



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
17.01.2024 Patentblatt 2024/03

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01B 13/06^(2006.01) H02K 3/30^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **22184696.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01B 13/065

(22) Anmeldetag: **13.07.2022**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Katzenberger, Tobias**
97631 Bad Königshofen STT Untereßfeld (DE)
• **Plochmann, Bastian**
91413 Neustadt an der Aisch (DE)

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

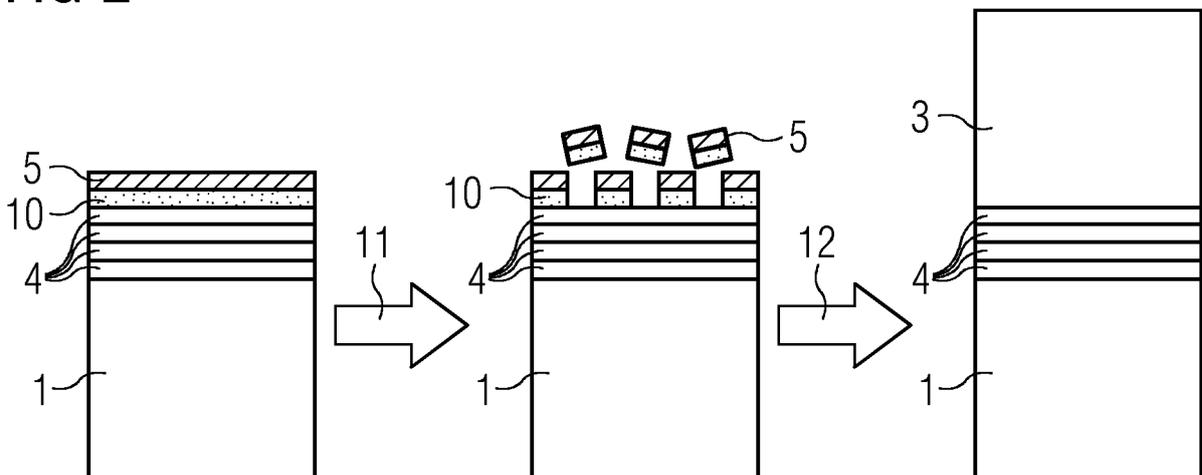
(74) Vertreter: **Siemens Patent Attorneys**
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) **LACKISOLIERTER RUNDdraHT, VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG UND VERWENDUNG DAZU**

(57) Die Erfindung betrifft einen lackisolierten Runddraht, ein Verfahren zur Herstellung eines lackisolierten Runddrahts und die Verwendung von lackisolierten Runddrähten. Bislang konnten gleitfähige Drahtlacke, insbesondere auch mit Siloxangruppen-haltigen Polymeren, nicht imprägniert werden, da die oberste "letzte" Gleitschicht beim Multilagenaufbau des Drahtlacks aufgrund der Siloxangruppen unpolare Eigenschaften hat. Die Erfindung zeigt, dass der Multilagenaufbau genutzt

werden kann, um durch den ohne oftmals vorhandene Zwischenschritt mit Temperatureintrag der Bestromung und/oder Joule'schen Erwärmung kurzzeitig auf 200°C oder mehr die oberste Gleitlack-schicht zumindest aufzubrechen, so dass eine darauffolgende Imprägnierung mit flüssigem Imprägnierharz an die unter der obersten Gleitschicht befindliche thermisch instabile Schicht anbinden kann.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen lackisolierten Runddraht, ein Verfahren zur Herstellung eines lackisolierten Runddrahts und die Verwendung von lackisolierten Runddrähten.

[0002] Ein weitverbreitetes Beispiel für einen lackisolierten Runddraht ist ein Kupferdraht, also ein so genannter Kupferlackdraht. Ein Kupferlackdraht ist ein isolierter Leiter, der bei der Fertigung mit einer elektrisch isolierenden Lackschicht überzogen wurde. Die Dicke und das Gewicht dieser Lackisolation ist im Vergleich zu anderen Isolierstoffen mit gleicher Wirkung sehr gering. Ein Kupferlackdraht wird daher bevorzugt zum Bau von elektrischen Spulen, Transformatoren und Maschinen verwendet. Weitere Anwendungen sind lötbare Schalldrähte sowie die Herstellung von Hochfrequenzlitzen.

[0003] Durch den Einsatz von Kupferlackdraht wird die mechanische Baugröße elektrischer Maschinen in günstiger Weise verringert, wobei sich durch die Konzentration der elektrischen und magnetischen Felder auf kleinerem Raum im Rahmen der Wickeltechnik räumliche Einsparungseffekte ergeben. Letztlich führt diese Verringerung der Baugröße durch kürzere Leitungswege auch zu Energieeinsparungen bei gleicher Leistungsabgabe.

