

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 86102070.9

51 Int. Cl.⁴: **H 01 B 9/02**

22 Anmeldetag: 18.02.86

30 Priorität: 14.03.85 DE 3509168

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.09.86 Patentblatt 86/39

84 Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE FR GB IT LI NL SE

71 Anmelder: **BROWN, BOVERI & CIE Aktiengesellschaft**
Kallstadterstrasse 1
D-6800 Mannheim(DE)

72 Erfinder: **Weddigen, Gert, Dr. Dipl.-Chem.**
Max-Reger-Strasse 25
D-6900 Heidelberg(DE)

72 Erfinder: **Böhme, Hans-Joachim, Dr. Dipl.-Chem.**
Dieselstrasse 16
D-6834 Ketsch(DE)

72 Erfinder: **Flatz, Josef, Dr. Dipl.-Chem.**
Brunnenwiese 7
D-69448 Waldmichelbach(DE)

72 Erfinder: **Grieser, Fritz, Dr. Dipl.-Chem.**
Mörcke Strasse 6
D-6945 Hirschberg(DE)

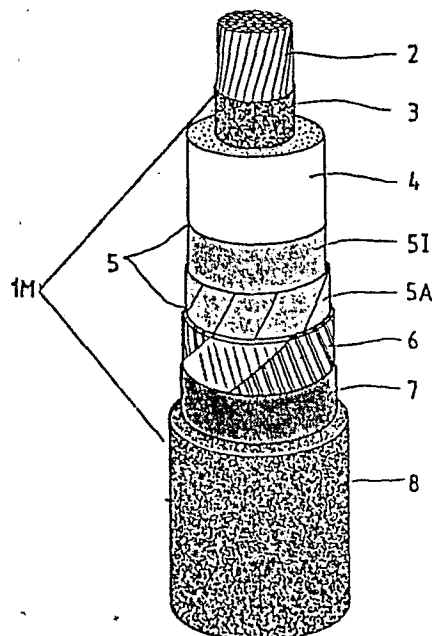
72 Erfinder: **Huber, Robert, Dr. Dipl.-Phys.**
Franklinstrasse 14
D-6834 Ketsch(DE)

72 Erfinder: **Nienburg, Hans, Dr. Dipl.-Chem.**
Burgstrasse 40
D-6900 Heidelberg(DE)

74 Vertreter: **Kempe, Wolfgang, Dr. et al,**
c/o Brown, Boveri & Cie AG Postfach 351
D-6800 Mannheim 1(DE)

54 **Kunststoffkabel.**

57 Die Erfindung bezieht sich auf ein Kunststoffkabel, das wenigstens einen elektrischen Leiter (2) aufweist, der von einer Kabelumhüllung (1M) umgeben ist, die neben mindestens einer isolierenden Schicht (4) mehrere elektrisch leitende Schichten (3,5) aufweist. Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Kunststoffkabel aufzuzeigen, bei dem die elektrisch leitenden Schichten (3,5) aus einem polymeren Material gefertigt sind, das auf eine definierte spezifische elektrische Leitfähigkeit eingestellt werden kann, und dessen Homogenität einen störstellenfreien Übergang zwischen der isolierenden Schicht (4) und den elektrisch leitenden Schichten (3,5) ermöglicht. Erfindungsgemäß weist das Kunststoffkabel elektrisch leitende Schichten (3,5) auf, die aus einem Polymer, einem Mischpolymer oder einer Polymerlegierung gefertigt sind. Diese sind schmelzbar und/oder löslich. Ihre spezifische elektrische Leitfähigkeit ist durch einen Gehalt an Charge-Transfer-Komplexen auf einen definierten Wert einstellbar.



523/85

1

12.02.1986
GR-S/WeKUNSTSTOFFKABEL

Die Erfindung bezieht sich auf ein Kunststoffkabel mit wenigstens einem elektrischen Leiter, der von einer Kabelumhüllung umgeben ist, die neben mindestens einer isolierenden Schicht mehrere elektrisch leitende Schichten
5 aus einem polymeren Material aufweist.

