

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 990 171**

(51) Int. Cl.:

H01F 41/02 (2006.01)
H01F 3/02 (2006.01)
H01F 41/16 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.10.2019 PCT/EP2019/077887**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2020 WO20099052**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2019 E 19795103 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2024 EP 3857580**

(54) Título: **Lámina eléctrica impresa**

(30) Prioridad:

16.11.2018 EP 18206780

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

29.11.2024

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

SCHUH, CARSTEN

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 990 171 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

Lámina eléctrica impresa

La presente invención hace referencia a un procedimiento para producir una lámina eléctrica desde una pasta de impresión. Además, la invención hace referencia a una lámina eléctrica producida mediante el procedimiento mencionado.

Las máquinas eléctricas se componen de bobinados dispuestos de distinto modo, por los que circula corriente eléctrica. El flujo magnético que se produce es conducido de forma dirigida en un circuito magnético, que también se denomina como núcleo de hierro. Ese núcleo se compone de materiales que pueden conducir bien el flujo magnético, por ejemplo de lámina eléctrica estructurada en capas. La estructura de capas se utiliza para evitar corrientes de Foucault no deseadas.

Los núcleos estándar se producen a partir de lámina individuales troqueladas que anteriormente se aislaban mediante capas de papel pegadas de un lado, y que en la forma más moderna están aisladas mediante capas de fosfatación aplicadas químicamente. El grosor de la lámina para aplicaciones normales a menudo es de 0,5 mm. Para transmisores eléctricos de frecuencias más elevadas o aparatos con muy pocas pérdidas se utilizan láminas más delgadas con un grosor de 0,35 mm. Los núcleos amorfos y anulares a menudo se arrollan desde bandas aún más delgadas e igualmente aisladas.

Por la solicitud JP S57 34750 A se conoce un procedimiento para producir un núcleo electromagnético con una estructura laminada, en el que una suspensión o una pasta con un contenido de silicio, como material inicial, se moldea formando una lámina y sobre la superficie de la lámina, mediante una suspensión de material aislante, se conforma una capa de aislamiento, donde las láminas se laminan en varias capas, el cuerpo laminado se corta en una dirección de la sección transversal para formar un núcleo con una forma predeterminada, y a continuación el núcleo de hierro formado se sinteriza.

Además, se remite a la solicitud US 4 255 494 A, que hace referencia a núcleos de metal en polvo ferromagnético, que están producidos a partir de capas de polvo de metal comprimido y sinterizado, así como a la solicitud DE 10 2011 109129 A1, que hace referencia a un procedimiento para producir un rotor o un estator de un transformador de energía, con un procedimiento de impresión serigráfica tridimensional mediante la utilización de distintas pantallas y/o suspensiones en planos individuales que pueden conformarse unos sobre otros, a modo de capas.

Un nuevo procedimiento para fabricar láminas eléctricas para máquinas eléctricas consiste en la impresión serigráfica o por plantillas. En este caso, a partir de polvos de metal se produce primero una pasta de impresión. La misma se imprime sobre una placa soporte mediante la técnica de impresión por plantillas o de impresión serigráfica. A continuación, la pasta de impresión se transforma en una capa gruesa, que también se denomina como cuerpo verde. Despues de esto, el cuerpo verde producido, mediante tratamiento térmico, se convierte en un cuerpo metálico estructurado.

La pasta de impresión, del modo convencional, se aplica sobre una placa soporte que, por ejemplo, se compone de Al_2O_3 . Es conocido el hecho de aplicar en la superficie un medio de dispersión, por ejemplo un polvo de Al_2O_3 , antes de la aplicación de la pasta de impresión sobre la placa soporte para facilitar la separación de la pasta de impresión tratada térmicamente, de la placa soporte. Sobre la placa soporte tratada previamente de ese modo, directamente mediante impresión por plantillas o impresión serigráfica, se aplica la pasta de impresión, se seca, y a continuación se procesa térmicamente de forma posterior. Un procedimiento de esa clase está descrito en la solicitud EP 3 616 809 A1 del derecho anterior.