[0004] Elektroisolerlacke werden zur Beschichtung der Kupferlackdrähte, die als elektrische Leiter in elektrischen Bauteilen wie Spulen, Rotoren und Statoren verwendet werden, eingesetzt. Um diese elektrischen Bauteile herzustellen, wird der beschichtete und isolierte Runddraht mit automatisierten Wickelmaschinen aufgewickelt. Dabei sollten die lackierten elektrischen Drähte an den Kanten der elektrischen Bauteile nicht verletzt werden und sich leicht in die Nuten der Bauteile einfügen, damit eine hohe Packungsdichte des Drahtes in den elektrischen Bauteilen erreicht werden kann. Hohe Packungsdichten sind erforderlich, um eine optimale Induktionsleistung zu erreichen. Eine hohe Packungsdichte ist außerdem erstrebenswert, da elektrische Maschinen wie beispielsweise Elektromotoren, die solche elektrischen Bauteile enthalten, mehr und mehr miniaturisiert werden, da eine gestiegene Nachfrage nach immer kleineren Geräten und Bauteilen besteht.

[0005] Beispielsweise werden Niederspannungsmotoren üblicherweise mittels gewickelten Rund-Lackdrähten hergestellt, welche nach dem Wickelprozess in das Statorblechpaket eingezogen werden. Ein limitierender Faktor ist dabei die Kupferfüllung in der Nut, also die Anzahl der Drähte, welche mittels dieser Technologie vollautomatisiert in die Nut eingebracht werden können. Die Kupferlackdrähte werden zunächst mittels eines so genannten Flyer-Wicklers um eine Schablone gewickelt und im Anschluss im Bündel in die Nut gezogen. Hierbei wird die zunächst sehr geordnete Wicklung nicht weiter fixiert, wodurch ungünstige Gelege entstehen können, - wie z.B. Drahtkreuzungen. Solche Kreuzungen vergrößern zusätzlich den effektiven Querschnitt der Drahtbündel wodurch die benötigte Einzugskraft und dadurch die

Belastung sowohl auf den Einziehautomaten als auch auf die Wicklung weiter erhöht wird. Um diese Kräfte zu minimieren und damit die maximal mögliche Kupferfüllung zu erhöhen, werden nach dem Stand der Technik gleitfähige Wachse, z.B. Paraffine, als Überzug eingesetzt. Auch wird durch die Nutzung von Siloxan-Co-Polymeren in der obersten Drahtlackschicht eine deutliche Erhöhung der Gleitfähigkeit erzeugt.

[0006] Eine gute Gleitfähigkeit ermöglicht so die Verarbeitung des Kupferlackdrahtes in modernen Hochgeschwindigkeitswickelautomaten, in welchen Draht-, Brems- und/oder Führungssysteme den Kupferlackdraht stark beanspruchen. Aus diesen Gründen hat sich das Merkmal der Gleitfähigkeit von Drähten zu einem wichtigen Qualitätsmerkmal für die Herstellung und Verarbeitung von isolierten Runddrähten entwickelt.

[0007] Aus der EP 3769403 A1 ist ein elektrisches Isolationssystem EIS eines Elektromotors bekannt, das elektrische Leiter in Form von Rundlackdrähten mit einer in einer Nut eines Blechpakets eines Stators angeordneten Rundlack-Drahtwicklung umfasst. Zwischen den Wicklungen der Leiter sind die Hohlräume mit Imprägnierharz ausgefüllt. Der Gehalt an Imprägnierharz wird durch Einbringen eines Imprägnierharz-haltigen Trägers in den Leiter bestimmt, um die Hohlräume im Leiter des Blechpakets ausreichend zu vergießen. Dabei benetzt das Imprägnierharz die Oberfläche des Runddrahtlacks vor der Aushärtung.

[0008] Der Drahtlack an sich umfasst eine Vielzahl einzelner Kunststoffschichten, beispielsweise aus Polyethylen, "PE", Polyetherimid, "PEI", Polyamidimid "PAI", Polyimid "PI", wobei beispielsweise jede Schicht für sich gleitfähig auf der darunter und/oder darüberliegenden Schicht aufgebracht ist, um flexibel gegenüber mechanischer Belastung, z.B. Streckung, Biegung, etc. zu sein.

[0009] Mittels der Siloxan-Co-Polymerentechnologie - zumindest in der obersten Drahtlackschicht - ist es möglich, sehr hohe Kupferfüllungen vollautomatisiert zu realisieren, jedoch ist eine nachträgliche Imprägnierung - beispielsweise der gefüllten Nut - mittels Imprägnierharz, dass beispielsweise Polyetherimid, Polyether und/oder Epoxidharz umfasst, nicht möglich, da die chemischen Oberflächengruppen, die die Gleitfähigkeit bewirken, das Imprägnierharz abstoßen. Insbesondere ist keine chemische Anbindung zwischen den unpolaren funktionellen Gruppen - beispielsweise Siloxan- oder Fluorgruppen, also der Gleitlack-Oberfläche einerseits und dem polaren Imprägnierharz andererseits, herstellbar. Eine Imprägnierung eines Runddrahtes mit hoher Gleitfähigkeit, hergestellt durch Fluor und/oder Siloxangruppen an der Oberfläche, ist daher bislang nicht möglich. Für Niederspannungsmotoren werden aber regelmäßig Imprägnierharze in den Nuten eingesetzt.

[0010] Daher ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Runddrahtlack zur Verfügung zu stellen, der hohe Gleitfähigkeit mit guter Imprägnierbarkeit mit den herkömmlichen Imprägnierharzen auf Basis von Polyurethan, Polyetherimid, Polyether und/oder Epoxidharz

kombiniert.

[0011] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand der vorliegenden Erfindung, wie er in der Beschreibung, den Figuren und den Ansprüchen offenbart ist, gelöst.

