



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 38 251 T2** 2008.08.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 845 691 B1**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 6/44** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 38 251.6**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 120 571.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **24.11.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **03.06.1998**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **31.10.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.08.2008**

(30) Unionspriorität:

MI962494 29.11.1996 IT

(74) Vertreter:

HOFFMANN & EITLE, 81925 München

(73) Patentinhaber:

**Prysmian Cavi e Sistemi Energia S.r.l.,
Mailand/Milano, IT**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT, NL, SE

(72) Erfinder:

Consonni, Enrico, Seregno (Milano), IT

(54) Bezeichnung: **Optisches Kabel mit rohrenförmiger metallischer Seele**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Kabels, das aus mindestens einer optischen Faser in einem Verstärkungsmittel in Form eines Metallrohrs gebildet ist.

[0002] Im Allgemeinen umfassen optische Kabel einen optischen Kern, in dem eine oder mehrere optische Fasern, die getrennt oder z. B. in Bänder oder ähnliches gruppiert sind, in einem Gehäuse für die optischen Fasern angeordnet werden, sowie einer Ummantelung, die dem optischen Kern Schutz bietet und die für die spezifische beabsichtigte Anwendung geeignet ist.

[0003] Es sind Versionen bekannt, in denen der optische Kern eine Metallhülse mit optischen Fasern darin und Festigungselementen außerhalb davon umfasst. Das britische Patent 2 176 905 beschreibt unter anderem ein Kabel mit einer Vielzahl von optischen Fasern, die lose in einem Metallrohr mit einem C-Querschnitt eingeschlossen sind. Das Rohr ist wiederum von Stahlelementen mit hoher Zugfestigkeit umgeben.

[0004] Das US Patent 4,371,234 beschreibt ein Kabel mit einem mittigen Festigkeitselement, das aus Nylon ummantelten Stahlsträngen oder Strängen einer fasrigen Natur gebildet ist, um welches eine Anzahl von Polypropylen beschichteten optischen Fasern angeordnet sind, die wiederum von einer Polyesterummantelung und einer Hülse eines weiteren Polyesters umgeben sind. Ein Aluminiumrohr mit einem C-Querschnitt ist über die Hülse gepasst und wird dann, beispielsweise durch Verschweißen, geschlossen.

[0005] Das US Patent 4,239,336 betrifft Kabel mit optischen Fasern, die in einem rohrförmigen elektrischen Leiter eingeschlossen sind, der insbesondere aus einem Aluminiumrohr gebildet ist, dessen Kanten stoßgeschweißt sind oder das aus zwei miteinander verbundenen Halbrohren besteht.

[0006] Das britische Patent 2 253 717 zitiert die britische Patentanmeldung 2 029 047 und beschreibt, dass es die praktischen Schwierigkeiten erkennt, ein durchgehendes Metallrohr zu bilden, ohne dabei die darunter liegenden optischen Fasern zu beschädigen, und schlägt das Formen des Rohrs aus einem flachen Streifen, der um die Fasern mit beabstandeten Kanten herumgefaltet wird, sowie das Verschließen des sich ergebenden Spalts durch eine darüber liegende druckbeständige Schicht vor, wodurch vermieden wird, dass die Kanten geschweißt werden müssen, und die Beschädigungswahrscheinlichkeit der Fasern aufgrund von Überhitzung vermieden wird. Jedoch kann das Vorhandensein eines Spalts in einigen Fällen zu einem Schwächungsbereich führen.

[0007] Das britische Patent 2 253 717 beschreibt ein Herstellungsverfahren für ein faseroptisches Kabel, bei dem die optischen Fasern, wenn sie in einer Längsrichtung zugeführt werden, von einem Metallstreifen umschlossen sind, der um die Fasern gefaltet wird, und die Kanten zusammenschweißt werden, um eine rohrförmige Feuchtigkeitsbarriere zu bilden, deren Durchmesser beim Stadium des Schweißens einen ausreichenden Abstand zwischen den Fasern und dem erwärmten Bereich des geschweißten Rohrs bereitstellt, um eine Beschädigung der Fasern aufgrund von Überhitzung zu verhindern. Der Durchmesser des geformten Rohrs wird durch Passieren eines oder mehrerer Sätze von verjüngenden Walzen wesentlich verringert.

