



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH** **707 565 A2**

(51) Int. Cl.: **H01R 11/12** (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00455/13

(22) Anmeldedatum: 14.02.2013

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.08.2014

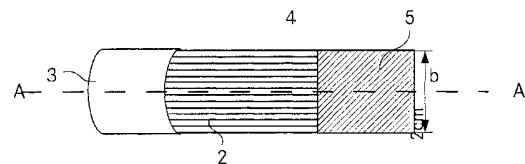
(71) Anmelder:
Brugg Cables Industry AG, Klosterzelgstrasse 28
5200 Brugg (CH)

(72) Erfinder:
Tuija Kosonen, 5210 Windisch (CH)
Andreas Segura, 5234 Villigen (CH)
Jürg Dänzer, 3053 Münchenbuchsee (CH)
Jean-Martin Rufer, 2740 Moutier (CH)

(74) Vertreter:
Keller & Partner Patentanwälte AG, Schmiedenplatz 5
Postfach
3000 Bern 7 (CH)

(54) **Kompaktes Endstück eines elektrischen Leiters.**

(57) Die Erfindung betrifft einen elektrischen Leiter (4) mit Litzen (2) oder Drähten zur Strom- oder Signalleitung, wobei der Leiter (4) in einem Endabschnitt mindestens ein kompaktes Endstück (5) aufweist, das aus den Litzen (2) oder Drähten des elektrischen Leiters (4) gebildet ist. Das Endstück (5) ist im Wesentlichen porenfrei und weist eine Porosität von nicht grösser als 10%, insbesondere weniger als 8%, besonders bevorzugt weniger als 5% auf. Bevorzugt besteht jede einzelne Litze (2) oder jeder Draht aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung. Insgesamt ist der elektrische Leiter (4) flexibel ausgebildet, d.h. mit einem Biegeradius, der kleiner ist als das 12-Fache seines Aussendurchmessers. Optional befindet sich im Endstück (5) zusätzlich zum Litzenmaterial elektrisch leitendes Material.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektrischen Leiter mit Litzen zur Strom- oder Signalleitung, wobei der Leiter mindestens ein kompaktes Endstück aufweist, das aus den Litzen gebildet ist. Zudem betrifft sie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen elektrischen Leiters.

Stand der Technik

[0002] Elektrische Leiter wie z.B. Kabel bestehen häufig aus einer Vielzahl von Litzen oder Drähten. An den Enden des elektrischen Leiters befinden sich Endstücke wie Anschlussstücke oder Kabelschuhe. Diese werden üblicherweise als Einzelelemente ausgebildet und über einen hülsenförmigen Ansatz auf die Enden der Litzen oder Drähte aufgesetzt und mit geeignetem Werkzeug angepresst. Häufig werden die Enden der Litzen oder Drähte, also das Ende des elektrischen Leiters, zuvor zu einem zylindrischen Stück kleineren Durchmessers verformt, damit sie besser in den hülsenförmigen Ansatz der Endstücke passen. Insgesamt sind bei dieser Art der Fertigung mehrere Arbeitsschritte notwendig. Zudem muss darauf geachtet werden, dass die Pressverbindung zwischen dem hülsenförmigen Ansatz der Endstücke und den Litzenenden einwandfrei ist, so dass keine zusätzlichen Übergangswiderstände entstehen, welche die elektrischen Werte des Kabels mindern. Da die Pressverbindung nicht mehr gelöst oder nachgearbeitet werden kann, werden elektrische Leiter mit einem mangelhaft angepressten Endstück aussortiert. Ist das Einzelelement zudem noch aus einem anderen Material gefertigt als die Litzen, kann Korrosion auftreten.

[0003] Es ist daher von Vorteil, wenn der elektrische Leiter und sein Endstück einstückig sind.

[0004] In der US 2005/0 170 707 der Yazaki Corp. wird ein Endstück eines elektrischen Leiters offenbart, das aus Elementen des Leiters an sich geformt wird. Dazu werden nach dem Entfernen der Isolierung die einzelnen Leiter vollständig geschmolzen («melted to be integrated»). Nach dem Aushärten bzw. Abkühlen («curing») wird das Endstück in die gewünschte Form gestanzt und mit einer Bohrung versehen.

[0005] Bei diesem Verfahren werden die Litzen vollständig geschmolzen. Beim Erstarren der Schmelze können Lunker und Poren entstehen. Zudem ist der Übergang von den Litzen zum Endstück weniger stabil. Die tatsächliche Form des Endstücks wird erst in einem zusätzlichen Arbeitsschritt hergestellt.

Darstellung der Erfindung

[0006] Aufgabe der Erfindung ist es, einen dem eingangs genannten technischen Gebiet zugehörenden elektrischen Leiter mit Litzen oder Drähten zu schaffen, welcher ein Endstück aufweist, das hinsichtlich seiner elektrischen Kennwerte verbessert ist und sich zudem leichter herstellen lässt.

[0007] Die Lösung der Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 definiert. Gemäss der Erfindung wird ein elektrischer Leiter mit Litzen oder Drähten zur Strom- oder Signalleitung bereitgestellt, wobei der Leiter in einem Endabschnitt mindestens ein kompaktes Endstück aufweist, das aus den Litzen oder Drähten des elektrischen Leiters gebildet ist. Das Endstück ist im Wesentlichen porenfrei und weist eine Porosität von weniger als 10% auf.

[0008] Wird das Endstück eines elektrischen Leiters aus den Litzen oder Drähten des Leiters gebildet, so wird kein zusätzliches Einzelelement, insbesondere keines mit einem hülsenförmigen Ansatz benötigt. Der elektrische Leiter und das Endstück sind einstückig. So können zum einen Korrosionsprobleme vermieden werden, die vor allem dann auftreten, wenn die zusätzlichen Einzelelemente aus einem anderen Material als der elektrische Leiter bestehen. Auch werden so zusätzliche elektrische lokal auftretende Widerstände gemindert. Zudem werden im Herstellungsverfahren Prozessschritte, insbesondere die Handhabung eines zusätzlichen Einzelelements, wie z.B. einer Hülse, eingespart.

[0009] Zu den elektrischen Leitern zählen im Rahmen der Erfindung Leiter, die einzelne oder mehrere Drähte oder Litzen umfassen. Dabei können die Drähte die unterschiedlichsten Profile aufweisen (rund, eckig). Häufig sind diese aus Aluminium oder Kupfer gebildet. Sie können aber auch aus Eisen, Silber, Gold, Messing, Edelstahl, zahlreichen anderen Legierungen und mittlerweile auch Magnesium bestehen. Es kann sich aber auch um beschichtete Metalle handeln, wie z.B. um kupferkaschiertes Aluminium (copper clad aluminium, CCA). Oftmals weisen die Leiter eine isolierende Umhüllung auf. Dabei liegt die Anzahl der einzelnen Drähte eines elektrischen Leiters zwischen 10 und mehr als 10'000. Die einzelnen Drähte weisen typischerweise einen Durchmesser zwischen 0.05 mm und 3.0 mm auf. Die Drähte können parallel oder gegenläufig verseilt sein. Insgesamt resultiert häufig ein im Querschnitt kreisrunder elektrischer Leiter. Er kann aber auch oval, sektor- oder segmentförmig ausgebildet sein oder für spezielle Anwendungen einen anderen Querschnitt aufweisen. Dabei entspricht ein sektorförmiger Querschnitt einem Kreissektor, d. h. einer Fläche, die von zwei Radien und einem dazwischenliegenden Kreisbogen begrenzt wird («Tortenstück»). Ein segmentförmiger Querschnitt entspricht dagegen einem Kreissegment, also einer Teilfläche einer Kreisfläche, die von einem Kreisbogen und einer Kreissehne begrenzt wird. Eine Kombination von Segmentdrähten und Runddrähten ergibt einen Segmentleiter.

[0010] Häufig wird zwischen symmetrischen und asymmetrischen (unsymmetrischen) Leitern unterschieden. Symmetrische Leiter bestehen typischerweise aus zueinander symmetrisch angeordneten Litzen, die wiederum aus symmetrisch angeordneten Drähten bestehen. Dagegen bestehen asymmetrische Leiter aus einzelnen, nicht definiert angeordneten

Drähten. Die einzelnen Drähte weisen häufige einen leichten Schlag auf, jedoch keine definierten Windungen. Typisch sind z.B. Würfelitzen. Im Rahmen der Erfindung können sowohl symmetrische wie auch asymmetrische Leiter verwendet werden.