[0012] Dementsprechend ist Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein lackisolierter Runddraht, einen elektrischen Leiter, der mit Drahtlack isoliert ist, der den Runddraht ummantelnd umgibt, umfassend, dergestalt, dass eine Schicht aus thermisch instabilem Material als oberste Schicht oder als vorletzte, direkt an die Oberfläche angrenzende Schicht der Drahtlackisolierung vorgesehen ist.

[0013] Außerdem ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines lackisolierten Runddrahtes, folgende Verfahrensschritte umfassend:

- Aufbringen von polymerisierbarem Lackmaterial schichtweise auf den Runddraht,
- Schichtweise Aushärten und Polymerisieren des Lackmaterials zum Erhalt einer dünnen polymerisierten Lackschicht,
- Optional Wiederholen der ersten beiden Verfahrensschritte, bis ein Runddraht mit einer Lackisolation im Multilagen-Drahtlack-Aufbau vorliegt,
- Aufbringen einer thermisch instabilen Schicht darüber,
- Herstellen der Wicklung,
- Einziehen der Wicklung in die Nut,
- Erwärmen der gefüllten Nut, wodurch eine Zersetzung der thermisch instabilen Schicht in Gang gesetzt wird,
- Imprägnieren durch Eintauchen in flüssiges Imprägnierharz und anschließendes
- Aushärten.

[0014] Schließlich ist noch Gegenstand der Erfindung die Verwendung eines lackisolierten Runddrahtes wie oben beschrieben und darauf einer Lage aus thermisch instabilem Material zur Herstellung von Niederspannungs-Elektromotoren.

[0015] Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird eine Gleitlackschicht über der thermisch instabilen Schicht aufgebracht, die beim Zersetzen der thermisch instabilen Schicht zumindest löchrig wird und/oder an einigen Stellen durch Gasfreisetzung der sich zersetzenden unteren thermisch instabilen Schicht teilweise oder ganz entfernt wird. Die Gleitlackschicht kann vollflächig oder teilweise vorgesehen sein, wobei bei teilweiser Beschichtung mit Gleitlack dieser als bereichsweise wie "Eisschollen" auf der unteren Schicht, vor allem beim Aufschmelzen auf der unteren Schicht, treibt. Der Gleitlack kann einen Flächenanteil beispielsweise im Bereich von 40% bis zu 100%, bevorzugt 50% bis 99%, insbesondere auch im Bereich von 55% bis 95% der Oberfläche der Drahtlack-Isolation ausmachen.

[0016] Nach einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung wird ein Gleitlack chemisch so konzipiert, dass die Basis thermisch instabil ist, wobei Gleit-

fähigkeit oberflächlich durch Einbringen, Copolymerisieren, Vermischen und/oder Blenden des Basispolymers mit Gleitfähigkeits-Bestandteilen erzielt wird.

[0017] Solche Gleitfähigkeits-Bestandteile sind z.B. Paraffine, Wachse, Seifen, Schmierstoffe, Festschmierstoffe, organische Gruppen und Verbindungen wie Tenside, Siliziumorganischen Verbindungen, insbesondere also Siloxane, Polysiloxane, Silazane, Polysilazane, Bor-nitrid, fluorierte Verbindungen wie Perfluorooctanäure "PFOA", Polytetrafluorethylen "PTFE" oder "Teflon®" und ähnliches in den thermisch instabilen Drahtlack-Isolierschichten.

[0018] Nach einer Ausführungsform der Erfindung wird die oberste Drahtlack-Isolationsschicht aus einem thermisch instabilen Material wie Polyethylen gemacht, damit sich nach dem Einbringen in die Nut beim Erwärmen diese Schicht zersetzt und die darunter liegenden Schichten, die z.B. Teil eines Multilagen-Drahtlack-Aufbaus sind, der mit den Imprägnierharzen kompatibel ist, freilegt.

[0019] Die thermisch instabile Schicht umfasst beispielsweise eine Verbindung ausgewählt aus der Gruppe umfassend: Polyethylen, Polyethylenglykol, Polyolefin und/oder Polyolefin-Wachs allein oder in beliebigen Kombinationen. Dabei kann durch Variation der Kettenlänge des Polymers die Temperaturstabilität beeinflusst werden. Grundsätzlich wird dabei die Temperaturstabilität bei längerer Kettenlänge zu höheren Temperaturen verschoben.

[0020] Beim Imprägnieren von Elektromotoren wird häufig das so genannte Strom UV-Verfahren verwendet, wobei die Statoren vor dem Eintauchen in das flüssige Imprägnierharz vorab durch Bestromung der einzelnen Phasen erwärmt werden. Hierbei erreichen die Temperaturen in den Kupferwicklungen, welche - eben durch den Joule'schen Effekt direkt erhitzt werden - kurzzeitig 200°C bis 300°C, bevor sich die Wärme - relativ - homogen im Stator verteilt. Ein Anklemmen der Statoren und beheizen ist also üblich, auch um die Viskosität des Imprägnierharzes zu reduzieren und die chemische Gelierung gezielt herbeizuführen.

