

(12)

PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1871/88

(51) Int.Cl.⁵ : **H01B 3/30**

(22) Anmeldetag: 21. 7.1988

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 3.1990

(45) Ausgabetag: 25. 9.1990

(56) Entgegenhaltungen:

EP-OS (A2)- 103307 EP-OS (A1)- 104986

(73) Patentinhaber:

HAHN HEINRICH DIPL.ING. DR.
A-1170 WIEN (AT).

(72) Erfinder:

HAHN HEINRICH DIPL.ING. DR.
WIEN (AT).

(54) LACKDRAHT MIT NIEDRIGEM REIBUNGSKOEFFIZIENTEN SOWIE VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES SOLCHEN LACKDRAHTES

(57) Die Erfindung betrifft einen mit einem Gleitlacksystem versehenen Lackdraht mit einem niedrigen Reibungskoeffizienten, bestehend aus einem elektrischen Leiter mit mindestens einer äußersten Beschichtung aus einem elektrisch isolierenden Material aus der Gruppe der Polyurethane oder Polyesterimide, in die ein inneres Gleitmittel aus der Gruppe der Polyalkylenglykole eingebaut ist, und auf den eine geringe Menge eines flüssigen äußeren Gleitmittels aufgebracht wird. Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zur Herstellung des mit einem Gleitlacksystem versehenen Lackdrahtes.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Lackdraht, einen mit einer oder mehreren Isolierschichten versehenen elektrischen Leiter mit einem geringen Gleitmittelbelag und einem niedrigen Reibungskoeffizienten, sowie auf ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Lackdrahtes.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung eines Lackdrahtes, der sich auf den schnellsten automatischen Drahtwickelmaschinen problemlos verarbeiten läßt und der auf Grund seines niederen Reibungskoeffizienten einen hohen Raumfüllfaktor aufweist. Besonders im Dimensionsbereich des Feinstdrahtes ist die Oberflächenglätte ein wesentliches Merkmal für die Einsatztauglichkeit an modernsten Drahtwickelmaschinen. Ist die Oberflächenglätte nicht ausreichend, dann kommt es an den Drahtwickelmaschinen vermehrt zu Drahtbrüchen, wodurch der Maschinenausnutzungsgrad stark absinkt. Isoliermaterial aus Polyamid wird in der Drahtindustrie seit langem als Gleitdecklack als der am besten wickelbare Lackfilm verwendet, weil es eine glatte Oberfläche besitzt und demzufolge die Windungen sich beim Wickeln in den Wickelraum dicht aneinander legen und weil damit der Einsatz an automatischen Drahtwickelmaschinen bei bis zu 12000 min^{-1} möglich ist. Polyamid wird auch deshalb eingesetzt, weil bei der Verwendung von Polyamid keine festen Paraffinteilchen an die Raumluft abgegeben werden, wie das bei herkömmlichen mit festem Paraffin versehenen Lackdrähten der Fall ist. Dadurch verschmutzt nicht nur die Wickelmaschine, sondern der Einsatz eines solchen herkömmlichen Lackdrahtes in der Reinraumtechnik ist wegen der Abgabe von festen Paraffinpartikeln an die Raumluft ausgeschlossen. Beim Einsatz von mit Polyamid beschichteten Lackdrähten an modernsten Drahtwickelmaschinen mit bis zu 18000 min^{-1} ist aber die Oberflächenglätte des Polyamids nicht mehr ausreichend, sodaß es vermehrt zu Drahtbrüchen beim Abwickelvorgang kommt. Das erfindungsgemäße Isoliermaterial stellt eine große Verbesserung gegenüber Polyamid dar. Im Laboratorium durchgeführte Untersuchungen des Reibungskoeffizienten (nach der DIN-Norm 46 453, Teil 1) brachten einen um 30 % besseren Reibungskoeffizienten mit Bezug auf Polyamid. Bei diesen Versuchen läßt sich die optimale Wickelbarkeit durch den niedrigen Reibungskoeffizienten voraussagen. Der Reibungskoeffizient, den ein Isoliermaterial aufweist, ist in erster Linie auf das Material zurückzuführen, welches für die äußere Lackschicht verwendet wird und kann in einem bestimmten Bereich durch die Verwendung von festen oder flüssigen Gleitmitteln beeinflußt werden. Für Polyamid-beschichtete Lackdrähte beträgt der Reibungskoeffizient 0.17. Die erfindungsgemäßen Isoliermaterialien weisen Reibungskoeffizienten von 0.11 bis 0.12 auf, einen Wert, der auch mit den besten mit einem festen Gleitmittel versehenen Lackdrähten gerade erreicht wird.

