

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 977 389**

51 Int. Cl.:

H02K 1/04	(2006.01)
C23C 8/18	(2006.01)
H01F 1/153	(2006.01)
H02K 15/02	(2006.01)
C23C 8/10	(2006.01)
C23C 8/16	(2006.01)
C23C 30/00	(2006.01)
C23C 8/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.05.2021 PCT/EP2021/062943**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.01.2022 WO22008125**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2021 E 21728468 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2024 EP 4133571**

54 Título: **Capa de material para un núcleo laminado de una máquina eléctrica**

30 Prioridad:

08.07.2020 EP 20184623

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

22.08.2024

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**SCHUH, CARSTEN;
SOLLER, THOMAS y
VOLLMER, ROLF**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 977 389 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

Capa de material para un núcleo laminado de una máquina eléctrica

La presente invención hace referencia a una capa de material para un núcleo laminado de una máquina eléctrica.

5 Además, la invención hace referencia a un núcleo laminado para una máquina eléctrica con una pluralidad de capas de material como las mencionadas.

La presente invención también hace referencia a una máquina rotativa eléctrica con al menos un núcleo laminado.

Además, la presente invención hace referencia a un procedimiento para la fabricación de una capa de material de este tipo.

10 En las máquinas eléctricas se suelen utilizar núcleos laminados fabricados de láminas eléctricas apiladas para suprimir la propagación de corrientes parásitas. Este tipo de máquinas eléctricas son, por ejemplo, motores, generadores y transformadores, como por ejemplo, transformadores y aparatos de conmutación. Las láminas eléctricas, que contienen, por ejemplo, un material magnético blando, en particular hierro, se cortan o troquelan normalmente a partir de grandes chapas laminadas. A continuación, las láminas se empaquetan en un núcleo laminado. Con un proceso de fabricación convencional de este tipo, actualmente no es posible fabricar a escala industrial láminas metálicas con un grosor de capa máximo de 100 µm. Además, se generan residuos al cortar o perforar las hojas de las láminas grandes.

15 La solicitud publicada EP 3 595 148 A1 describe un procedimiento para fabricar una capa de material con un grosor de capa de entre 0,5 y 500 pm con los siguientes pasos: Aplicar una suspensión, que presenta al menos un aglutinante y partículas sólidas, a través de una plantilla sobre una superficie base para obtener un cuerpo verde; extraer el aglutinante del cuerpo verde, en particular, mediante desaglomerado; crear una cohesión permanente de las partículas sólidas mediante calentamiento y/o mediante compactación, en particular, mediante sinterización.

20 Las solicitudes US 2004/007289A1, DE 14 33 774 A1, US 2 543 710 A, EP 3 595 135 A1 y WO 2015/074911 A2 revelan capas de material y/o sus procesos de fabricación del estado del arte.

25 Además, las superficies se deben tratar y funcionalizar para aislar eléctricamente las láminas individuales entre sí durante la construcción de pilas de láminas. Las láminas eléctricas que se fabrican mediante un proceso de fabricación convencional suelen estar recubiertas con un barniz aislante con un grosor de capa típico de 1 a 4 µm, lo que implica un tiempo considerable y costes adicionales, especialmente, en el caso de láminas eléctricas muy delgadas con un grosor de capa de un máximo de 100 pm. Además, en el caso de láminas eléctricas tan delgadas, la capa de pintura magnéticamente ineficaz ocupa una proporción significativa del grosor total de la lámina y, por lo tanto, reduce notablemente el factor de apilamiento y, con ello, la potencia de la máquina eléctrica. La presente invención se basa en el objetivo de proporcionar una capa de material para un núcleo laminado de una máquina eléctrica, que sea más fácil y económica de fabricar en comparación con el estado del arte y permita un mayor factor de apilamiento.

35 El objeto se resuelve según la presente invención mediante una capa de material para un núcleo laminado de una máquina eléctrica que está fabricada de un material ferromagnético y presenta al menos en un lado de la capa un revestimiento eléctricamente aislante; en donde el revestimiento eléctricamente aislante comprende un material eléctricamente aislante; y en donde el material eléctricamente aislante del revestimiento eléctricamente aislante se fabrica mediante una oxidación controlada del material ferromagnético de la capa de material.

40 Además, el objeto de la presente invención se resuelve mediante un núcleo laminado para una máquina eléctrica con una pluralidad de capas de material como las mencionadas.

Además, el objetivo se resuelve según la invención mediante una máquina rotativa eléctrica con al menos un núcleo laminado.

45 Además, el objeto se resuelve conforme a la invención mediante un procedimiento para la fabricación de una capa de material para un núcleo laminado de una máquina eléctrica; en donde un cuerpo verde se fabrica a partir de un material ferromagnético; en donde inmediatamente después del proceso de sinterización se fabrica un recubrimiento eléctricamente aislante en al menos un lado de la capa mediante oxidación controlada del material ferromagnético de la capa de material.

Las ventajas y las configuraciones preferidas enumeradas a continuación en relación con la capa de material se pueden transferir de manera análoga al núcleo laminado, a la máquina eléctrica y al procedimiento.

