

(19)



(11)

**EP 2 378 611 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**25.11.2015 Patentblatt 2015/48**

(51) Int Cl.:  
**H01R 4/62 (2006.01)**      **H01R 43/00 (2006.01)**  
**B23K 20/22 (2006.01)**      **H01R 11/11 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **10305380.7**

(22) Anmeldetag: **13.04.2010**

**(54) Verfahren zur Herstellung von Kabeln mit Aluminiumleiter**

Method for producing cables with aluminium wires

Procédé destiné à la fabrication de câbles dotés de conducteurs en aluminium

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**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 SE SI SK SM TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**19.10.2011 Patentblatt 2011/42**

(73) Patentinhaber: **Nexans**  
**75008 Paris (FR)**

(72) Erfinder:  
 • **Noetzel, Thomas**  
**92685, Floß (DE)**

• **Dr. Mayer, Udo**  
**92637, Weiden (DE)**

(74) Vertreter: **Döring, Roger**  
**Patentanwalt**  
**Weidenkamp 2**  
**30855 Langenhagen (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**DE-B- 1 031 448**      **DE-C- 620 829**  
**US-A- 3 949 466**      **US-A- 4 098 449**  
**US-A1- 2003 031 889**

**EP 2 378 611 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 elektrischen Kabels mit einem Leiter aus Kupfer oder Aluminium, der eine Vielzahl von Litzen aus Kupfer oder Aluminium aufweist oder daraus besteht, insbesondere bevorzugt innerhalb einer die Leiter bzw. die Litzen umfassenden Isolierung, und ein stoffschlüssig mit dem Leiter aus Kupfer oder Aluminium verbundenes Anschlussstück aufweist, das aus einem Kupferwerkstoff besteht, beispielsweise aus Kupfer oder einer Legierung, z.B. Messing.

**[0002]** Weiterhin betrifft die Erfindung das mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellte elektrische Kabel, das einen oder mehrere Leiter aus Aluminium oder Kupfer aufweist und einen damit stoffschlüssig verbundenen Leiter, insbesondere ein Anschlussstück aus einem Kupferwerkstoff.

## Stand der Technik

**[0003]** Die DE 19908031 B4 beschreibt das Verbinden eines Kabels, dessen Aluminiumlitzen mit einer Stützhülse eingefasst sind, durch Verschweißung mit einem Anschlussstück aus Kupfer mittels Reibschweißung. Durch Verpressen der Stützhülse, die um die Aluminiumlitzen angeordnet sind, vor oder während des Reibschweißens soll ein Vollzylinder aus Aluminium erzeugt werden, dessen Stirnseite mit dem Kupferwerkstoff verschweißt wird.

**[0004]** Die US 2,806,215 zeigt ein Anschlussstück aus Kupferwerkstoff, das dadurch mit einem Kabel mit Aluminiumlitzen verbunden wird, dass die Aluminiumlitzen zunächst mit einer Aluminiumhülse eingefasst werden, über die wiederum eine Aluminiumhülse aufgeschoben und verpresst wird, welche ein angeschweißtes kupfernes Anschlussstück aufweist.

**[0005]** Die US 4,098,449 beschreibt das kalte Einpressen eines kegelförmigen Kupferstifts in einen massiven Aluminiumleiter, um eine "kalte Schweißstelle" herzustellen.

**[0006]** Die US 2003/0031889 A1 beschreibt ohne Bezug auf Kabel die Verbindung zweier Metalle durch Reibschweißen.

**[0007]** Die US 3,949,466 beschreibt die Verbindung eines massiven Aluminiumleiters mit einem massiven Anschlussstück durch "kalte Extrusion" oder Schweißen, darunter Reibschweißen oder Ultraschallschweißen.

**[0008]** Die DE 620829 beschreibt die Herstellung einer Stoßverbindung zwischen Aluminiumleiter und Kupfer, wobei das Metall mit dem niedrigeren Schmelzpunkt in einer Muffel geschmolzen wird und das Metall mit dem höheren Schmelzpunkt dort hineingepresst wird.

**[0009]** Die DE 1031448 beschreibt ein Verfahren zum Verschweißen eines Kupferdrahts mit einem Aluminiumkörper, der eine Bohrung kleiner als der Kupferdraht hat, unter elektrischer Spannung, wobei das Aluminium aufgeschmolzen wird.

## Aufgabe der Erfindung

**[0010]** Der Erfindung stellt sich die Aufgabe, ein alternatives Verfahren nach Anspruch 1 zur Kontaktierung von Leitern mit einem Anschlussstück aus einem Kupferwerkstoff bereitzustellen, sowie ein mit dem Verfahren erhältlich alternatives Kabel nach Anspruch 7 mit Leitern, die mit einem Anschlussstück aus Kupferwerkstoff verbunden sind.

## Allgemeine Beschreibung der Erfindung

**[0011]** Die Erfindung löst die voranstehende Aufgabe mit den Merkmalen der Ansprüche und insbesondere durch ein Verfahren zur Herstellung einer stoffschlüssigen Verbindung, bzw. durch ein Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Kabels, bei dem ein oder mehrere Leiter, die aus Kupfer oder vorzugsweise aus Aluminium sind, dadurch mit einem Anschlussstück aus einem Kupferwerkstoff, insbesondere einem massiven oder aus Litzen in einer Hülse bestehenden Abschnitt eines Anschlussstücks, stoffschlüssig verbunden werden, dass das Anschlussstück im Wesentlichen in axialer Richtung gegen den oder die Aluminiumleiter gepresst wird. Dabei sind der oder die Leiter in einem ersten Werkzeug eingefasst, dessen innerer erster Querschnitt kleiner oder gleich dem Querschnitt der Summe der Leiter des Kabels ist und das erste Werkzeug den oder die Leiter unmittelbar in einem an seine Querschnittsöffnung angrenzenden Abschnitt aufnimmt, insbesondere ohne eine den oder die Leiter umgebende Hülse. Besonders bevorzugt weist das erste Werkzeug im Anschluss an seinen ersten Abschnitt, der unmittelbar an seine Querschnittsöffnung angrenzt und die Leiter aufnimmt, einen zweiten Abschnitt auf, dessen Querschnitt ausreicht, um die die Leiter umgebende Isolierung aufzunehmen bzw. zu halten, und weist vorzugsweise im zweiten Abschnitt einen Querschnitt kleiner oder gleich dem Gesamtquerschnitt aus Leiter und einer diese umfassenden Isolierung auf, um die Isolierung formschlüssig zu umfassen.