[0011] Der Endabschnitt des elektrischen Leiters umfasst den Bereich der Litzen- oder Drahtenden und ein Endstück, das aus den Litzen oder Drähten des elektrischen Leiters geformt ist. Der Bereich der Litzen- oder Drahtenden ist ein Längenabschnitt, der für die Herstellung des Endstücks tatsächlich notwendig ist. Damit ist jedoch nicht die gesamte Länge des elektrischen Leiters gemeint.

[0012] Unter einem Endstück werden unter anderem Anschlussstücke oder Kabelschuhe verstanden. Grundsätzlich kann das Endstück jede beliebige Form aufweisen. Häufig ist es als flaches Rechteck oder Oval ausgebildet. Es kann jedoch auch konisch oder polygonal geformt sein und z.B. als universelle Steckverbindung fungieren. Es können genaue Passformen realisiert werden, die eine exakte und auch verdrehsichere Positionierung des Kabels ermöglichen. Bei speziellen Anwendungen können aber auch Sonderformen, durchaus auch mit Hohlräumen hergestellt werden. Insgesamt können die Endstücke derart ausgebildet sein, dass sie kompatibel mit bestehenden Systemen sind.

[0013] Beim erfindungsgemässen elektrischen Leiter ist das Endstück im Wesentlichen porenfrei ausgebildet, d. h. es weist eine geringe Porosität auf. Die Porosität ist das Verhältnis von Hohlraumvolumen zu Gesamtvolumen eines Stoffes. Die Porosität eines Metalls wird massgeblich durch den Verarbeitungsprozess bestimmt. Grundsätzlich findet beim Erstarren von Metallschmelzen eine Volumenverkleinerung statt. Gleichzeitig verschlechtert sich die Löslichkeit vieler Gase, z.B. Wasserstoff oder Luft, oder es finden gasbildende Prozesse statt. Diese Gase können nur unvollständig aus dem erstarrten Material entweichen und werden als Blasen im erstarrten Metall eingeschlossen.

[0014] Insbesondere beträgt die Porosität des erfindungsgemässen Endstücks weniger als 8%, besonders bevorzugt weniger als 5%. Das Endstück, das durch Pressen geformt wird, ist also kompakt und weist nur sehr wenige Hohlräume auf.

[0015] Bevorzugt besteht eine einzelne Litze eines erfindungsgemässen elektrischen Leiters aus Aluminium oder aus Aluminium-Legierungen oder aus kupferkaschiertem Aluminium. Dabei kann ein Leiter Litzen aus nur einem Material umfassen. Es können aber auch Litzen aus Aluminium und/oder aus Aluminium-Legierungen und/oder kupferkaschiertem Aluminium einen gemeinsamen Leiter bilden.

[0016] Bestehen die Litzen aus Aluminium, so weist dieses bevorzugt eine Reinheit von 99.5%, insbesondere von 99.7% auf. Bei den Aluminium-Legierungen kann es sich z.B. um Al/Mg/Si-Legierungen, Al/Fe-Legierungen oder auch um Al/Fe/Cu-Legierungen handeln.

[0017] Zudem können blanke Litzen aus Aluminium oder aus Aluminium-Legierungen verwendet werden. Es ist aber auch möglich, oberflächenbehandelte Litzen zu verwenden, wie z.B. vernickelte Litzen, die eine härtere Oberfläche aufweisen.

[0018] In einer besonderen Ausführungsform ist der elektrische Leiter flexibel ausgebildet. Das bedeutet, dass er zu einem gewissen Ausmass gebogen werden kann, ohne dabei beschädigt zu werden. Grundsätzlich sind Litzenkabel flexibel. Im Rahmen der Erfindung wird ein Leiter insbesondere dann als flexibel angesehen, wenn ein Biegeradius erreicht werden kann, der kleiner ist, als das 12-Fache des Aussendurchmessers des Leiters.

[0019] Grundsätzlich ist es aber auch möglich relativ biege feste, nicht flexible elektrische Leiter zu verwenden, z.B. wenn Litzen mit einem sehr grossen Durchmesser gewählt oder auch sehr viele Litzen in einem Leiter verwendet werden. Auch können formfeste Leiter eingesetzt werden. Grundsätzlich ist es auch möglich, dass eine starre Aussenschicht wie eine sehr dicke Ummantelung oder eine feste Hülse die Flexibilität eines Leiters signifikant herabsetzt.

[0020] In einer besonderen Ausführungsform befindet sich im kompakten Endstück zusätzliches elektrisch leitendes Material. Dabei kann es sich z.B. um Zink, Zinn, Kupfer oder aber auch ein elektrisch leitendes Polymer handeln.

[0021] Dieses zusätzliche elektrisch leitende Material wird vor dem Verformen der Litzen oder Drähte zwischen die Litzen bzw. Drähte eingebracht. Dazu wird der Endabschnitt der Litzen oder Drähte in ein Bad mit einer entsprechenden Lösung, Suspension oder Schmelze getaucht, damit bestrichen oder mit einem pulverförmigen Feststoff bestreut. Beim Verformen der Litzen oder Drähte werden durch das zusätzliche elektrisch leitende Material die Hohlräume zwischen den Litzen oder Drähten besser ausgefüllt, so dass ein besonders kompaktes Endstück gebildet wird.

[0022] Es ist aber auch möglich, die Endabschnitte der Litzen oder Drähte galvanisch zu beschichten oder auch bereits galvanisch beschichtete Litzen oder Drähte zu verwenden.

[0023] Im Rahmen der Erfindung können einerseits reine Metalle verwendet werden; diese weisen eine definierte Schmelztemperatur auf. Es können aber auch Metall-Legierungen verwendet werden, die keine definierte Schmelztemperatur, sondern einen Schmelzbereich aufweisen.

[0024] Vorteilhafterweise liegt die Schmelztemperatur bzw. der Schmelzbereich des zusätzlichen elektrisch leitenden Materials unterhalb der Schmelztemperatur bzw. des Schmelzbereichs des Litzenmaterials, so dass es möglich ist, im Herstellungsprozess dieses Material zu schmelzen, jedoch nicht das Litzenmaterial.

[0025] Für besondere Ausführungsformen kann es aber auch von Vorteil sein, wenn die Schmelztemperatur bzw. der Schmelzbereich des Litzenmaterials niedriger ist als die Schmelztemperatur bzw. der Schmelzbereich des zusätzlichen

elektrisch leitenden Materials. So kann z.B. Kupfer, das eine höhere Schmelztemperatur aufweist als Aluminium, eine tiefschmelzende Phase mit Aluminium bilden.

[0026] In einer besonderen Ausführungsform ist das Endstück aus Litzen oder Drähten mit verändertem Querschnitt aufgebaut, wobei sich zwischen den verformten Litzen oder Drähten das zusätzliche elektrisch leitende Material befindet. Somit umhüllt das zusätzliche elektrisch leitende Material jede Litze bzw. jeden Draht. Gleichzeitig verbessert es den Kontakt zwischen den einzelnen Litzen oder Drähten.

[0027] Besonders bevorzugt ist jede einzelne Litze bzw. jeder einzelne Draht vom zusätzlichen elektrisch leitenden Material umgeben. Endstücke, deren Litzen oder Drähte nur teilweise vom zusätzlichen elektrisch leitenden Material umhüllt sind, liegen jedoch ebenfalls im Rahmen der Erfindung. Auch kann prinzipiell auf das zusätzliche elektrisch leitende Material verzichtet werden.

[0028] Bevorzugt weist das erfindungsgemässe Endstück eine runde durchgehende Aussparung im Sinne einer Bohrung auf. Darüber kann das Endstück dann mit anderen Elementen verbunden werden. Der Durchmesser der durchgehenden Aussparung richtet sich nach der geplanten Anwendung. Bevorzugt ist das Endstück als flaches Rechteck – also ein Quader – ausgebildet, und weist eine durchgehende Aussparung durch seine grösste Fläche auf. Das Endstück kann aber auch mehr als eine durchgehende Aussparung aufweisen. Liegen mehrere durchgehende Aussparungen an einem Endstück vor, so können sie den gleichen Durchmesser aufweisen. Sie können aber auch unterschiedliche Durchmesser aufweisen oder sich auch in der Form unterscheiden, also rund, oval und/oder eckig sein.