La presente invención se basa en la idea de aumentar el factor de apilamiento en un núcleo laminado para una máquina eléctrica reduciendo el grosor de la capa de aislamiento entre las capas de material. Estas capas de material están fabricadas a partir de un material ferromagnético. Los materiales ferromagnéticos consisten, por ejemplo, en hierro y aleaciones de hierro, en particular, aleaciones a base de hierro. Las aleaciones a base de hierro comprenden hierro-cobalto y hierro-silicio. Un aislamiento de este tipo está realizado como un revestimiento eléctricamente aislante y está dispuesto al menos en un lado de la capa, en donde el revestimiento eléctricamente aislante comprende un material eléctricamente aislante. Los materiales eléctricamente aislantes son, por ejemplo, óxidos de hierro, en particular, el monóxido de hierro (FeO , también denominado como óxido de hierro(II)), trióxido de hierro (Fe_3O_4 , también denominado como óxido de hierro(II,III) o magnetita) y trióxido de hierro (Fe_2O_3 , también denominado como hierro(III)). El revestimiento eléctricamente aislante se fabrica mediante una oxidación controlada del material ferromagnético de la capa de material. Una oxidación controlada tiene lugar en una zona cerrada con una atmósfera controlada. Esto significa que para la oxidación controlada se ajusta una presión parcial de oxígeno definida durante un período de tiempo definido en un rango de temperatura predeterminado en el que está disponible la presión parcial de oxígeno. De esta manera se puede fabricar de forma sencilla y económica la composición y el grosor de capa deseados del revestimiento eléctricamente aislante utilizando un potencial redox definido. Además, mediante una oxidación controlada se pueden producir capas muy delgadas, por ejemplo, de menos de $1\ \mu\text{m}$, lo que aumenta el factor de apilamiento en el núcleo laminado.

Otra forma de ejecución prevé que el material ferromagnético presente una conductividad eléctrica de al menos $8\ \text{MS/m}$. Por ejemplo, el material ferromagnético consiste en hierro o una aleación de hierro. La experiencia ha demostrado que una conductividad de este tipo resulta particularmente ventajosa.

Otra forma de ejecución prevé que el material ferromagnético contenga hierro, en donde el material eléctricamente aislante contiene un óxido de hierro, en particular, monóxido de hierro y/o tetraóxido de trihierro. Debido a sus propiedades metalúrgicas, el hierro es muy adecuado para la fabricación de láminas delgadas. Además, el hierro se puede oxidar de manera controlada de forma sencilla y económica, en donde mediante la oxidación controlada se pueden producir capas de óxido delgadas, lo que permite un gran factor de apilamiento.

Otra forma de ejecución prevé que el material eléctricamente aislante del revestimiento eléctricamente aislante presente un material ferromagnético y/o presente una permeabilidad de al menos 3. Un material ferromagnético es, por ejemplo, el tetraóxido de trihierro. Este aislamiento aumenta el volumen magnético del núcleo laminado.

Otra forma de ejecución prevé que el revestimiento eléctricamente aislante presente un grosor de capa de $1\ \mu\text{m}$ como máximo. Gracias a un grosor de capa tan pequeño se consigue un factor de apilamiento suficientemente alto incluso en láminas delgadas.

Otra forma de ejecución prevé que la capa de material presente un grosor de capa de $10\ \mu\text{m}$ a $150\ \mu\text{m}$, en particular, de $10\ \mu\text{m}$ a $100\ \mu\text{m}$. Con un grosor de capa de este tipo se consigue una supresión suficiente de las corrientes parásitas, por ejemplo, en el uso en una máquina eléctrica.

En otra forma de ejecución está previsto que la capa de material esté fabricada a partir de un cuerpo verde. El cuerpo verde se fabrica, por ejemplo, mediante serigrafía, impresión con esténcil o inyección de aglutinante. En particular, el cuerpo verde presenta un aglutinante, en particular, orgánico y partículas sólidas ferromagnéticas, en donde las partículas sólidas ferromagnéticas están presentes, por ejemplo, como polvos de aleación o como mezclas de polvos a partir de elementos puros. El polvo se puede adaptar en términos de resistencia, propiedades magnéticas y/o eléctricas, conductividad térmica y tipo de productos de oxidación.

En otra forma de ejecución está previsto que la capa de material presente el revestimiento eléctricamente aislante en ambos lados de la capa. El aislamiento por ambos lados aumenta la fiabilidad, especialmente en el caso de capas de aislamiento delgadas.

Otra forma de ejecución prevé que el cuerpo verde se sinterice bajo una atmósfera reductora. Una atmósfera reductora contiene, por ejemplo, una mezcla de hidrógeno y nitrógeno o un gas noble de hidrógeno, en particular, una mezcla de hidrógeno y argón. El nitrógeno o el gas noble actúa como gas de purga. Por ejemplo, el cuerpo verde se sinteriza bajo un gas de formación que contiene un 95% de nitrógeno y un 5% de hidrógeno. La atmósfera reductora evita la oxidación y, por lo tanto, la contaminación. Los aglutinantes orgánicos, en particular, se expulsan esencialmente sin dejar residuos en una atmósfera reductora eliminando los átomos de carbono del cuerpo verde.

Otra forma de ejecución prevé que mediante la adición de vapor de agua se ajuste específicamente un potencial redox para la oxidación controlada del material ferromagnético. Este ajuste selectivo del potencial redox se obtiene, por ejemplo, concentrando el vapor de agua de la atmósfera a una temperatura definida. La oxidación mediante suministro de vapor es sencilla y económica, en particular, inmediatamente después de la sinterización bajo atmósfera reductora.