[0021] Herkömmliche Drahtlacke umfassen mehrere, beispielsweise im Bereich von 3 bis 30 Schichten verschiedener oder gleicher Polymere, z.B. Polyetherimid, Polyetherimin und/oder Polyamidimid, sowie beliebige Kombinationen oder Mischungen daraus. Dies wird allgemein als Multilagen-Drahtlack-Aufbau des Draht-Isolierlacks bezeichnet.

[0022] Insbesondere werden für den Multilagen-Drahtlack-Aufbau Imprägnierharze auf Basis von Polyurethan, gesättigtem und insbesondere bevorzugt ungesättigtem Polyesterimid, Polyamidimid, Polyester und/oder Epoxidharz, sowie beliebige Kombinationen, Mischungen, Copolymeren und/oder Blends davon, kombiniert, eingesetzt.

[0023] Die Anzahl der Schichten variiert, beispielsweise liegt sie zwischen 3 und 25 Schichten, bevorzugt bei 7 bis 20 Schichten, oder 10 bis 20 Schichten, insbeson-

dere bevorzugt beispielsweise bei 15 Schichten.

[0024] Bevorzugt werden die Schichten voneinander getrennt gehärtet, so dass dazwischen jeweils gleitfähige Grenzflächen entstehen und keine chemische Verbindung zwischen den Schichten auftritt.

[0025] Beispielsweise kann die thermisch instabile Schicht auch als eine - im Vergleich zu den anderen Drahtlackschichten etwas dickere - oberste Schicht aufgetragen werden.

[0026] Die Schichten des Multilagen-Drahtlack-Aufbaus für die Drahtlackisolierung von Runddrähten liegen in Bezug auf die Schichtdicke im Bereich von 0,2 μm bis 200pm, insbesondere von 0,3 μm bis 50 μm und besonders vorteilhaft im Bereich zwischen 0,5 bis 20 μm .

[0027] Die thermisch instabile Schicht wird beispielsweise auch als Prepreg auf Basis von Polyethylen und/oder Polyethylenglykol aufgebracht.

[0028] Im Folgenden wird die Erfindung noch anhand von drei Figuren, die den Stand der Technik und beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung zeigen, näher erläutert:

Figur 1 zeigt einen Überblick über den Stand der Technik, wie lackisolierte Runddrähte üblicherweise aufgebaut sind und als imprägnierter Verbund in einer Nut, beispielsweise eines Niederspannungs-Elektromotors wie eines Traktionsmotors, vorliegen.

[0029] Zu erkennen ist ein Verbund 7 aus mit Drahtlack 2 lackisolierten und mit Imprägnierharz 3 imprägnierten Runddrähten 1.

[0030] Rechts neben dem Verbund wird ein kegelförmiger Detailausschnitt 4 vergrößert gezeigt, wobei wieder der Runddraht 1, und Drahtlack 2 zu erkennen ist. Beim Drahtlack 2 sind in der vergrößerten Darstellung die einzelnen Schichten 4 erkennbar.

[0031] Unter der Detailansicht befindet sich eine weitere Vergrößerung des oben gezeigten kegelförmigen Ausschnitts, wobei hier ein weiterer Stand der Technik gezeigt ist. Dabei befindet sich oberhalb der üblichen Drahtlackschichten 2 z.B. mit einem Schichtaufbau 4, wie oben gezeigt, eine Gleitlackschicht 5. Diese Gleitlackschicht 5 umfasst z.B. ein Siloxan-Copolymer, wodurch die Gleitlackschicht 5 eine gleitfähige Oberfläche 8 erhält, an der das Imprägnierharz 3 aber leider abperlt.

[0032] Direkt angrenzend an den Bereich zwischen Runddraht 1, herkömmlicher Drahtlack 2, befindet sich also diese Lage Gleitlack 5 mit Gleitfähigkeits-Zusatz, beispielsweise mit einem Siloxan-Copolymer und darauffolgend eine rot eingezeichnete gestrichelte Grenzfläche 8 auf der Oberfläche der Gleitlackschicht 5, die die zumindest schlechte oder gar komplett fehlende chemische Anbindung des Imprägniermittels 3 an die oberste mit Gleitmittel an der Oberfläche angereicherte Gleitlackschicht 5 in der Figur 1 verdeutlicht. Wegen dieser Schicht 8, die sich nach dem SdT ausbilden würde, wenn die Runddrähte mit Gleitlackschicht 5 mit Imprägnierharz 3 imprägniert würden, ergibt sich das Problem der vorliegenden Erfindung. Die Technik mit Gleitlackdrähten wird grundsätzlich nur ohne nachfolgende Imprägnie-

rung eingesetzt, weil das Imprägnieren technisch nichts bringt, solange das Imprägnierharz 3 am Gleitlack 5 abperlt.

[0033] Figur 2 zeigt - ausgehend von diesem Stand der Technik - die Lösung gemäß der vorliegenden Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels.