Es hat nicht an Versuchen gefehlt, den Lackdrähten mit festen Gleitmitteln, wie Hartparaffinen oder Carnaubawachs oder Gemischen von Hartparaffinen und verschiedenen Wachsen, zu besseren Gleit- und Schmiereigenschaften zu verhelfen. Feste Gleitmittel, wie die oben Genannten, weisen bei herkömmlichen Lackdrähten bessere Gleit- und Schmiereigenschaften auf als flüssige Gleitmittel, wie Mineralöle oder synthetische Öle.

Eine andere Möglichkeit, bessere Gleit- und Schmiereigenschaften des Decklackes zu erreichen, besteht darin, dem Decklack hohe Selbstschmier-Eigenschaften durch den Einbau innerer Gleitmittel zu verleihen. Es gibt zahlreiche Patente, die sich mit der Lackmodifizierung durch den Einbau von Polyäthylen, Polypropylen, Polytetrafluoräthylen, Siliconölen, Polysiloxanen oder anderen fluorhaltigen oberflächenaktiven Substanzen beschäftigen, wie beispielsweise die Patentschriften EP-0 104 986, US-4 693 936, US-4 614 670, US-4 612 246, DD-32 371, CH-494 453, US-3 413 148, DE-2 041 897, US-3 775 175, DE-2 000 638, DE-3 237 022 und GB-2 103 109. Die Probleme, die dabei auftauchen, sind einmal die meist sehr geringen Löslichkeiten von Substanzen wie Polyäthylen, Polypropylen, Polytetrafluoräthylen in den Lacken, andererseits sind diese Substanzen schwierig in den Lacken zu dispergieren. Außerdem sind diese Lacke auch nicht besonders stabil und es ist auch schwierig, die dispergierten Substanzen gleichmäßig in die Decklackschicht einzubauen.

Gelöst wird die vorliegende Aufgabe durch einen Lackdraht mit niedrigem Reibungskoeffizienten, bestehend aus einem elektrisch leitendem Substrat mit einem äußeren Durchmesser im Bereich von 0.010 bis 0.1 mm, das mindestens eine äußerste Beschichtung aus einem elektrisch isolierenden Material aus der Gruppe der Polyurethane oder Polyesterimide aufweist, in das ein inneres Gleitmittel eingearbeitet ist und der einen sehr dünnen Überzug von flüssigem Paraffinöl als äußeres Gleitmittel aufweist, der erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet ist, daß das innere Gleitmittel aus der Gruppe der Polyalkylenglykole stammt.

Abgesehen davon, daß die Aufgabe gelöst ist, ergeben sich die Vorteile, daß die Polyalkylenglykole den fertigen handelsüblichen Lacken zugegeben werden können, wodurch in einfacher Weise der Reibungskoeffizient erniedrigt werden kann, und daß damit auch Drähte mit kleinstem Durchmesser mit einem Gleitdecklack lackiert werden können (zum Unterschied von der Gleitlack-Dispersion nach EP-A-104 986 werden die gelöst vorliegenden Polyalkylenglykole beim Einbrennen in den Decklack ein-integriert).

Der in die Decklackschicht eingebaute Massenanteil an Polyalkylenglykol beträgt vorzugsweise 0.01 bis 40 %, bezogen auf die Masse des Lackharzes.

Der Draht erhält eine Grundlackschicht mit einem herkömmlichen Beschichtungsmittel aus der Gruppe der Polyurethan- bzw. Polyesterimidlacke, wobei die Grundlackschicht aus mehreren Einzelschichten desselben Lackes besteht, auf welche die erfindungsgemäß modifizierte Decklackschicht aufgebracht wird, die ebenfalls aus mehreren Einzelschichten aufgebaut sein kann. Die bevorzugte Ausführungsform weist 1 bis 4 Einzelschichten auf.

Die brauchbaren Polyalkylenglykole haben ein mittleres Molekulargewicht, welches von 1500 bis 18000 reicht. Diese Verbindungen sind an sich bekannt und im Handel erhältlich. Hersteller sind beispielsweise HOECHST, HÜLS oder UNION CARBIDE. Entsprechend der Grundstruktur wird zwischen Polyäthylenglykolen, Polypropylenglykolen und Copolymeren der beiden Grundtypen unterschieden. Prinzipiell können alle drei Grundtypen vorteilhaft eingesetzt werden. Die besten Ergebnisse wurden mit Polyäthylenglykol mit einem mittleren Molekulargewicht von 6000 erzielt.