[0029] Alternativ kann das Endstück eine ovale Aussparung am den Litzen oder Drähten abgewandten Ende aufweisen und damit als Gabel ausgebildet sein. Es kann aber für besondere Anwendungen auf eine Öffnung oder andere besondere Gestaltungsformen verzichtet werden. Das Endstück ist dann als flaches Rechteck ausgebildet und wird zwischen andere Elemente geklemmt. Prinzipiell kann das Endstück auch z.B. einen überstehenden Haken oder eine Öse aufweisen und darüber mit anderen Elementen verbunden werden.

[0030] Am erfindungsgemässen elektrischen Leiter wird das Endstück nach einem Verfahren hergestellt, das mindestens drei Schritte umfasst: In einem ersten Schritt wird zumindest eine der Litzen oder einer der Drähte im Endabschnitt des elektrischen Leiters erwärmt. Anschliessend werden in einem zweiten Schritt alle Litzen bzw. Drähte unter Druck zum kompakten Endstück verformt. Schliesslich wird das Endstück abgekühlt.

[0031] Optional wird in einem zusätzlichen Schritt ein zusätzliches elektrisch leitendes Material aufgetragen bzw. zwischen die Litzen oder Drähte gebracht. Dieser Schritt wird dann bevorzugt als erster Schritt durchgeführt und entspricht somit einer Vorbehandlung der Litzen oder Drähte. In dem Fall umfasst das Verfahren vier Schritte.

[0032] Besonders bevorzugt wird im Rahmen des Verfahrens zumindest eine der Litzen oder Drähte im Endabschnitt auf eine Temperatur im Bereich der Schmelztemperatur bzw. des Schmelzbereichs erwärmt. Als Bereich der Schmelztemperatur bzw. des Schmelzbereichs ist der Bereich $\pm 10^\circ\text{C}$, bevorzugt $\pm 5^\circ\text{C}$, um die Schmelztemperatur bzw. um den Schmelzbereich zu verstehen. Bei reinen Aluminium-Leitern z.B. liegt die Schmelztemperatur bei 660°C . Das Material wird also auf eine Temperatur im Bereich $650\text{--}670^\circ\text{C}$, bevorzugt $655\text{--}665^\circ\text{C}$, erwärmt. Das Material ist dann weich und kann leicht verformt werden. Es ist jedoch nicht im Sinne der Erfindung die Litzen oder Drähte völlig zu verflüssigen, so dass sie vollständig ihre ursprüngliche Struktur verlieren.

[0033] Alternativ können die Litzen auf eine Temperatur unterhalb der Schmelztemperatur bzw. des Schmelzbereichs erwärmt werden. Sie sind dann jedoch weniger leicht verformbar.

[0034] Insgesamt werden die verwendeten Materialien, insbesondere die Leitermaterialien auf eine Temperatur im Schmelzbereich gebracht. Sie werden dadurch erweicht, jedoch nicht vollständig geschmolzen. Es können sich durchaus kleine Tröpfchen des Materials bilden, die Temperatur soll jedoch nicht derart hoch sein, dass eine komplette Auflösung der Strukturen erfolgt. Es soll vielmehr ein Anschmelzen der Materialien bewirkt werden.

[0035] Es ist von besonderem Vorteil, wenn es sich bei der zumindest einen erwärmten Litze oder bei dem zumindest einen erwärmten Draht um die Kernlitze oder den Kerndraht des elektrischen Leiters handelt. Optional können es auch mehrere innere Litzen oder Drähte sein, also Litzen oder Drähte, die nicht die äusserste Litzenlage oder Drahtlage des elektrischen Leiters bilden. So kann insbesondere im inneren Bereich, der nur schwer überprüft werden kann, eine kompakte Anordnung des Materials realisiert werden.

[0036] Wird die Kernlitze erwärmt, so erfolgt das Erwärmen des Leiters bezogen auf seinen Querschnitt von innen nach aussen. Üblicherweise findet in ähnlichen Verfahren die Übertragung von Wärme von aussen nach innen statt.

[0037] Optional können jedoch auch alle Litzen oder Drähte im Endabschnitt erwärmt und anschliessend verformt werden.

[0038] Bevorzugt wird mindestens eine Litze oder ein Draht des elektrischen Leiters durch induktives Heizen erwärmt. Diese Methode erlaubt eine kontrollierte Erwärmung derjenigen Bereiche, die tatsächlich erwärmt werden sollen, ohne die Parameter im gesamten Querschnitt des Leiters einstellen zu müssen. So ist es möglich, ein Litzenseil oder einen Draht aus dem Inneren zu erwärmen. Die Litzen oder Drähte können jedoch auch durch andere Methoden erwärmt werden, z.B. in einem Ofen.

[0039] Besonders bevorzugt wird die Kernlitze eines elektrischen Leiters durch induktives Heizen auf Schmelztemperatur bzw. Schmelzbereich erwärmt. Die Temperatur der Kernlitze oder der inneren Litzen bzw. Drähte liegt dann also über der

Schmelztemperatur bzw. dem Schmelzbereich des Materials, aus dem sie bestehen, während die Temperatur der äusseren Litzen unterhalb der Schmelztemperatur bzw. des Schmelzbereichs bleibt. Beim Pressen kann das weiche Material der Kernlitze oder auch der inneren Litzen bzw. Drähte in die Zwischenräume der äusseren Litzen oder Drähte dringen und so die bestehenden Hohlräume füllen.

[0040] Optional kann ein zusätzliches elektrisch leitendes Material verwendet werden, um die Hohlräume zwischen den einzelnen Litzen zu füllen.

[0041] Wird ein zusätzliches elektrisch leitendes Material zwischen den Litzen verwendet, so wird es bevorzugt in einem ersten Verfahrensschritt vor dem Erwärmen zwischen die Litzen oder Drähte eingebracht.

[0042] Grundsätzlich kann ein beliebiges elektrisch leitendes Material verwendet werden. Vorteilhafterweise liegt jedoch die Schmelztemperatur bzw. der Schmelzbereich des zusätzlichen elektrisch leitenden Materials unterhalb der Schmelztemperatur bzw. des Schmelzbereichs des Litzenmaterials. So liegt z.B. die Schmelztemperatur von Zinn bei 232 °C und die von Zink bei 419 °C. Wenn Litzen- oder Drahtenden mit einem solchen zusätzlichen elektrisch leitenden Material zu einem erfindungsgemässen Endstück verformt werden sollen, dann werden die Litzen oder Drähte im Endabschnitt auf die Schmelztemperatur bzw. den Schmelzbereich des zusätzlichen elektrisch leitenden Materials erwärmt. Beim Verformen kann dieses die Hohlräume zwischen den einzelnen Litzen oder Drähten ausfüllen. Dabei werden die Litzen bzw. Drähte selber nicht notwendigerweise auf ihre Schmelztemperatur gebracht.

[0043] Insbesondere wenn die Litzen bzw. Drähte aus relativ tiefschmelzenden Legierungen bestehen, kann es vorkommen, dass sie während der Herstellung eines Endstücks durchaus auf ihre Schmelztemperatur bzw. ihren Schmelzbereich erwärmt werden.

[0044] Bevorzugt wird das System auf eine Temperatur gebracht und bei dieser Temperatur gepresst, die oberhalb des Schmelzbereichs des zusätzlichen elektrisch leitenden Materials liegt. Wenn der Schmelzbereich des zusätzlichen elektrisch leitenden Materials oberhalb des Schmelzbereichs des Litzenmaterials liegt, dann muss die Temperatur, bei der gepresst wird, auch oberhalb des Schmelzbereichs des Leitermaterials liegen.

[0045] Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass weniger Energie aufgebracht werden muss, da die erforderlichen Temperaturen, die erzielt werden müssen, niedriger sind.

