corrientes parásitas y mantener un bajo nivel de pérdidas de histéresis. Esto implica que se desea aumentar la resistividad de los núcleos magnéticos.

En la búsqueda de formas de mejorar la resistividad se han utilizado y propuesto diferentes procedimientos. Un procedimiento se basa en proporcionar revestimientos o películas eléctricamente aislantes sobre las partículas de polvo antes de someter estas partículas a compactación. Así, hay un gran número de publicaciones de patentes que enseñan diferentes tipos de revestimientos eléctricamente aislantes. Ejemplos de patentes recientemente publicadas referentes a revestimientos inorgánicos son la patente de Estados Unidos 6 309 748; la patente de Estados Unidos 6 348 265 y la patente de Estados Unidos 6 562 458, así como el documento WO2005023464.

30

Los revestimientos de materiales orgánicos se conocen, por ejemplo, de la patente de Estados Unidos 5 595 609. Los revestimientos que comprenden material inorgánico y orgánico se conocen, por ejemplo, de las patentes de Estados Unidos 6 372 348 y 5 063 011 y la publicación de patente DE 3 439 397, de acuerdo con la cual las partículas están rodeadas por una capa de fosfato de hierro y un material termoplástico.

35

Con el fin de obtener piezas de SMC de alto rendimiento, también debe ser posible someter el polvo aislado eléctricamente al moldeo por compresión a altas presiones, ya que a menudo se desea obtener piezas con alta densidad. Las altas densidades normalmente mejoran las propiedades magnéticas. Se requieren específicamente

40 altas densidades para mantener las pérdidas de histéresis a un nivel bajo y para obtener una alta densidad de flujo de saturación. Además, el aislamiento eléctrico debe soportar las altas presiones de compactación necesarias sin dañarse cuando la pieza compactada es expulsada del molde. Esto a su vez significa que las fuerzas de expulsión no deben ser demasiado altas.

Además, para reducir aún más las pérdidas de histéresis, se requiere tratamiento térmico de liberación de tensión de la pieza compactada. Con el fin de obtener una liberación de tensión efectiva, el tratamiento térmico debe realizarse preferentemente a una temperatura por encima de 300 °C y por debajo de una temperatura a la cual el revestimiento aislante resultaría dañado, aproximadamente 600 °C, en una atmósfera no reductora.

45

La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta la necesidad de núcleos de polvo que están destinados principalmente a usarse a frecuencias más altas, es decir, frecuencias superiores a 2 kHz y particularmente entre 5 y 100 kHz, donde es esencial una mayor resistividad y pérdidas de núcleo más bajas. El material del núcleo también debe tener una densidad de flujo de saturación alta para la reducción del núcleo. Adicionalmente, debería ser

50

posible producir los núcleos sin la necesidad de compactar el polvo metálico usando la lubricación de la pared del molde y/o temperaturas elevadas. Preferentemente, estas etapas deben ser eliminadas.

5 En contraste con muchos procedimientos usados y propuestos, en los que se desean pérdidas de núcleo bajas, es una ventaja especial de la presente invención que no sea necesario utilizar ningún agente aglutinante orgánico en la composición del polvo que se usa en la etapa de compactación. Por lo tanto, el tratamiento térmico del comprimido verde puede realizarse a una temperatura más alta sin el riesgo de que el aglutinante orgánico se descomponga. Una temperatura de tratamiento térmico más alta también mejorará la densidad de flujo y disminuirá las pérdidas del núcleo. La ausencia de material orgánico en el núcleo final tratado térmicamente permite también que el núcleo pueda utilizarse en entornos con temperaturas elevadas sin riesgo de disminución de la resistencia debida al ablandamiento y la descomposición de un aglutinante orgánico y se obtiene una estabilidad a la temperatura mejorada.

10 La presente invención propone un polvo de hierro aislado en la reivindicación 1, un núcleo magnético de polvo correspondiente en la reivindicación 3 y procedimientos de fabricación correspondientes para el núcleo magnético de polvo de la reivindicación 7 y para el polvo de hierro aislado en la reivindicación 9.