En los procedimientos mencionados es difícil hallar una placa soporte y eventualmente un medio de dispersión que presenten propiedades adecuadas tanto para la impresión por plantillas o serigráfica, como también para el tratamiento térmico subsiguiente de la pasta de impresión.

El objeto de la presente invención consiste en superar esa dificultad.

La invención resulta de las características de las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se indican configuraciones y perfeccionamientos ventajosos. Otras características, posibilidades de aplicación y ventajas de la invención resultan de la siguiente descripción:

El objeto se soluciona mediante un procedimiento con las siguientes etapas:

a) aplicación de una pasta de impresión sobre un sustrato mediante un procedimiento de impresión por plantillas o impresión serigráfica,

b) secado de la pasta de impresión que se encuentra sobre el sustrato,

c) transferencia de la pasta de impresión seca, desde el sustrato hacia un soporte de sinterizado, donde antes de la etapa c), a aquella superficie de la pasta de impresión seca, que está proporcionada para el contacto con el soporte de sinterizado, se aplica una capa de separación para facilitar la separación de la pasta de impresión tratada térmicamente, del soporte de sinterizado,

d) tratamiento térmico de la pasta de impresión que se encuentra sobre el soporte de sinterizado, y

e) separación de la pasta de impresión tratada térmicamente, del soporte de sinterizado.

10 A diferencia del procedimiento conocido en la producción de una lámina eléctrica impresa mediante impresión serigráfica o por plantillas, la presente invención precisamente no intenta conformar la placa soporte, sobre la que se imprime, se seca y se trata térmicamente la pasta de impresión, de manera que la misma posea propiedades óptimas tanto para el proceso de impresión, como también para el tratamiento térmico. En lugar de ello se propone un enfoque completamente diferente: después de la impresión y el secado de la pasta de impresión sobre la placa soporte, la pasta de impresión seca se separa de la misma y se transfiere a otro soporte. A continuación, el tratamiento térmico de la pasta de impresión tiene lugar sobre ese soporte separado. Por consiguiente, se encuentran presentes dos "placas soporte": una primera placa soporte, que a continuación se denomina como "sustrato", y sobre la cual tiene lugar el proceso de impresión y de secado de la pasta de impresión, y una segunda placa soporte, que a continuación se denomina "soporte de sinterizado", y sobre la cual se realiza el tratamiento térmico de la pasta de impresión seca.

Una ventaja de este enfoque consiste en que el soporte de sinterizado principalmente puede optimizarse en cuanto al tratamiento térmico de la pasta de impresión y el sustrato principalmente puede optimizarse con respecto a la impresión por plantillas o serigráfica.

25 Concretamente, por ejemplo, las propiedades de la superficie del sustrato, como rugosidad, planeidad (también denominada planicidad) y capacidad de absorción con respecto a los componentes orgánicos y del disolvente de la pasta de impresión, pueden seleccionarse de manera que se alcance una humectación, una adherencia o un ángulo de contacto deseados de la pasta de impresión, relativamente con respecto al sustrato. Como consecuencia de ello, a su vez, entre otras cosas, pueden lograrse una mejora de la pendiente de los bordes y una precisión de las estructuras impresas.

30 Otras ventajas de la separación o paralelización del proceso de impresión y del tratamiento térmico son la reducción de la necesidad de soportes de sinterizado y una mejora de la utilización de la impresora de serigrafía y del horno de sinterizado. Por una parte, existe la posibilidad de un sinterizado en pilas, es decir, que varias piezas verdes se apilan unas sobre otras sobre un soporte de sinterizado. Por otra parte, por ejemplo si surgen problemas con la impresora de serigrafía, a pesar de ello, otras piezas verdes pueden conducirse al horno de sinterizado.