[0046] Optional wird der Querschnitt der Litzen bzw. Drähte beim Pressen zu einem Endstück im Endabschnitt verändert. So sind die Litzen bzw. Drähte vor dem Verformen z.B. rund ausgebildet. Durch das Pressen wird dieser runde Querschnitt verformt. Im fertigen Endstück sind die Litzen bzw. Drähte nicht mehr rund ausgebildet, sondern z.B. oval, partiell eingedrückt, unregelmässig, teilweise mit Kanten. Die Litzen bzw. Drähte werden dabei nicht gleichmässig verformt, sondern abhängig von ihrer Lage und vom dort wirkenden Druck. Zudem hat auch die Temperatur einen Einfluss darauf, wie stark der Querschnitt einer Litze bzw. eines Drahtes verändert wird. Je höher ihre Temperatur und je näher sie an der Schmelztemperatur ist, umso leichter kann eine Litze bzw. ein Draht verformt werden. Durch die Verformung der Litzenquerschnitte werden die Hohlräume zwischen den Litzen bzw. Drähten im Endstück besser ausgefüllt. So wird das Endstück kompakter.

[0047] Bei dem Verformen der Litzen bzw. Drähte zum kompakten Endstück findet zum einen eine makroskopische Umformung der gesamten Litzen bzw. Drähte statt. Dieser Vorgang ist durch die vorgegebenen Parameter gut definiert. Gleichzeitig findet auch eine mikroskopische Verformung der einzelnen Litzen bzw. Drähte statt. Diese makroskopische Verformung ist nicht für alle Litzen bzw. Drähte einheitlich, sondern abhängig von ihrer Position und dem dadurch lokal vorherrschenden Druck im Leiter.

[0048] Grundsätzlich kann das geformte Endstück bei Umgebungsbedingungen, d.h. bei Raumtemperatur und Normaldruck, abkühlen. Allerdings kann dann die Porosität des Endstücks gegebenenfalls etwas höher ausfallen.

[0049] Es ist von Vorteil, wenn im gefertigten Endstück des elektrischen Leiters eine Bohrung angebracht wird. Dazu wird nach dem Abkühlen mit einem geeigneten Werkzeug oder einer Maschine eine Öffnung gebohrt, gefräst oder auch gestanzt. Dabei handelt es sich um einen einfachen Arbeitsschritt. Zudem können so die Endstücke in grosser Stückzahl hergestellt werden und die Bohrung hinterher individuell angebracht werden. Es können auch mehrere Bohrungen angebracht werden.

[0050] Optional ist es jedoch auch möglich, eine durchgehende Aussparung bereits im zweiten Schritt des Verfahrens entstehen zu lassen, also beim Pressen der Litzen zum Endstück. Dazu muss zwischen die Litzen ein Platzhalter, bei einer runden Öffnung z.B. ein zylinderförmiger Stift positioniert werden. Durch das Pressen der Litzen wird dann automatisch eine durchgehende Aussparung im Endstück erzeugt und der Platzhalter nach dem Abkühlen entfernt. Dieses Verfahren spart einen Arbeitsschritt im Vergleich zur vorher beschriebenen Methode.

[0051] Aus der nachfolgenden Detailbeschreibung und der Gesamtheit der Patentansprüche ergeben sich weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Merkmalskombinationen der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0052] Die zur Erläuterung des Ausführungsbeispiels verwendeten Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1 einen Endabschnitt eines elektrischen Leiters;
 Fig. 2a, b einen Endabschnitt eines elektrischen Leiters mit einem Endstück;
 Fig. 3 einen Endabschnitt eines elektrischen Leiters mit einem Endstück mit Bohrung;
 Fig. 4 einen Endabschnitt eines elektrischen Leiters mit einem gabelförmigen Endstück;
 Fig. 5a–f ein erstes Verfahren zur Herstellung eines kompakten Endstücks mit Induktionsheizung;
 Fig. 6 den Verlauf von Temperatur und Druck beim ersten Verfahren;
 Fig. 7a–f ein zweites Verfahren zur Herstellung eines kompakten Endstücks mit zusätzlichem elektrisch leitendem Material;
 Fig. 8 den Verlauf von Temperatur und Druck beim zweiten Verfahren;
 Fig. 9a–c weitere Querschnitte elektrischer Leiter;
 Fig. 10 einen Querschnitt einer Litze aus galvanisch beschichteten Drähten.

[0053] Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0054] In Fig. 1 wird ein Endabschnitt eines elektrischen Leiters 1 gezeigt. Der elektrische Leiter 1 ist rund ausgebildet, besteht aus einzelnen Drähten 2 und einem sie umhüllenden Mantel 3.

[0055] In Fig. 2a, b wird ein Endabschnitt eines elektrischen Leiters 4 mit einem ersten erfindungsgemässen Endstück 5 in Aufsicht (a) und Seitenansicht (b) gezeigt. Die Fig. 2b entspricht der Fig. 2a gedreht um 90° um die Achse A–A. Das Endstück 5 entspricht einem Quader. Seine Breite b entspricht ungefähr dem Querschnitt aller einzelnen Drähte 2. Dagegen ist seine Höhe h in diesem Ausführungsbeispiel deutlich kleiner als der Querschnitt aller einzelnen Drähte 2. In der Seitenansicht ist gut zu erkennen, dass die einzelnen Drähte zum Endstück 5 zusammenlaufen.

[0056] In Fig. 3 ist eine zweite Ausführungsform eines Endabschnitts eines elektrischen Leiters 6 mit einem Endstück 7 gezeigt. Im Endstück 7 ist eine kreisförmige Bohrung 8 vorgesehen.

[0057] Fig. 4 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel. Dabei handelt es sich um einen Endabschnitt eines elektrischen Leiters 9, dessen Endstück 10 gabelförmig ausgebildet ist.

[0058] In den Fig. 5a–f wird ein erstes Verfahren zur Herstellung eines kompakten Endstücks an einem elektrischen Leiter gezeigt. Fig. 5a zeigt schematisch einen elektrischen Leiter 1 im Querschnitt. Der elektrische Leiter 1 besteht aus einer Kernlitze 13, die wiederum aus sieben einzelnen Strängen 11 gebildet ist. Um die Kernlitze 13 sind sechs Aussenlitzen 12 angeordnet, die ebenfalls aus jeweils sieben einzelnen Strängen 11 gebildet sind. Die einzelnen Stränge bestehen aus Aluminium und weisen typischerweise Querschnitte im Bereich von 40–1000 mm² auf. Der elektrische Leiter 1 wird in einer Spule 15 einer Induktionsheizung positioniert (Fig. 5b). Die Spule 15 wird von niederfrequentem Wechselstrom durchflossen. Dabei wird ein magnetisches Wechselfeld erzeugt, welches im elektrischen Leiter 1 Wirbelströme induziert und somit das Material erwärmt. Beispielsweise werden für einen Aluminium-Leiter mit einem Querschnitt von 185 mm² Leistungen im Bereich von 2–3 kW aufgebracht. Durch eine Anpassung der Frequenz auf z.B. 100 kHz kann bevorzugt die Kernlitze 13 auf ca. 660–670 °C erwärmt werden. Insbesondere kann die Kernlitze 13 soweit erwärmt werden, dass sie beim Erreichen ihrer Schmelztemperatur weich wird und als verformbare Kernlitze 13a vorliegt (Fig. 5c). Dabei werden auch die äusseren Litzen 12 erwärmt, ihre Temperatur ist jedoch tiefer als die Schmelztemperatur.

[0059] Der elektrische Leiter 1 mit der verformbaren Kernlitze 13a wird in einer Presse 16 mit dem Stempel 17 positioniert (Fig. 5d). Durch das Absenken des Stempels 17 wird auf den elektrischen Leiter 1 Druck ausgeübt. Bei einem Aluminium-Leiter mit einem Querschnitt von 185 mm² wird z.B. eine Presskraft von bis zu 35 t aufgewendet. Der elektrische Leiter wird verformt. Das Material 18 der verformbaren Kernlitze 13a verteilt sich zwischen den äusseren Litzen 12 und füllt die Hohlräume. Gleichzeitig werden die ursprünglich im Querschnitt runden Litzen 12 verformt. In Fig. 5e sind die verformten Litzen 12a schematisch als im Querschnitt rechteckig gezeigt. Tatsächlich werden sie jedoch auch andere Formen einnehmen, z.B. oval, eingedrückt oval, mit einigen Ecken. Insbesondere sind nicht alle Litzen in der gleichen Art und Weise verformt. Dabei entsteht das quaderförmige Endstück 5, welches im Querschnitt gezeigt ist. Das Endstück 5 wird abgekühlt und der Presse 16 entnommen (Fig. 5f).