**[0012]** Für die Zwecke der Erfindung umfasst die Bezugnahme auf einen Leiter Kupferleiter und insbesondere Aluminiumleiter, auch eine Vielzahl von Leitern, die Kupferlitzen und insbesondere Aluminiumlitzen sind, da die Erfindung gleichermaßen zur Herstellung der stoffschlüssigen Verbindung des Anschlussstücks, das insbesondere in dem an den Leiter angrenzenden Abschnitt massiv ist oder in eine Hülse eingepresste Litzen aufweist, mit einem massiven Leiter als auch mit einer Vielzahl von Litzen, insbesondere aus Aluminium, geeignet ist. Aluminiumleiter können im Wesentlichen aus Aluminium bestehen oder aus einer Aluminiumlegierung, z.B. Aluminium in Mischung mit Eisen und/oder Magnesium. Für die Zwecke der Erfindung bezieht sich der Begriff des Anschlussstücks insbesondere auf den an den Leiter angrenzenden Abschnitt des Anschlussstücks.

**[0013]** Der erste innere Querschnitt des ersten Werkzeugs weist in den ersten Abschnitt, in dem die Leiter

form- und/oder kraftschlüssig gefasst sind, vorzugsweise eine größere Querschnittsfläche als das Anschlussteil auf.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird der Leiter, bzw. eine Vielzahl von Litzenleitern, die entsprechend der bevorzugten Ausführungsform stellvertretend für Kupferlitzen auch als Aluminiumleiter oder Aluminiumlitzen in Bezug genommen werden, form- und/oder kraftschlüssig in einem ersten Werkzeug gehalten, wobei vorzugsweise die Leiter unmittelbar an der inneren Oberfläche des ersten Werkzeugs anliegen, bzw. nicht von einer Hülse umgeben sind. Die Leiter können im geöffneten Zustand des ersten Werkzeugs zwischen dessen Formhälften angeordnet werden. Im geschlossenen Zustand des ersten Werkzeugs werden die Leiter von dem ersten Werkzeug gegen die axial auf die Aluminiumleiter wirkende Kraft gehalten, die von dem Anschlussteil auf die Aluminiumleiter ausgeübt wird, während das Anschlussteil axial gegen die Aluminiumleiter bewegt wird. Da das erste Werkzeug den bzw. die Aluminiumleiter im Wesentlichen form- und/oder kraftschlüssig umgibt, führt die Bewegung des Anschlussteils gegen die Aluminiumleiter zu einer Verdrängung eines Teils des Materials der Aluminiumleiter, das deshalb, weil die lichte Querschnittsfläche des ersten Werkzeugs etwas größer als die Querschnittsfläche des Anschlussteils ist, aus dem Anteil der Öffnung des ersten Werkzeugs gepresst wird, die nicht vom Anschlussteil ausgefüllt ist. Das Pressen erfolgt erfindungsgemäß vorzugsweise durch eine im Wesentlichen, vorzugsweise ausschließlich, lineare Bewegung von Leiter und Anschlussteil gegeneinander, bzw. von erstem und zweitem Werkzeug gegeneinander auf einer gemeinsamen Achse, die insbesondere die Längsachse des Leiters und auf der zumindest der Abschnitt des Anschlussteils angeordnet ist, der gegen die Leiter gepresst wird. Für das Führen und Pressen des Anschlussteils ist dieses form- und/oder kraftschlüssig in einem zweiten Werkzeug gehalten, das das Anschlussteil zumindest abschnittsweise unmittelbar kraft- und/oder formschlüssig umgibt, oder dessen umfängliche Isolierung umgibt.

**[0015]** Das Pressen des Anschlussteils in einen Leiter aus Litzen erfolgt vorzugsweise durch Pressen des Anschlussteils über eine Länge von bis zu 20mm, insbesondere für bis 12mm oder bis 10mm in die Litzen, insbesondere Aluminiumlitzen, gemessen vor dem Einpressen, wobei das Material der Litzen über diese Länge vom Anschlussteil verdrängt wird.

**[0016]** Vorzugsweise ist das Anschlussteil auf derselben Achse angeordnet wie die Gesamtheit der Leiter, und entsprechend sind vorzugsweise die Aufnahmeausnehmungen des ersten Werkzeugs und des zweiten Werkzeugs auf einer gemeinsamen Achse angeordnet.

**[0017]** Der an die Aluminiumleiter angrenzende Abschnitt bzw. Bereich des Anschlussteils ist vorzugsweise aus Kupferwerkstoff, insbesondere aus Kupfer, einer Kupferlegierung, beispielsweise Messing, und ist besonders bevorzugt zumindest in dem Abschnitt stabförmig und massiv, in dem er den Aluminiumleiter kontaktiert,

besonders bevorzugt zumindest abschnittsweise in dem Bereich, mit dem er in das erste Werkzeug eingeführt und gegen die Aluminiumleiter gepresst wird, optional zusätzlich in dem Bereich, in dem er in dem zweiten Werkzeug gehalten wird. In einer alternativen Ausführung kann das Anschlussteil eine in sich geschlossene Stirnfläche aufweisen, mit der es gegen die Aluminiumleiter gepresst wird, und kann optional im Anschluss daran zumindest abschnittsweise hohl sein. Das Anschlussteil weist vorzugsweise einen stabförmigen Abschnitt auf, der beim Pressen gegen die Aluminiumleiter in das erste Werkzeug eingeführt wird. Das Anschlussteil kann, insbesondere in dem stabförmigen Abschnitt, der während des Verfahrens und im hergestellten Kabel an die Aluminiumleiter angrenzt, einen runden oder eckigen Querschnitt aufweisen, und/oder auf seiner Außenseite axiale und/oder radiale Nuten aufweisen. Das Anschlussteil, bzw. der Abschnitt des Anschlussteils, der mit dem Leiter verbunden wird, weist vorzugsweise eine massive Stirnfläche auf und besteht vorzugsweise aus massivem Kupferwerkstoff. Alternativ kann dieser Abschnitt des Anschlussteils aus Litzen aus Kupfer oder Kupferwerkstoff bestehen, die von einer Hülse aus Kupfer oder Kupferwerkstoff umfasst sind, insbesondere von einer aufgedruckten Hülse umfasst, wobei besonders bevorzugt die Stirnfläche eine senkrecht zur Längsachse angeordnete Schnittfläche der Litzen ist, die bündig von der Hülse eingefasst ist. In der Ausführungsform des Abschnitts des Anschlussteils als von einer Hülse umfasste Litzen aus Kupfer mit einem Leiter aus Aluminium oder Aluminiumlitzen ergibt sich der Vorteil, dass das Verfahren zum Eindringen des Aluminiumwerkstoffs des Leiters zwischen die Kupferlitzen des Anschlussteils führt, so dass zusätzlich zur stoffschlüssigen Verbindung entlang der Stirnfläche von Anschlussteil und Aluminiumleiter eine mechanische Verklammerung erzeugt wird. Es hat sich gezeigt, dass das Aluminium zu 5-10mm, insbesondere zu 6mm zwischen die Litzen des Anschlussteils dringt.