[0008] Wasserblockierende Mittel sind in Form eines Gels vorgesehen, das geeignet unter Druck durch ein Rohr eingeführt wird, dessen Auslass sich stromaufwärts von der Schweißposition befindet.

[0009] Gekühltes Gas würde auch um die Fasern und zwischen die Fasern sowie um die Kanten des gefalteten Streifens im Schweißbereich geführt werden.

[0010] Das US Patent 5,263,239 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines optischen Kabels, wobei eine Vielzahl von optischen Fasern in einen weichen, flexiblen, einen Kern bildenden Schaum eingebettet sind, sowie ein Metallstreifen in Rohrform um den Kern herum geformt wird, wobei ein Abstand zwischen dem Kern und dem Rohr belassen wird, und das Rohr mit einer Laservorrichtung geschweißt wird.

[0011] Der Innendurchmesser des Rohrs ist größer als der Kabelkern, so dass der Kern nicht von der Schweißhitze beschädigt wird.

[0012] Das geschweißte Rohr wird dann mit Hilfe einer Zugvorrichtung auf einen Durchmesser herabgezogen, der in der Nähe jenes des Kerns liegt.

[0013] Das europäische Patent 0 023 154 beschreibt ein Kabel mit einer oder mehreren optischen Fasern,

die von einem lose passenden Rohr eingeschlossen sind, welches ein aus einem Metallstreifen gebildetes Verstärkungselement umfasst, das auf mindestens einer Seite mit einem thermoplastischen Material beschichtet ist, in eine rohrförmige Form mit überlappenden Kanten gefaltet wird, und eine extrudierte Plastikhülse.

[0014] Die Extrusionswärme der Plastikhülse bewirkt das Verschmelzen der sich berührenden Bereiche der thermoplastischen Ummantelung, wodurch das Rohr abgedichtet wird. Ein in rohrförmige Form gefalteter Papierstreifen ist um die Fasern herum angeordnet, wobei die geschlossenen Kanten des Papierstreifens den sich überlappenden Kanten des Metallrohrs diametral gegenüberliegen.

[0015] Der in rohrförmige Form gefaltete Papierstreifen verhindert jede mögliche Beschädigung der Fasern, die durch die nach innen gewandte Kante des Stahlstreifens bewirkt wird.

[0016] Die EP-A-0 727 274 offenbart eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Herstellung eines mit einem Metallrohr ummantelten faseroptischen Kabels, umfassend Formmittel zum Umformen eines Metallstreifens zu einem Metallrohr durch Anlegen zweier Seiten des Metallstreifens; eine Schweißvorrichtung zum Formen eines abgedichteten Metallrohrs durch Verschweißen eines anliegenden Abschnitts des Metallrohrs; eine Schutzvorrichtung der optischen Faser, die in dem Metallrohr angeordnet ist und sich mindestens an eine Position erstreckt, die von der Schweißvorrichtung thermisch beeinträchtigt wird, um eine optische Faser oder ein optisches Faserbündel vor der Verschweißungshitze der Schweißvorrichtung zu schützen, wobei die Schutzvorrichtung der optischen Faser eine Mehrfach-Rohrstruktur aufweist, die aus mindestens einem inneren Rohr und einem äußeren Rohr besteht; Mittel zum Einführen einer optischen Faser, um die optische Faser oder das optische Faserbündel durch das innere Rohr in das zu versiegelnde Metallrohr einzuführen; und eine Füllmittelzuführvorrichtung zum Zuführen eines Füllmittels aus einem Spalt zwischen dem inneren und dem äußeren Rohr in das Metallrohr durch die Position. Dieses Verfahren leidet an den hier erwähnten Nachteilen, die mit dem Einführen von optischen Fasern und Füllmitteln in ein geformtes Rohr zusammenhängen.