[0060] Die Fig. 6 zeigt den Verlauf von Temperatur T und Druck p in Abhängigkeit von der Zeit t beim ersten Verfahren zur Herstellung eines kompakten Endstücks an einem elektrischen Leiter, bei dem die Kernlitze des elektrischen Leiters durch induktives Heizen auf Schmelztemperatur erwärmt wird. Es sind Temperatur T und Druck p gegen die Zeit t aufgetragen. In einem ersten Schritt wird der elektrische Leiter, der aus Aluminiumlitzen besteht, durch induktives Heizen während der Zeit t₁ = 5–300 s erwärmt. Durch eine gezielte Einstellung der Parameter wird die Kernlitze des elektrischen Leiters

stärker erwärmt als die Aussenlitzen. Somit liegt die Temperatur der Kernlitze T-core über dem Schmelzpunkt $T_{mp} = 660$ °C von Aluminium, während die Temperatur der Aussenlitzen T-out unterhalb des Schmelzpunktes T_{mp} liegt. Im zweiten Schritt wird zum Beispiel über die Zeitdauer $t_2 = 120\text{--}180$ s ein zunehmender Druck p (bei einer Presskraft von z.B. 35 t) auf den erwärmten elektrischen Leiter ausgeübt. Dabei entsteht im Endabschnitt des elektrischen Leiters das kompakte Endstück. Anschliessend kühlt das gebildete Endstück beispielsweise während der Zeit $t_3 = 60$ s ab, wobei der Druck p aufrechterhalten wird.

[0061] In den Fig. 7a–f wird ein zweites Verfahren zur Herstellung eines kompakten Endstücks 20 an einem elektrischen Leiter 1 gezeigt. Bei diesem Verfahren wird ein Endstück 20 erzeugt, in dem sich zusätzliches elektrisch leitendes Material 21, z.B. Zinn befindet.

[0062] Der in Fig. 7a im Querschnitt gezeigte Leiter 1 entspricht vom Aufbau her demjenigen in Fig. 5a. Die Litzen und die einzelnen Stränge 11, 12, 13 bestehen aus einer Aluminium-Legierung, z.B. Al95, die neben Al noch 1% Si, 1% Fe, 1% Zn und jeweils weniger als 1% an Cu, Mn, Mg, Cr und Ti umfasst. Die einzelnen Stränge 11 weisen Querschnitte von $40\text{--}1000$ mm² auf. Der Endabschnitt des Leiters 1 wird in ein Bad 22 des zusätzlichen elektrisch leitenden Materials 21 getaucht. Bei diesem Bad handelt es sich z.B. um eine Zinn-Schmelze (Fig. 7b). Das zusätzliche elektrisch leitende Material 21 bleibt zwischen den Litzen 12, 13 haften, wenn der Leiter 1 aus dem Bad 22 genommen wird (Fig. 7c).

[0063] Der elektrische Leiter 1 mit dem zusätzlichen elektrisch leitenden Material 21 wird in einer Presse 16 mit dem Stempel 17 positioniert (Fig. 7d). Der elektrische Leiter wird über eine in der Pressvorrichtung integrierte Heizvorrichtung erwärmt. Durch das Absenken des Stempels 17 wird auf den elektrischen Leiter 1 Druck ausgeübt. Der elektrische Leiter wird verformt. Das zusätzliche elektrisch leitende Material 21 verteilt sich noch besser zwischen den Litzen 12, 13 und füllt die Hohlräume. Gleichzeitig werden die ursprünglich im Querschnitt runden Litzen 12, 13 verformt. In Fig. 7e sind die verformten Litzen 12a, 13a schematisch als im Querschnitt rechteckig gezeigt. Tatsächlich werden sie jedoch auch andere Formen einnehmen, z.B. oval, eingedrückt oval, mit einigen Ecken. Insbesondere sind nicht alle Litzen in der gleichen Art und Weise verformt. Dabei entsteht das quaderförmige Endstück 20, welches im Querschnitt gezeigt ist. Das Endstück 20 wird abgekühlt und der Presse 16 entnommen (Fig. 7f). Im Querschnitt ist zu erkennen, dass jede einzelne verformte Litze 12a, 13a vom zusätzlichen elektrisch leitenden Material 21 umgeben ist.

[0064] In Fig. 8 ist der Verlauf von Temperatur T und Druck p in Abhängigkeit von der Zeit t beim zweiten Verfahren zur Herstellung eines kompakten Endstücks an einem elektrischen Leiter gezeigt. Bei diesem Verfahren befindet sich im Endabschnitt des Leiters ein zusätzliches elektrisch leitendes Material zwischen den Litzen. Es sind Temperatur T und Druck p gegen die Zeit t aufgetragen. Zunächst wird in einem ersten Schritt der elektrische Leiter mit Litzen aus einer Aluminiumlegierung und z.B. Zinn zwischen den Litzen während der Zeit $t_1 = 1\text{--}300$ s in einem Ofen erwärmt. Dabei wird die Schmelztemperatur von Zinn, nämlich $T_{mp} = 220$ °C etwas überschritten, z.B. um 10 °C. Anschliessend wird in einem zweiten Schritt über die Zeitdauer $t_2 = 5\text{--}300$ s ein zunehmender Druck p (z.B. mit einer Presskraft von 35 t) auf den erwärmten elektrischen Leiter ausgeübt. Dabei entsteht im Endabschnitt des elektrischen Leiters das kompakte Endstück. Anschliessend kühlt das gebildete Endstück während der Zeit $t_3 = 60$ s ab, wobei der Druck p aufrechterhalten wird.

[0065] Fig. 9a–c zeigen Querschnitte elektrischer Leiter, die sich von einem symmetrischen Aufbau aus runden Litzen, wie z.B. in Fig. 5a gezeigt, unterscheiden. So zeigt Fig. 9a ein rundes Kabel 25, das aus sechs sektorförmigen Litzen 26 aufgebaut ist. In Fig. 9b ist ein rundes Kabel 27 abgebildet, das aus einer runden Kernlitze 28 und vier segmentförmigen Litzen 29 besteht. Fig. 9c zeigt ein Kabel 30 mit Litzen 31, die keine feste Anordnung zueinander aufweisen, sondern als Bündel von einer beliebigen Anzahl an Drähten vorliegen. Dabei handelt es sich um sogenannte Würfelitzen. Alle drei Leiter sind mit einer optionalen Ummantelung 32 gezeigt.

[0066] Fig. 10 zeigt im Querschnitt eine Litze 40 aus galvanisch beschichteten Drähten 41, die in einem elektrischen Leiter verwendet werden kann, an dem ein erfindungsgemässes Endstück hergestellt wird. Ein elektrischer Leiter, aufgebaut aus mehreren Litzen analog zum elektrischen Leiter 1 abgebildet in Fig. 5a, kann z.B. ausschliesslich derartige Litzen 40 umfassen. Ein elektrischer Leiter kann aber auch gleichzeitig unbeschichtete Litzen 12 und Litzen 40 aus galvanisch beschichteten Drähten 41 umfassen.

[0067] Die Anzahl der einzelnen Stränge, die eine Litze bilden sowie die Anzahl der Litzen, die einen Leiter bilden, ist variabel. Prinzipiell können auch bereits einige wenige Stränge, also mindestens zwei Stränge, als Leiter fungieren und grundsätzlich ein Endstück aufweisen, das aus den einzelnen Litzen bzw. Strängen gebildet worden ist. Häufig bilden ca. 30–100 einzelne Drähte einen elektrischen Leiter. Die Anzahl an einzelnen Drähten oder Litzen kann aber auch z.B. mehr als 100 sein.

[0068] Im Allgemeinen ist es nicht notwendig, dass die Breite eines Endstücks dem Querschnitt aller einzelnen Litzen oder Drähte des elektrischen Leiters entspricht. Das Endstück kann durchaus auch breiter oder aber auch schmaler gestaltet sein.

[0069] Die elektrischen Leiter können alle einen isolierenden Mantel aufweisen. Nur im Endabschnitt muss dieser Mantel entfernt werden, um die Umformung der Litze zum Endstück zu ermöglichen. Es kann aber auch gänzlich auf einen Mantel verzichtet werden.

[0070] Das Erwärmen und Pressen während des Verfahrens zur Herstellung des elektrischen Leiters mit einem kompakten Endstück kann in zwei verschiedenen Vorrichtungen hintereinander stattfinden. Durch eine geeignete Kombination der

Heizvorrichtung und der Presse, also durch eine in der Presse integrierte Heizvorrichtung, wäre es von Vorteil, beide Arbeitsschritte an einer Vorrichtung, gegebenenfalls direkt hintereinander an einem Gerät, ausführen zu können.

