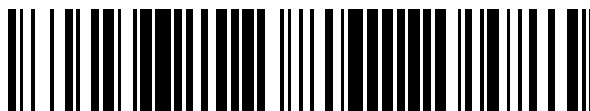


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 378 047**

51 Int. Cl.:

H01F 41/02 (2006.01)

H02K 15/02 (2006.01)

H01F 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06778850 .5**

96 Fecha de presentación: **10.07.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1902452**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **26.03.2008**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE UN CIRCUITO MAGNÉTICO LAMINADO.**

30 Prioridad:
08.07.2005 FR 0507311

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.04.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.04.2012

73 Titular/es:
**CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
2 PLACE MAURICE QUENTIN
F-75001 PARIS, FR y
CLIX INDUSTRIES**

72 Inventor/es:
**MARTIN, Frédéric y
CASTERAS, Christophe, René, Jacques, Marie**

74 Agente/Representante:
Curell Aguilá, Mireia

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).

ES 2 378 047 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de fabricación de un circuito magnético laminado.

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de circuitos magnéticos laminados, así como a un circuito magnético obtenido por este procedimiento.

10 Un circuito magnético laminado está generalmente formado por un apilamiento de chapas de las que cada una presenta la forma de por lo menos una parte de la sección del circuito magnético a obtener, chapas entre las cuales está interpuesta una capa de aislante. Esta capa sirve para limitar, incluso suprimir, las corrientes de Foucault responsables de las pérdidas magnéticas y térmicas de las que se conocen bien los inconvenientes en el caso de dichos circuitos magnéticos.

15 Es así por ejemplo que un rotor o un estator (según el tipo elegido de máquina eléctrica), comprende en general un apilamiento de chapas delgadas anulares de material ferromagnético en las que están formadas unas escotaduras destinadas a recibir el bobinado. El perímetro exterior en el caso de un rotor o el paso central del apilamiento en el caso de un estator, en los que se abren las escotaduras, sirve para recibir respectivamente el estator o el rotor de la máquina.

20 Para consolidar el apilamiento de chapas, es por otra parte conocido utilizar una cola que sirve al mismo tiempo para aislar las chapas entre ellas. Se puede así obtener en el apilamiento un buen aislamiento eléctrico y asegurar una cohesión así como una rigidez mecánica tales que su geometría permanezca constante (en particular la concentricidad y la planeidad) a lo largo de su fabricación y de la duración de vida de la máquina eléctrica en la que está incorporado. La cohesión y la rigidez mecánica del apilamiento de chapas permiten además aligerar las
25 estructuras y por consiguiente reducir el volumen de la máquina acabada permitiendo por ejemplo la supresión de zuncho o de cárter en la máquina eléctrica.

30 Si se trata de una máquina giratoria, un defecto de geometría corre el riesgo de provocar unos defectos de alineación del estator y del rotor que pueden provocar un descenso de las prestaciones (sobre todo en la puesta en marcha de un motor por ejemplo) y necesitar así un sobredimensionado de los órganos mecánicos de la máquina.

Es por tanto esencial que el mecanizado de las chapas del circuito magnético laminado pueda ser efectuado con una gran precisión.

35 Se conoce a partir del documento US 2005/0089708, que describe el estado de la técnica más próximo, un procedimiento de fabricación de un circuito magnético laminado según el preámbulo de la reivindicación 1 compuesto por un apilamiento de chapas de un material ferromagnético amorfo, según el cual se recubre con una resina adhesiva por lo menos una cara de cada una de las chapas, se apilan las chapas recubiertas, se comprime el apilamiento así obtenido haciendo endurecer el adhesivo por un tratamiento térmico, y se mecaniza por un
40 procedimiento eléctrico el apilamiento de chapas.

La presente invención tiene en particular por objetivo proporcionar un procedimiento de fabricación de un circuito magnético laminado que permita obtener un apilamiento que presenta una cohesión y una rigidez tales que el mecanizado subsiguiente no provoque ninguna deslaminación y se pueda efectuar con una gran precisión.

45 La invención tiene por tanto por objeto un procedimiento de fabricación de un circuito magnético laminado según la reivindicación 1, ya sea para unos estatores y rotores de máquinas giratorias (motores, alternadores, generatrices, etc), o para unos transformadores, unos electroimanes y otros aparellajes análogos, compuesto por un apilamiento de chapas de un material ferromagnético.