Solche Kunststoffkabel kommen vorzugsweise bei Starkstromanlagen mit Nennspannungen von 10 bis mehr als 100 kV zur Anwendung.

10

Die mehrschichtig aufgebaute Leiterumhüllung dieser Kunststoffkabel weist neben der eigentlichen Isolierschicht auch leitfähige Schichten oder Bänder auf. Sie sind zur Glättung der Konturen der im Kabel eingesetzten
15 metallischen Leiter vorgesehen und sollen in der Isolierung ein radial-homogenes elektrisches Feld erzeugen.

Bei den heute bekannten Kunststoffkabeln werden die
20 leitfähigen Schichten aus gefüllten Polyolefinen gefertigt, welche im gleichen Arbeitsgang zusammen mit

- der Isolierung extrudiert werden. Die Leitfähigkeit dieser Polyolefine wird durch Füllstoffe wie Ruß und Graphit bewirkt. Polymeres Material mit diesen Zusätzen weist den Nachteil auf, daß bei geringem Anteil dieser Füllstoffe noch keine Erhöhung der Leitfähigkeit erfolgt, ab einer gewissen Menge des Zusatzes jedoch die Leitfähigkeit dann derart sprunghaft ansteigt, daß eine definierte Leitfähigkeit der Kunststoffe im interessierenden Bereich nicht zuverlässig einstellbar ist. Auch bei feinstmöglicher Körnung der Füllstoffe können feldverzerrende Inhomogenitäten auftreten, die insbesondere zur Verminderung der elektrischen Festigkeit des Kabels führen.
- 15 Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Kabel zu schaffen, bei dem die elektrischen leitenden Schichten aus einem polymeren Material bestehen, das auf eine definierte spezifische elektrische Leitfähigkeit eingestellt werden kann, und dessen Homogenität einen störstellenfreien Übergang Isolierschicht/Leitschicht garantiert.

- Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mindestens eine elektrisch leitende Schicht aus einem Polymer, einem Mischpolymerisat oder einer Polymerlegierung gefertigt ist, die schmelzbar und/oder löslich sind, und deren spezifische elektrische Leitfähigkeit durch einen Gehalt an Charge-Transfer-Komplexen auf einen definierten Wert einstellbar ist.

Weitere erfindungswesentliche Merkmale sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert:

Das in der Figur dargestellte Kunststoffkabel weist einen Kupfer- oder Aluminiumleiter 2 auf, der von einer inneren leitfähigen Schicht 3 umgeben ist. An diese schließt sich nach außen eine isolierende Schicht 4 aus einem Polymer an. Dieses kann bevorzugt aus Polyethylen oder einem vernetzten Polyethylen bestehen. Auf diese folgt die äußere leitfähige Schicht 5. Im Falle des Beispieles ist diese durch eine innere leitfähige Schicht 5I gebildet, welche von einem leitfähigen Band 5A umgeben ist. An dieses schließt sich ein Metallschirm 6 aus Kupferdrähten oder Bändern an. Eine Trennschicht 7 ist zwischen diesem Metallschirm 6 und dem äußeren aus PVC gefertigten Außenmantel 8 angeordnet.

Erfindungsgemäß sind die innere leitfähige Schicht 5I, ggf. einschließlich des Bandes 5A aus einem Polymer oder einer Polymerlegierung gefertigt, deren elektrische Leitfähigkeit durch Charge-Transfer-Komplexe gebildet wird. Die elektrische Leitfähigkeit des verwendeten polymeren Materials kann leicht und zuverlässig auf einen definierten Wert eingestellt werden.

Vorteilhaft ist aus Sicherheitsgründen eine Leitfähigkeit von mindestens $10^{-5} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$, insbesondere eine Leitfähigkeit im Bereich von 10^{-3} bis $10^{-1} \Omega^{-1} \text{ cm}^{-1}$. Höhere Leitfähigkeiten sind darstellbar, aber weder
5 elektrisch gefordert noch wirtschaftlich vorteilhaft. Weiterhin erlauben die erfindungsgemäßen Polymermaterialien die Herstellung besonders glatter Grenzflächen, da sie keine Füllstoffe enthalten und sehr homogen aufgebaut sind.

