

(19)



(11)

EP 3 857 580 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
07.08.2024 Patentblatt 2024/32

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01F 41/02 ^(2006.01) **H01F 3/02** ^(2006.01)
H01F 41/16 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19795103.1**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01F 41/0233; H01F 3/02; H01F 41/0246;
H01F 41/16

(22) Anmeldetag: **15.10.2019**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2019/077887

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2020/099052 (22.05.2020 Gazette 2020/21)

(54) **GEDRUCKTES ELEKTROBLECH**

PRINTED ELECTRICAL SHEET

TÔLE ÉLECTRIQUE IMPRIMÉE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **16.11.2018 EP 18206780**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.08.2021 Patentblatt 2021/31

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **SCHUH, Carsten**
85598 Baldham (DE)

(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 3 616 809 DE-A1- 102011 109 129
JP-A- S5 734 750 US-A- 4 255 494

EP 3 857 580 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung eines Elektrolechs aus einer Druckpaste. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein mittels des genannten Verfahrens hergestelltes Elektrolech.

[0002] Elektrische Maschinen bestehen aus verschiedenartig angeordneten Wicklungen, die vom elektrischen Strom durchflossen werden. Der dabei auftretende magnetische Fluss wird in einem magnetischen Kreis, der auch als Eisenkern bezeichnet wird, gezielt geführt. Dieser Kern besteht aus Materialien, die den magnetischen Fluss gut leiten können, beispielsweise aus geschichtetem Elektrolech. Die Schichtung dient zur Vermeidung von unerwünschten Wirbelströmen.

[0003] Standardkerne werden aus gestanzten Einzelblechen hergestellt, die früher durch einseitig aufgeklebte Papierschichten, in modernerer Form durch chemisch aufgetragene Phosphatierungsschichten isoliert sind. Die Blechstärke für normale Anwendungen ist häufig bei 0,5 mm. Für elektrische Übertrager von höheren Frequenzen oder besonders verlustarme Geräte werden dünnere Bleche mit 0,35 mm Stärke verwendet. Schnittband- und Ringkerne werden oft aus noch dünneren und ebenfalls isolierten Bändern gewickelt.

[0004] Aus JP S57 34750 A ist ein Verfahren zur Herstellung eines elektromagnetischen Kerns mit einer laminierten Struktur bekannt, bei dem ein Schlamm oder eine Paste mit einem Siliziumgehalt als Ausgangsmaterial zu einer Folie geformt wird und eine Isolierschicht auf der Oberfläche der Folie durch Isoliermaterialschlamm ausgebildet wird, wobei die Folien in mehreren Schichten laminiert werden, der laminierte Körper in einer Querschnittsrichtung geschnitten wird, um einen Kern mit einer vorbestimmten Form zu bilden, und anschließendes der geformten Eisenkern gesintert wird.

[0005] Ferner wird auf US 4 255 494 A verwiesen, welches sich auf Kerne aus ferromagnetischem Pulvermetall bezieht, welche hergestellt sind aus Schichten aus gepresstem und gesintertem Metallpulver, sowie auf DE 10 2011 109129 A1, welches sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines Rotors oder eines Stators eines Energiewandlers bezieht mit einem dreidimensionalen Siebdruckverfahren unter Einsatz von unterschiedlichen Sieben und/oder Suspensionen in einzelnen schichtweise übereinander auszubildenden Ebenen.

[0006] Ein neues Verfahren zur Herstellung von Elektrolechen für elektrische Maschinen stellen der Schablonendruck und der Siebdruck dar. Hierbei wird ausgehend von Metallpulvern zunächst eine Druckpaste erzeugt. Diese wird dann mittels der Schablonen- bzw. Siebdrucktechnik auf eine Trägerplatte aufgedruckt. Die Druckpaste wandelt sich anschließend in eine Dickschicht um, die auch als Grünkörper bezeichnet wird. Anschließend wird der entstandene Grünkörper durch thermische Behandlung in einen metallischen, strukturierten Körper überführt.

[0007] Die Druckpaste wird dabei herkömmlicherweise

auf eine Trägerplatte, die beispielsweise aus Al_2O_3 besteht, aufgebracht. Es ist bekannt, ein Streumittel, beispielsweise ein Al_2O_3 -Pulver, vor dem Auftragen der Druckpaste auf die Trägerplatte flächig aufzubringen, um das Trennen der thermisch behandelten Druckpaste von der Trägerplatte zu erleichtern. Auf die so vorbereitete Trägerplatte wird direkt per Schablonen- oder Siebdruck die Druckpaste aufgedruckt, getrocknet und anschließend thermisch weiterverarbeitet. Ein solches Verfahren ist in der Anmeldung mit älterem Recht EP 3 616 809 A1 beschrieben.