15 **Núcleo magnético de polvo**

El núcleo magnético de polvo de la presente invención se obtiene formando a presión un polvo magnético con base de hierro cubierto con un nuevo revestimiento eléctricamente aislante. El núcleo puede caracterizarse por bajas pérdidas totales en el intervalo de frecuencias 2 - 100, preferentemente 5 - 100, kHz y una resistividad, ρ , más de 1000, preferentemente más de 2000 y más preferentemente más de 3000 $\mu\Omega\text{m}$, y una densidad de flujo magnético de saturación Bs por encima de 1,5, preferentemente por encima de 1,7 y más preferentemente por encima de 1,9 (T).

20 **El polvo con base de hierro**

De acuerdo con la presente invención, el término "polvo con base de hierro" pretende incluir un polvo de hierro compuesto de hierro puro y que tiene un contenido de hierro de un 99,0 % o más. Ejemplos de polvos con tales contenidos de hierro son ABC100.30 o ASC300, disponible en Höganäs AB, Suecia. Se prefieren especialmente polvos atomizados con agua que tienen partículas de forma irregular.

Además, las partículas de polvo con base de hierro deberían tener un tamaño de partícula menor de 100 μm . Preferentemente, los tamaños de partícula deben ser inferiores a 75 μm (malla 200). Los polvos utilizados para la preparación de los núcleos magnéticos de acuerdo con la presente invención deberían tener un tamaño de partícula tal que D_{90} debe ser 75 μm o menos y D_{50} debe estar entre 50 μm y 10 μm . (D_{90} y D_{50} significa que el 90 por ciento en peso y 50 % en peso, respectivamente, tiene un tamaño de partícula por debajo de los valores de D_{90} y D_{50} , respectivamente).

30 **Revestimiento de aislamiento**

El revestimiento aislante sobre las superficies de las respectivas partículas del polvo magnético con base de hierro es esencial para obtener el núcleo magnético de polvo que presenta una resistencia específica mayor y unas pérdidas de núcleo bajas.

Como se ha mencionado anteriormente, hay varias publicaciones que divulgan diferentes tipos de revestimientos o películas aislantes sobre partículas de polvo. En la práctica, las películas o revestimientos basados en el uso de un ácido fosfórico han resultado exitosos. Los procedimientos de preparación de estos revestimientos incluyen, por ejemplo, mezclar ácidos fosfóricos en agua o disolventes orgánicos con los polvos magnéticos con base de hierro. Por lo tanto, los polvos magnéticos pueden, por ejemplo, sumergirse en las soluciones de ácido fosfórico. De forma alternativa, las soluciones se pulverizan sobre los polvos. Algunos ejemplos de disolventes orgánicos son etanol, metanol, alcohol isopropílico, acetona, glicerol, etc. Los procedimientos adecuados para la preparación de películas o revestimientos sobre polvos de hierro se describen en las patentes de Estados Unidos 6 372 348 y 6 348 265. El material aislante se puede aplicar mediante cualquier procedimiento que dé lugar a la formación de una capa aislante sustancialmente uniforme y continua que rodea cada una de las partículas con base de hierro. Por lo tanto, se pueden usar mezcladores que están preferentemente equipados con una boquilla para pulverizar el material aislante sobre las partículas con base de hierro. Entre los mezcladores que se pueden usar se incluyen, por ejemplo, mezcladores de cuchillas helicoidales, mezcladores de cuchillas de arado, mezcladores de tornillo continuos, mezcladores de cono y tornillo, o mezcladores de mezclador de cinta.

Cuando se aplica este procedimiento para proporcionar revestimientos más gruesos, por ejemplo utilizando altas concentraciones de ácido fosfórico, las propiedades aislantes pueden mejorarse, es decir, la resistividad puede aumentarse hasta cierto punto.

5 Con el fin de obtener una mayor resistividad, se ha descubierto que esto se puede conseguir repitiendo el tratamiento del polvo con base de hierro con la solución fosfórica. Este tratamiento puede realizarse con las mismas o diferentes concentraciones de ácido fosfórico en agua o un disolvente orgánico del tipo mencionado anteriormente.

10 La cantidad de ácido fosfórico disuelto en el disolvente debe corresponder al espesor de revestimiento deseado en las partículas de polvo revestidas como se define a continuación. Se ha descubierto que una concentración adecuada de ácido fosfórico en acetona es de 5 ml a 100 ml de ácido fosfórico por litro de acetona y la cantidad total adecuada de solución de acetona añadida a 1000 gramos de polvo es de 5 a 300 ml. No es necesario ni siquiera preferido incluir elementos tales como Cr, Mg, B u otras sustancias o elementos que se han propuesto en los líquidos de revestimiento destinados al aislamiento eléctrico de partículas magnéticas blandas. Por consiguiente, se prefiere actualmente utilizar solo ácido fosfórico en un disolvente en tales concentraciones y tiempos de tratamiento para obtener la relación indicada entre el tamaño de las partículas, el contenido de oxígeno y el contenido de fósforo. El polvo puede secarse total o parcialmente entre los tratamientos.