[0034] Genutzt wird wieder der Multilagen-Drahtlack-Aufbau 2 respektive 4 auf dem Runddraht 1. Als oberste "letzte" Schicht wird eine dünne Gleitlackschicht 5 aufgebracht. Es gibt viele Gleitlacke 5, die sich für den hier relevanten Einsatzbereich eignen. Beispielsweise eignen sich natürliche Wachse, Montanwachse, Polyethylenwachse, und Copolymere mit Propylenpolymeren aus höheren α -Olefine, Polypropylenoxide, Ester aus höher funktionellen Polyolen und längerkettige Fettsäuren. Aber auch Polytetrafluorethylen-Dispersionen, wie sie aus der WO 2007/045575 bekannt sind, eignen sich als Gleitlack für die Gleitlackschicht 5. Schließlich gibt es Gleitlackschichten 5 mit Siloxan-Copolymer, die als Gleitlackschicht 5 geeignet sind. Bei einem weiteren Ansatz zur Verbesserung der Gleitfähigkeit von Elektroisolerlacken werden die im Lack enthaltenden Polymere mit Komponenten funktionalisiert, z.B. die Modifizierung von Polyamidimiden mit terminalen längerkettigen Alkylgruppen.

[0035] Unter der letzten obersten Gleitlackschicht 5 und direkt anschließend daran befindet sich als "vorletzte" Schicht eine thermisch instabile Schicht 10, beispielsweise aus Polyethylenglykol. Die thermisch instabil Schicht 10 kann auch aus einem anderen geeigneten Polymer sein, das bei höheren Temperaturen, wie sie beispielsweise bei der Herstellung der Niederspannungsmotoren mit bereits gefüllten Stator-Nuten auftreten, zersetzt und - durch beispielsweise Gasentwicklung wie CO₂-Entwicklung - die obere Schicht zumindest zum Teil absprengt, wie nach dem Pfeil 11 in der Figur 2 gezeigt.

[0036] Kern der Erfindung ist es, den Multilagenaufbau eines Drahtlackes zu nutzen, um die oberste Schicht aus Gleitlack günstig für den Einziehprozess der lackisolierten Runddrähte in die Statormut des Motors zu nutzen und im Anschluss - nach dem Befüllen der Nut - durch den Temperatureintrag die Gleitschicht durch "Aufplatzen" einer darunterliegenden Schicht so weit zu zerstören, dass eine chemisch mit dem Imprägnierharz anbindbare Oberfläche freigelegt wird.

[0037] Dies zeigt die Figur 2: Ganz links in der Figur 2 ist eine thermisch instabile Schichtschicht 10, als "vorletzte" dünne Lage auf den Multilagen-Drahtlack-Aufbau 2 - 4 zu erkennen. Darüber befindet sich die letzte Schicht aus Gleitlack 5, der chemisch an das Imprägnierharz nicht anbindbar ist.

[0038] Pfeil 11: Durch Erwärmen, z.B. Bestromen, der sich bereits in der Nut befindlichen Wicklung während der Herstellung des Motors, entsteht ein Temperatureintrag und der thermisch instabilen Schicht 10 und zersetzt diese. Das Zersetzen setzt in der Regel CO₂ gasförmig frei und bewirkt so ein Aufplatzen der darüberliegenden

Gleitlackschicht 5 an vielen Stellen, so dass das Material der vorletzten Schicht 10 auf der Oberfläche der Lackisolation zu liegen kommt. Siehe mittige Darstellung der Figur 2.

[0039] Pfeil 12: Imprägnieren der Wicklung mit Imprägnierharz 3 trifft nun auf eine Oberfläche, die zumindest zum Teil aus thermisch instabiler Schicht 10 besteht, wodurch an diesen Stellen eine gute chemische Anbindung des Imprägniermittels 3 an die thermisch instabile Schicht 10 möglich wird. Andererseits wird unterhalb der zersetzten thermisch instabilen Schicht 10 der Multilagen-Drahtlack-Aufbau 2, respektive 4, freigelegt, über den auch eine gute chemische Anbindung an das Imprägnierharz 3 möglich ist.

[0040] Links in der Figur 2 zeigt dann die gemäß der Erfindung gute chemische Anbindung des Imprägnierharzes 3 an die Oberfläche des lackisolierten Runddrahtes 1, weil an vielen Stellen das Material der thermisch instabilen Schicht 10 oder des Multilagen-Drahtlacks 4 die Oberfläche der Drahtisolation bildet.

[0041] Figur 3 zeigt eine weitere vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung. Dabei wird durch Einbringen von Siloxangruppen in die thermisch instabile Schicht nach dem Einziehen der mit Gleitlack beschichteten Runddrähte in die Nut bei der folgenden Erwärmung die Gleitlackschicht zumindest zum Teil zersetzt, wodurch der darunterliegende Multilagen-Drahtlack-Aufbau 4 freigelegt wird und oberflächlich mit einem Imprägnierharz eine gute chemische Anbindung ausbilden kann.

[0042] Im Einzelnen wird wieder links der Aufbau eines in die Nut mittels oberflächlichem Gleitlack 9 eingezogenen Runddrahtes 1 dargestellt. Der Gleitlack 9 ist so konzipiert, dass er neben den Gleiteigenschaften, die durch enthaltene Siloxangruppen erzielt werden, als Basismaterial ein thermisch instabiles Material, wie beispielsweise Polyethylen und/oder Polyethylenglykol, hat.

[0043] So entsteht bei Temperatureintrag - dargestellt durch Pfeil 11 -, der während der Herstellung eines Motors erfolgt, eine Auflösung des Gleitlacks 9 auf thermisch instabiler Materialbasis. Unterhalb des Gleitlacks 9 wird der Multilagen-Drahtlack-Aufbau 4 freigelegt, der - siehe Pfeil 12 - beim Imprägnieren mit Imprägnierharz 3 eine chemisch an das Imprägnierharz 3 gut anbindbare Oberfläche hat.