**[0018]** Besonders bevorzugt ist das Anschlussteil zumindest in einem an die Aluminiumleiter angrenzenden Abschnitt im Wesentlichen zylindrisch und kann Teil eines Anschlussteils des Kabels sein, beispielsweise an dem Ende, das dem Aluminiumleiter gegenüber liegt, einen Kabelschuh, einen Ring oder eine Öse aufweisen und damit ein Stück bilden oder damit durch Klemmen, Crimpen oder Verschweißen verbunden sein.

**[0019]** Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist bevorzugt, dass die Aluminiumleiter im ersten Werkzeug angeordnet sind und maximal bis an dessen axiale Öffnung ragen, um beim Einpressen des Anschlussteils aus Kupferwerkstoff, das vom zweiten Werkzeug gehalten wird, in das erste Werkzeug das Hervorstechen von abschnittender Aluminiumleiter über die Öffnung des ersten Werkzeugs zu vermeiden. Denn solche über das erste Werkzeug vorstehenden Aluminiumleiter könnten das Einpressen des Anschlussteils in das erste Werkzeug stören.

**[0020]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist vorteilhaft, weil eine stoffschlüssige Verbindung zwischen Aluminiumleiter und Anschlussteil in einem einzigen Arbeitsgang hergestellt werden kann und sich geneigt hat, dass durch das Einpressen des Anschlussteils aus Kupferwerkstoff in die im ersten Werkzeug form- und/oder kraftschlüssig gehaltenen Aluminiumleiter eine Kontaktierung im Wesentlichen sämtlicher Aluminiumleiter erfolgt, auch wenn diese z.B. Litzen sind. Denn beim Einpressen des Anschlussteils senkrecht zum Querschnitt der Aufnahme des ersten Werkzeugs in die Aluminiumleiter, d. h. koaxial zu dem oder den Aluminiumleitern, erfolgt eine stoffschlüssige Kontaktierung im Wesentlichen sämtlicher Aluminiumleiter durch das Anschlussteil. Dies wird gegenwärtig darauf zurückgeführt, dass während des Einpressens eine etwaige Oxidschicht auf den Aluminiumleitern vom Anschlussteil verdrängt wird.

**[0021]** In erfindungsgemäßen Ausführungsform werden der oder die Aluminiumleiter und/oder das Anschlussteil aus Kupferwerkstoff vor oder während des Pressens des Anschlussteils in die Aluminiumleiter erwärmt, vorzugsweise auf eine Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur des Aluminiums. Für die Erwärmung werden die in einem Werkzeug gehaltenen Abschnitte der Aluminiumleiter und/oder des Anschlussteils und/oder das erste und/oder das zweite Werkzeug von jeweils entgegengesetzten Polen einer Stromquelle kontaktiert, so dass sie bei Kontakt des Anschlussteils mit dem Leiter von Strom durchflossen werden. Bevorzugt wird der Leiter auf eine Temperatur im Bereich seiner Erweichungstemperatur erwärmt, z.B. im Falle von Aluminiumleitern auf 580 bis 650 °C.

**[0022]** Nach dem Einpressen des Anschlussteils in die im ersten Werkzeug gehaltenen Leiter werden das erste und zweite Werkzeug geöffnet, vorzugsweise durch radiales Verfahren von Werkzeughälften. Ein durch das Herauspressen von Leitermaterial, z.B. von Aluminium, aus dem ersten Werkzeug um das Anschlussteil entstandener Grat oder Butzen kann entfernt werden.

**[0023]** Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestellten Kabel zeichnen sich dadurch aus, dass die Verbindung zwischen Leitern aus Kupfer, bevorzugt aus Aluminium, und Anschlussteil unmittelbar in einer Grenzschicht ausgebildet ist, in der die Leiter auf das Anschlussteil treffen. Erfindungsgemäße elektrische Kabel weisen daher einen Leiter aus Kupfer, vorzugsweise aus Aluminium oder einer Aluminiumlegierung, der vorzugsweise aus einer Vielzahl von Litzen besteht, und ein axial an den Leiter gebundenes Anschlussteil aus Kupferwerkstoff auf, wobei der Leiter angrenzend an das Anschlussteil vorzugsweise ohne eine umfassende Hülse stoffschlüssig mit dem Anschlussteil verbunden ist. Ein mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Kabel zeichnet sich daher dadurch aus, dass das Anschlussteil und die Leiter in einer Grenzschicht unmittelbar aneinander gefügt sind. Das Anschlussteil kann eine vollständig oder abschnittsweise ebene Stirnfläche aufweisen, die in einem Winkel von z.B. 10° bis 90° gegen

die Längsachse des gegen die Leiter gepressten Abschnitts des Anschlussteils geneigt ist, um eine größere Grenzfläche zwischen Anschlussteil und Leitern zu bilden. Bevorzugt besteht das erfindungsgemäße Kabel an dem Ende, an dem das Anschlussteil angeordnet ist, aus einem Litzenleiter, der in einem Abstand vom Anschlussteil von einer Isolierung umfasst ist, und dem stoffschlüssig mit der Stirnseite verbundenen Anschlussteil, wobei der Litzenleiter aus Kupferlitzen, bevorzugt aus Aluminiumlitzen besteht.