[0017] Die Veröffentlichung International Wire & Cable Symposium Proceedings 1980, Seiten 202–210 beschreibt eine Kabelhülse, die aus einem Streifen aus verzinnem Stahl erzeugt ist, der auf beiden Flächen mit Polymer beschichtet ist, 25 mm breit ist, in ein Rohr mit 7 mm Durchmesser und mit einer longitudinalen Überlappung geformt wird, die während der Extrusion einer externen Polyethylenhülse befestigt werden kann.

[0018] In der Hülse gibt es ausreichend Raum, um einen longitudinalen Papierstreifen und vier ummantelte Fasern von 0,5 mm Durchmesser zu platzieren. Die Veröffentlichung berichtet, dass ein Durchmesser von 7 mm als in der Nähe der unteren Grenze zur Ausbildung der Rohre aus einem Streifen von 150 µm Dicke mit Hilfe einer Formvorrichtung befunden wurde, da die maximale zulässige Zugkraft verringert werden würde.

[0019] Der Anmelder bemerkt, dass die Verringerung des Rohrdurchmessers mit dem Bedürfnis in Konflikt steht, eine Stützvorrichtung im Rohr zu verwenden und so die Kanten zu verschweißen. Ohne eine starre interne Stütze für das Rohr wurde es nicht als möglich erachtet, die überlappenden Kanten des Rohrs zu verschweißen, und zwar aufgrund der Notwendigkeit, mechanischen Druck mit einem ausreichenden Schubmittel auszuüben.

[0020] Andererseits wird es ohne ein wirksames Verschweißen des Rohrs als unwahrscheinlich erachtet, dass das Kabel die mechanischen Tests des wiederholten Torsions-Biegens oder der Durchbiegung passieren würde, die für die Typenzulassung der Kabel zur Installation in Rohren vorgeschrieben sind. Dies berücksichtigt es daher basierend auf der oben genannten bekannten Technik unmöglich, den Wert des Durchmessers unter 7 mm zu verringern, z. B. auf Durchmesser von 3–5 mm.

[0021] Der Anmelder hat auch beobachtet, dass die Notwendigkeit, den Wasserinfiltrationstest zu passieren, das Vorhandensein einer vorbestimmten Menge eines Wasserblockierenden Fluids oder Gels in dem die optischen Fasern umschließenden Rohr notwendig macht.

[0022] Insbesondere hat der Anmelder beobachtet, dass es wünschenswert ist, eine große Menge von Wasserblockierender Substanz zusammen mit den optischen Fasern einzuführen, um die Anforderung zu erfüllen, eine Wasserblockierung entlang der Längsachse des Kabels sicherzustellen.

[0023] Zu Zwecken dieser Erfindung ist das Wasserblockierende Material ein Material, das in das die optischen Fasern umschließende Rohr platziert werden kann und das den Längsdurchtritt von Wasser oder ähnlichem entlang des Rohrs und, allgemeiner gesagt, entlang des Kabels verhindert.

[0024] Zu Zwecken dieser Erfindung ist das Wasserblockierende Fluid ein Material, das in das die optischen Fasern umschließende Rohr und in andere leere Räume im Kabel gepumpt oder anderweitig eingeführt werden kann.

[0025] Ein Rohr zum Umschließen von optischen Fasern kann aus einem Metallstreifen hergestellt werden, dessen Kanten beispielsweise durch die Einwirkung eines Laserstrahls verschweißt sind.

[0026] Während der Ausbildung der Rohre können die optischen Fasern oder Bänder der optischen Fasern und die Mittel zur Blockierung des Wassereindringens in der Längsrichtung in Gelform (Wasserblockierendes Fluid) mit Hilfe eines kleinen Hilfsrohrs eingeführt werden. Im Fall der Laserverschweißung dient das kleine Rohr dazu, die optischen Bänder vor der vom Laserstrahl emittierten Wärme zu schützen.