10

Die Bildung der Charge-Transfer-Komplexe wird durch die Zugabe von Elektronenakzeptoren und/oder -donatoren bewirkt. Als leitfähiges Polymer wird vorzugsweise ein Triaromatmethanpolymer verwendet. Das leitfähige Polymer kann auch in Form eines Mischpolymerisates oder
15 einer Polymerlegierung verwendet werden, die entsprechend aus mindestens einem isolierenden Polymer und mindestens einem leitfähigen Polymer gebildet ist. Die verwendeten Polymere bzw. Polymerlegierungen sollen
20 schmelzbar oder löslich sein, um entsprechend verarbeitet werden zu können.

Das leitfähige Polymer, das die elektrisch leitenden Schichten 3 und 5 des Kabels enthalten, wird beispielsweise bei der Polykondensation eines aromatischen Aldehyds und einer aromatischen Ringverbindung
25 gebildet, die wenigstens eine funktionelle Gruppe aufweist, welche in der aromatischen Ringverbindung die Elektronendichte erhöht und damit den elektrophilen
30 Angriff begünstigt. Dieses Polymer kann z. B. durch

523/85

5

12.02.1986
GR-S/We

die Polykondensation von Bisphenol-A und 4-Dimethyl-aminobenzaldehyd gebildet werden. Das synthetische Polymer mit Triaromatmethaneinheiten als Grundbausteine läßt sich auch durch eine Polykondensation von

5 Bisphenol-A und Paraanisaldehyd herstellen. Das Polymer kann auch bei einer katalytischen Reaktion gewonnen werden, bei der mit zwei- und/oder dreifachen Aromaten substituierte Methane zur Reaktion gebracht werden. Die elektrische Leitfähigkeit dieses Polymers

10 wird durch die Bildung von Charge-Transfer-Komplexen bewirkt. Hierfür werden dem Polymer bei der Herstellung oder später im gelösten oder geschmolzenen Zustand Elektronenakzeptoren und/oder -donatoren beigemischt. Als Elektronenakzeptoren eignen sich insbe-

15 sondere Jod, Schwefeltrioxid, Schwefelsäure und Eisenchlorid. Als Elektronendonator ist Natrium geeignet. Die elektrische Leitfähigkeit dieses Polymers kann auch durch die Zugabe einer Mineralsäure oder einer Lewissäure erreicht werden. Das Polymer kann in Aceton

20 oder Methylethylketon gelöst werden.

Die leitfähigen Schichten 3 und 5 des Kabels können erfindungsgemäß auch aus einer leitfähigen Polymerlegierung hergestellt werden. Die Polymerlegierung

25 wird aus einem polaren oder nichtpolaren, isolierenden Polymer und einem polaren oder nichtpolaren, leitenden Polymer gebildet. Insbesondere können als polare isolierende Polymere zur Bildung der Polymerlegierung Polyvinylchlorid, Polyester vorzugsweise Polybutylen-

30 terephthalat, eine Epoxidharzmasse, Polycarbonat, eine

Polyurethanharzmasse oder Polyamid verwendet werden. Als isolierende Polymere sind Polyethylen und seine Copolymere, Polybutadien, Polystyrol, Butadienstyrol-copolymere oder Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere
5 geeignet. Die leitfähige Komponente der Polymerlegierung wird bevorzugt durch polare Polymere auf der Basis von Triaromatmethan gebildet, die mit Elektronendonatoren und/oder Elektronenakzeptoren dotiert sind. Hierfür eignen sich die Elektronendonatoren und
10 -akzeptoren, die oben für die Bildung des leitfähigen Polymers angegeben sind. Als nichtpolare leitfähige Komponente können Copolymere aus Acetylen und/oder Acetylderivaten, die mit Elektronendonatoren und/oder Elektronenakzeptoren zur Bildung von Charge-
15 Transfer-Komplexen dotiert sind, verwendet werden.