50 Gracias al recurso a la serigrafía para recubrir las chapas con una capa muy delgada de un adhesivo de una viscosidad media a alta, se obtiene un apilamiento en el que el adhesivo está repartido de una forma homogénea y en una capa muy fina de algunos micrones, de lo cual resulta una excelente calidad de pegado que excluye cualquier deslaminación ulterior del apilamiento.

55 Además, este procedimiento de recubrimiento por serigrafía ofrece un total control de la cantidad y por tanto del volumen de cola depositado, permitiendo así excluir cualquier riesgo de desbordado de excedente de cola.

60 De manera sorprendente, y contrariamente a lo que se pensaba hasta el presente, la electroerosión no afecta en modo alguno a las capas de adhesivo situadas entre las chapas, y permite por tanto conservar a la vez un perfecto aislamiento y una perfecta adherencia de estas capas unas con respecto a las otras.

Además, el mecanizado por electroerosión permite suprimir los riesgos de deslaminación encontrados con los procedimientos clásicos de mecanizado y disminuir el número de etapas de fabricación.

65 Otras características del procedimiento según la invención se desprenderán de las reivindicaciones subordinadas.

Según una de estas características, dicha electroerosión es filar. De esta manera, se puede realizar un mecanizado de gran precisión.

5 Según también otra característica del procedimiento según la invención, previamente a la operación de mecanizado por electroerosión, las superficies de dicho apilamiento a mecanizar están recubiertas con una resina conductora de la electricidad.

10 Dicha resina permite conectar eléctricamente entre sí las chapas del circuito magnético, y así colocarlas al mismo potencial eléctrico, lo cual permite una realización muy fácil de la electroerosión.

Otras características de la invención se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la descripción siguiente dada únicamente a título de ejemplo y haciendo referencia a los planos adjuntos, en los que:

15 - la figura 1 muestra por una vista esquemática un aparellaje para recubrir una chapa ferromagnética con una cola que forma un aislante;

- la figura 2 es una vista axial de una cara extrema de un semielaborado de apilamiento estatórico después de la ejecución de la etapa de recubrimiento representada en la figura 1;

20 - la figura 3 es una vista en sección axial diametral del semielaborado representado en la figura 2, y

- la figura 4 muestra una vista análoga a la de la figura 2 de un apilamiento estatórico acabado después de ejecución del procedimiento de fabricación según la invención.

25 En el conjunto de las figuras, algunas dimensiones, y en particular los espesores del adhesivo han sido exagerados para mayor claridad.

30 La descripción siguiente de un modo de realización preferido del procedimiento de la invención se aplica a título de ejemplo a la fabricación de un circuito magnético laminado para un estator de una máquina giratoria tal como un motor eléctrico. Sin embargo, la invención no se limita a dichos estatores, sino que se aplica a cualquier circuito magnético laminado, ya sea para unos estatores y rotores de máquinas giratorias (motores, alternadores, generadores, etc), o para unos transformadores, unos electroimanes y otros aparellajes análogos.

35 Según el modo de realización descrito a título de ejemplo, el procedimiento consiste en primer lugar en fabricar unas chapas, por ejemplo por estampación, en un material en hoja ferromagnético del tipo Fe-Ni, presentando las chapas, cada una, una forma general anular circular. Sus dimensiones y la naturaleza del material en el que están constituidas son naturalmente elegidos en función de las características del estator que se debe realizar.

40 La etapa siguiente del procedimiento consiste en recubrir cada chapa o bien sobre una cara, o bien preferentemente sobre las dos caras, con una capa de cola aislante. Según la invención, el recubrimiento se realiza por serigrafía a través de un tamiz.

45 Esta operación puede ser realizada por ejemplo con la ayuda del aparellaje representado esquemáticamente en la figura 1. El aparellaje comprende un tamiz 1 formado por un marco 2 sobre el cual está tensada una tela 3. Preferentemente, esta tela está realizada en tafetán con una malla (diámetro del hilo y número de hilos por unidad de longitud) elegida en función de las características de la cola a depositar y del espesor de depósito de ésta. La tela con malla tafetán está realizada preferentemente en poliamida o en poliéster. Se puede también utilizar un tejido de malla de sarga.