**[0024]** Das Anschlussteil kann optional in einem an die Leiter angrenzenden Abschnitt von Leitermaterial, z.B. aus Aluminium umfasst sein, das z.B. beim Pressen durch das Anschlussteil vom Leiter verdrängt wurde.

**[0025]** Das Verfahren ist auch deshalb vorteilhaft, weil die gegeneinander zu pressenden Stirnflächen des Leiters oder die gemeinsame Stirnfläche eines Litzenleiters sowie die Stirnfläche des

**[0026]** Anschlussteils keine besondere Form aufweisen müssen und z.B. nicht um die Längsachse von Leiter oder Anschlussteil rotationsymmetrisch sein müssen, da das Pressen allein durch Bewegungen von Anschlussteil und Leiter gegeneinander erfolgt, um die stoffschlüssige Verbindung in einer Grenzschicht zu erzeugen.

**[0027]** Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ist ein elektrisches Kabel herstellbar, das einen oder mehrere Leiter, insbesondere aus Kupfer oder Aluminium aufweist, die endständig stoffschlüssig mit dem Anschlussteil verbunden sind, bei dem besonders bevorzugt keine Hülse um die Leiter angeordnet ist, da die Leiter während des Pressens zur Herstellung der Verbindung zwischen Leitern und Anschlussteil von dem ersten Werkzeug form- und/oder kraftschlüssig umfasst sind. Daher erlaubt das Verfahren eine einfachere Herstellung der Verbindung zwischen Anschlussteil und Litzenleiter als solche Verfahren, die die Einfassung der Litzenleiter mit einer Hülse erfordern, die Bestandteil des Kabels wird.

**[0028]** Abhängig von der Querschnittsfläche des Anschlussteils im Verhältnis zu der Querschnittsfläche des ersten Werkzeugs und der Masse des Leitermaterials, insbesondere des Aluminiums, das beim axialen Einpressen des Anschlussteils gegen die Leiter verdrängt wird, kann ein erfindungsgemäßes Kabel endständig ein stoffschlüssig verbundenes Anschlussteil, z.B. aus Kupferwerkstoff aufweisen, das abschnittsweise von Leitermaterial, z.B. von Aluminium umgeben ist. In alternativer Ausführungsform ist die Querschnittsfläche des an die Leiter angrenzenden Abschnitts des Anschlussteils nur geringfügig kleiner als die Querschnittsfläche des ersten Werkzeugs im Bereich zwischen der axialen Querschnittsöffnung des Werkzeugs und dem Bereich, in dem die Leiter gehalten sind, und/oder als in dem Bereich, in dem die Leiter gehalten sind, sodass die stoffschlüssige Verbindung im Wesentlichen entlang der Stirnfläche des Anschlussteils vorliegt bzw. erzeugt ist. Die Stirnfläche des Anschlussteils kann eben oder gewölbt sein, vorzugsweise konvex, und kann wahlweise zur Längsachse des Anschlussteils rotationsymmetrisch sein. Eine ebe-

ne Stirnfläche des Anschlusssteils ist vorzugsweise senkrecht zur Längsachse angeordnet oder kann eine Fläche sein, die in einem Winkel von kleiner 90° zur Längsachse des Abschnitts des Anschlusssteils geneigt ist, beispielsweise in einem Winkel von 20°- 80°, vorzugsweise 30°- 60°. Eine konvexe Stirnfläche kann kegelförmig oder kegelmuldenförmig sein, einen elliptischen Querschnitt längs der Längsachse haben oder aus aufeinander zulaufenden ebenen Flächen, z.B. 3 bis 8 Flächen bestehen.

### Genaue Beschreibung der Erfindung

**[0029]** Die Erfindung wird nun anhand der Figuren genauer beschrieben, die stellvertretend für Leiter aus Kupfer oder Aluminium schematisch

- in Figur 1 ein Anschlusssteil und Leiter vor dem Verbinden,
- in Figur 2 ein mit Leitern verbundenes Anschlusssteil,
- in Figur 3 ein ausschnittsweises lichtmikroskopisches Schlibfbild eines erfindungsgemäßen Kabels mit einem Leiter aus Aluminiumlitzen und massivem Anschlusssteil aus Kupfer und
- in Figur 4 ein ausschnittsweises lichtmikroskopisches Schlibfbild eines erfindungsgemäßen Kabels mit einem massiven Leiter aus Aluminium und einem Anschlusssteil aus Kupferlitzen in einer Hülse zeigen.

**[0030]** Figur 1 zeigt ein erstes Werkzeug 1 und ein zweites Werkzeug 2 im jeweils geschlossenen Zustand, deren Aufnahmeausnehmungen auf einer gemeinsamen Achse angeordnet sind. Das erste Werkzeug 1 kann aus einer ersten Formhälfte 1a und einer zweiten Formhälfte 1b bestehen, die radial zur Längsachse der Aufnahmeausnehmung verfahrbar sind, um das erste Werkzeug 1 zu öffnen. Entsprechend kann auch das zweite Werkzeug 2 aus zwei radial gegeneinander verfahrbaren Werkzeughälften 2a, 2b bestehen. Im ersten Werkzeug 1 sind Aluminiumleiter 10 formschlüssig umfasst, wobei das erste Werkzeug 1 in einem ersten Abschnitt 3 die Leiter 10 unmittelbar fasst. Der erste Abschnitt 3 des ersten Werkzeugs 1 erstreckt sich bis an die Querschnittsöffnung 4 oder bis in einen Abstand von der Querschnittsöffnung 4 des ersten Werkzeugs 1, die dieses im geschlossenen Zustand aufspannt. Entsprechend einer möglichen Ausführungsform weist das erste Werkzeug 1 einen zweiten Abschnitt 5 auf, in dem das erste Werkzeug 1 die von einer umfänglichen Isolierung 11 umgebenen Leiter 10 form- und/oder kraftschlüssig umfasst. Das Anschlusssteil 20 wird zumindest abschnittsweise von einem zweiten Werkzeug 2 form- und/oder kraftschlüssig umfasst und ragt aus dem zweiten Werkzeug 2 hervor.