[0071] Ein gefertigtes Endstück kann zusätzlich noch an der Oberfläche beschichtet werden, um z.B. die mechanische oder chemische Stabilität zu verbessern, oder um optische Markierungen anzubringen.

[0072] Zusammenfassend ist festzustellen, dass ein elektrischer Leiter mit einem kompakten Endstück bereitgestellt wird, wobei das Endstück hinsichtlich seiner Porosität verbessert ist. Auch ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Endstücks wird bereitgestellt.

Patentansprüche

1. Elektrischer Leiter (4) mit Litzen (2) oder Drähten zur Strom- oder Signalleitung, wobei der Leiter (4) in einem Endabschnitt mindestens ein kompaktes Endstück (5) aufweist, das aus den Litzen (2) oder Drähten des elektrischen Leiters (4) gebildet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Endstück (5) im Wesentlichen porenfrei ist und eine Porosität von nicht grösser als 10% aufweist.
2. Elektrischer Leiter (4) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das im Wesentlichen porenfreie Endstück (5) eine Porosität von weniger als 8%, besonders bevorzugt weniger als 5% aufweist.
3. Elektrischer Leiter (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, dadurch gekennzeichnet, dass jede einzelne Litze (2) oder jeder Draht aus Aluminium oder aus einer Aluminiumlegierung besteht.
4. Elektrischer Leiter (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass er flexibel ausgebildet ist, wobei sein Biegeradius kleiner ist, als das 12-fache seines Aussendurchmessers.
5. Elektrischer Leiter (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Endstück (20) zusätzlich zum Litzenmaterial elektrisch leitendes Material (21) aufweist.
6. Elektrischer Leiter (4) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass im Endstück (20) die Litzen (12a) oder Drähte einen verformten Querschnitt aufweisen und sich das zusätzliche elektrisch leitende Material (21) zwischen den Litzen (12a) oder Drähten mit verändertem Querschnitt befindet.
7. Elektrischer Leiter (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Endstück (7) eine durchgehende Aussparung (8) aufweist.
8. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Leiters (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Litzen (2) oder einer der Drähte im Endabschnitt des elektrischen Leiters (4) erwärmt wird, dann alle Litzen (2) oder Drähte im Endabschnitt durch Pressen zu einem Endstück (5) verformt werden und anschliessend das Endstück (5) abgekühlt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Litzen (2) oder einer der Drähte im Endabschnitt des elektrischen Leiters (4) auf eine Temperatur im Schmelzbereich erwärmt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der mindestens einen erwärmten Litze oder dem Draht um eine Kernlitze (10) oder um innere Litzen oder Drähte des elektrischen Leiters (4) handelt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine Litze (2) oder der Draht des elektrischen Leiters (4) durch induktives Heizen erwärmt wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Kernlitze (10) des elektrischen Leiters (4) durch induktives Heizen auf eine Temperatur im Schmelzbereich erwärmt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Litzen (10, 12) oder Drähte des elektrischen Leiters (1) im Endabschnitt vor dem Erwärmen mit einem zusätzlichen elektrisch leitenden Material (21) überzogen werden und die Litzen (10, 12) oder Drähte im Endabschnitt auf eine Temperatur im Schmelzbereich des zusätzlichen elektrisch leitenden Materials (21) erwärmt werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass durch das Pressen der Litzen (12) oder Drähte zu einem Endstück (5) der Querschnitt der Litzen (12a) oder Drähte im Endabschnitt verändert wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass das gepresste Endstück (5) unter Druck abgekühlt wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Endstück (7) eine Bohrung (8) angebracht wird.