[0008] Eine Herausforderung bei dem genannten Verfahren ist, eine Trägerplatte und gegebenenfalls ein Streumittel zu finden, dass sowohl für den Schablonen- bzw. Siebdruck als auch für die anschließende thermische Behandlung der Druckpaste geeignete Eigenschaften aufweist.

[0009] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, diese Herausforderung zu meistern.

[0010] Die Erfindung ergibt sich aus den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche. Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung.

[0011] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren mit den folgenden Schritten:

- a) Aufbringen einer Druckpaste auf einem Substrat mittels eines Schablonen- oder Siebdruckverfahrens,
- b) Trocknen der sich auf dem Substrat befindlichen Druckpaste,
- c) Transferieren der getrockneten Druckpaste vom Substrat auf eine Sinterunterlage, wobei vor Schritt c) diejenige Oberfläche der getrockneten Druckpaste, die für den Kontakt mit der Sinterunterlage vorgesehen ist, mit einer Trennlage zur Erleichterung der Trennung der thermisch behandelten Druckpaste von der Sinterunterlage beaufschlagt wird,
- d) Thermische Behandlung der sich auf der Sinterunterlage befindlichen Druckpaste, und
- e) Trennen der thermisch behandelten Druckpaste von der Sinterunterlage.

[0012] Im Gegensatz zu der bekannten Herangehensweise bei der Herstellung eines sieb- oder schablonengedruckten Elektrolechs versucht die vorliegende Erfindung gerade nicht, die Trägerplatte, auf der die Druckpaste aufgedruckt, getrocknet und thermisch behandelt wird, so auszugestalten, dass sie sowohl für den Druckvorgang als auch für die thermische Behandlung optimale Eigenschaften hat. Stattdessen wird ein völlig anderer Ansatz vorgeschlagen: Nach dem Drucken und Trocknen der Druckpaste auf der Trägerplatte wird die getrocknete Druckpaste von derselben gelöst und auf eine andere Unterlage transferiert. Auf dieser separaten Unterlage findet anschließend die thermische Behandlung der

Druckpaste statt. Es gibt folglich zwei "Trägerplatten": eine erste Trägerplatte, die im Folgenden als "Substrat" bezeichnet wird und auf der der Druck- und Trockenvorgang der Druckpaste stattfindet, und eine zweite Trägerplatte, die im Folgenden als "Sinterunterlage" bezeichnet wird und auf der die thermische Behandlung der getrockneten Druckpaste durchgeführt wird.

[0013] Ein Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass die Sinterunterlage primär bezüglich der thermischen Behandlung der Druckpaste optimiert werden kann und das Substrat primär bezüglich des Schablonen- oder Siebdrucks.

[0014] Konkret können beispielsweise Oberflächeneigenschaften des Substrats, wie Rauigkeit, Planarität (auch als Planizität bezeichnet) und Saugfähigkeit bzgl. der organischen Bestandteile und des Lösungsmittels der Druckpaste so ausgewählt werden, dass eine gewünschte Benetzung, Haftung oder Kontaktwinkel der Druckpaste relativ zum Substrat erreicht wird. Als Folge davon können wiederum unter anderem eine Verbesserung der Kantensteilheit und Präzision der gedruckten Strukturen erreicht werden.

[0015] Weitere Vorteile der Trennung bzw. Parallelisierung des Druckvorgangs und der thermischen Behandlung sind die Reduzierung des Bedarfs an Sinterunterlagen und eine Verbesserung der Auslastung des Siebdruckers und Sinterofens. Zum einen besteht nämlich die Möglichkeit zum Stapelsintern, d.h. es werden mehrere Grünteile übereinander auf eine Sinterunterlage gestapelt. Zum anderen können, wenn beispielsweise der Siebdrucker Probleme macht, aus einem Pufferlager trotzdem weitere Grünteile dem Sinterofen zugeführt werden.