**[0031]** Das Anschlusssteil 20 ist in dem Abschnitt, in dem es über das zweite Werkzeug 2 in Richtung auf das erste Werkzeug 1 ragt, generell vorzugsweise symmetrisch, z.B. mit quadratischem Querschnitt oder mit run-

dem Querschnitt. Das Anschlusssteil 20 weist vorzugsweise eine planare Stirnfläche auf, oder wie in Figur 1 gezeigt ist, eine konvexe oder mit einer umfänglichen Fase versehene Stirnfläche auf.

**[0032]** Beim erfindungsgemäßen Herstellungsverfahren werden das erste und das zweite Werkzeug 1,2 gegeneinander verfahren, während sie Leiter 10 bzw. Anschlusssteil 20 halten, wobei bevorzugt Leiter 10 und Anschlusssteil 20 erwärmt sind. Für die Erwärmung von Leitern 10 bzw. Anschlusssteil 20 werden z.B. die Leiter 10 und das erste Werkzeug 1 bzw. das Anschlusssteil 20 und das zweite Werkzeug 2 jeweils von Strom durchflossen.

**[0033]** Durch das Verfahren von erstem und zweitem Werkzeug 1, 2 gegeneinander wird das Anschlusssteil 20 durch die Querschnittsöffnung 4 des ersten Werkzeugs 1 geführt und in axialer Richtung gegen die Leiter 10 gepresst.

**[0034]** Figur 2 zeigt den Zustand der entlang der gemeinsamen Achse der Aufnahmeausnehmungen gegeneinander verfahrenen ersten und zweiten Werkzeuge 1, 2, in dem das Anschlusssteil 20 abschnittsweise innerhalb des ersten Werkzeugs 1 gegen die Leiter 10 gepresst ist. Wie schematisch gezeigt ist, wird eine stoffschlüssige Verbindung zwischen den Leitern 10 und dem Anschlusssteil 20 hergestellt, insbesondere im Bereich der Stirnfläche des Anschlusssteils 20, während aus dem ersten Werkzeug 1 verdrängtes Leitermaterial, z.B. Aluminium, einen Grat oder Butzen 12 zwischen erstem und zweitem Werkzeug 1,2 bilden kann. Nach dem Einpressen des Anschlusssteils 20 gegen die in dem ersten Werkzeug 1 gehaltenen Leiter 10 können beide Werkzeuge 1,2 geöffnet werden und das Kabel, dessen Leiter 10 endständig stoffschlüssig mit einem Anschlusssteil 20 verbunden sind, können entnommen werden. Ein Grat 12 wird vorzugsweise vor oder nach Öffnen des ersten und/oder zweiten Werkzeugs 1,2 entfernt.

**[0035]** Die Querschnittsfläche des Abschnitts des Anschlusssteils 20, der in die Aufnahmeausnehmung des ersten Werkzeugs 1 geführt wird, ist vorzugsweise geringfügig kleiner als die lichte Querschnittsfläche der Aufnahmeöffnung des ersten Werkzeugs 1, insbesondere als die Querschnittsfläche des ersten Abschnitts 3 des ersten Werkzeugs 1. Der radiale Abstand zwischen dem Anschlusssteil 20 und der Aufnahmeausnehmung des ersten Werkzeugs 1 bildet dann den Spalt, durch den Material der Leiter 10, das beim Einpressen des Anschlusssteils 20 gegen die Leiter 10 verdrängt wird, von der Stirnfläche des Anschlusssteils 20 entweichen kann.

**[0036]** Es hat sich gezeigt, dass mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine derart beständige stoffschlüssige Verbindung zwischen einem massiven Aluminiumleiter oder einem Litzenleiter, vorzugsweise aus Aluminium, und einem Anschlusssteil mit geschlossener Stirnfläche aus einem Kupferwerkstoff erzeugt wird, die die Zugfestigkeit des Leiters erreicht, z.B. bei Aluminiumleitern.

**[0037]** Für die in den Figuren 3 und 4 gezeigten Schliffe wurden die Kabel mit dem erfindungsgemäßen Verfah-

ren durch Pressen des Anschlusssteils in die Aluminiumlitzen hergestellt. Der Schliff wurde mit einer wassergekühlten Diamantrennscheibe parallel zur Längsachse des Leiters angefertigt. Die Schliffe wurden für die mikroskopischen Aufnahmen wahlweise in 3% NaOH, 60°C (für Aluminium) oder 10% Al-sulfat (für Kupfer) geätzt.

**[0038]** Figur 3 zeigt ein Schliffbild des Verbindungsbereichs des aus Aluminiumlitzen (A199,7) bestehenden Leiters (im unteren Bildabschnitt) und des aus massivem Kupferwerkstoff E-Cu57 F30 bestehenden Abschnitts des Anschlusssteils (oberer Bildabschnitt). Es wird deutlich, dass das Anschlusssteil in einer Grenzfläche stoffschlüssig mit den Aluminiumlitzen verbunden ist, wobei die Grenzfläche durch die Rauheit bzw. Oberflächengeometrie des Anschlusssteils aus dem Kupferwerkstoff bestimmt wird. Die Aluminiumlitzen sind im Randbereich nach außen gedrückt, was derzeit auf das Herauspressen des Aluminiums aus dem Werkzeug mittels des Anschlusssteils zurückgeführt wird. Die Aluminiumlitzen sind parallel zueinander angeordnet und ragen im Wesentlichen bis an die Grenzfläche.