[0044] Somit können sowohl die Vorteile der Gleitlacktechnik als auch die des Imprägnierens genutzt werden.

[0045] Bislang konnten gleitfähige Drahtlacke, insbesondere auch mit Siloxangruppen-haltigen Polymeren, nicht imprägniert werden, da die oberste "letzte" Gleitschicht beim Multilagenaufbau des Drahtlacks aufgrund der Siloxangruppen unpolare Eigenschaften hat. Die Erfindung zeigt, dass der Multilagenaufbau genutzt werden kann, um durch den ohne oftmals vorhandene Zwischenschritt mit Temperatureintrag der Bestromung und/oder Joule'sehen Erwärmung kurzzeitig auf 200°C oder mehr die oberste Gleitlack-schicht zumindest aufzubrechen, so dass eine darauffolgende Imprägnierung mit flüssigem Imprägnierharz an die unter der obersten Gleit-

schicht befindliche thermisch instabile Schicht anbinden kann.

Bezugszeichenliste

5

[0046]

- | | |
|----|--|
| 1 | Runddraht |
| 2 | Drahtlack |
| 10 | 3 Imprägnierharz |
| 4 | Multilagen-Drahtlack-Aufbau |
| 5 | Gleitlack nach dem Stand der Technik |
| 6 | Detailausschnitt |
| 7 | Verbund aus lackisoliertem Runddrähten und Imprägnierharz |
| 15 | 8 Grenzfläche, die chemisch nicht an Imprägnierharz anbindet |
| 9 | Thermisch instabile Gleitlackschicht |
| 10 | Thermisch instabile vorletzte Schicht |
| 20 | 11 Pfeil |

Patentansprüche

- 25 1. Lackisolierter Runddraht, ein elektrischer Leiter, der mit Drahtlack isoliert ist, der den Runddraht ummantelnd umgibt, umfassend, dergestalt, dass eine Schicht aus thermisch instabilem Material mit einem Gleitfähigkeits-Bestandteil als oberste Schicht vorgesehen ist und/oder eine thermisch-instabile Schicht als vorletzte, direkt an die Oberfläche angrenzende Schicht der Drahtlackisolation vorgesehen ist.
- 30 2. Runddraht nach Anspruch 1, bei dem der Drahtlack in einem Multilagen-Drahtlack-Aufbau mit 2 bis 40 Schichten, realisiert ist.
- 35 3. Runddraht nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei dem ein Multilagen-Drahtlack-Aufbau mit 10 bis 20 Schichten vorliegt.
- 40 4. Runddraht nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die einzelnen Schichten des Drahtlacks eine Schichtdicke im Bereich von 0,2 bis 200µm haben.
- 45 5. Runddraht nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die einzelnen Lagen des Multilagen-Drahtlack-Aufbaus aus polymerem Material sind.
- 50 6. Runddraht nach Anspruch 4, bei dem die einzelnen Lagen des Multilagen-Drahtlack-Aufbaus ein Imprägnierharz, ausgewählt aus der Gruppe folgender Verbindungen: Epoxid, Polyetherimid, Polyurethan und/oder Polyamidimid, sowie beliebige Kombinationen und/oder Mischungen daraus, umfassen.
- 55

7. Runddraht nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem nach jeder Drahtlack-Schicht des Multilagen-Drahtlack-Aufbaus eine Aushärtung der Schicht vor dem Aufbringen der nächsten Schicht erfolgt und damit zwischen den Schichten gleitfähige Oberflächen vorhanden sind. 5
8. Runddraht nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die thermisch instabile Schichtschicht ein oder mehrere Gleitfähigkeits-Bestandteile umfasst. 10
9. Runddraht nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die thermisch instabile Schicht Siloxan-Silazan und/oder Fluorgruppen umfasst, die der thermisch instabilen Schicht eine gleitfähige Oberfläche verleihen. 15
10. Runddraht nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die thermisch instabile Schichtschicht ein Material, ausgewählt aus der Gruppe folgender Verbindungen: Polyethylen, Polyethylenglykol, Polyolefin- und/oder Polyethylenwachs allein oder in beliebigen Kombinationen, Blends und/oder Copolymeren, umfasst. 20
25
11. Runddraht nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die thermisch instabile Schichtschicht dicker als die anderen Schichten des Multilagen-Drahtlack-Aufbaus ist. 30
12. Runddraht nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Multilagen-Drahtlack-Aufbau des Runddrahtes als vorletzte Schicht eine thermisch instabile Schicht hat und darauf liegend als letzte und oberste Schicht eine Gleitlackschicht umfasst. 35
13. Verfahren zur Herstellung eines lackisolierten Runddrahtes, folgende Verfahrensschritte umfassend:
- Aufbringen von polymerisierbarem Lackmaterial schichtweise auf den Runddraht, 40
 - Schichtweise Aushärten und Polymerisieren des Lackmaterials zum Erhalt einer dünnen polymerisierten Lackschicht,
 - Mehrmaliges Wiederholen der ersten beiden Verfahrensschritte, bis ein Runddraht mit einer Lackisolation im Multilagen-Drahtlack-Aufbau vorliegt 45
 - Aufbringen einer thermisch instabilen Schicht darüber, 50
 - Herstellen der Wicklung
 - Einziehen der Wicklung in die Nut
 - Erwärmen der gefüllten Nut, wodurch eine Zersetzung der thermisch instabilen Schicht in Gang gesetzt wird, 55
 - Imprägnieren durch Eintauchen in flüssiges Imprägnierharz und anschließendes
 - Aushärten.
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem der Verfahrensschritt des Erwärmens zumindest zum Teil durch Bestromung durchgeführt wird.
15. Verwendung eines lackisolierten nach einem der Ansprüche 1 bis 12 zur Herstellung von Niederspannungs-Elektromotoren.