[0027] Wenn jedoch die Absicht jene ist, einen optischen Kern mit kleinem Durchmesser, und zwar wesentlich kleiner als 7 mm, herzustellen, hat der Anmelder beobachtet, dass wenn man versucht, dies durch Füllen mit Hilfe eines Rohrs mit kleinem Durchmesser, das für die Zufuhr des Wasserblockierenden Materials zusammen mit den optischen Fasern in den rohrförmigen Kern geeignet ist, zu erzielen, der vom kleinen Durchmesser des kleinen Rohrs bewirkte Ladungsverlust und die Viskosität des Wasserblockierenden Fluids es notwendig machen, einen hohen Zufuhrdruck für das Fluid zu verwenden, der notwendig ist, um das Zuführen des erwünschten Volumens an Fluid im Rohr zu erlauben.

[0028] Tatsächlich muss die Strömungsgeschwindigkeit des Wasserblockierenden Fluids in dem kleinen Rohr (dessen Durchmesser wesentlich kleiner als jener des rohrförmigen Kerns ist) ausreichend hoch sein (d. h. eher größer als die Geschwindigkeit des Voranschreitens des in Formung befindlichen rohrförmigen Kerns), um sicherzustellen, dass eine ausreichende Menge an Wasserblockierendem Fluid eingeführt wird, um den rohrförmigen Kern zu füllen.

[0029] Der genannte hohe Druck ist derartig, dass er ein hohes Risiko der Beschädigung der optischen Elemente und der Änderung ihrer Anordnung bewirkt.

[0030] Um beispielsweise in ein 2,75 mm im Durchmesser messendes Rohr eine Menge von Wasserblockierendem Fluid, die ausreicht, um es zu 80% zu füllen, mit einer Produktionsgeschwindigkeit von 15 m/min und unter Verwendung eines Rohrs mit 1,6 mm Innendurchmesser und 100 mm Länge, und unter Berücksichtigung eines Wasserblockierenden Fluids mit einer Viskosität von 70 Pas unter Anwendungsbedingungen zu füllen, ist ein Zufuhrdruck von 270 bar notwendig.

[0031] Unter diesen Bedingungen wäre es schwierig, eine Hochdruckfluidzuführzone zu erzeugen und dabei eine Strömung in der entgegengesetzten Richtung des Kabelvorschubs sowie fluid-dynamische Wechselwirkungen mit den Fasern zu vermeiden, die eine wesentliche Quelle mechanischer Belastungen auf die Faser sind.

[0032] Insbesondere haben experimentelle Tests, die mit einer Vorrichtung für die Zufuhr von Wasserblockierendem Fluid durchgeführt wurden, welche ein Rohr mit einem Innendurchmesser von 2 mm und einer Länge von 130 mm umfasst, durch welche eine optische Faser durchgeführt wird, die einer Bremsung von 100 g und ohne Zuführüberdruck unterzogen wurde, gezeigt, dass Überdrücke von ungefähr 12 bar zu einem Anstieg von ungefähr 40 g des auf die Faser ausgeübten Zugs führen (mit einer Fasergeschwindigkeit von 1,5 m/min); ein Überdruck von ungefähr 28 bar führt zu einem Anstieg von ungefähr 550 g im auf die Faser ausgeübten Zug (bei einer Fasergeschwindigkeit von 3,5 m/min).

[0033] Man bemerke auch, dass der Gesamtzug von ungefähr 650 g, der auf ein Band aus vier optischen Fasern ausgeübt wird, einer Elongation des Bands von mehr als 1 von Tausend entspricht.