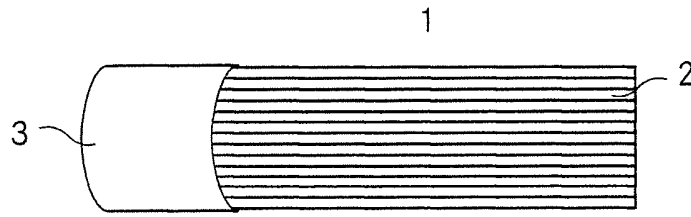


Fig. 1

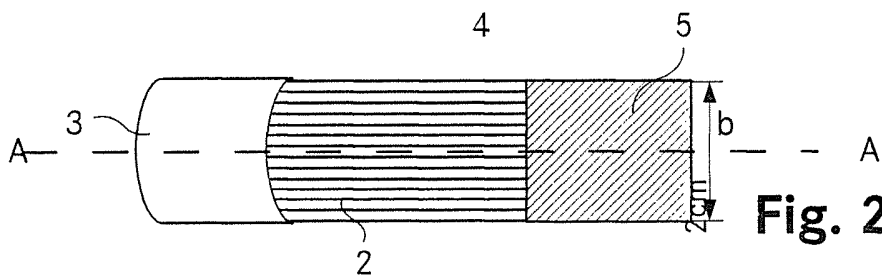


Fig. 2a

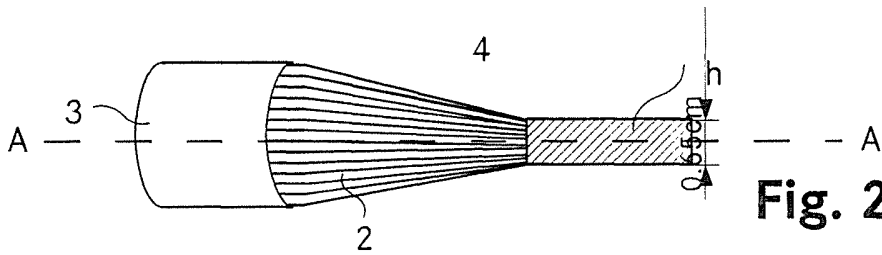


Fig. 2b

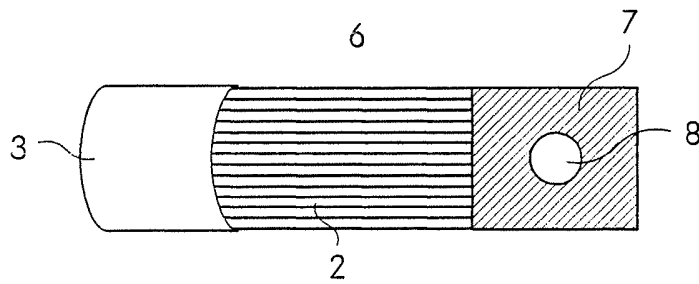


Fig. 3

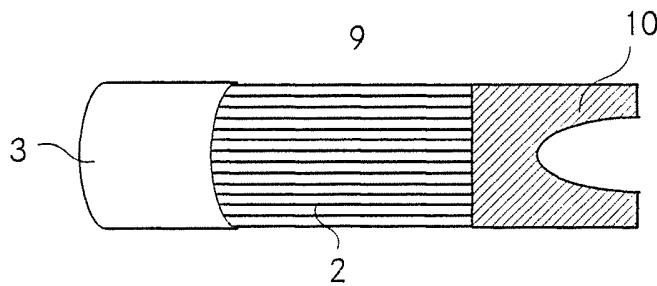


Fig. 4

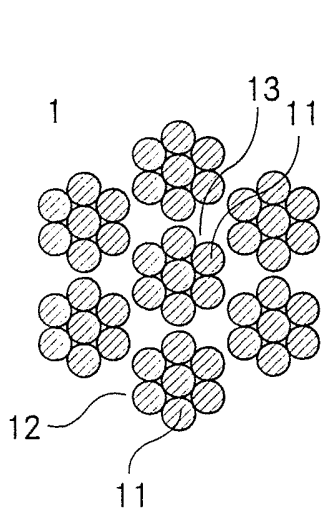


Fig. 5a

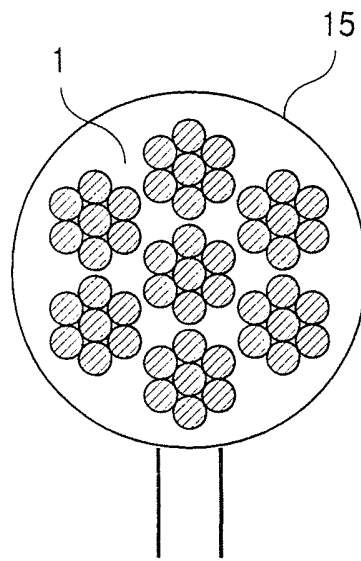


Fig. 5b

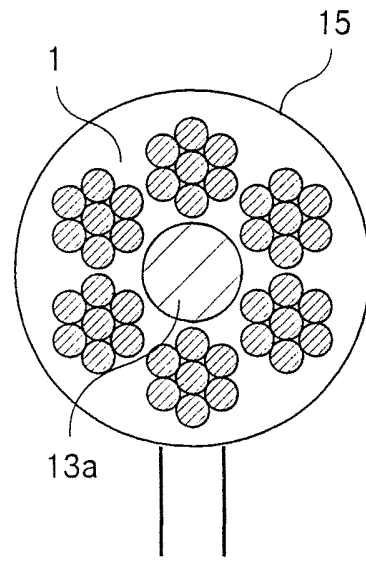


Fig. 5c

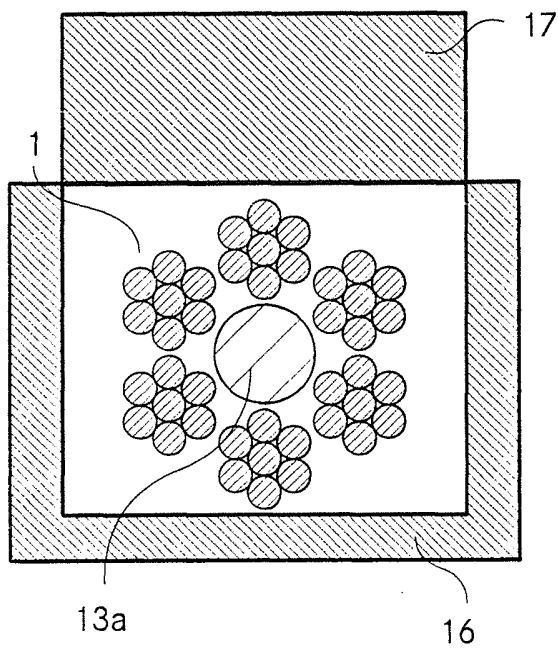


Fig. 5d

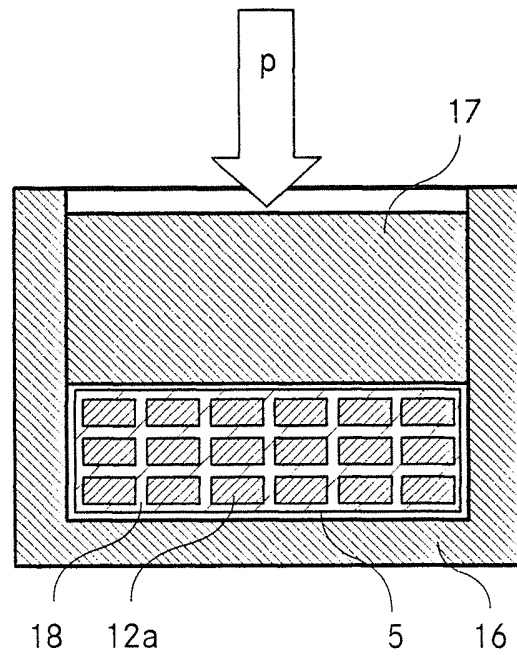


Fig. 5e

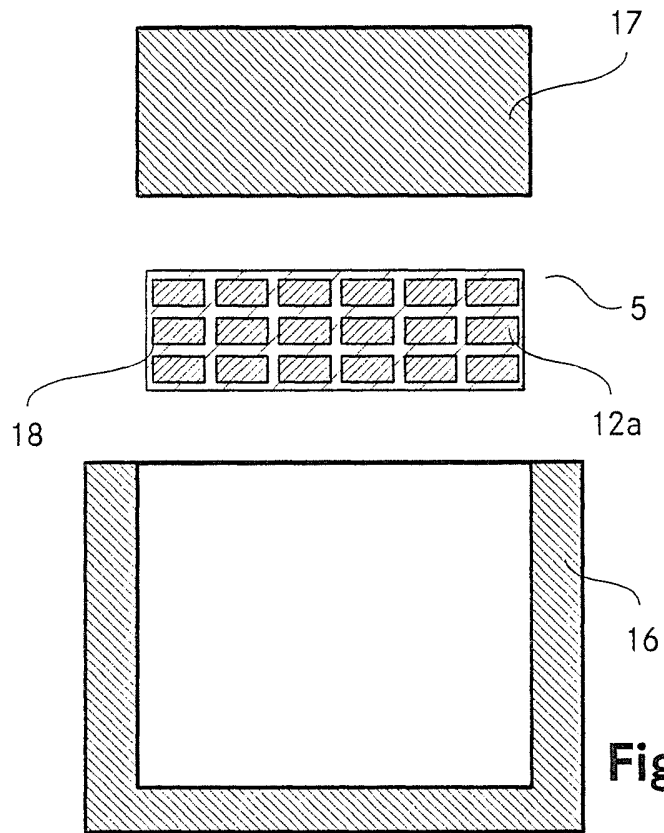


Fig. 5f

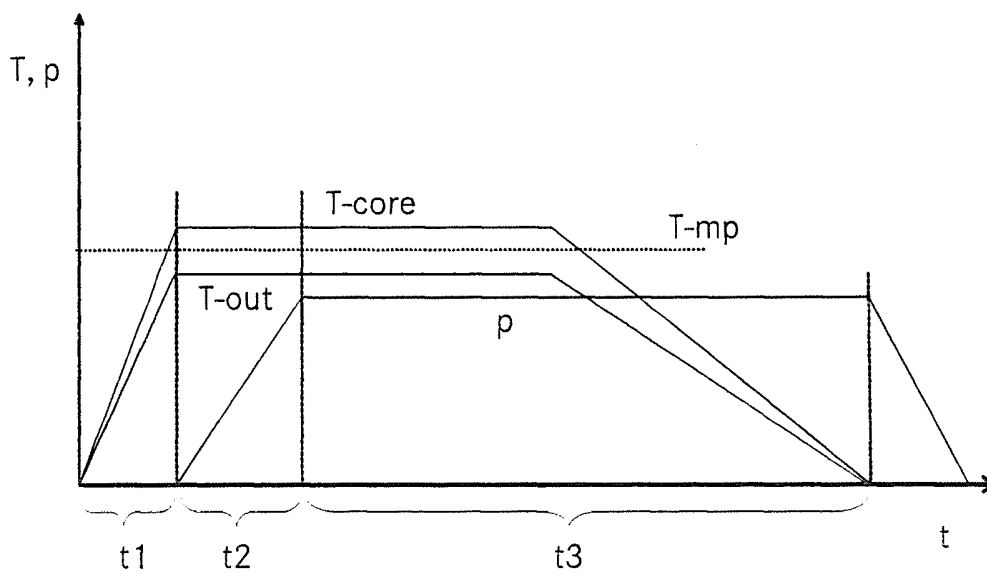