Otra forma de ejecución prevé que mediante el ajuste de una presión parcial de oxígeno, un rango de temperatura en el que está disponible la presión parcial de oxígeno y un periodo de tiempo se oxide de forma controlada al menos un lado de la capa. Por ejemplo, el grosor de la capa a una presión parcial de oxígeno determinada y a una temperatura determinada a la que la presión parcial de oxígeno está disponible se establece esencialmente por el periodo de tiempo, mientras que la composición de la capa de óxido que se conforma está controlada esencialmente por la presión parcial de oxígeno y el rango de temperatura en el que la presión parcial de oxígeno está disponible. Variando los parámetros se pueden fabricar de forma sencilla y económica capas de óxido del tipo y grosor de capa deseados.

En otra forma de ejecución está previsto que el material ferromagnético contenga hierro, en donde la presión parcial de oxígeno, el intervalo de temperatura en el que está disponible la presión parcial de oxígeno y el periodo de tiempo se ajustan de manera que el material eléctricamente aislante contenga una proporción predeterminada de monóxido de hierro y/o tetraóxido de trihierro. De esta manera se pueden fabricar de forma sencilla y económica capas de óxido de hierro del tipo y grosor de capa deseados.

A continuación, la presente invención se explica en detalle mediante los ejemplos de ejecución representados en las figuras.

Las figuras muestran:

Figura 1: una representación esquemática en corte transversal de una máquina rotativa eléctrica.

Figura 2: una representación esquemática de una primera ejecución de una capa de material.

Figura 3: una representación esquemática de una segunda ejecución de una capa de material.

Figura 4: una representación esquemática de un procedimiento para la fabricación de una capa de material.

Figura 5: un diagrama de estado termodinámico para diferentes óxidos de hierro

Figura 6: Curvas cinéticas de oxidación isotérmica del hierro en función del tiempo y la temperatura.

Los ejemplos de ejecución que se explican a continuación son formas de ejecución preferidas de la presente invención. En los ejemplos de ejecución, los componentes descritos de las formas de ejecución representan cada uno de ellos características individuales de la presente invención que se pueden considerar por separado y las cuales también perfeccionan la invención independientemente entre sí y, por lo tanto, deben considerarse como parte de la invención individualmente o en una combinación distinta a la mostrada. Además, las formas de ejecución descritas se pueden complementar con otras características de la invención ya descritas.

Los mismos símbolos de referencia presentan el mismo significado en las diferentes figuras.

La figura 1 muestra una representación esquemática en corte transversal de una máquina rotativa eléctrica 2. La máquina rotativa eléctrica 2, que se puede utilizar como motor y/o como generador, presenta un rotor giratorio 6 alrededor de un eje de rotación 4 y un estator 8, en donde el estator 8 está dispuesto, por ejemplo, radialmente en el exterior del rotor 6. El eje de rotación 4 define una dirección axial, una dirección radial y una dirección circunferencial. Entre el rotor 6 y el estator 8 se conforma una cámara de fluido 10, que está configurada en particular como un espacio de aire.

El rotor 6 presenta un eje 12 y un núcleo laminado de rotor 14, en donde el núcleo laminado de rotor 14 está conectado con el eje 12 de manera rotacionalmente fija. El núcleo laminado del rotor 14 comprende una pluralidad de capas apiladas de material eléctricamente aislante 16, que presentan un primer grosor de capa d1 comprendido entre los 10 µm y 150 µm, en particular, entre los 10 µm y 100 µm, y están fabricadas de un material ferromagnético, por ejemplo, de hierro o de una aleación de hierro. Además, el rotor 6 comprende una pluralidad de imanes permanentes 18 conectados al núcleo laminado 14 del rotor para funcionar como una máquina síncrona. El rotor 6 puede presentar, en particular, en lugar de los imanes permanentes 18, una jaula de cortocircuito para funcionar como una máquina asíncrona o como un devanado de excitación. El eje 12 del rotor 6 está dispuesto para poder girar mediante cojinetes 20.

El estator 8 comprende un núcleo laminado de estator 22 en el que se aloja un devanado de estator 24. El núcleo laminado del estator 22 comprende una pluralidad de capas apiladas de material eléctricamente aislante 16, que presentan un segundo grosor de capa d2 comprendido entre los 10 µm y 150 µm, en particular, entre los 10 µm y 100 µm, y están fabricadas de un material ferromagnético, por ejemplo, de hierro o de una aleación de hierro. El rotor 6 y el estator 8 están alojados en una carcasa cerrada 26.

La figura 2 muestra una representación esquemática de una primera versión de una capa de material 16, que presenta un grosor de capa d comprendido en el rango de 10 μm y 150 μm , en particular, entre 10 μm y 100 μm , y se fabrica, por ejemplo, mediante serigrafía, impresión con estencil o inyección de aglutinante. La capa de material 16 en la figura 2 puede estar configurada para un núcleo laminado de rotor 14 o para un núcleo laminado de estator 22 y está fabricada de un material ferromagnético, por ejemplo, hierro o una aleación a base de hierro, con una conductividad eléctrica de al menos 8 MS/m. Un lado de capa 28 de la capa de material 16 presenta un revestimiento eléctricamente aislante 30, que es adecuado para aislar eléctricamente capas de material apiladas 16 entre sí, por ejemplo, cuando se utilizan en un núcleo laminado 14, 22. El revestimiento eléctricamente aislante 30 está fabricado de un material eléctricamente aislante, en donde el material eléctricamente aislante presenta una conductividad que es al menos 1000 veces menor que la conductividad del material ferromagnético. Además, el revestimiento eléctricamente aislante 30 presenta un grosor de capa s_1 de como máximo 1 μm .