[0034] Um die Fasern vor der Beschädigung zu bewahren, die aus dem hohen Pumpdruck des Wasserblockierenden Fluids oder Gels resultiert, kann als Alternative eine geringere Flussrate verwendet werden, jedoch führt dies zu einer lediglich teilweisen Füllung des unbesetzten Volumens des rohrförmigen Kerns und einer inadäquaten Beständigkeit des Rohrs gegen den Durchtritt von Wasser in der Längsrichtung.

[0035] Gemäß der vorliegenden Erfindung hat der Anmelder beobachtet, dass es durch gleichzeitiges Einführen des Wasserblockierenden Fluids und der optischen Fasern auf einen oben offenen, gekrümmten Metallstreifen möglich wird, eine Menge an Wasserblockierendem Fluid zuzuführen, die Werten in der Nähe der vollständigen Füllung des Endbereichs des Rohrs gleich ist, wobei sich die Kanten überlappen und verschweißt

sind, und insbesondere einem Wert von mindestens 75% der Innenfläche des Rohrs, bevorzugt Werten zwischen 65% und 95% der endgültigen Rohrfläche gleich ist.

[0036] Gemäß der Erfindung wurde herausgefunden, dass es das Einführen eines Wasserblockierenden Fluids durch dessen Aufbringen auf einen Streifen in einer spezifischen Phase der Verformung mit einer offenen badewannenförmigen Querschnittsgestaltung und der nachfolgenden Verformung allmählich bis zur abschließenden Rohrform mit einer Kanteneinschränkung möglich macht, eine große Menge von Wasserblockierendem Fluid bis zu den oben angegebenen Maximalwerten einzuführen.

[0037] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung beobachtet der Anmelder, dass es durch Einführen des Wasserblockierenden Fluids auf einem oben offenen gekrümmten Metallstreifen auch möglich wird, das Wasserblockierende Material so zuzuführen, dass ein Kontakt mit den Teilen des Streifens, die dazu bestimmt sind, die geschweißten Kanten zu bilden, vermieden wird.

[0038] Diese Kanten, die frei von Wasserblockierenden Fluidspuren bleiben, können somit in richtigen Kontakt kommen und dann effektiv verschweißt werden.

[0039] Auf diese Weise werden die Kanten des Rohrs so verschlossen, dass sie allen Kräften widerstehen können, die dazu neigen, es während der Instandhaltung und/oder der Installation des Kabels zu öffnen.

[0040] Zusätzlich kann durch dieses Verfahren das auf den eben in eine gekrümmte offene Form ausgebildeten Streifen abgeschiedene Wasserblockierende Fluid vorteilhafterweise unter atmosphärischem Druck zwischen die optischen Fasern gelangen, wodurch sie vor Drücken bewahrt werden, die ihrer Unversehrtheit abträglich sind, und wodurch ihre Anordnung unverändert bleibt.

[0041] Es wurde auch herausgefunden, dass die Menge des Wasserblockierenden Fluids gemäß den genannten Werten ausreichend ist, um das Durchdringen von Wasser in der Längsrichtung des Kabels zu blockieren.

[0042] Die Erfindung betrifft sowohl den Fall, bei dem das Wasserblockierende Material aus einem Fluid besteht, wie zuvor erwähnt, als auch den Fall, bei dem das Wasserblockierende Material primär aus einem hygro-expandierenden Material besteht, das bevorzugt auf einem Band getragen wird und das bei Gegenwart von Wasser anschwillt, bis es den verfügbaren unbesetzten Raum ausfüllt und dabei ein sog. „trockenes“ Kabel bildet, d. h. eines ohne Fluide im Inneren, sowie Fälle, bei dem verschiedene Wasserblockierende Materialien miteinander kombiniert werden.

[0043] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren für die Herstellung eines optischen Kabels gemäß Anspruch 1.

[0044] Bevorzugt werden die Kanten des Streifens überlappt.

[0045] Bevorzugt werden die Kanten des Streifens befestigt und abgedichtet.

[0046] In einer bevorzugten Ausführungsform besteht das Wasserblockierende Material aus einem Fluid.