FIG 1

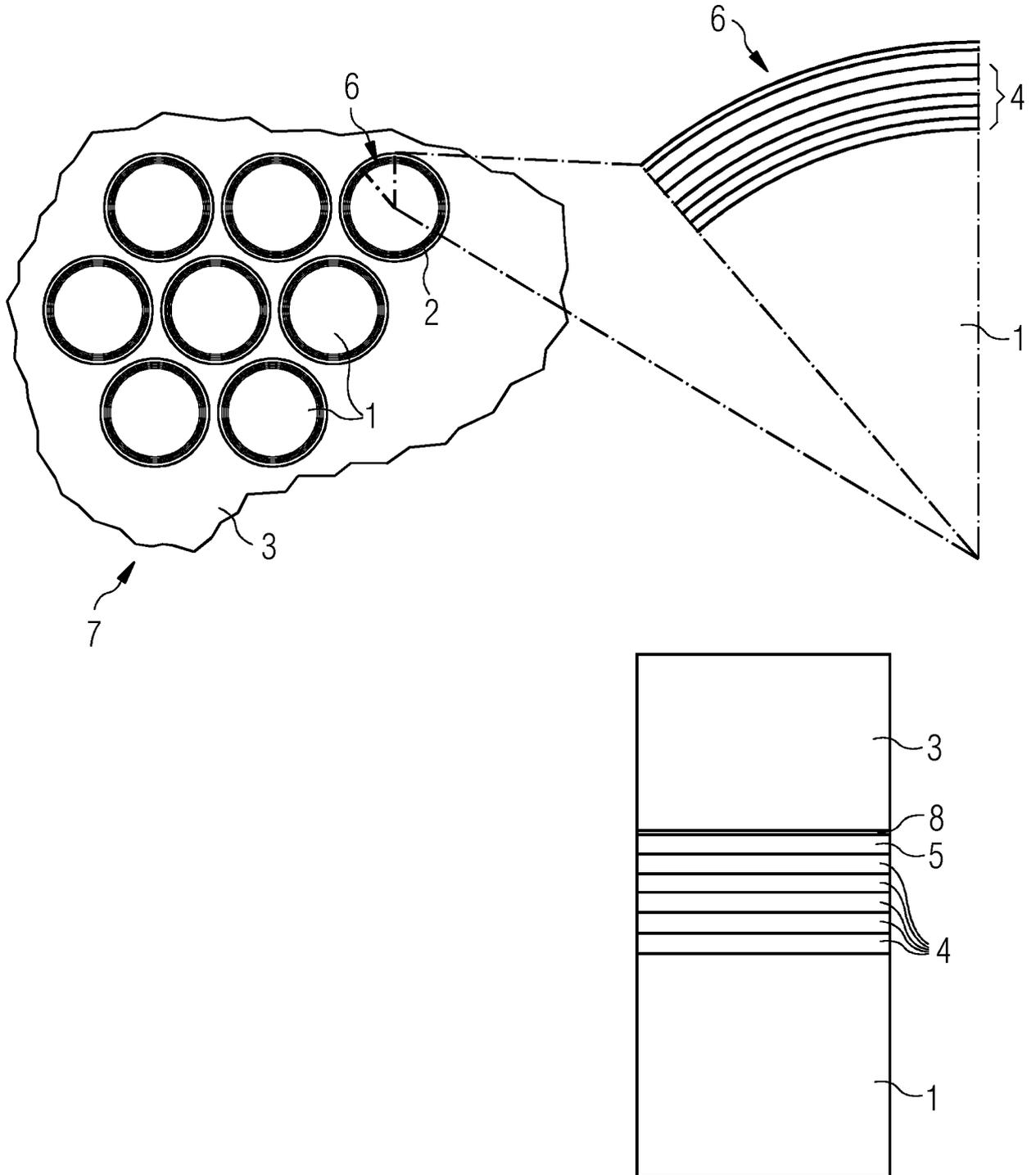


FIG 2

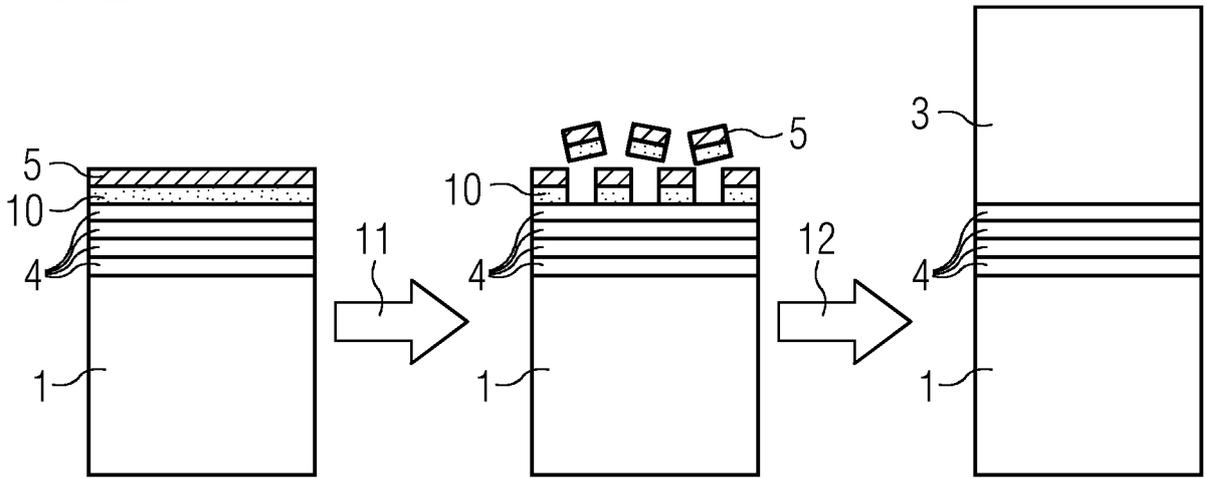
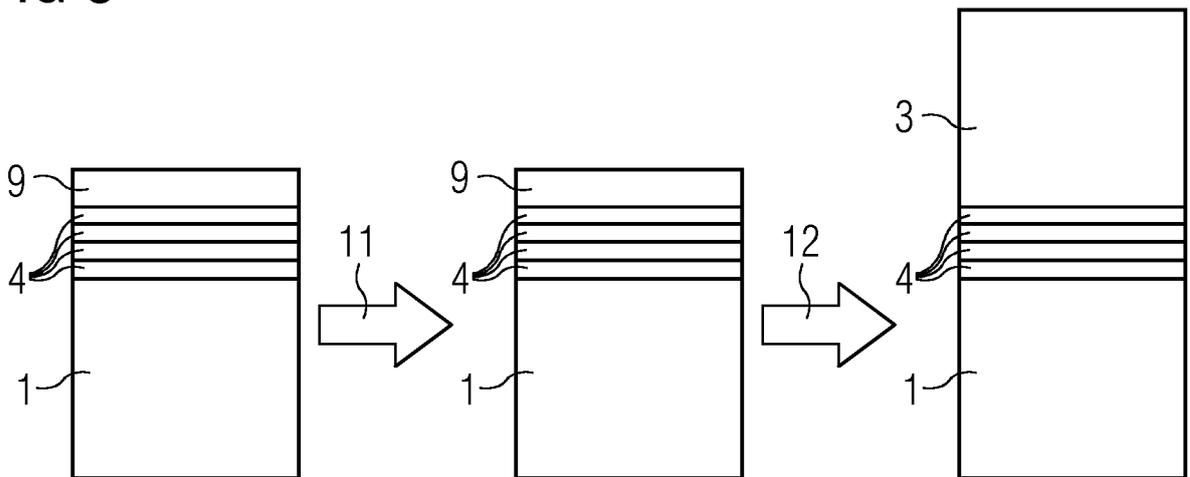


FIG 3





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 22 18 4696

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2010 039168 A1 (SCHWERING & HASSE ELEKTRODRAHT GMBH [DE]) 16. Februar 2012 (2012-02-16)	1-9, 11, 12, 15	INV. H01B13/06 H02K3/30
Y	* Beispiele 6-11 * * Absatz [0043] * * Absatz [0048] *	10, 13, 14	
Y	EP 0 823 120 A1 (BECK & CO AG DR [DE]) 11. Februar 1998 (1998-02-11)	10	
A	* Beispiel 5 *	1-9, 11-15	
Y	US 2021/242760 A1 (KATZENBERGER TOBIAS [DE] ET AL) 5. August 2021 (2021-08-05)	13, 14	
A	* "Background" *	1-12, 15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01B H02K
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 15. Dezember 2022	Prüfer Poole, Robert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 18 4696

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

15-12-2022

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102010039168 A1	16-02-2012	CN 103124753 A	29-05-2013
		DE 102010039168 A1	16-02-2012
		EP 2603535 A1	19-06-2013
		ES 2623380 T3	11-07-2017
		US 2013153261 A1	20-06-2013
		WO 2012020067 A1	16-02-2012

EP 0823120 A1	11-02-1998	AT 204093 T	15-08-2001
		BR 9608294 A	11-05-1999
		DE 19515263 A1	31-10-1996
		EP 0823120 A1	11-02-1998
		ES 2163626 T3	01-02-2002
		JP H11504156 A	06-04-1999
		KR 19990008063 A	25-01-1999
		TW 315387 B	11-09-1997
		US 6022918 A	08-02-2000
WO 9634399 A1	31-10-1996		

US 2021242760 A1	05-08-2021	CN 112219341 A	12-01-2021
		EP 3565090 A1	06-11-2019
		EP 3769403 A1	27-01-2021
		US 2021242760 A1	05-08-2021
		WO 2019211461 A1	07-11-2019

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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

- EP 3769403 A1 [0007]
- WO 2007045575 A [0034]