El recubrimiento eléctricamente aislante 30 se fabrica mediante una oxidación controlada del material ferromagnético de la capa de material 16. En un proceso de oxidación controlada, la composición del revestimiento aislante 30 y el grosor de la capa s se ajustan mediante un potencial redox definido. Aquí, la superficie de la capa de material 16 se oxida bajo una presión parcial de oxígeno definida, a un rango de temperatura predeterminado en el que la presión parcial de oxígeno está disponible, durante un periodo de tiempo definido. Por lo tanto, la composición y el grosor de la capa de óxido conformada se pueden controlar mediante la composición de la atmósfera, la temperatura y el tiempo.

En el caso de una capa de material 16 de hierro, la superficie de la capa de material 16 se oxida con ayuda de vapor de agua, en donde el tipo y el grosor de la capa de óxido se pueden ajustar mediante la proporción de vapor de agua en la atmósfera. De este modo se produce el material aislante eléctrico monóxido de hierro (FeO) y/o tetraóxido de trihierro (Fe_3O_4), en donde las proporciones de óxidos de hierro se pueden controlar mediante la composición de la atmósfera, la temperatura y la duración.

En particular, el material eléctricamente aislante del revestimiento eléctricamente aislante 30 presenta una permeabilidad de al menos 3, en donde la permeabilidad del material eléctricamente aislante se puede controlar a través de su composición. La otra ejecución de la capa de material 16 en la figura 2 corresponde a la ejecución de la figura 1.

La figura 3 muestra una representación esquemática de una segunda forma de ejecución de una capa de material 16, que presenta en ambos lados de la capa 28, 32 un revestimiento eléctricamente aislante 30, 34. En el lado de la primera capa 28 está conformado un primer grosor de capa s_1 , mientras que en el lado de la segunda capa 32 está conformado un segundo grosor de capa s_2 . Por ejemplo, el grosor de la primera capa s_1 corresponde al grosor de la segunda capa s_2 . La otra ejecución de la capa de material 16 en la figura 3 corresponde a la ejecución de la figura 2.

La figura 4 muestra una representación esquemática de un procedimiento para la fabricación de una capa de material 16. En un paso del proceso, a través de una plantilla 38, se aplica a una superficie base 40 una suspensión 36, que comprende al menos un aglutinante, en particular orgánico, y partículas sólidas ferromagnéticas, en particular, partículas de hierro, para obtener un cuerpo verde 42. Por ejemplo, la suspensión 36 se aplica a la superficie base 40 usando una espátula sobre la plantilla 38, que puede presentar un tamiz. Alternativamente, el cuerpo verde 42 se fabrica mediante inyección de aglutinante.

En un paso posterior del proceso se expulsa el aglutinante del cuerpo verde 42, en particular, mediante desaglomerado, y se sinteriza el cuerpo en bruto 42, en donde mediante el proceso de sinterización se obtiene una cohesión permanente de las partículas sólidas ferromagnéticas. La sinterización y el desaglomerado se realizan en una zona cerrada con una atmósfera controlada. El cuerpo verde 42 se desaglutina y sinteriza bajo una atmósfera reductora. La atmósfera reductora contiene, por ejemplo, una mezcla de hidrógeno y nitrógeno o un gas noble de hidrógeno, en particular, una mezcla de hidrógeno y argón. El nitrógeno o el gas noble actúa como gas de purga. Por ejemplo, el cuerpo verde 42 se sinteriza bajo un gas de formación que contiene un 95% de nitrógeno y un 5% de hidrógeno. La atmósfera reductora evita la oxidación y, por lo tanto, la contaminación. Los aglutinantes orgánicos, en particular, se expulsan esencialmente sin dejar residuos en una atmósfera reductora eliminando los átomos de carbono del cuerpo verde. Tanto en el desaglomerado como en la sinterización se reducen las dimensiones del cuerpo verde 42 en función del material utilizado, de modo que la capa de material 16 resultante del proceso de sinterización presenta un grosor de capa d de 10 μm a 150 μm , en particular, de 10 μm a 100 μm .

En un paso posterior del proceso se fabrica un recubrimiento eléctricamente aislante 30 mediante oxidación controlada del material ferromagnético de la capa de material 16. La producción del revestimiento eléctricamente aislante 30 mediante oxidación se realiza en una zona cerrada con atmósfera controlada. En particular, la fabricación del revestimiento eléctricamente aislante 30 se realiza en la misma zona cerrada que el proceso de sinterización. Al menos una parte de la superficie 44 de la capa de material 16, que está en comunicación fluidica con la atmósfera que rodea la capa de material 16, se oxida durante un período de tiempo definido bajo una presión parcial de oxígeno definida, en un rango de temperatura predeterminado en el que la presión parcial de oxígeno está

disponible. Para una composición atmosférica y una temperatura determinadas, el grosor de capa se determina esencialmente por el período de tiempo. La composición de la capa de óxido que se conforma se puede controlar esencialmente mediante la presión parcial de oxígeno y el rango de temperatura en el que está disponible la presión parcial de oxígeno. En particular, la capa de material 16 está fabricada de hierro, en donde la superficie 44 de la capa de material 16 se oxida con ayuda del vapor de agua de la atmósfera. Es posible una oxidación por ambos lados, por ejemplo, girando la capa de material 16. La otra ejecución de la capa de material 16 en la figura 4 corresponde a la ejecución de la figura 2.