Fig. 6

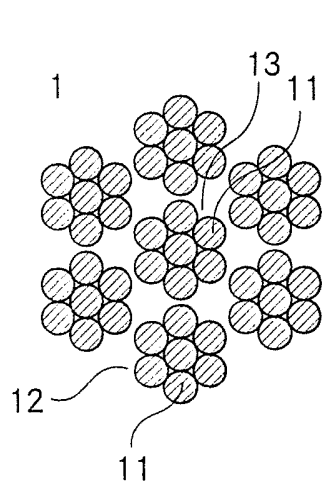


Fig. 7a

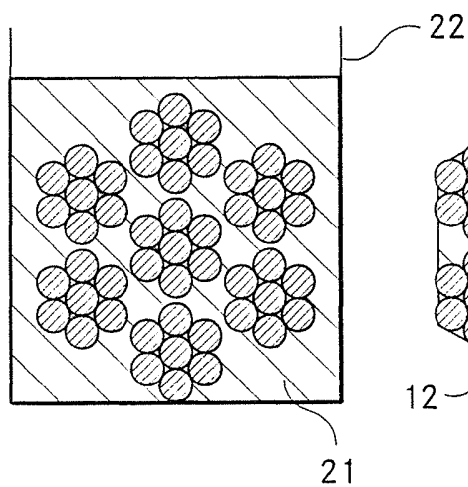


Fig. 7b

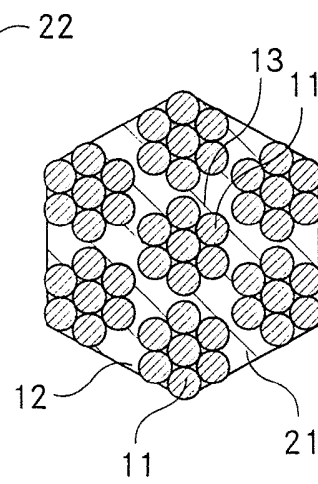


Fig. 7c

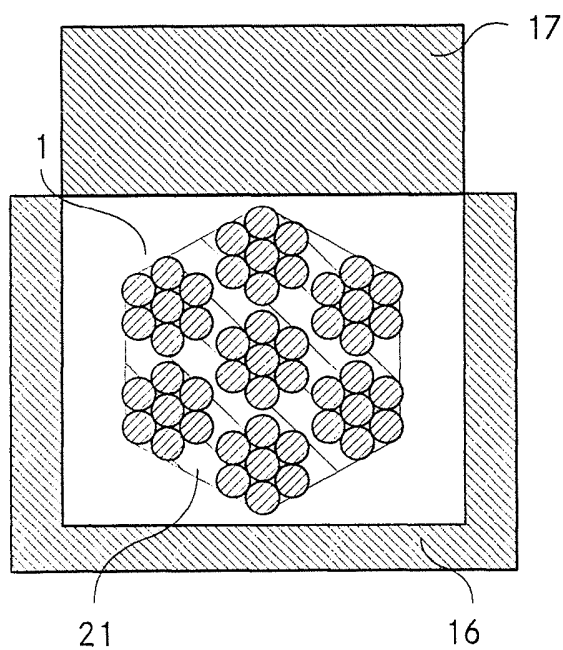


Fig. 7d

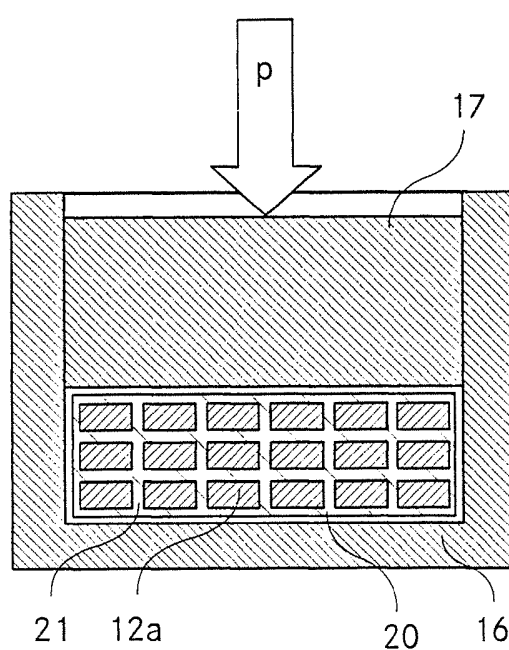


Fig. 7e

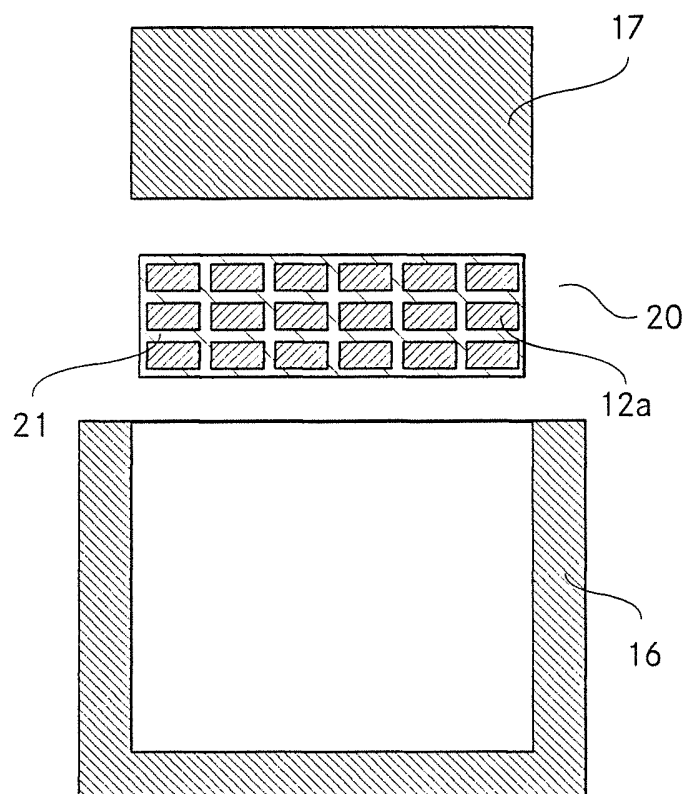


Fig. 7f

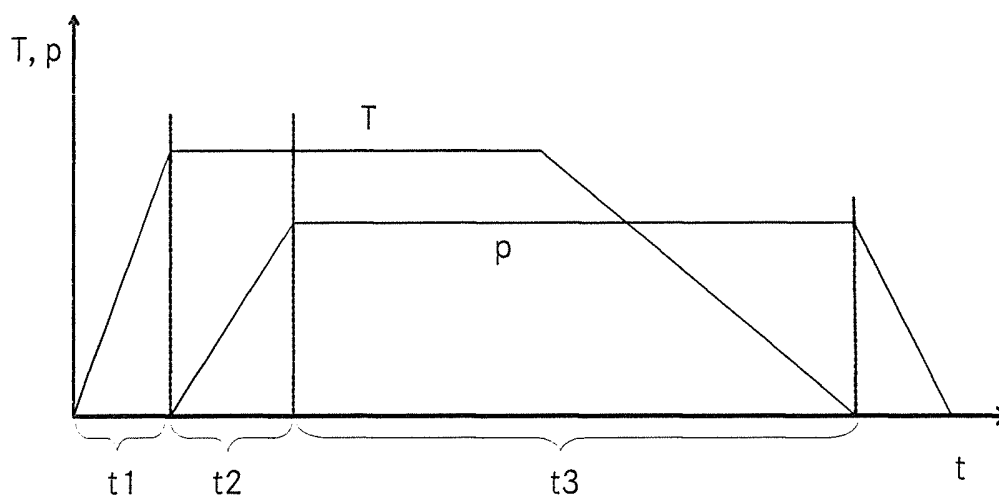


Fig. 8

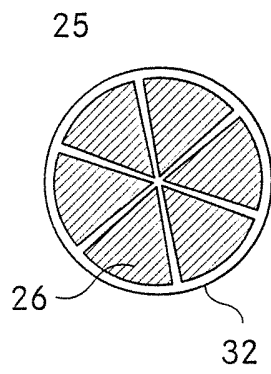


Fig. 9a

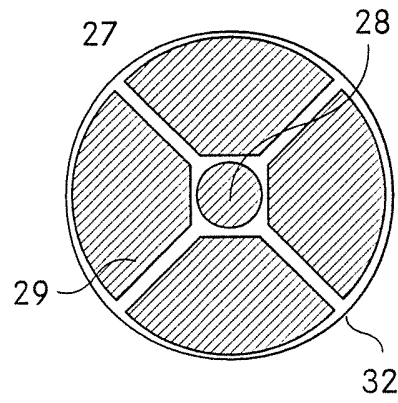


Fig. 9b

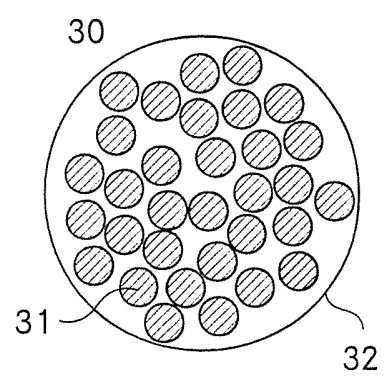


Fig. 9c

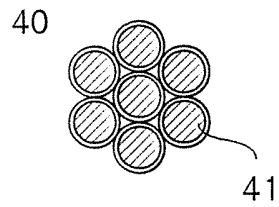


Fig. 10