Für Folien aus einer leitfähigen Polymerlegierung, die als isolierendes Polymer Polyvinylchlorid enthalten, wird nachfolgend die Herstellung einer kleinen
20 Menge dieses Materials beschrieben. Hierfür werden 100 g Polyvinylchlorid in Granulatform mit 30 g eines Weichmachers, beispielsweise eines Diisodecylphtalats (DIDP), mit 10 g Triaromatmethanpolymer in Pulverform vermischt. Dieses Triaromatmethanpolymer bildet die
25 leitfähige Komponente und ist entsprechend dotiert. Die so gebildete Mischung wird anschließend 20 Minuten lang bei 150 °C zu einer Folie verpreßt. Die Dotierung des Triaromatmethanpolymers ist im Falle des Ausführungsbeispiels so bemessen, daß die spezifische elektrische Leitfähigkeit der fertiggestellten für die
30 Schicht 5A verwendbaren Folie bei Raumtemperatur 10^{-3} (Ohm x cm) $^{-1}$ beträgt.

Die zur Ausbildung der elektrisch leitenden Schichten 3 und 5 verwendeten Materialien können vorzugsweise auch aus einer Polymerlegierung gefertigt werden, die unter Verwendung eines Ethylvinylacetat-Polyethylen-Copolymers und eines dotierten Triaromatmethanpolymers gefertigt sind. Zur Herstellung einer Probemenge werden 1000 g des Ethylvinylacetat-Polyethylen-Copolymers in Form von Granulat bei Raumtemperatur mit 20 Gew. % eines Triaromatmethanpolymers vermischt. Das Triaromatmethanpolymer ist zur Erzielung einer definierten elektrischen Leitfähigkeit entsprechend dotiert. Die so gebildete Mischung ist zur Coextrusion mit einer normalen Polyethylen-Isolierschicht geeignet. Die Leitfähigkeit des Triaromatmethanpolymers ist so bemessen, daß die spezifische elektrische Leitfähigkeit der Schicht bei Raumtemperatur $3 \times 10^{-3} \text{ (Ohm} \times \text{cm)}^{-1}$ beträgt.

Die erfindungsgemäße leitfähige Polymerlegierung bzw. das leitfähige Polymer, das zur Herstellung der leitfähigen Schichten 3 und 5 verwendet wird, ist ein leicht verarbeitbarer Werkstoff, der mit den eingesetzten Isoliermaterialien die Bildung eines dauerhaften und hohlraumfreien Verbunds ermöglicht. Die aus dem Polymer bzw. der Polymerlegierung gefertigten elektrisch leitenden Schichten 3 und 5 weisen nicht nur in elektrischer, sondern auch in mechanischer und thermischer Hinsicht Eigenschaften auf, die den bestimmungsgemäßen Einsatz bei der Fertigung der Kabel vorteilhaft erscheinen lassen.

Die Erfindung beschränkt sich nicht nur auf die in der Beschreibung dargestellte Ausführungsform. Vielmehr können hiermit auch Kabel mit mehr als einem Leiter und den entsprechenden Kabelumhüllungen hergestellt werden. Insbesondere ist auch ein einschichtiger Aufbau der äußeren Leitschicht unter Wegfall der Bewicklung (5A) möglich bzw. eine Kombination mit einem herkömmlichen Rußpapier oder dergleichen als Bewicklung, was thermisch gesehen vorteilhaft ist.

Patentansprüche

1. Kunststoffkabel mit wenigstens einem elektrischen Leiter (2), der von einer Kabelumhüllung (1M) umgeben ist, die neben einer isolierenden Schicht (4) mehrere elektrisch leitende Schichten (3,5) aus einem polymeren Material aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine elektrisch leitende Schicht (3,5) aus einem Polymer, einem Mischpolymerisat oder einer Polymerlegierung gefertigt ist, die schmelzbar und/oder löslich sind, und deren spezifische elektrische Leitfähigkeit durch einen Gehalt an Charge-Transfer-Komplexen auf einen definierten Wert einstellbar ist.
2. Kunststoffkabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die leitfähigen elektrischen Schichten (3,5) ein Polymer auf der Basis von überlappenden und nicht-überlappenden Triaromatmethaneinheiten enthalten.
3. Kunststoffkabel nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem polymeren Material Jod, Schwefeltrioxid, Schwefelsäure oder Eisenchlorid als Elektronenakzeptor zur Bildung von Charge-Transfer-Komplexen beigemischt ist.
4. Kunststoffkabel nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem polymeren Material Natrium oder ein anderes Alkalimetall als Elektronendonator zur Bildung von Charge-Transfer-Komplexen beige- mischt ist.
5. Kunststoffkabel nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß dem polymeren Material zur Einstellung einer definierten spezifischen elektrischen Leitfähigkeit eine Mineralsäure oder eine Lewissäure beigemischt ist.

6. Kunststoffkabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die für die Bildung der leitfähigen Schichten (3,5) verwendete Polymerlegierung wenigstens aus einem isolierenden Polymer und einem leitfähigen Polymer gebildet ist, und die Polymerlegierung eine homogene Verteilung der beiden Polymerkomponenten aufweist.

7. Kunststoffkabel nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymerlegierung aus einem polaren oder nichtpolaren isolierenden Polymer und einem polaren oder nichtpolaren, leitfähigen Polymer gebildet ist.

8. Kunststoffkabel nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymerlegierung ein Polyvinylchlorid, ein Polyester einen Nitrilkautschuk, eine Epoxidharzmasse, Polycarbonat, eine Polyurethanharzmasse oder ein Polyamid als polares, isolierendes Polymer enthält.

9. Kunststoffkabel nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Polymerlegierung als nichtpolares, isolierendes Polymer Polyethylen, Polybutadien, Polystyrol oder Butadienstyrolcopolymer, oder als polares, isolierendes Polymer Polyethylen-Copolymerisat, insbesondere Ethylvinylacetat-Polyethylen-Copolymer oder Acrylnitrilbutadien-Styrol-Copolymer enthält.

10. Kunststoffkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung der leitfähigen Polymerlegierung polare leitfähige Triaromathethanpolymere oder leitfähige nichtpolare Copolymere aus Acetylen und/oder Acetylderivaten vorgesehen sind.

11. Kunststoffkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 10
dadurch gekennzeichnet, daß eine der elektrisch leitenden
Schichten als sogenannte innere Leitschicht (3) unmittel-
bar auf dem Leiter aufgebracht ist, und eine zweite Leit-
schicht unmittelbar auf die Isolierschicht (4) als soge-
nannte äußere Leitschicht (5I) aufgebracht ist.

12. Kunststoffkabel nach Anspruch 11, dadurch gekenn-
zeichnet, daß das Polymer oder die Polymerlegierung
schmelzbar und zusammen mit der Isolierschicht (4) als
innere und äußere Leitschicht (3, 5I) durch Coextru-
sion auf den Leiter (2) aufgebracht sind.

13. Kunststoffkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der elektrisch
leitenden Schichten (3, 5I) aus einem löslichen Polymer
oder einer löslichen Polymerlegierung gefertigt und in
Form eines Lackes oder einer Paste aufgebracht sind.

14. Kunststoffkabel nach Anspruch 11 oder 12, dadurch ge-
kennzeichnet, daß die Schichtdicke der elektrisch leiten-
den Schichten (3, 5I) 0,2 bis 2 mm, bevorzugt 0,3 bis 1 mm
beträgt.

15. Kunststoffkabel nach einem der vorangehenden An-
sprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die spezifische
elektrische Leitfähigkeit der elektrisch leitenden
Schichten (3, 5) auf mindestens 10^{-5} , vorzugsweise
 10^{-3} bis $10^{-1} \text{ Ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ eingestellt ist.

0195257

16. Kunststoffkabel nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die äußere Leitschicht (5) sich aus einer coextrudierten Schicht (5I) aus einem leitfähigen schmelzbaren polymeren Material und einer darauf befindlichen Bewicklung (5A) aus herkömmlichem rußhaltigen Papier- oder Gewebeband zusammensetzt.

10

15

20

25

30

35

1/1