Die erfindungsgemäß modifizierten Decklacke stellt man dadurch her, daß man die oben erwähnten inneren Gleitmittel in einem Lösungsmittel, das mit dem verwendeten Basislack mischbar ist, auflöst und diese Lösung mit dem gewünschten Basislack in einer Menge, vorzugsweise von 0.1 bis 15 % Massenanteil bezogen auf das Gewicht des Harzes, vermischt. Als Lösungsmittel für die Polyalkylenglykole können beispielsweise N-Methyl-2-pyrrolidon (NMP) oder Xylol verwendet werden. Die erfindungsgemäßen Decklacke haben den weiteren Vorteil, daß handelsübliche Basislacke durch Zumischen eines gelösten inneren Gleitmittels und durch Auftragen eines äußeren flüssigen Gleitmittels in ein Gleitlacksystem mit sehr niedrigem Reibungskoeffizienten umgewandelt werden können.

Lackdrähte, die mit einem erfindungsgemäß modifiziertem Decklack hergestellt wurden, auf die aber kein äußeres Gleitmittel aufgebracht worden war, wiesen einen gegenüber dem Basislack stark verminderten Reibungskoeffizienten auf, der den Anforderungen aber noch nicht genügte. Versuche mit zusätzlich aufgetragenen festen äußeren Gleitmitteln brachten nur geringe Verbesserungen in den Gleit- und Schmiereigenschaften. Flüssiges Paraffinöl in geringer Menge hingegen zeigte den überraschenden Effekt einer sehr großen Verbesserung bei den erfindungsgemäß modifizierten Decklacken und ergab Reibungskoeffizienten von 0.11 bis 0.12. Im allgemeinen ergeben flüssige Gleitmittel bei herkömmlichen Lackdrähten schlechtere Reibungskoeffizienten als feste Gleitmittel. Es gibt aber auch Decklacke mit einem eingebauten inneren Gleitmittel, bei denen durch das Auftragen eines flüssigen äußeren Gleitmittels ein viel schlechterer Reibungskoeffizient erhalten wird.

Gegenstand der Erfindung ist also ein mit einem Gleitlacksystem versehener Lackdraht mit einer äußeren Isolationsschicht aus wie oben angegeben modifiziertem Polyurethan oder wie oben angegeben modifiziertem Polyesterimid, auf der sich eine geringe Menge eines Gleitmittelbelages befindet, sodaß durch die Kombination des inneren mit dem äußeren Gleitmittels ein sehr niedriger Reibungskoeffizient erreicht wird. Das äußere Gleitmittel besteht aus Paraffinöl.

Die Erfindung betrifft weiterhin ein Verfahren zur Herstellung von solchen mit einem Gleitlacksystem versehenen Drähten, wobei das in Lösung befindliche Gleitmittel auf den mit dem inneren Gleitmittel versehenen Decklack aufgebracht wird und die beschichteten Drähte getrocknet werden. Das Verfahren enthält folgende Schritte:

- a) Beschichten des elektrisch leitenden Substrates, das einen äußeren Durchmesser von 0.010 bis 0.1 mm aufweist, mit einem elektrisch isolierenden Material aus der Gruppe der Polyurethane oder Polyesterimide,
- b) Einbrennen der gleichmäßig aufgetragenen Beschichtung,
- c) Wiederholen der Schritte a) und b) bis 75 bis 90 % Massenanteil der Gesamt-Drahtbeschichtung erreicht ist,
- d) gleichmäßiges Beschichten des Lackdrahtes mit einem elektrisch isolierenden Material aus der Gruppe der Polyurethane oder Polyesterimide, das 0.01 bis 40 % Massenanteil eines Polyalkylenglykols in gelöster Form enthält,
- e) Einbrennen der Beschichtung bei einer Temperatur, die im Temperaturbereich von 250 bis 750 Grad Celsius liegt,
- f) Wiederholen der Schritte d) und e) bis 100 % Massenanteil der Gesamt-Drahtbeschichtung erreicht ist, und
- g) Aufbringen des äußeren flüssigen Gleitmittels Paraffinöl in einer Menge von 2 bis 5 mg pro 0.2 m² Drahtoberfläche auf die äußerste Decklackschicht.