**[0039]** Figur 4 zeigt den Verbindungsbereich des Abschnitts eines Anschlusssteils, der aus Kupferlitzen (E-Cu58) mit einer umfänglich aufgedrückten Hülse besteht, mit einem Leiter aus massivem Aluminium (A199,7). Der in der oberen Bildhälfte gezeigte Aluminiumleiter grenzt in einer Grenzfläche an die Kupferlitzen des Anschlusssteils, die in der unteren Bildhälfte gezeigt sind, wobei die Grenzfläche von den Kupferlitzen bestimmt wird. Die Kupferlitzen sind angrenzend an ihre gemeinsame Stirnfläche umgeknickt und zeigen zwischen die Kupferlitzen eingedrungenes Aluminium.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Kabels, das zumindest einen Leiter (10) und ein axial am Leiter (10) fixiertes Anschlusssteil (20) aus Kupferwerkstoff aufweist, mit dem Schritt des Pressens des Anschlusssteils (20) gegen den Leiter (10), der aus einer Vielzahl von Litzen besteht und formschlüssig und/oder kraftschlüssig in einer Aufnahmeausnehmung in einem ersten Abschnitt (3) eines ersten Werkzeugs (1) unmittelbar vom ersten Werkzeug (1) umfasst wird, der unmittelbar oder mit einem Abstand an die Querschnittsöffnung (4) des ersten Werkzeugs (1) angrenzt und das Anschlusssteil (20) im Wesentlichen ausschließlich entlang der Achse des Leiters (10) gegen den Leiter (10) bewegt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiter (10) und das Anschlusssteil (20) während des Pressens des Anschlusssteils (20) gegen den Leiter (10) bei Kontakt des Leiters (10) mit dem Anschlusssteil (20) von Strom durchflossen werden und bis auf maximal die Erweichungstemperatur des Leiters (10) erwärmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anschlusssteil (20) in die Aufnahmeausnehmung des ersten Werkzeugs (1) geführt und gegen den Leiter (10) gepresst wird, wobei das Anschlusssteil (20) eine geringere Querschnittsfläche aufweist als die lichte Querschnittsfläche der Aufnahmeausnehmung des ersten Werkzeugs (1).
3. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiter (10) aus Litzen aus Aluminium, einer Aluminiumlegierung und/oder aus Kupferwerkstoff besteht.
4. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anschlusssteil (20) abschnittsweise in einem zweiten Werkzeug (2) kraftschlüssig und/oder formschlüssig gehalten wird und mit einem Abschnitt über das zweite Werkzeug (2) hervorsteht, der zumindest anteilig in die Aufnahmeausnehmung eines ersten Werkzeugs (1) bewegt wird, bis die Stirnfläche des Anschlusssteils (20) bis in den ersten Abschnitt (3) des ersten Werkzeugs (1) gepresst wird, in welchem der Leiter (10) gehalten ist.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stirnfläche des Anschlusssteils (20) zu 10% bis 90% der axialen Erstreckung des ersten Abschnitts (3) gegen den Leiter (10) bewegt wird.
6. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anschlusssteil (20) eine ebene oder konvexe Stirnfläche aufweist, die in einem Winkel von 10° bis 90° gegen die Längsachse des gegen die Leiter (10) gepressten Abschnitts des Anschlusssteils (20) geneigt ist.
7. Elektrisches Kabel mit einem Leiter (10) und einem axial an den Leiter (10) gebundenen Anschlusssteil (20) aus Kupferwerkstoff, wobei der Leiter (10) in seinem an das Anschlusssteil (20) angrenzenden Abschnitt aus einer Vielzahl von Litzen besteht und **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anschlusssteil (20) und die Leiter (10) in einer Grenzschicht stoffschlüssig aneinander gefügt sind, wobei der Leiter (10) in seinem an das Anschlusssteil (20) angrenzenden Abschnitt keine die Litzen des Leiters (10) umfassende Hülse aufweist.
8. Elektrisches Kabel nach Anspruche 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Leiter (10) aus Kupfer, einer Kupferlegierung und/oder Aluminium oder einer Aluminiumlegierung besteht.
9. Elektrisches Kabel nach einem der Ansprüche 7 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anschlusssteil (20) eine ebene Stirnfläche aufweist, die in einem

Winkel von 10° bis 90° gegen die Längsachse des gegen die Leiter (10) gepressten Abschnitts des Anschlussteils (20) geneigt ist.

10. Elektrisches Kabel nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Anschluss-  
teil (20) eine konvexe Stirnfläche aufweist, die rota-  
tionssymmetrisch zur Längsachse des gegen die  
Leiter (10) gepressten Abschnitts des Anschlussteils  
(20) angeordnet ist.
11. Elektrisches Kabel nach einem der Ansprüche 7 bis  
10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das An-  
schlusssteil (20) in einem an die Leiter (10) angren-  
zenden Abschnitt von Aluminium umfasst ist.
12. Elektrisches Kabel nach einem der Ansprüche 7 bis  
11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das An-  
schlusssteil (20) in seinem mit dem Leiter (10) ver-  
bundenen Abschnitt aus von einer Hülse umfassten  
Litzen aus Kupfer oder Kupferwerkstoff besteht.

#### Claims

1. Method for producing an electric cable having at  
least one conductor (10) and a connection part (20),  
made of copper material, which is fixed axially on  
the conductor (10), having the step of pressing the  
connection part (20) against the conductor (10),  
which consists of a multiplicity of strands and is di-  
rectly surrounded by a first tool (1) in a form-fitting  
and/or force-fitting manner in a receiving recess in  
a first section (3) of the first tool (1) which adjoins,  
either directly or with a spacing, the cross section  
opening (4) of the first tool (1), and the connection  
part (20) is moved essentially exclusively along the  
axis of the conductor (10) towards the conductor  
(10), **characterized in that**, when the connection  
part (20) is pressed against the conductor (10), the  
conductor (10) and the connection part (20) are en-  
ergized when the conductor (10) makes contact with  
the connection part (20) and are heated not beyond  
the softening temperature of the conductor (10).
2. Method according to claim 1, **characterized in that**  
the connection part (20) is guided into the receiving  
recess of the first tool (1) and is pressed against the  
conductor (10), wherein the connection part (20) has  
a smaller cross section area than the open cross  
section area of the receiving recess of the first tool  
(1).
3. Method according to one of the preceding claims,  
**characterized in that** the conductor (10) consists  
of strands of aluminium, an aluminium alloy and/or  
of copper material.