50 Como es bien conocido en la técnica de la serigrafía, la tela 3 está impermeabilizada a la cola en las zonas situadas fuera de la que corresponde a la forma de la chapa 4 sobre la cual se debe efectuar el depósito. En la figura 1, la zona permeable de la tela 3 está indicada por la flecha F (debe observarse que para simplificar la figura 1, no se ha representado la superficie entera ni del tamiz 1, ni de la chapa 4). Durante la operación de serigrafía, la chapa 4 se mantiene aplicada contra la tela 3, como se ha representado en la figura 1.

55 El aparellaje de serigrafía comprende también un dispositivo de rascado 5 conocido y cuya rasqueta 6 se extiende sobre una de las dimensiones de la tela 3 y es desplazable a lo largo de la otra dimensión de ésta con la ayuda de un mecanismo representado esquemáticamente en 7.

60 El adhesivo que puede ser utilizado para el recubrimiento por serigrafía de las chapas es una cola estructural termoendurecible de viscosidad media a alta, significando el término "estructural" en este caso que después de la fabricación del circuito magnético la cola y las chapas forman un conjunto perfectamente monobloque de una estructura unida y rígida. La resina puede ser una resina poliuretano, una resina epoxi, o una resina acrílica.

65 La viscosidad de la cola se elige en un intervalo comprendido entre 4.000 y 400.000 mPa.s, preferentemente en un

intervalo comprendido entre 75.000 y 100.000 mPa.s, siendo un valor preferido de 80000 mPa.s.

El espesor de recubrimiento de las chapas 4 se elige en un intervalo comprendido entre 1 y 100 μm , preferentemente entre 5 y 10 μm , siendo un valor preferido de 8 μm .

A título de ejemplo únicamente, se puede observar que las colas de la marca Loctite® 686, o también de la marca Araldite® del tipo AW136 con un endurecedor de tipo HV998, han sido utilizadas con éxito para el recubrimiento de las chapas 4.

La cola o sus componentes se desgasifican antes de ser utilizados en el aparellaje de serigrafía con el fin de retirar el aire y la humedad. Un primer desgasificado puede ser efectuado a 2 mbar por ejemplo. Después los componentes se dosifican, se mezclan y se desgasifican de nuevo hasta 20 mbar. Cada chapa 4 es entonces dispuesta bajo el tamiz de serigrafía 1 para ser recubierta. Preferentemente, el aparellaje 5 efectúa varias pasadas de rascado para forzar la cola a pasar a través de la tela 3.

La etapa siguiente del procedimiento según la invención consiste en apilar las chapas recubiertas de cola como se ha indicado anteriormente, en un utillaje adaptado para ser colocado en una prensa, siendo el número de chapas apiladas en el utillaje elegido en función de la longitud axial del estador a obtener. Ventajosamente, después del recubrimiento, las chapas se transfieren inmediatamente al utillaje de la prensa.

Durante el apilamiento, es ventajoso vigilar que la orientación de las fibras del material ferromagnético de cada chapa no sea la misma de una chapa a la otra. Por ejemplo, se puede efectuar un desplazamiento angular de 30° siempre en el mismo sentido, con respecto a la precedente cuando se dispone una chapa determinada en el utillaje. De esta manera, es posible obtener un circuito magnético que presenta la mejor isotropía radial posible, cuyas características magnéticas y mecánicas son idénticas cualquiera que sea la dirección considerada.

Los parámetros de compresión del apilamiento tales como la presión, la temperatura y el tiempo son elegidos en particular en función del tipo de cola utilizado y de las dimensiones del apilamiento. Para limitar los esfuerzos de compresión, es ventajoso dar a las chapas una forma global que se aproxima lo más posible a la forma final, puesto que estos esfuerzos deben ser tanto más importantes cuanto más importante es el área del apilamiento sobre el cual se ejercen los esfuerzos. Los parámetros de la operación de polimerización del apilamiento como la temperatura, la presión y el tiempo son elegidos de acuerdo con la ficha técnica de la cola.

Los parámetros de prensado pueden ser los siguientes:

Presión: de 1 a 30 MPa, siendo un valor práctico de 13 MPa;
Temperatura: de 20 a 150°C, siendo un valor práctico de 120°C;
Tiempo de compresión: de 1 minuto a 60 minutos, siendo un valor práctico de 5 minutos.