Gemäß der Erfindung ist es wichtig, die Komponenten der Gleitmittelzusammensetzung in bestimmten Verhältnissen zu verwenden. In Lösung in aliphatischen Kohlenwasserstoff-Lösungsmitteln sollte das Paraffinöl in einer Menge von ungefähr 0.001 bis ungefähr 5 % Massenanteil vorhanden sein, wobei der Rest aus Lösungsmittel besteht. Die bevorzugte Zusammensetzung enthält 0.05 % Massenanteil Paraffinöl, wobei der Rest aus Lösungsmittel besteht. Paraffinöl dünnflüssig der Firma MERCK (Artikelnummer 7174) hat sich als besonders geeignet erwiesen.

Die Lösungsmittel für die Anwendung der Gleitmittelzusammensetzung als Lösung gemäß der Erfindung sind vorzugsweise aliphatische Kohlenwasserstoffe mit einer hohen Verdampfungsgeschwindigkeit, wobei aber der Flammpunkt nicht zu niedrig ist, um eine übermäßige Entzündungsgefahr zu vermeiden. Aliphatische Kohlenwasserstoffe wie z. B. Hexan, Heptan, Octan oder Gemische wie Testbenzin 100/140 können verwendet werden. Auch aromatische Kohlenwasserstoffe können in Abhängigkeit von der Spulenverträglichkeit verwendet werden. Um die Entzündungsgefahr zu verringern, können die oben genannten Stoffe auch in Mischungen mit Freon® - Lösungsmitteln (du Pont de Nemours & Co, Inc.) verwendet werden.

Gemäß der Erfindung kann als elektrisch leitendes Grundmaterial jeder elektrische Leiter verwendet werden, der eine besondere Oberflächenglätte aufweisen soll, obwohl die Erfindung besonders auf Drähte anwendbar ist. Der Draht besteht üblicherweise aus Kupfer oder Messing oder Aluminium. Gemäß der Erfindung werden Drähte mit einem Durchmesser von 0.010 bis 0.100 mm behandelt. Die Drahtisolationen, auf welche das Gleitmittel aufgebracht wird, haben üblicherweise eine Stärke im Bereich von ungefähr 0.002 bis ungefähr 0.093 mm und im

allgemeinen einen Bereich von 0.002 bis 0.029 mm. Der modifizierte Decklack kann als eine einzige Isolationsschicht oder als Teil eines mehrschichtigen Systems aufgebracht werden. Es kann jedes verträgliche Grundsichtmaterial für ein mehrschichtiges System verwendet werden. Die bevorzugte Ausführungsform ist mit dem gleichen Basislack, der zur Herstellung des modifizierten Decklackes dient, beschichtet. Die

5 Decklackschicht macht vorzugsweise ungefähr 10 bis 25 % Massenanteil der gesamten Drahtbeschichtung aus.
Das äußere Gleitmittel kann in jeder herkömmlichen Weise aufgebracht werden, beispielsweise mit Beschichtungsdüsen, Rollen oder Filzapplikatoren. Erfindungsgemäß wird vorzugsweise eine Lösung des Gleitmittels in einem niedrigsiedenden Kohlenwasserstoff verwendet, die mit Filzapplikatoren aufgebracht und an der Luft getrocknet werden kann, wobei ein sehr dünner Gleitmittelfilm auf dem Draht verbleibt. Es kann zwar
10 jede Menge des Gleitmittels aufgebracht werden, aber das Aufbringen wird vorzugsweise so ausgeführt, daß die Beschichtung ungefähr 2 bis 5 mg pro 0.2 m² Drahtoberfläche beträgt.

Beispiel 1:

Durch Zugabe von 150 g einer Lösung mit 10% Massenanteil von Polyäthylenglykol 6000 in NMP zu
15 500 g eines Polyurethanlackes der Firma STOLL, mit 21 % Massenanteil Festkörper und einer Viskosität von 16 Sekunden, und anschließend 15-minütigen Rühren wurde ein modifizierter Decklack erhalten. Ein Kupferdraht von 0.05 mm Durchmesser wurde zuerst mit dem nicht modifizierten Polyurethanlack und anschließend mit dem modifizierten Decklack beschichtet. Der Decklack wurde in zwei Schichten in einer Schichtdicke von insgesamt 2.0 µm mittels Filzapplikatoren aufgebracht und bei einer Ofentemperatur von
20 370 Grad Celsius und einer Drahtabzugsgeschwindigkeit von 350 m pro Minute eingebrannt. Auf den eingebrannten Lackdraht wurde vor dem Aufwickeln 2.5 mg Paraffinöl pro 0.2 m² Drahtoberfläche in Form einer Lösung mit 0.05 % Massenanteil von Paraffinöl in Testbenzin 100/140 aufgebracht und an der Luft getrocknet. Der nach diesem Verfahren hergestellte Draht wies einen Reibungskoeffizienten von 0.12 auf.