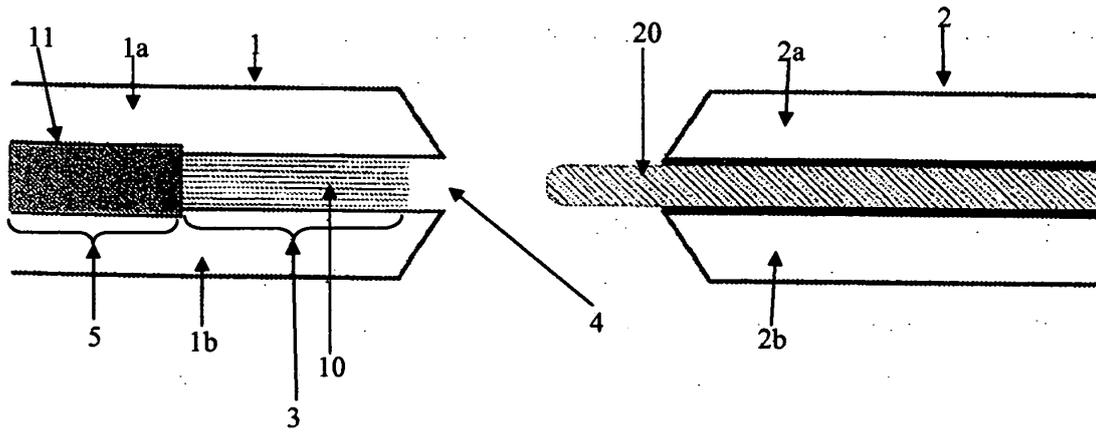
4. Method according to one of the preceding claims,  
**characterized in that** the connection part (20) is  
held in sections in a force-fitting and/or form-fitting  
manner in a second tool (2) and projects beyond the  
second tool (2) with a section which is at least parti-  
ally moved into the receiving recess of a first tool  
(1) until the end face of the connection part (20) is  
pressed into the first section (3) of the first tool (1) in  
which the conductor (10) is held.
5. Method according to claim 4, **characterized in that**  
the end face of the connection part (20) is moved  
towards the conductor (10) to between 10% and 90%  
of the axial extent of the first section (3).
6. Method according to one of the preceding claims,  
**characterized in that** the connection part (20) has  
a planar or convex end face which is inclined at an  
angle of between 10 ° and 90 ° with respect to the  
longitudinal axis of that section of the connection part  
(20) which is pressed against the conductors (10).
7. Electric cable having a conductor (10) and a connec-  
tion part (20), made of copper material, which is  
bonded axially against the conductor (10), wherein  
that section of the conductor (10) which adjoins the  
connection part (20) consists of a multiplicity of  
strands and **characterized in that** the connection  
part (20) and the conductors (10) are integrally joined  
to one another at a boundary layer, wherein that sec-  
tion of the conductor (10) which adjoins the connec-  
tion part (20) does not have a sleeve which surrounds  
the strands of the conductor (10).
8. Electric cable according to claim 7, **characterized  
in that** the conductor (10) consists of copper, a cop-  
per alloy and/or aluminium or an aluminium alloy.
9. Electric cable according to one of claims 7 and 8,  
**characterized in that** the connection part (20) has  
a planar end face which is inclined at an angle of  
between 10 ° and 90° with respect to the longitudinal  
axis of that section of the connection part (20) which  
is pressed against the conductors (10).
10. Electric cable according to one of claims 7 to 9, **char-  
acterized in that** the connection part (20) has a con-  
vex end face which is arranged axisymmetrically with  
respect to the longitudinal axis of that section of the  
connection part (20) which is pressed against the  
conductors (10).
11. Electric cable according to one of claims 7 to 10,  
**characterized in that** a section of the connection  
part (20) adjoining the conductors (10) is surrounded  
by aluminium.
12. Electric cable according to one of claims 7 to 11,

**characterized in that** that section of the connection part (20) connected to the conductor (10) consists of strands of copper or of copper material which are surrounded by a sleeve.