[0047] Als Alternative besteht das Wasserblockierende Material aus einem hygro-expandierenden Streifen; bevorzugt wird der hygro-expandierende Streifen an einem Teil der Fläche des Metallstreifens befestigt.

[0048] Bevorzugt entspricht die vorbestimmte Menge des Wasserblockierenden Materials einer Füllung von mindestens 75% und besonders bevorzugt mindestens 90%.

[0049] Bevorzugt beträgt der vorbestimmte Abstand zwischen den Wänden des Metallstreifens zwischen 40% und 80% der vorbestimmten Breite des Metallstreifens.

[0050] In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens gemäß der Erfindung wird mindestens eine optische Faser in das Rohr geführt, nachdem mindestens ein Teil der vorbestimmten Menge an Wasserblockierendem Material eingeführt wurde.

[0051] Insbesondere werden mindestens zwei optische Fasern in aufeinanderfolgenden Phasen in das Rohr geführt, und zwischen den Phasen wird mindestens ein Teil der vorbestimmten Menge an Wasserblockieren-

dem Material zwischen die optischen Fasern geführt.

[0052] In einer besonderen Ausführungsform wird mindestens eine Oberfläche des Metallstreifens mit einem thermoplastischen Polymer beschichtet.

[0053] Insbesondere umfasst die Phase des Befestigens und Abdichtens der Kanten des Streifens die folgenden Schritte, nacheinander:

- Überlappen der Kanten;
- Erhitzen der überlappenden Kanten, um mindestens ein teilweises Schmelzen des thermoplastischen Polymers zu bewirken;
- Kühlen der Kanten und gleichzeitiges Ausüben von Druck auf die Kanten.

[0054] Insbesondere wird der Schritt des Kühlens der Kanten und des gleichzeitigen Ausübens von Druck auf die Kanten ohne Stützvorrichtungen im Rohr durchgeführt.

[0055] Bevorzugt folgt eine Kunststoffhülse dem Schritt des plastischen Verformens des Streifens bis eine im Wesentlichen rohrförmige Gestalt abschließend erhalten wird.

[0056] In einer besonderen Ausführungsform sind Festigkeitselemente in die Kunststoffhülse eingegliedert.

[0057] Gemäß einem besonderen Aspekt ist das Verfahren durch die Tatsache gekennzeichnet, vor dem Schritt des Überlappens der Kanten des Rohrs die Kanten des Metallstreifens unter einem vorbestimmten Abstand voneinander zu halten.

[0058] In einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Phase des Einführens eines Wasserblockierenden Materials mindestens zwei Phasen des Zuführens von Wasserblockierendem Material, zwischen denen mindestens ein Schritt des Einführens einer optischen Faser vorhanden ist.

[0059] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform des Verfahrens dieser Erfindung umfasst das Einführen einer vorbestimmten Menge an Wasserblockierendem Material in das Rohr mit vorbestimmtem Durchmesser, so dass ein Querschnitt eines 1 m langen Kabels, das eine 1 Stunde lang einer Wasserdruckhöhe von 1 m ausgesetzt wurde, keinen wesentlichen Durchtritt von Wasser aufzeigt.

[0060] Insbesondere ist die vorbestimmte Menge an Wasserblockierendem Material größer als 75% und bevorzugt größer als 90%.

[0061] Insbesondere besitzt das Rohr mit vorbestimmtem Durchmesser bevorzugt einen Außendurchmesser von weniger als 7 mm.