Además, y en el contexto de la presente solicitud, debe tenerse en cuenta que el revestimiento aislante es muy delgado y prácticamente insignificante en relación con el tamaño de las partículas del polvo con base de hierro. El tamaño de partícula de las partículas de polvo aisladas es, por lo tanto, prácticamente el mismo que el del polvo base.

20 **El polvo de hierro eléctricamente aislado**

Las partículas de polvo con base de hierro revestidas con fosfato de acuerdo con la invención se pueden caracterizar adicionalmente de la forma siguiente. Las partículas revestidas comprenden partículas de polvo con base de hierro que tienen un contenido de oxígeno inferior al 0,1 % en peso. Además, el polvo de partículas aisladas eléctricamente tiene un contenido de oxígeno de como máximo un 0,8 % en peso y un contenido de fósforo de al menos un 0,04 % en peso mayor que el del polvo base. Adicionalmente, el cociente del contenido de oxígeno total del polvo aislado y la diferencia entre el contenido de fósforo del polvo con partículas aisladas y el del polvo base $O_{tot}/\Delta P$, está entre 2 y 6.

30 Específicamente, la relación entre el contenido de oxígeno, la diferencia entre el contenido de fósforo del polvo base y el contenido de fósforo del polvo aislado, ΔP , y el tamaño medio de partícula, D_{50} , expresada como $\Delta P/(O_{tot}*D_{50})$ está comprendida entre 4,5 y 50 1 / mm.

Un valor por debajo de 4,5 en la relación anteriormente mencionada, proporcionará una mayor pérdida de núcleo debido a corrientes parásitas más altas creadas dentro de las partículas individuales con base de hierro o dentro del componente total. Un valor superior a 50 dará una densidad de flujo magnético de saturación inaceptablemente baja.

Etapas de mezcla

35 El polvo con partículas aisladas de este modo se mezcla posteriormente con un lubricante, tal como un jabón metálico, por ejemplo estearato de cinc, una cera tal como EBS o cera de polietileno, amidas primarias o secundarias de ácidos grasos u otros derivados de ácidos grasos, polímeros de amida u oligómeros de amida, Kenolube®, etc. Normalmente, la cantidad de lubricante es inferior al 1,0 % en peso del polvo. Ejemplos de intervalos del lubricante son 0,1 - 0,6 más preferentemente 0,2 - 0,5 % en peso.

40 Aunque la presente invención es de particular interés para la compactación con lubricación interna, es decir, en la que el lubricante se mezcla con el polvo antes de la etapa de compactación, se ha descubierto que para ciertas aplicaciones en las que la alta densidad tiene especial importancia, los polvos aislados pueden compactarse con solo lubricación externa o una combinación de lubricación interna y externa (lubricación de la pared del molde).

45 Como se ha mencionado anteriormente, es una ventaja especial que no sea necesario usar ningún aglutinante para obtener la alta resistividad y las bajas pérdidas totales del núcleo. Sin embargo, no se excluye el uso de aglutinantes en las composiciones a compactar, y si están presentes, pueden utilizarse aglutinantes tales como PPS, amidoligómeros, poliamidas, poliimidas, polieterimidas en cantidades entre 0,05 % - 0,6 %. Otros aglutinantes inorgánicos tales como cristal de agua también pueden ser de interés.

Etapa de compactación

Los polvos de acuerdo con la invención se someten posteriormente a compactación uniaxial en un molde a presiones que pueden variar entre 400 y 1500 MPa, más particularmente entre 600 y 1200 MPa. La compactación se realiza preferentemente a temperatura ambiente pero la compactación también se puede realizar con moldes y/o polvos calentados.

5 Tratamiento térmico

El tratamiento térmico se realiza en una atmósfera no reductora, tal como el aire, con el fin de no influir negativamente en el revestimiento aislado. Una temperatura de tratamiento térmico por debajo de 300 ° C solo tendrá un efecto de liberación de tensión menor y una temperatura por encima de 600 ° C deteriorará el revestimiento con contenido de fósforo. El período de tratamiento térmico varía normalmente entre 5 y 500 minutos, más particularmente entre 10 y 180 min.