Beispiel 2:

Lackdraht wie nach Beispiel 1 hergestellt, aber ohne das Aufbringen eines äußeren Gleitmittels. Der nach diesem Verfahren hergestellte Draht wies einen Reibungskoeffizienten von 0.17 - 0.19 auf.

Beispiel 3:

Lackdraht wie nach Beispiel 1, aber an Stelle des Polyurethanlackes wurde ein Polyesterimid der Firma SCHENECTADY mit 24 % Massenanteil Festkörper und einer Viskosität von 18 Sekunden eingesetzt. Dieser Decklack wurde bei einer Ofentemperatur von 385 Grad Celsius und einer Drahtabzugsgeschwindigkeit von
30 140 m pro Minute eingebrannt. Auf den eingebrannten Lackdraht wurde vor dem Aufwickeln 3.0 mg Paraffinöl pro 0.2 m² Drahtoberfläche in Form einer Lösung mit 0.05 % Massenanteil von Paraffinöl in Testbenzin
35 100/140 aufgebracht und an der Luft getrocknet. Der nach diesem Verfahren hergestellte Draht wies einen Reibungskoeffizienten von 0.13 auf.

40

PATENTANSPRÜCHE

45

1. Lackdraht mit niedrigem Reibungskoeffizienten, bestehend aus einem elektrisch leitenden Substrat mit einem
50 äußeren Durchmesser im Bereich von 0.010 bis 0.1mm, das mindestens eine äußerste Beschichtung aus einem elektrisch isolierenden Material aus der Gruppe der Polyurethane oder Polyesterimide aufweist, in das ein inneres Gleitmittel eingearbeitet ist und der einen sehr dünnen Überzug von flüssigem Paraffinöl als äußeres Gleitmittel aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das innere Gleitmittel aus der Gruppe der Polyalkylenglykole stammt.

55

2. Lackdraht nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als inneres Gleitmittel 0.01 bis 40 % Massenanteil eines Polyalkylenglykols, bezogen auf die Masse des Lackharzes, in die Decklackschicht eingebaut ist.

60

3. Lackdraht nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Polyalkylenglykol ein mittleres Molekulargewicht, welches zwischen 1500 und 18000 liegt, aufweist.

4. Lackdraht nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß als inneres Gleitmittel 0.1 bis 15 % Massenanteil eines Polyalkylenglykols, bezogen auf das Gewicht des Lackharzes, in die Decklackschicht eingebaut ist.

5 5. Lackdraht nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß als inneres Gleitmittel ein Polyäthylenglykol mit einem mittleren Molekulargewicht von 6000 in die Decklackschicht eingebaut ist.

6. Verfahren zur Herstellung eines Lackdrahtes mit niedrigem Reibungskoeffizienten nach den Ansprüchen 1 bis 5, welches die folgenden Schritte enthält:

- 10 a) Beschichten des elektrisch leitenden Substrates, das einen äußeren Durchmesser von 0.010 bis 0.1 mm aufweist, mit einem elektrisch isolierenden Material aus der Gruppe der Polyurethane oder Polyesterimide,
b) Einbrennen der gleichmäßig aufgetragenen Beschichtung,
c) Wiederholen der Schritte a) und b) bis 75 bis 90 % Massenanteil der Gesamt-Drahtbeschichtung erreicht ist,
15 d) gleichmäßiges Beschichten des Lackdrahtes mit einem elektrisch isolierenden Material aus der Gruppe der Polyurethane oder Polyesterimide, das 0.01 bis 40 % Massenanteil eines Polyalkylenglykols in gelöster Form enthält,
e) Einbrennen der Beschichtung bei einer Temperatur, die im Temperaturbereich von 250 bis 750 Grad Celsius liegt,
f) Wiederholen der Schritte d) und e) bis 100 % Massenanteil der Gesamt-Drahtbeschichtung erreicht ist, und
20 g) Aufbringen des äußeren flüssigen Gleitmittels Paraffinöl in einer Menge von 2 bis 5 mg pro 0.2 m² Drahtoberfläche auf die äußerste Decklackschicht.

25

30