[0062] Größere Details können der folgenden Beschreibung mit Bezug auf die beigefügten Figuren entnommen werden, in denen:

[0063] [Fig. 1](#) den Querschnitt eines gemäß der Erfindung hergestellten Kabels zeigt;

[0064] [Fig. 2a–Fig. 2h](#) nacheinander die Phasen zur Herstellung des optischen Kerns des Kabels der [Fig. 1](#) zeigen;

[0065] [Fig. 3](#) in einer Seitenansicht eine bevorzugte Form der Anlage zur Herstellung des in [Fig. 1](#) gezeigten Kabels zeigt;

[0066] [Fig. 4](#) eine der Aggregate zur Ausbildung des Verstärkungsrohrs des Kerns beginnend mit einem Metallstreifen zeigt, entsprechend dem Querschnitt IV-IV der [Fig. 3](#);

[0067] [Fig. 5](#) eine vergrößerte Ansicht des Gegenstands in [Fig. 4](#) zeigt, nämlich die Walzen zur Ausbildung des Kernverstärkungsrohrs;

[0068] [Fig. 6](#) eine Seitenansicht der Vorrichtung zum Zuführen der optischen Übertragungselemente und des Wasserblockierenden Materials auf den Metallstreifen zeigt, die von der in [Fig. 3](#) gezeigten Vorrichtung gebildet werden;

[0069] [Fig. 7](#) den Querschnitt entlang der Ebene VII-VII der [Fig. 6](#) zeigt;

[0070] [Fig. 8](#) eine schematische Darstellung der Testanlage zur Überprüfung der Beständigkeit des Kabels gegen den Durchtritt von Wasser zeigt.

[0071] [Fig. 1](#) stellt ein Beispiel einer Ausführungsform eines optischen Kabels **1** dar, das gemäß dieser Erfindung hergestellt wurde und das z. B. in faseroptischen Telefonverteilungsnetzwerken zum Endkunden verwendet werden kann.

[0072] Das optische Kabel **1** umfasst einen optischen Kern **2** mit einem Stahlrohr **3**, das aus einem Metallstreifen erhalten wurden, welcher mit einem thermoplastischen Material beschichtet wurde, das aus einem Ethylen-Copolymer besteht.

[0073] Der Metallstreifen ist auf mindestens einer Seite und bevorzugt auf beiden Seiten beschichtet.

[0074] Bevorzugt ist das thermoplastische Material ein Copolymer von Ethylen oder ein äquivalentes thermoplastisches Material zum Wärmeversiegeln mit einer Schmelztemperatur zwischen 45 und 150°C.

[0075] Das Rohr wird dadurch verschlossen und abgedichtet, dass die Kanten überlappt werden und sie dann dadurch verschweißt werden, dass gleichzeitig Wärme und mechanischer Druck angewandt werden und dann der Schweißbereich **4** abgekühlt wird.

[0076] Der Außendurchmesser \varnothing_e des Rohrs in dem beschriebenen Beispiel beträgt 3,5 mm und der Innendurchmesser beträgt 2,75 mm.

[0077] Im Allgemeinen beträgt der Außendurchmesser weniger als 7 mm und bevorzugt zwischen 2 und 5 mm.

[0078] Zwei Bänder der optischen Fasern **5** werden in dem optischen Kern **2** angeordnet, wobei jedes von ihnen vier optische Fasern enthält.

[0079] Das gemäß der Erfindung hergestellte Kabel kann andere Übertragungselemente als Bänder optischer Fasern verwenden, wie z. B. einzelne optische Fasern mit lediglich einer Primärbeschichtung aus Akryl oder Ähnlichem, oder Gruppen von optischen Fasern, die zusammengeflochten sind, oder optische Fasern, die in einem oder mehreren Mehrfaser-Modulen zusammengefasst sind, wo die Fasern selbst in geeigneten Beschichtungsmaterialien zusammengefasst oder eingeschlossen sind, wie z. B. Akrylaten, Polyethylen, PVC, einem Material mit geringer Rauchemission, das auf dem Gebiet mit dem Akronym LSOH bekannt ist und Ähnlichem.

[0080] Die optischen Faserbänder **5** sind in dem Rohr zusammen mit dem Wasser blockierendem Material **6** untergebracht und sind bevorzugt voneinander durch das Wasser blockierende Material getrennt.