[0016] Zur Vermeidung etwaiger Missverständnisse folgt eine Klarstellung bezüglich der in dieser Patentanmeldung verwendeten Begrifflichkeit "Elektroblech": Als "Elektrobleche" werden im Rahmen dieser Patentanmeldung nicht nur gewalzte Bleche wie aus dem Stand der Technik bekannt, sondern auch Formkörper, die mittels Drucktechniken erzeugt wurden und die die Funktion und Eigenschaften von herkömmlichen Elektroblechen aufweisen, bezeichnet. Sieb- oder schablonengedruckte Elektrobleche können auch als "Materiallagen" bezeichnet werden; dieser Begriff ist als Synonym zu "Elektroblechen" zu sehen. Elektrobleche werden in Fachkreisen auch als "Magnetbleche" oder, je nach Verwendungszweck, als Dynamo- oder Motorenbleche bzw. Transformatorenbleche bezeichnet.

[0017] Das in Schritt a) des Verfahrens erwähnte Druckverfahren umfasst insbesondere Siebdruckverfahren und Schablonendruckverfahren.

[0018] Der Siebdruck ist ein Druckverfahren, bei dem eine Druckpaste mit einem Rakel durch ein Sieb, z.B. ein feinmaschiges Gewebe, hindurch auf das zu bedruckende Material, hier das Substrat, gedruckt wird. An denjenigen Stellen des Gewebes, wo dem Druckbild entsprechend keine Druckpaste gedruckt werden soll, werden die Maschenöffnungen des Gewebes durch eine Scha-

blone undurchlässig gemacht. Das Gewebe trägt die Schablone aus Kunststoff, zu deren Herstellung die gesamte Fläche des gespannten Gewebes mit einem Fotopolymer beschichtet und über einen positiven Film mit dem zu druckenden Motiv belichtet wird. Das Fotopolymer erhärtet an den nicht zu druckenden Stellen, das unbelichtete Material wird ausgewaschen. Beim Druckvorgang tritt die Druckpaste nur dort durch das Gewebe, wo dieses freigewaschen wurde.

[0019] Beim Schablonendruck ohne tragendes Sieb muss die Schablone selbst ausreichend fest sein und ist beispielsweise aus Stahl gefertigt und direkt in den Rahmen gespannt. Die möglichen Druckbilder sind beim Schablonendruck jedoch eingeschränkt.

[0020] Das Substrat, auf dem die Druckpaste gedruckt wird, kann selbsttragend, als z.B. plattenförmig, sein. Alternativ sind auch flexible Substrate möglich, wie etwa Folien.

[0021] Die Druckpaste basiert in der Regel auf einem Metallpulver.

[0022] Der Schritt b) des Verfahrens, nämlich das Trocknen der Druckpaste, wird beispielsweise mittels einer kontrollierten, insbesondere temperierten, Gasströmung zum Abtransport flüchtiger Stoffe realisiert. Hierfür kann vorzugsweise Luft oder Inertgas als Medium verwendet werden. Als Folge davon evaporieren die in der Druckpaste enthaltenen Lösungsmittel. Unter Umständen ist hierbei eine Temperaturerhöhung der gedruckten Paste notwendig. Optional finden neben der Evaporation der Lösungsmittel auch chemische Vernetzungsreaktionen etwaiger in der Druckpaste enthaltenen organischen Binder statt. Eine wichtige Rolle spielen dabei eine möglichst homogene Temperaturverteilung in der Druckpaste und ein langsames Aufheizen ohne Blasenbildung des Lösungsmittels.

[0023] In Abhängigkeit von der Dicke der gedruckten Schicht ist eine Dauer von 2 bis 20 min des Trocknungsvorgangs empfehlenswert. Nach Ende des Verfahrensschritts b), d.h. nach dem Trocknen der Druckpaste, ist die Dicke der Druckschicht in der Regel um ca. 10% bis 50% geringer als vor dem Schritt b).

[0024] Im Schritt c) des Verfahrens wird die getrocknete Druckpaste, die auch als Grünling, Grünteil oder Grünkörper bezeichnet wird, vom Substrat auf eine Sinterunterlage transferiert. Dies kann durch Lösen des Grünlings vom Substrat oder durch Lösen des Substrats vom Grünling (falls es sich beim Substrat beispielsweise um eine Folie handelt) oder ein beiderseitiges Trennen der beiden Körper voneinander erfolgen. Anschließend wird der getrennte Grünling vom Ort des Substrats zum Ort, an dem die thermische Behandlung stattfindet, transportiert. Letzterer kann beispielsweise ein Sinterofen sein. Schließlich wird der Grünling auf eine Sinterunterlage gelegt.