Después de la operación de compresión, se obtiene un semielaborado de circuito magnético laminado cuya forma corresponde a la representada en las figuras 2 y 3. En el caso de un estator que corresponde al ejemplo descrito, se trata de una pieza tubular 8 de sección circular y que presenta un orificio mecanizado 9 también de sección circular. La misma está formada por una sucesión de capas alternadas formadas por chapas 4 y capas de cola polimerizada 10 que constituyen un conjunto monobloque rígido cuya precisión del espesor y de la planeidad depende a la vez del número de chapas apiladas, del espesor de las chapas, del espesor de las películas de cola, así como del esfuerzo de prensado.

El semielaborado así obtenido puede a continuación ser sometido a unas operaciones de mecanizado con el fin de darle la forma y las dimensiones nominales. Ventajosamente, estas operaciones consisten en someter el semielaborado a la electroerosión filar.

Este procedimiento particular de electroerosión consiste en producir unas descargas eléctricas del tipo condensador entre un electrodo filar y una pieza a mecanizar.

El electrodo no entra nunca en contacto con la pieza a mecanizar, y son las descargas las que generan unos microplasmas que localmente son de varios millares de grados (aproximadamente 10.000°C) que evaporan los materiales metálicos.

Según una característica ventajosa de la invención, las superficies a mecanizar del semielaborado están revestidas de una resina conductora de la electricidad, por ejemplo una resina cargada de plata. Una resina particularmente apropiada a este fin es la resina fabricada por Elecoproduit® bajo la marca Elecolit® 340. La resina conductora permite la obtención de superficies equipotenciales para todas las chapas 4, permitiendo así el trabajo del hilo de electroerosión.

En el caso del semielaborado de la figura 3, este recubrimiento se realiza sobre la superficie exterior 11 y la superficie interior 12 que delimitan el orificio mecanizado 9.

En orden, se procede entonces al mecanizado de las escotaduras 13 (figura 4) y de las superficies 11 y 12 para llevarlas a su dimensión nominal.

5 El procedimiento de la invención presenta numerosas ventajas.

En primer lugar, la etapa de serigrafía permite utilizar unas colas de mediana a alta viscosidad, lo cual reduce los riesgos de faltas localizadas de cola y de presencia de burbujas de gas sobre la superficie de las chapas. Este procedimiento permite también un control perfecto de la cantidad de cola depositada y por tanto del espesor de recubrimiento de cada chapa del apilamiento. Por otra parte, el control del espesor de cola y del esfuerzo de prensado permite determinar con precisión la dimensión axial final del apilamiento después de la comprensión. Se ha comprobado que la proporción hierro/aislante del circuito magnético puede ser mejor de 90%, pudiendo ser obtenido un valor de 97,5% en ciertos casos.

15 Se puede también observar que después de la comprensión del apilamiento y de la polimerización de la cola, el apilamiento presenta una cohesión y una rigidez tales que el mecanizado subsiguiente no provoca ninguna deslaminación. No realizándose este mecanizado separadamente sobre cada chapa, es posible liberarse de las disparidades dimensionales tanto de las chapas mismas como del apilamiento que pueden aparecer si las chapas fueran mecanizadas individualmente. Por otra parte, la electroerosión permite conferir al apilamiento las dimensiones requeridas con una precisión muy buena.

La cohesión y la rigidez mecánica del circuito magnético finalmente obtenidas evitan también cualquier deformación del circuito magnético en la máquina que está equipada con el mismo, lo cual permite reducir sus dimensiones, prolongar su duración de vida y aumentar sus prestaciones.

25 El procedimiento de la invención puede ser aplicado para la fabricación de motores, de generadores, de transformadores y de electroimanes y de aparatos análogos ligeros poco voluminosos que se pueden utilizar en particular en el campo espacial, aeronáutico, automóvil, ferroviario, etc.

30 Ejemplo

El ejemplo siguiente está destinado únicamente a ilustrar el procedimiento de la invención sin ser en modo alguno limitativo de éste.

35 Se prepara una pluralidad de chapas de un espesor de 200 micrones estampándolas en un material laminar ferromagnético del tipo Fe-Ni. El circuito magnético a obtener está destinado a formar el estator de un motor eléctrico, teniendo las chapas una forma anular cuyo diámetro exterior es ligeramente superior y cuyo diámetro interior es ligeramente inferior a los diámetros nominales correspondientes que debe presentar el circuito acabado que se debe fabricar. Las hojas no tienen aún las escotaduras destinadas a recibir el bobinado del estator. Su superficie equivale a 17.500 mm².