La figura 5 muestra un diagrama de estado termodinámico para diferentes óxidos de hierro. El diagrama de estado termodinámico muestra la respectiva presión parcial de oxígeno p_{O_2} en función de la temperatura recíproca T y de la proporción de vapor de agua en una atmósfera de H_2-H_2O , en donde la atmósfera contiene nitrógeno, hidrógeno y vapor de agua. Además, las presiones de descomposición de diversos óxidos de hierro (FeO , Fe_3O_4 , Fe_2O_3) se muestran en función de la temperatura recíproca T . La presión de descomposición, también denominada como presión de disociación o presión de formación, indica la presión parcial de oxígeno a la que existe el equilibrio entre la oxidación del metal a óxido metálico y la reducción del óxido metálico a metal. Cuando la presión parcial de oxígeno p_{O_2} en la atmósfera es mayor que la presión de descomposición del respectivo metal, se produce una oxidación. Por ejemplo, cuando la presión parcial de oxígeno p_{O_2} es mayor que la presión de descomposición del Fe_3O_4 , el Fe_3O_4 es estable, pero cuando es menor, se conforma el compuesto FeO , que presenta menos oxígeno. Cuando la presión parcial de oxígeno p_{O_2} a una determinada temperatura es idéntica a la presión de descomposición, entonces coexisten dos fases sólidas, por ejemplo FeO y Fe_3O_4 . Por lo tanto, con el procedimiento mostrado en la figura 4, se pueden ajustar qué óxidos se forman en el revestimiento eléctricamente aislante 30 mediante la presión parcial de oxígeno y el rango de temperatura en el que está disponible la presión parcial de oxígeno.

La figura 6 muestra las curvas cinéticas de oxidación isotérmica del hierro en función del tiempo t y de la temperatura T . Se muestra un aumento de peso Δm de óxidos de hierro en función del tiempo t y de la temperatura T en una atmósfera definida. Por lo tanto, con el procedimiento mostrado en la figura 4, se puede conformar un grosor de capa definido s en una atmósfera definida variando el tiempo t y la temperatura T .

En resumen, la presente invención hace referencia a una capa de material 16 para un núcleo laminado 14, 22 de una máquina eléctrica 2. Para permitir una fabricación más sencilla y rentable, así como un mayor factor de apilamiento en comparación con el estado del arte, se propone que una capa de material 16 para un núcleo laminado de una máquina eléctrica esté fabricada de un material ferromagnético y presente al menos en un lado de la capa 28, 32 un revestimiento eléctricamente aislante 30, 34; en donde el revestimiento eléctricamente aislante 30, 34 comprenda un material eléctricamente aislante; y en donde el material eléctricamente aislante del revestimiento eléctricamente aislante 30, 34 se fabrique mediante una oxidación controlada del material ferromagnético de la capa de material 16.

REIVINDICACIONES

1. Capa de material (16) para un núcleo laminado (14, 22) de una máquina eléctrica (2),
que está fabricada de un material ferromagnético y
presenta en al menos un lado de la capa (28, 32) un revestimiento eléctricamente aislante (30, 34);
5 en donde el revestimiento eléctricamente aislante (30, 34) comprende un material eléctricamente aislante;
en donde el material eléctricamente aislante del revestimiento eléctricamente aislante (30, 34) se fabrica mediante una oxidación controlada del material ferromagnético de la capa de material (16);
en donde el material ferromagnético contiene hierro;
en donde el material eléctricamente aislante contiene monóxido de hierro y/o tetraóxido de trihierro;
10 caracterizada porque
la capa de material (16) está fabricada de un cuerpo verde (42) que se sinteriza bajo una atmósfera reductora.
2. Capa de material (16) según la reivindicación 1,
en donde el material ferromagnético presenta una conductividad eléctrica de al menos 8 MS/m.
- 15 3. Capa de material (16) según una de las reivindicaciones precedentes en donde el material eléctricamente aislante del revestimiento eléctricamente aislante (30, 34) presenta un material ferromagnético y/o presenta una permeabilidad de al menos 3.
4. Capa de material (16) según una de las reivindicaciones precedentes en donde el revestimiento eléctricamente aislante (30, 34) presenta un grosor de capa (s, s1, s2) de 1 pm como máximo.
- 20 5. Capa de material (16) según una de las reivindicaciones precedentes que presenta un grosor de capa (d, d1, d2) de 10 pm a 150 pm, en particular, de 10 pm a 100 pm.
6. Capa de material (16) según una de las reivindicaciones precedentes que está fabricada de un cuerpo verde (42).
7. Capa de material (16) según una de las reivindicaciones precedentes que presenta en ambos lados de la capa (28, 32) un revestimiento eléctricamente aislante (30, 34).
- 25 8. Núcleo laminado (14, 22) para una máquina eléctrica (2) con una pluralidad de capas de material (16) según una de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Máquina rotativa eléctrica (2) con al menos un núcleo laminado (14, 22) según la reivindicación 8.
10. Procedimiento para la fabricación de una capa de material (16) para un núcleo laminado (14, 22) de una máquina eléctrica (2),
30 en donde un cuerpo verde (42) se fabrica a partir de un material ferromagnético;
en donde el cuerpo verde (42) se sinteriza;
en donde inmediatamente después del proceso de sinterización se fabrica un recubrimiento eléctricamente aislante (30, 34) en al menos un lado de la capa (28, 32) mediante oxidación controlada del material ferromagnético de la capa de material (16); caracterizado porque
35 un cuerpo verde (42) se sinteriza bajo una atmósfera reductora.
11. Procedimiento según la reivindicación 10,

en donde mediante la adición de vapor de agua se ajusta específicamente un potencial redox para la oxidación controlada del material ferromagnético.