[0025] Um die Trennung von Substrat und Grünling zu erleichtern bzw. zu verbessern, kann das Substrat, das beispielsweise platten- oder folienförmig ausgestaltet ist, eine Trennschicht und/oder ein Trenn-/Gleitmittel auf-

weisen. Als Trennschicht kommt z.B. eine Folie, die Polytetrafluorethylen (PTFE; auch bekannt unter dem Handelsnamen Teflon der Firma DuPont), Polyethylenterephthalat (PET; z.B. Hostaphan®-Folien der Firma Mitsubishi Polyester Film), Silikon oder Metall aufweist, in Frage. Als Trenn-/Gleitmittel kommen beispielsweise Antihaft- oder Haftmittel, Benetzungspromoter und ähnliche Stoffe in Frage.

[0026] In Schritt d) des Verfahrens findet eine thermische Behandlung des Grünlings statt. Hierzu wird die transferierte, getrocknete Druckpaste erhitzt.

[0027] Die thermische Behandlung kann generell in zwei Teilschritte untergliedert werden. Während des ersten Teilschritts, der Entbinderung, werden überschüssige organische Binder und Additive, die in der Druckpaste enthalten waren und die der Grünling noch enthält, zersetzt und entweichen im Wesentlichen rückstandslos. Der resultierende Formkörper wird auch als "Braunling" bezeichnet.

[0028] Während des zweiten Teilschritts, der Sinterung, wird der Braunling auf eine Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur, vorzugsweise im Bereich 80% - 90% der Schmelztemperatur, erwärmt, bei der die Struktur des Elektrolechs durch Schließen der restlichen Poren verdichtet wird. Ein sieb- oder schablonengedrucktes Elektrolech unterscheidet sich strukturell von einem gewalzten Elektrolech dadurch, dass die Materialdichte des gedruckten Elektrolechs in der Regel derzeit dennoch immer noch signifikant geringer als die des gewalzten Elektrolechs ist.

[0029] Insgesamt wird der Grünling vorteilhafterweise für eine Zeit zwischen 120 und 900 Minuten auf eine Temperatur von maximal 80% - 90% der Schmelztemperatur des Grünlings erhitzt.

[0030] Im letzten Schritt e) des Verfahrens wird die thermisch behandelte Druckpaste, also das fertige Elektrolech, von der Sinterunterlage gelöst bzw. dieselbe vom Elektrolech gelöst. Der Sinterofen kann vorteilhafterweise sofort mit dem nächsten Grünling bestückt werden, d.h. der nächste Grünling kann vorteilhafterweise sofort auf die freigewordene Sinterunterlage transferiert werden.

[0031] Ein sieb- oder schablonengedrucktes Elektrolech unterscheidet sich strukturell von einem gewalzten Elektrolech unter anderem dadurch, dass die Materialdichte eines gedruckten Elektrolechs in der Regel signifikant geringer als die eines gewalzten Elektrolechs ist. Des Weiteren gibt es in der Regel auch erhebliche Unterschiede in der Mikrostruktur, d.h. dem Gefüge eines gedruckten Elektrolechs im Vergleich zu einem gewalzten Elektrolech. Beispielhaft sind hierbei die Walztextur und Korngröße im Elektrolech zu nennen.

[0032] Um die Trennung des fertigen Elektrolechs von der Sinterunterlage zu erleichtern ist diejenige Oberfläche des Grünlings, die für den Kontakt mit der Sinterunterlage vorgesehen ist, mit einer Trennlage versehen. Es kann auch diejenige Oberfläche der Sinterunterlage, die für den Kontakt mit dem Grünling vorgesehen ist, mit

einer Trennlage versehen werden. Demgemäß können sowohl der Grünling als auch die Sinterunterlage mit einer Trennlage versehen werden.