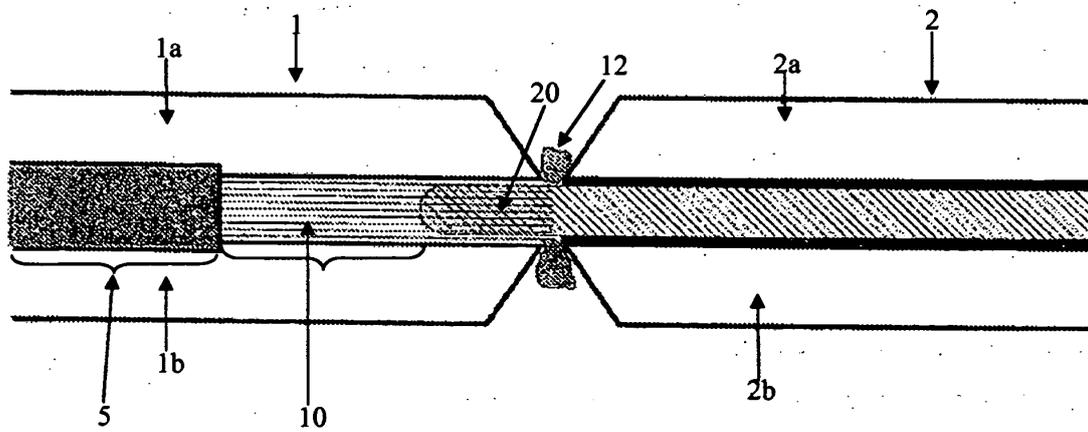
## Revendications

1. Procédé de fabrication d'un câble électrique qui présente au moins un conducteur (10) et une partie de raccordement (20) fixée axialement au conducteur (10), en matériau à base de cuivre, comprenant l'étape consistant à presser la partie de raccordement (20) contre le conducteur (10), qui se compose d'une pluralité de fils et qui est entouré par engagement par correspondance géométrique et/ou par force dans un évidement de réception dans une première portion (3) d'un premier outil (1) directement par le premier outil (1), qui est directement adjacent à, ou situé à distance de, l'ouverture en section transversale (4) du premier outil (1) et la partie de raccordement (20) étant déplacée essentiellement exclusivement le long de l'axe du conducteur (10) contre le conducteur (10), **caractérisé en ce que** le conducteur (10) et la partie de raccordement (20), pendant le pressage de la partie de raccordement (20) contre le conducteur (10), lors du contact du conducteur (10) avec la partie de raccordement (20), sont parcourus par un courant et sont chauffés au maximum jusqu'à la température de ramollissement du conducteur (10).
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la partie de raccordement (20) est guidée dans l'évidement de réception du premier outil (1) et est pressée contre le conducteur (10), la partie de raccordement (20) présentant une plus faible surface en section transversale que la surface en section transversale intérieure de l'évidement de réception du premier outil (1).
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le conducteur (10) se compose de fils en aluminium, en un alliage d'aluminium et/ou en un matériau à base de cuivre.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la partie de raccordement (20) est retenue en partie dans un deuxième outil (2) par engagement par force et/ou par engagement par correspondance géométrique et fait saillie au-delà du deuxième outil (2) par une portion qui est déplacée au moins en partie dans l'évidement de réception d'un premier outil (1) jusqu'à ce que la surface frontale de la partie de raccordement (20) soit pressée jusque dans la première portion (3) du premier outil (1), dans laquelle est retenu le conducteur (10).
5. Procédé selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la surface frontale de la partie de raccordement (20) est déplacée jusqu'à 10 % à 90 % de l'étendue axiale de la première portion (3) contre le conducteur (10).
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la partie de raccordement (20) présente une surface frontale plane ou convexe qui est inclinée suivant un angle de 10° à 90° vers l'axe longitudinal de la portion de la partie de raccordement (20) pressée contre le conducteur (10).
7. Câble électrique comprenant un conducteur (10) et une partie de raccordement (20) reliée axialement au conducteur (10), en matériau à base de cuivre, le conducteur (10), dans sa portion adjacente à la partie de raccordement (20), se composant d'une pluralité de fils et **caractérisé en ce que** la partie de raccordement (20) et les conducteurs (10) sont assemblés les uns aux autres dans une couche limite par engagement par liaison de matière, le conducteur (10), dans sa portion adjacente à la partie de raccordement (20), ne présentant pas de gaine entourant les fils du conducteur (10).
8. Câble électrique selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** le conducteur (10) se compose de cuivre, d'un alliage de cuivre et/ou d'aluminium ou d'un alliage d'aluminium.
9. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications 7 à 8, **caractérisé en ce que** la partie de raccordement (20) présente une surface frontale plane qui est inclinée suivant un angle de 10° à 90° vers l'axe longitudinal de la portion de la partie de raccordement (20) pressée contre les conducteurs (10).
10. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** la partie de raccordement (20) présente une surface frontale convexe qui est disposée avec une symétrie de révolution par rapport à l'axe longitudinal de la portion de la partie de raccordement (20) pressée contre les conducteurs (10).
11. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, **caractérisé en ce que** la partie de raccordement (20), dans une portion adjacente aux conducteurs (10), est entouré d'aluminium.
12. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, **caractérisé en ce que** la partie de raccordement (20), dans sa portion connectée au conducteur (10), se compose de fils en cuivre ou en un matériau à base de cuivre entourés par une gaine.

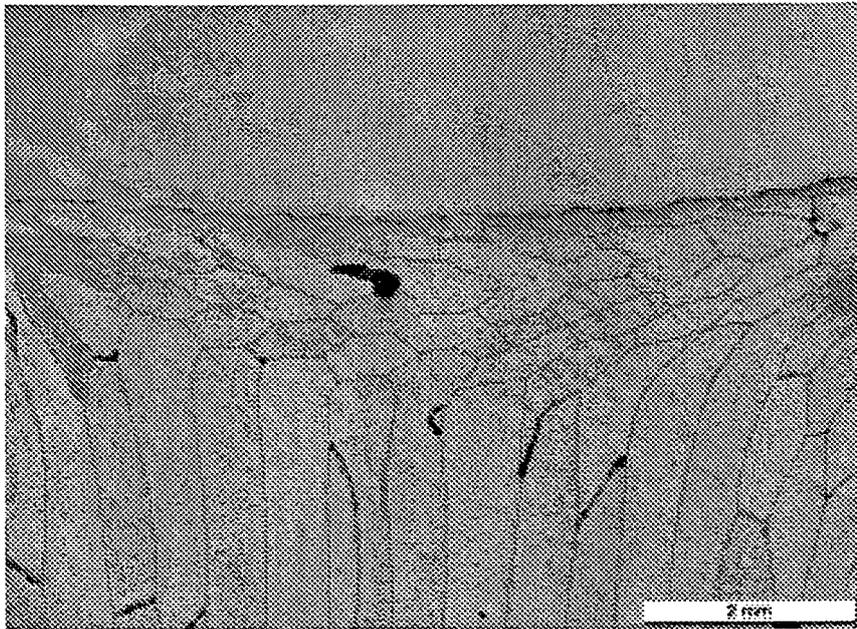
Figur 1



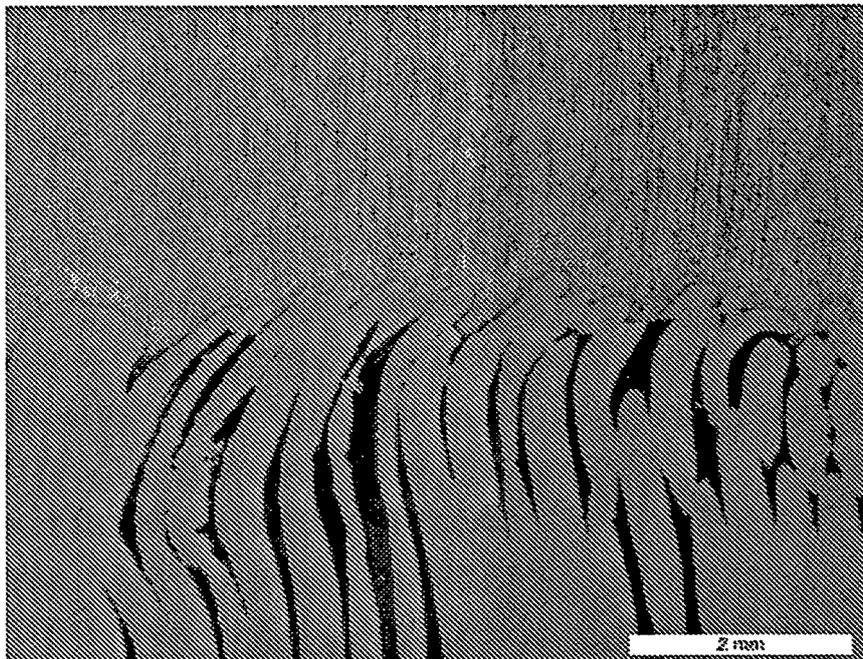
Figur 2



Figur 3



Figur 4



**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**

- DE 19908031 B4 [0003]
- US 2806215 A [0004]
- US 4098449 A [0005]
- US 20030031889 A1 [0006]
- US 3949466 A [0007]
- DE 620829 [0008]
- DE 1031448 [0009]