El núcleo magnético de polvo obtenido utilizando el polvo de la invención puede utilizarse para una variedad de equipos electromagnéticos, tales como motores, accionadores, transformadores, calentadores de inducción (IH) y altavoces. Sin embargo, el núcleo magnético de polvo es especialmente adecuado para elementos inductivos utilizados en inversores o en convertidores que trabajan a frecuencias entre 2 y 100 kHz. La combinación obtenida de alta saturación de flujo magnético y baja histéresis y pérdidas de corrientes parásitas que dan pérdidas de núcleo totales bajas permite la reducción de los componentes, mayor eficiencia energética y temperaturas de trabajo más altas.

EJEMPLOS

El siguiente ejemplo pretende ilustrar modos de realización particulares y no limitar el alcance de la invención.

20 La distribución del tamaño de partícula de diferentes polvos con base de hierro puro atomizados con agua se midió con la ayuda de un dispositivo de difracción de láser, Sympathec.

EJEMPLO 1

Se preparó una solución de revestimiento disolviendo 30 ml de ácido fosfórico con un 85 % de peso en 1000 ml de acetona.

25 Las muestras a-d), que son ejemplos comparativos, se trataron con una solución de ácido fosfórico en acetona como se describe en la patente US 6348265 mientras que las muestras e-g), de acuerdo con la invención, se trataron de acuerdo con lo siguiente;

La muestra e) se trató con totalmente 50 ml de solución de acetona por 1000 gramos de polvo.

La muestra f) se trató con totalmente 40 ml de solución de acetona por 1000 gramos de polvo.

30 La muestra g) se trató con totalmente 60 ml de solución de acetona por 1000 gramos de polvo.

EJEMPLO 2 - Tratamiento adicional

Los polvos se mezclaron adicionalmente con 0,5 % de un lubricante, KENOLUBE[®] y se moldearon a temperatura ambiente en anillos con un diámetro interno de 45 mm, un diámetro exterior de 55 mm y una altura de 5 mm a una presión de 800 MPa. Se realizó un proceso de tratamiento térmico a 500 ° C durante 0,5 h en una atmósfera de aire.

35 La resistividad específica de las muestras obtenidas se midió mediante una medición de cuatro puntos de acuerdo con la referencia Koefoed O., 1979, Geosounding Principles 1: Mediciones de sondeo de resistividad. Elsevier Science Publishing Company, Amsterdam.

40 Para las mediciones de pérdida de núcleo y de densidad de flujo de saturación magnética, los anillos se conectaron mediante "cables" con 112 vueltas para el circuito primario y 25 vueltas para el circuito secundario permitiendo mediciones de propiedades magnéticas medidas a 0,1 T, 10 kHz y 0,2 T, 10 kHz, con la ayuda de un gráfico de histéresis, Brockhaus MPG 100

La Tabla 1 muestra la distribución del tamaño de partícula, el contenido de oxígeno y fósforo en el polvo base, así como en el polvo revestido, la relación entre O_{tot} , ΔP y D_{50} .

45 La Tabla 2 muestra la resistividad específica, la pérdida de núcleo y la densidad de flujo de saturación de las piezas tratadas térmicamente obtenidas. Además, la tabla 2 muestra que se obtiene una combinación de alta resistividad

ES 2 638 431 T3

específica, pérdidas de núcleo bajas y pérdidas de núcleo de baja densidad de flujo magnético elevadas para componentes producidos con polvo de acuerdo con la invención.

Tabla 1

Muestra	polvo base	D50/D90	P _{en} en polvo base	O _{en} en polvo base	P _{tot} (%)	O _{tot} (%)	O _{tot} /ΔP	ΔP/(O _{tot} *D50)
a	ABC100.30	95/150	0,005	0,03	0,055	0,17	3,4	3,1
b	ABC100.30	95/150	0,005	0,03	0,016	0,08	7,3	1,4
c	ASC300	35/45	0,005	0,05	0,047	0,34	8,2	3,5
d	polvo de hierro de alta pureza	200/300	0,005	0,03	0,029	0,09	3,7	1,4
e	polvo de hierro de alta pureza	40/63	0,005	0,05	0,075	0,3	4,3	5,8
f	polvo de hierro de alta pureza	40/63	0,005	0,05	0,06	0,2	3,6	6,9
g	polvo de hierro de alta pureza	40/63	0,005	0,05	0,09	0,3	3,5	7,1