40 Para evitar confusiones, a continuación se indica una aclaración con respecto al término "lámina eléctrica", utilizado en esta solicitud de patente: como "láminas eléctricas", en el contexto de esta solicitud de patente, no sólo se denomina a las chapas laminadas como se conocen por el estado de la técnica, sino también a cuerpos moldeados que fueron producidos mediante técnicas de impresión y que tienen la función y las propiedades de las láminas eléctricas convencionales. Las láminas eléctricas impresas mediante impresión por plantillas o serigráfica también pueden denominarse como "capas de material"; este término puede considerarse como sinónimo de "láminas eléctricas". Las láminas eléctricas, en el ámbito especializado, también se denominan como "láminas magnéticas" o, dependiendo del fin de utilización, como láminas de dinamo o de motor, o láminas de transformador.

45 El procedimiento de impresión mencionado en la etapa a) del procedimiento en particular comprende procedimientos de impresión serigráfica y procedimientos de impresión por plantillas.

La impresión serigráfica es un procedimiento de impresión en el que una pasta de impresión se imprime con una rasqueta a través de una pantalla, por ejemplo un tejido de malla fina, sobre el material que debe imprimirse, aquí el sustrato. En aquellos puntos del tejido, donde en correspondencia con la imagen de impresión no debe imprimirse pasta de impresión, las aberturas de la malla del tejido se vuelven impermeables por medio de una plantilla. El tejido soporta la plantilla de plástico, para cuya producción toda la superficie del tejido tensado se reviste con un fotopolímero y, mediante una película positiva, se expone con el motivo que debe imprimirse. El fotopolímero se endurece en los puntos que no deben imprimirse, el

material no expuesto se lava. En el proceso de impresión, la pasta de impresión pasa sólo a través del tejido, donde éste fue lavado.

En la impresión por plantillas sin pantalla portante, la propia plantilla debe ser suficientemente resistente y, por ejemplo, estar fabricada de acero y sujetada directamente en el marco. No obstante, en la impresión por plantillas las imágenes de impresión posibles son limitadas.

El sustrato sobre el que se imprime la pasta de impresión puede ser auto-portante, por ejemplo en forma de placas. De manera alternativa también son posibles sustratos flexibles, como por ejemplo láminas.

La pasta de impresión en general se basa en un polvo de metal.

La etapa b) del procedimiento, a saber, el secado de la pasta de impresión, por ejemplo, se realiza mediante un flujo de gas controlado, en particular templado, para el transporte de sustancias volátiles. Para esto, como medio preferentemente puede utilizarse aire o gas inerte. Como consecuencia de ello, se evaporan los disolventes contenidos en la pasta de impresión. Eventualmente se necesita aquí un aumento de temperatura de la pasta impresa. De manera opcional, junto con la evaporación de los disolventes también tienen lugar reacciones de reticulación químicas de eventuales ligantes orgánicos contenidos en la pasta de impresión. En este caso juegan un rol importante una distribución de la temperatura lo más homogénea posible en la pasta de impresión y un calentamiento lento, sin la formación de burbujas del disolvente.

En función del grosor de la capa impresa se recomienda una duración de 2 a 20 min del proceso de secado. Después de finalizada la etapa del procedimiento b), es decir, después del secado de la pasta de impresión, el grosor de la capa de impresión en general es aproximadamente de 10% a 50% menor que antes de la etapa b).

En la etapa c) del procedimiento, la pasta de impresión seca, que también se denomina como pieza en bruto verde, pieza verde o cuerpo verde, se transfiere desde el sustrato hacia un soporte de sinterizado. Esto puede tener lugar mediante la separación del cuerpo verde del sustrato o mediante la separación del sustrato del cuerpo verde (en caso de que el sustrato, por ejemplo, se trate de una lámina) o mediante una separación de ambos lados de los dos cuerpos, de uno de otro. A continuación, el cuerpo verde separado del sustrato se transporta al lugar en el que tiene lugar el tratamiento térmico. Este último puede ser por ejemplo un horno de sinterizado. Por último, el cuerpo verde se coloca sobre un soporte de sinterizado.