[0033] Die Trennlage enthält, insbesondere besteht, vorteilhafterweise aus einem Material, das bei den während der thermischen Behandlung auftretenden Temperaturen chemisch inert ist. Als chemisch inert wird hierbei ein Material verstanden, das unter den jeweilig gegebenen Bedingungen der thermischen Behandlung mit potentiellen Reaktionspartnern etwa im Sinterofen nicht oder nur in verschwindend geringem Maße reagiert. Die Trennlage liegt beispielsweise in Form von Platelets (Plättchen), Whiskern (nadelförmige Einkristalle von wenigen Mikrometern Durchmesser und mehreren hundert Mikrometern bis mehreren Millimeter Länge, die aus galvanisch oder pyrolytisch abgeschiedenen metallischen Schichten herauswachsen), Fasern oder eines Pulvers vor. Materialien, die als geeignet für eine Trennlage erscheinen, sind beispielsweise MgO , Y_2O_3 , Al_2O_3 , BN (Bornitrid), YAG, Si_3N_4 , SiC, C (als Graphit, Kohlenstoffnanoröhren oder eine andere Kohlenstoff-Modifikation) oder eine Kombination daraus. Auch andere hochschmelzende Refraktär-Werkstoffe stellen eine vielversprechende Wahl für eine Trennlage dar.

[0034] Die Sinterunterlage, auf der sich der Grünling während der thermischen Behandlung befindet, enthält, insbesondere besteht, ebenfalls vorteilhafterweise aus einem Material, das bei den während der thermischen Behandlung auftretenden Temperaturen chemisch inert ist. Exemplarisch bieten sich hierfür Si_3N_4 , SiC, poröses Al_2O_3 , poröses MgO , Mullit, ein faserverstärktes Komposit oder eine Kombination daraus an.

[0035] Die mittels des erfinderischen Verfahrens hergestellten Elektroleche können vorteilhafterweise in einer elektrischen Maschine verwendet werden. Hiervon umfasst sind rotierende elektrische Maschinen, insbesondere Elektromotoren und elektrische Generatoren, sowie ruhende elektrische Maschinen, insbesondere Transformatoren.

[0036] Das erfindungsgemäße Transfer-Verfahren zur Herstellung sieb- oder schablonengedruckter Elektroleche kann auch zur Herstellung von Mehrkomponenten-Druckstrukturen herangezogen werden, indem die einzelnen Komponentenstrukturen separat gedruckt werden und dann im Anschluss über den Transferschritt sequenziell miteinander zusammengefügt werden. Vorteilhafterweise wird das Zusammenfügen der einzelnen Komponentenstrukturen mit einem finalen Kalibrier- bzw. Pressschritt zur Verbindung, d.h. dem Fügen oder Laminieren der finalen Komposit-Struktur im Grünzustand, verbunden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Elektrolechs aus einer Druckpaste mit den folgenden Schritten:

- a) Aufbringen einer Druckpaste auf einem Substrat mittels eines Schablonen- oder Siebdruckverfahrens,
 b) Trocknen der sich auf dem Substrat befindlichen Druckpaste,
 c) Transferieren der getrockneten Druckpaste vom Substrat auf eine Sinterunterlage, wobei vor Schritt c) diejenige Oberfläche der getrockneten Druckpaste, die für den Kontakt mit der Sinterunterlage vorgesehen ist, mit einer Trennlage zur Erleichterung der Trennung der thermisch behandelten Druckpaste von der Sinterunterlage beaufschlagt wird,
 d) Thermische Behandlung der sich auf der Sinterunterlage befindlichen Druckpaste, und
 e) Trennen der thermisch behandelten Druckpaste von der Sinterunterlage.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei vor Schritt c) diejenige Oberfläche der Sinterunterlage, die für den Kontakt mit der getrockneten Druckpaste vorgesehen ist, mit einer Trennlage zur Erleichterung der Trennung der thermisch behandelten Druckpaste von der Sinterunterlage beaufschlagt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Trennlage ein Material enthält, das bei den während der thermischen Behandlung auftretenden Temperaturen chemisch inert ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Trennlage ein Material enthält, das in Form von Platelets, Whiskern, Fasern oder eines Pulvers vorliegt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Trennlage ein Material ausgewählt aus MgO, Y₂O₃, Al₂O₃, BN, YAG, Si₃N₄, SiC, C oder einer Kombination daraus enthält.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Sinterunterlage ein Material enthält, das bei den während der thermischen Behandlung auftretenden Temperaturen chemisch inert ist.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Sinterunterlage ein Material ausgewählt aus Si₃N₄, SiC, porösem Al₂O₃, porösem MgO, Mullit, faserverstärktem Komposit oder einer Kombination daraus enthält.
8. Elektrolech für eine rotierende elektrische Maschine zur Wandlung von Energie, wobei das Elektrolech nach einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche hergestellt wurde.