Tabla 2

Muestra	polvo base	Densidad (g / ml)	Resistividad (μohmios.m)	Pérdida del núcleo (W/kg) @0,2 T 10 kHz	Pérdida del núcleo (W/kg) @0,1 T 10 kHz	B _s (T)
a	ABC100.30	7,33	3000	130	33	2
b	ABC100.30	7,38	50		80	
c	ASC300	7,02	5000	170	43	1,85
d	polvo de hierro de alta pureza	7,45	500	210	55	2,03
e	polvo de hierro de alta pureza	7,30	5000	90	25	2
f	polvo de hierro de alta pureza	7,33	5000	88	24	2,01
g	polvo de hierro de alta pureza	7,28	9000	89	24	2

REIVINDICACIONES

1. Un polvo de hierro que consiste en partículas de polvo con base de hierro, atomizadas con agua, aisladas eléctricamente, que tienen un tamaño de partícula inferior a 100 μm , en el que
el polvo con base de hierro tiene un contenido de oxígeno inferior al 0,1 % en peso,
- 5 las partículas de polvo con base de hierro aisladas eléctricamente tienen un contenido total de oxígeno, O_{tot} , como máximo de un 0,8 % y
un contenido total de fósforo de al menos un 0,04 % en peso más alto que el de las partículas de polvo con base de hierro de tal manera que
10 el cociente del contenido total de oxígeno total de las partículas de polvo de hierro aisladas eléctricamente y la diferencia entre el contenido total de fósforo de las partículas de polvo con base de hierro aisladas eléctricamente y las partículas de polvo con base de hierro $O_{\text{tot}}/\Delta P$, está entre 2 y 6 y
en el que la relación entre el contenido total de oxígeno de las partículas de polvo con base de hierro aisladas eléctricamente y la diferencia entre el contenido total de fósforo de las partículas de polvo con base de hierro aisladas eléctricamente y el contenido de fósforo de las partículas de polvo con base de hierro, ΔP , y el tamaño
15 medio de partícula, D_{50} , expresados como $\Delta P/(O_{\text{tot}}*D_{50})$ está comprendida entre 4,5 y 50 1/mm;
caracterizado por que
 D_{90} es inferior a 75 μm y D_{50} está entre 10 μm y 50 μm .
2. Polvo de hierro de acuerdo con la reivindicación 1, en el que P_{tot} es igual o superior a un 0,05 %.
3. Un núcleo magnético de polvo fabricado de polvo de hierro de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones
20 1 o 2.
4. Un núcleo magnético de polvo de acuerdo con la reivindicación 3, para operar a frecuencias entre 2 y 100 kHz, preferentemente entre 5 y 100 kHz, obtenido por moldeo por compactación de un polvo de hierro, cuyas partículas son menores de 100 μm y cuyas partículas están provistas de revestimiento inorgánico eléctricamente aislante, teniendo dicho núcleo
- 25 - una resistencia específica ρ por encima de 1000, preferentemente por encima de 2000 y más preferentemente por encima de 3000 $\mu\Omega\text{m}$, y
- una densidad de flujo magnético de saturación B por encima de 1,5, preferentemente por encima de 1,7 y más preferentemente por encima de 1,9 (T).
5. Un núcleo magnético de polvo de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el revestimiento eléctricamente
30 aislante comprende fósforo.
6. Un núcleo magnético de polvo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5 que tiene una pérdida total de como máximo 30 W/kg a 0,1 T y 10 kHz.
7. Procedimiento de preparación de un núcleo de hierro que comprende las etapas de mezclar un polvo aislado según se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2 con un lubricante en una cantidad inferior a un 1%
35 en peso;
verter la mezcla obtenida en un molde,
compactar dicha mezcla, expulsar el cuerpo obtenido del molde y calentar el cuerpo verde.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la compactación se realiza a temperatura ambiente.
9. Un procedimiento de producción del polvo de hierro de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las etapas de
40 de
a) tratar un polvo con base de hierro al menos una vez con ácido fosfórico disuelto en un disolvente;
b) secar el polvo revestido obtenido.