Para facilitar o mejorar la separación del sustrato y el cuerpo verde, el sustrato, que por ejemplo está diseñado en forma de placas o láminas, puede presentar una capa de separación y/o agentes de separación/desmoldantes. Como capa de separación se considera por ejemplo una lámina que presenta politetrafluoroetileno (PTFE; también conocido bajo la denominación comercial Teflon de la empresa DuPont), tereftalato de polietileno (PET; por ejemplo láminas de Hostaphan® de la empresa Mitsubishi Polyester Film), silicona o metal. Como agentes de separación/desmoldantes se consideran por ejemplo agentes antiadhesivos o adhesivos, promotores de humectación y sustancias similares.

En la etapa d) del procedimiento tiene lugar un tratamiento térmico del cuerpo verde. Para ello se calienta la pasta de impresión seca, transferida.

El tratamiento térmico en general puede dividirse en dos subetapas. Durante la primera subetapa, del desaglomerado, ligantes orgánicos y aditivos excedentes, que estaban contenidos en la pasta de impresión y aquellos que contiene aún el cuerpo verde, se desintegran y esencialmente se escapan sin residuos. El cuerpo moldeado resultante también se denomina como "cuerpo marrón".

Durante la segunda subetapa, del sinterizado, el cuerpo marrón se calienta a una temperatura por debajo de la temperatura de fusión, preferentemente en el rango de 80% - 90% de la temperatura de fusión, en donde la estructura de la lámina eléctrica se comprime debido al cierre de los poros restantes. Una lámina eléctrica impresa mediante impresión serigráfica o por plantillas se diferencia estructuralmente de una lámina impresa laminada debido a que la densidad del material de la lámina eléctrica impresa en general actualmente es aún claramente menor que la de la lámina eléctrica laminada.

En conjunto, de manera ventajosa, el cuerpo verde se calienta durante un periodo de entre 120 y 900 minutos a una temperatura de como máximo 80% - 90% de la temperatura de fusión del cuerpo verde.

En la última etapa e) del procedimiento, la pasta de impresión tratada térmicamente, por tanto, la lámina eléctrica terminada, se separa del soporte de sinterizado, así como éste se separa de la lámina eléctrica. El horno de sinterizado, ventajosamente, puede cargarse de inmediato con la siguiente pieza en bruto verde, es

decir, que la siguiente pieza en bruto verde, ventajosamente, puede transferirse de inmediato al soporte de sinterizado liberado.

Una lámina eléctrica impresa mediante impresión serigráfica o por plantillas se diferencia estructuralmente de una lámina impresa laminada, entre otras cosas, debido a que la densidad de un material de la lámina eléctrica impresa en general es claramente menor que la de una lámina eléctrica laminada. Además, en general también se presentan diferencias considerables en la microestructura, es decir, en la estructura de una lámina eléctrica impresa, en comparación con una lámina eléctrica laminada. A modo de ejemplo pueden mencionarse aquí la textura de laminado y el tamaño de los gránulos en la lámina eléctrica.

Para facilitar la separación de la lámina eléctrica terminada del soporte de sinterizado, aquella superficie del cuerpo verde que está proporcionada para el contacto con el soporte de sinterizado, está provista de una capa de separación. También aquella superficie del soporte de sinterizado que está proporcionada para el contacto con el cuerpo verde, puede estar provista de una capa de separación. Conforme a ello, tanto el cuerpo verde, como también el soporte de sinterizado, pueden estar provistos de una capa de separación.

La capa de separación, de manera ventajosa, contiene un material que es químicamente inerte a las temperaturas que se presentan durante el tratamiento térmico, o se compone del mismo. Como químicamente inerte se entiende aquí un material que, bajo las condiciones respectivamente dadas del tratamiento térmico, no reaccionan o sólo reaccionan en un grado muy reducido con sustancias potenciales que participan en la reacción, por ejemplo en el horno de sinterizado. La capa de separación, por ejemplo, se encuentra presente en forma de placas (plaquetas), barbas (monocristales en forma de agujas con un diámetro de pocos micrómetros y una longitud de varios cientos de micrómetros hasta varios milímetros, que resultan de capas metálicas depositadas de forma galvánica o pirolítica), fibras o en forma de un polvo. Los materiales que se consideran adecuados para una capa de separación, son por ejemplo MgO, Y₂O₃, Al₂O₃, BN (nitruro de boro), YAG, Si₃N₄, SiC, C (como grafito, nanotubos de carbono u otra modificación de carbono) o una combinación de los mismos. También otros materiales refractarios de alto punto de fusión representan una elección prometedora para una capa de separación.