40 Cada una de las hojas de chapa es a continuación revestida con una capa de adhesivo de un espesor de 8 µm. La capa de adhesivo se deposita por serigrafía con la ayuda de un aparellaje análogo al representado en la figura 1. El tamiz de serigrafía comprende una tela de tafetán cuyo hilo presenta un diámetro de 30 µm con una densidad de hilo de 200 hilos por cm.

El adhesivo es una resina de Araldite® del tipo AW136 mezclada con un endurecedor del tipo HV998. La operación de serigrafía se efectúa a temperatura ambiente.

50 Las chapas revestidas de cola, en número suficiente par constituir el conjunto del apilamiento del circuito magnético futuro, se depositan en un utillaje que es a continuación puesto bajo una prensa. Ésta es accionada para comprimir el apilamiento bajo una presión de 13 MPa, a una temperatura de 120° durante 5 minutos. Al salir de la prensa, el adhesivo está completamente polimerizado, formando el apilamiento una unidad perfectamente monobloque.

55 Se procede a continuación al revestimiento de las superficies cilíndricas del apilamiento con una resina epoxi conductora de la electricidad, tal como la resina del tipo Elecolit® 340.

60 El apilamiento así revestido es entonces mecanizado por electroerosión, operación durante la cual los diámetros interior y exterior del apilamiento son llevados a sus valores nominales y las escotaduras están practicadas en el interior del paso del apilamiento.

El circuito magnético obtenido presenta una proporción hierro/aislante de 97,5% y una excelente resistencia a la deslaminación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un circuito magnético laminado, ya sea para unos estatores y rotores de máquinas giratorias (motores, alternadores, generatrices, etc), o para unos transformadores, unos electroimanes y otros aparellajes análogos, compuesto por un apilamiento de chapas (4) de un material ferromagnético, que consiste:
 - 5 en recubrir con un adhesivo por lo menos una cara de cada una de dichas chapas (4),
 - 10 en apilar dichas chapas recubiertas,
 - en comprimir el apilamiento así obtenido haciendo endurecer dicho adhesivo, y
 - 15 en mecanizar por electroerosión dicho apilamiento de chapas hasta la obtención de la forma y de las dimensiones nominales del circuito magnético final,
- 20 caracterizado porque se recubren dichas chapas (4) por serigrafía con una capa de un adhesivo de una viscosidad comprendida entre 4.000 mPa.s y 400.000 mPa.s y preferentemente entre 18.000 mPa.s y 150.000 mPa.s y de un espesor elegido entre 1 y 100 μm y preferentemente entre 5 y 10 μm .
2. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 1, caracterizado porque la operación de serigrafía se realiza a través de una tela (3) de tafetán o de sarga.
- 25 3. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 2, caracterizado porque dicha tela (3) presenta un diámetro de hilo comprendido entre 30 y 250 μm y una densidad de hilo comprendida entre 10 y 220 hilos por cm.
4. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque dicha electroerosión es filar.
- 30 5. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque, previamente a la operación de mecanizado por electroerosión, las superficies de dicho apilamiento a mecanizar se recubren con una resina conductora de la electricidad.
- 35 6. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 5, caracterizado porque dicha resina conductora de la electricidad es una resina epoxi o una resina acrílica.
7. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el adhesivo es una resina termoendurecible tal como una resina poliuretano, una resina epoxi o una resina acrílica.
- 40 8. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque después de la operación de recubrimiento, el apilamiento de las chapas (4) recubiertas se efectúa colocándolas unas sobre las otras de manera que las fibras del material ferromagnético estén orientadas de forma desplazada de una chapa a la siguiente y que el apilamiento presente la mejor isotropía radial posible.
- 45 9. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, durante la operación de compresión, dicho apilamiento es sometido a una presión elegida entre 1 MPa y 30 MPa y preferentemente entre 5 MPa y 15 MPa.
- 50 10. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque, durante la operación de compresión, dicho apilamiento es sometido a una temperatura elegida entre 20°C y 150°C, y preferentemente entre 50°C y 100°C.
11. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque, durante la operación de compresión, la presión se mantiene durante un tiempo elegido entre 1 minuto y 60 minutos y preferentemente entre 5 minutos y 30 minutos.
- 55 12. Procedimiento de fabricación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque antes de la operación de recubrimiento, dichas chapas (4) son conformadas de manera que presenten unas dimensiones globales parecidas a las que tendrán en el circuito magnético final.
- 60