9. Elektrolech für einen Transformator zur Wandlung einer Eingangswechselspannung in eine Ausgangswechselspannung, das nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7 hergestellt wurde.

Claims

1. Method for producing an electrical sheet from a printing paste with the following steps:
- a) applying a printing paste to a substrate by a stencil or screen-printing method,
 b) drying the printing paste on the substrate,
 c) transferring the dried printing paste from the substrate to a sintering underlay, wherein before step c) the surface of the dried printing paste which is intended for contact with the sintering underlay is acted upon by a separating layer to facilitate separation of the thermally treated printing paste from the sintering underlay,
 d) thermally treating the printing paste on the sintering underlay, and
 e) separating the thermally treated printing paste from the sintering underlay.
2. Method according to claim 1, wherein before step c) the surface of the sintering underlay, which is intended for contact with the dried printing paste is acted upon by a separating layer to facilitate separation of the thermally treated printing paste from the sintering underlay.
3. Method according to one of claims 1 or 2, wherein the separating layer contains a material that is chemically inert at the temperatures occurring during the thermal treatment.
4. Method according to one of claims 1 to 3, wherein the separating layer contains a material in the form of platelets, whiskers, fibres or a powder.
5. Method according to one of claims 1 to 4, wherein the separating layer contains a material selected from MgO, Y₂O₃, Al₂O₃, BN, YAG, Si₃N₄, SiC, C or a combination thereof.
6. Method according to one of the preceding claims, wherein the sintering underlay contains a material that is chemically inert at the temperatures occurring during the thermal treatment.
7. Method according to one of the preceding claims, wherein the sintering underlay contains a material selected from Si₃N₄, SiC, porous Al₂O₃, porous MgO, mullite, fibre-reinforced composite or a combination thereof.

8. Electrical sheet for a rotating electric machine for converting energy, wherein the electrical sheet was produced using a method according to one of the preceding claims.
9. Electrical sheet for a transformer for converting an input AC voltage into an output AC voltage which was produced using a method according to one of claims 1 to 7.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une tôle électrique à partir d'une pâte d'impression comprenant les stades suivants :
- a) dépôt d'une pâte d'impression sur un substrat au moyen d'un procédé au pochoir ou de sérigraphie,
 - b) séchage de la pâte d'impression se trouvant sur le substrat,
 - c) transfert de la pâte d'impression séchée du substrat à un support de frittage, dans lequel avant le stade c) on met sur la surface de la pâte d'impression séchée, qui est prévue pour le contact avec le support de frittage, une couche de séparation pour faciliter la séparation de la pâte d'impression traitée thermiquement du support de frittage,
 - d) traitement thermique de la pâte d'impression se trouvant sur le support de frittage, et
 - e) séparation de la pâte d'impression traitée thermiquement du support de frittage.
2. Procédé suivant la revendication 1, dans lequel avant le stade c) on met sur la surface du support de frittage, qui est prévue pour le contact avec la pâte d'impression séchée, une couche de séparation pour faciliter la séparation de la pâte d'impression traitée thermiquement du support de frittage.
3. Procédé suivant l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel la couche de séparation contient une matière, qui est inerte chimiquement aux températures se produisant pendant le traitement thermique.
4. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la couche de séparation contient une matière, qui se présente sous la forme de plaquettes, de barbes, de fibres ou d'une poudre.
5. Procédé suivant l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la couche de séparation contient une matière choisie parmi du MgO, de l' Y_2O_3 , de l' Al_2O_3 , du BN, de l'YAG, du Si_3N_4 , du SiC, du C ou leurs combinaisons.

6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel le support de frittage contient une matière, qui est inerte chimiquement aux températures se produisant pendant le traitement thermique.
7. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel le support de frittage contient une matière choisie parmi du Si_3N_4 , du SiC, de l' Al_2O_3 poreuse, du MgO poreux, de la mullite, un composite renforcé par de la fibre ou leurs combinaisons.
8. Tôle électrique d'une machine électrique tournante de transformation d'énergie, dans laquelle la tôle électrique a été fabriquée par un procédé suivant l'une des revendications précédentes.
9. Tôle électrique d'un transformateur de transformation d'une tension alternative d'entrée en une tension alternative de sortie, qui a été fabriquée par un procédé suivant l'une des revendications 1 à 7.

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- JP S5734750 A [0004]
- US 4255494 A [0005]
- DE 102011109129 A1 [0005]
- EP 3616809 A1 [0007]