El soporte de sinterizado, sobre el que se encuentra el cuerpo verde durante el tratamiento térmico, de manera igualmente ventajosa, contiene un material que es inerte a las temperaturas que se presentan durante el tratamiento térmico, en particular se compone del mismo. A modo de ejemplo, para ello son adecuados el Si₃N₄, SiC, Al₂O₃ poroso, MgO poroso, mullita, un material compuesto reforzado con fibras o una combinación de los mismos.

Las láminas eléctricas producidas mediante el procedimiento inventivo, de manera ventajosa, pueden utilizarse en una máquina eléctrica. Están comprendidas aquí máquinas eléctricas rotativas, en particular motores eléctricos y generadores eléctricos, así como máquinas eléctricas estáticas, en particular transformadores.

El procedimiento de transferencia según la invención para producir láminas eléctricas impresas mediante serigrafía o por plantillas también puede utilizarse para producir estructuras de impresión de varios componentes, en donde las estructuras de componentes individuales se imprimen por separado y a continuación, mediante la etapa de transferencia, se reúnen unas con otras secuencialmente. De manera ventajosa, la reunión de las estructuras de componentes individuales se combina con una etapa de calibración o de prensado final, es decir, para la unión o laminación de la estructura compuesta final en el estado verde.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para producir una lámina eléctrica desde una pasta de impresión, con las siguientes etapas:

a) aplicación de una pasta de impresión sobre un sustrato mediante un procedimiento de impresión por plantillas o impresión serigráfica,

5 b) secado de la pasta de impresión que se encuentra sobre el sustrato,

c) transferencia de la pasta de impresión seca, desde el sustrato hacia un soporte de sinterizado, donde antes de la etapa c), a aquella superficie de la pasta de impresión seca, que está proporcionada para el contacto con el soporte de sinterizado, se aplica una capa de separación para facilitar la separación de la pasta de impresión tratada térmicamente del soporte de sinterizado,

10 d) tratamiento térmico de la pasta de impresión que se encuentra sobre el soporte de sinterizado, y

e) separación de la pasta de impresión tratada térmicamente del soporte de sinterizado.

2. Procedimiento según la reivindicación 1,

donde antes de la etapa c), a aquella superficie del soporte de sinterizado, que está proporcionada para el contacto con la pasta de impresión seca, se aplica una capa de separación para facilitar la separación de la pasta de impresión tratada térmicamente del soporte de sinterizado.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2,

donde la capa de separación contiene un material que es químicamente inerte a las temperaturas que se presentan durante el tratamiento térmico.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3,

20 donde la capa de separación contiene un material que se encuentra presente en forma de placas, barbas, fibras o en forma de un polvo.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4,

donde la capa de separación contiene un material seleccionado de MgO, Y₂O₃, Al₂O₃, BN, YAG, Si₃N₄, SiC, C o una combinación de los mismos.

25 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

donde el soporte de sinterizado contiene un material que es químicamente inerte a las temperaturas que se presentan durante el tratamiento térmico.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

30 donde el soporte de sinterizado contiene un material seleccionado de Si₃N₄, SiC, Al₂O₃ poroso, MgO poroso, mullita, material compuesto reforzado con fibras o una combinación de los mismos.

8. Lámina eléctrica para una máquina eléctrica rotativa para la transformación de energía, donde la lámina eléctrica fue producida según un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes.

9. Lámina eléctrica para un transformador para la transformación de una tensión alterna de entrada en una tensión alterna de salida, que fue producida según un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7.