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 11,

5 en donde al menos un lado de la capa (28, 32) se oxida de manera controlada estableciendo una presión parcial de oxígeno, un rango de temperatura en el que la presión parcial de oxígeno está disponible y un período de tiempo.

13. Procedimiento según la reivindicación 12,

10 en donde el material ferromagnético contiene hierro y en donde la presión parcial de oxígeno, el intervalo de temperatura en el que está disponible la presión parcial de oxígeno y el período de tiempo se ajustan de manera que el material eléctricamente aislante contenga una proporción predeterminada de monóxido de hierro y/o tetraóxido de trihierro.

FIG 1

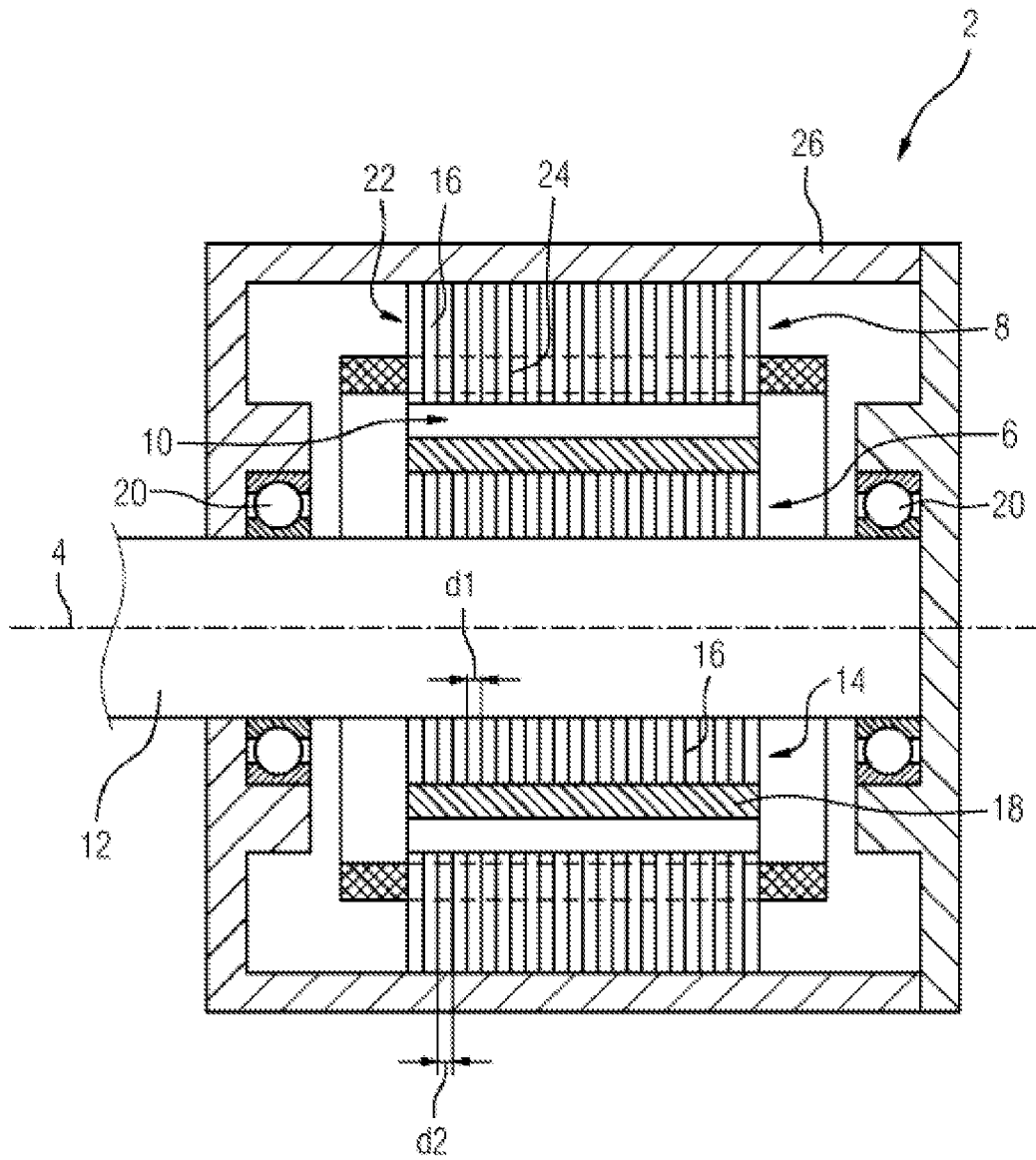


FIG 2

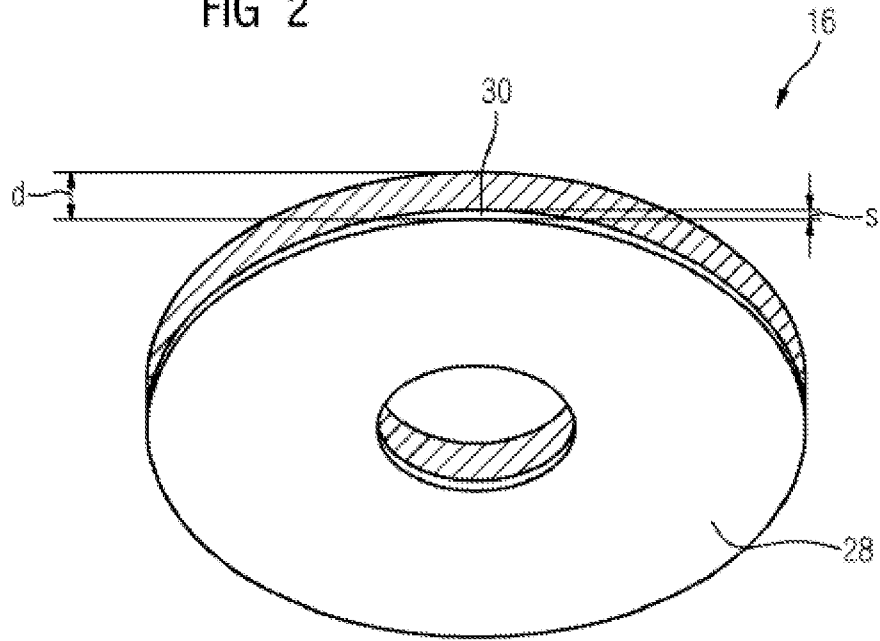


FIG 3

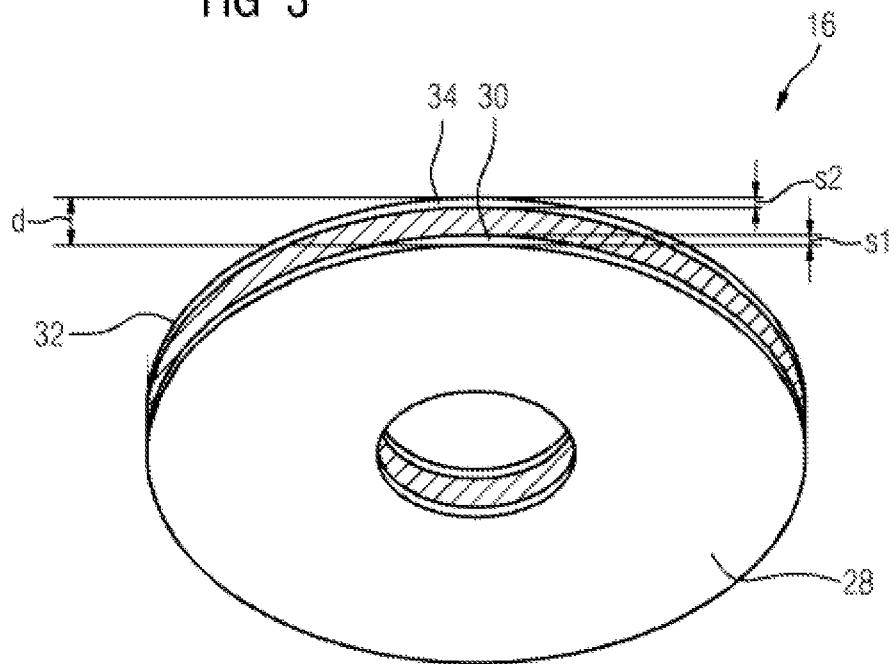


FIG 4

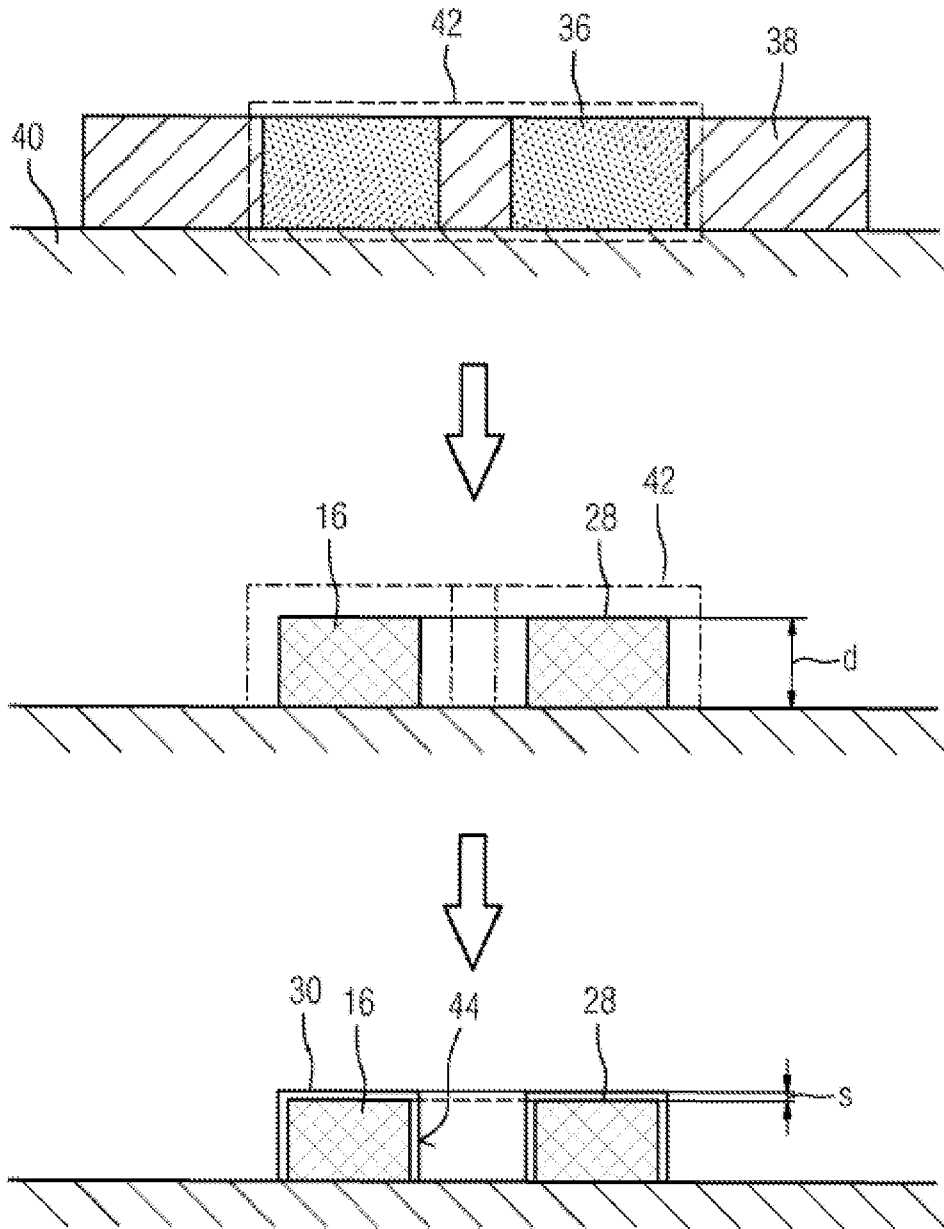


FIG 5

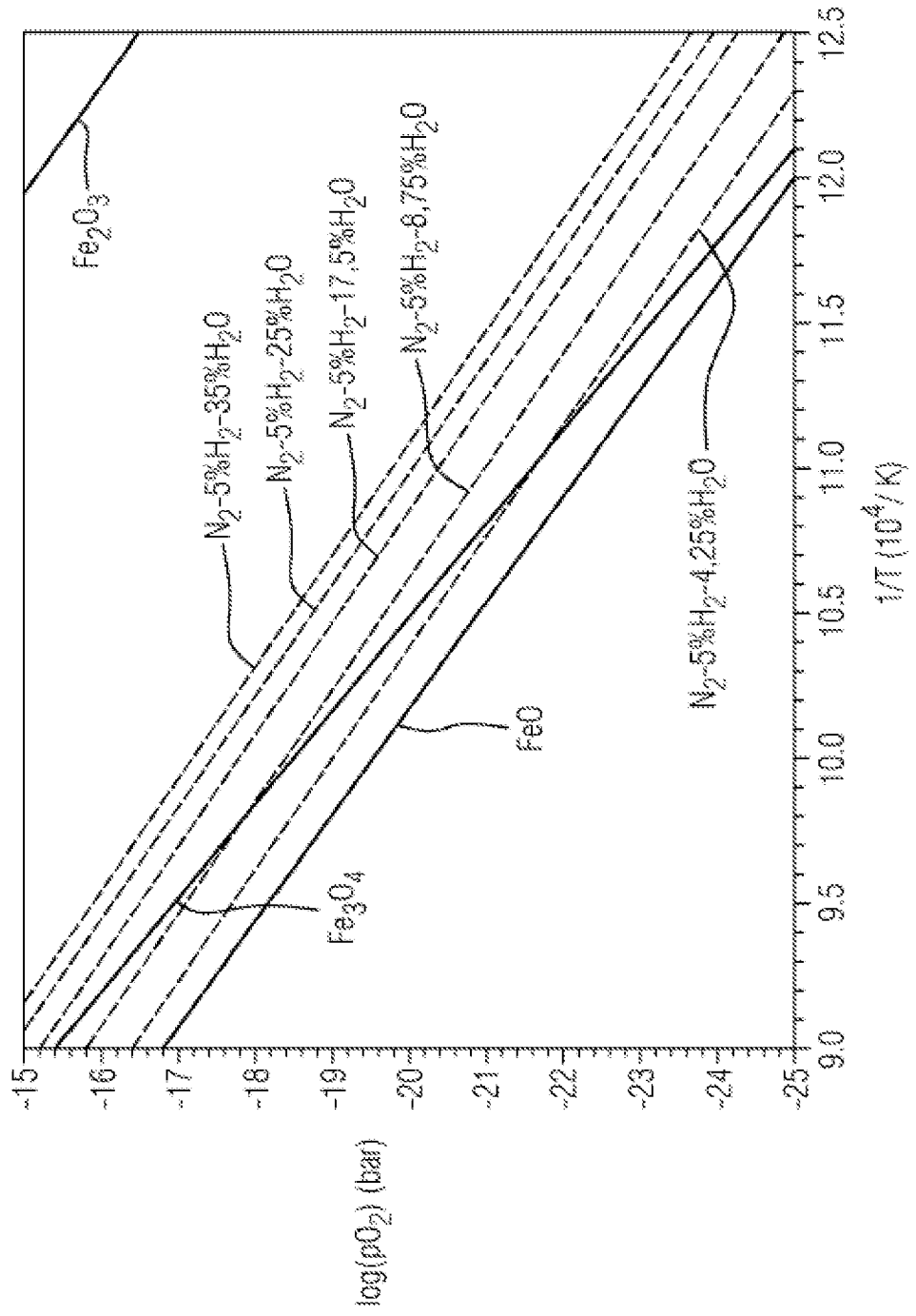


FIG 6