[0081] Im Folgenden soll der Begriff „Wasser blockierendes Material“ oder kurz „Wasser blockierend“ verwendet werden, um ein Element zu bezeichnen, das das Durchdringen von Wasser in einer Längsrichtung des Kabels blockieren kann, z. B. wenn das Kabel brechen sollte.

[0082] Insbesondere ist ein bevorzugtes Wasser blockierendes Material ein Fluid, ein Semi-Fluid oder eine thixotrope Mischung und kann beispielsweise Fett, Öl, Gel oder ähnliches enthalten, vielleicht mit viskositätsändernden Mitteln wie z. B. Silica oder ähnlichem.

[0083] Wahlweise kann das Wasser blockierende Material auch ein hygro-expandierendes Element enthalten.

[0084] Wasser blockierende Materialien der bezeichneten Art sind beispielsweise in den Patenten US 5,140,664, US 5,150,444 und US 5,455,881 beschrieben.

[0085] In dem beschriebenen Beispiel ist die vorhandene Menge an Wasser blockierendem Material gleich ungefähr 90% des fertigen Querschnitts des Rohrs **3**.

[0086] Im Allgemeinen besitzt gemäß der vorliegenden Erfindung die Menge an Wasser blockierendem Material einen Minimalwert von 75% der Querschnittsfläche des fertigen Rohrs und bevorzugt einen Wert zwi-

schen 75% und 95% der endgültigen inneren Querschnittsfläche des Rohrs.

[0087] Alternativ kann das Wasser blockierende Material aus einem nicht fluiden Wasser blockierenden Material zusammengesetzt sein, das insbesondere aus einem bevorzugt auf einem Streifen getragenen, hygro-expandierenden Material oder ähnlichem besteht, welches bei Vorhandensein von Wasser anschwillt, bis es das vorhandene nicht besetzte Volumen auffüllt. Hygro-expandierende Streifen der genannten Art sind im Stand der Technik bekannt und am Markt erhältlich.

[0088] Das Kabel **1** umfasst eine extrudierte Polyethylenhülse **7** um den optischen Kern **2**.

[0089] Alternativ kann die Hülse **7** aus Polyvinylchlorid (PVC) oder einem wenig Rauch emittierenden, halogenfreien Material (LSOH, low smoke emitting halogen-free material) oder einem anderen Material bestehen, das zur Ausbildung einer Kunststoffhülse auf optischen Kabeln geeignet ist.

[0090] In dem beschreibenden Beispiel umschließt die Hülse **7** eine Vielzahl von acht zugbeständigen Elementen, bevorzugt Aramidfasern oder Glasfasern. Die Anzahl der Elemente **8** (**8** im dargestellten Beispiel) kann gemäß den Anforderungen von einem Minimum von zwei diametral gegenüberliegenden bis zu einer Vielzahl von um den Umfang herum gleich beabstandeten Elementen variieren. Bevorzugt sind in dem beschriebenen Beispiel die Festigkeitselemente um einen Umfang mit einem Durchmesser $\varnothing c$ von zwischen 5,5 und 6 mm herum angeordnet, wie in der Figur dargestellt ist.

[0091] In einer alternativen Ausführungsform können die Festigkeitselemente aus Strukturen bestehen, die auch gegen eine Kompression beständig sind, wie z. B. Kugeln aus Glasfaser verstärktem Kunststoff oder Metall.

[0092] Deren Anzahl, Anordnung, Durchmesser und Ausbildung hängt von den Werten der bei der Herstellung, dem Betrieb und der Installation des Kabels erforderlichen mechanischen Beständigkeit ab, sodass sie gemäß einer unendlichen Anzahl von Lösungen ausgewählt werden können, die sich von der Art des gewünschten Kabels herleiten.

[0093] Der Außendurchmesser $\varnothing t$ des Kabels liegt bevorzugt zwischen 7 und 7,5 mm.

[0094] Das Verfahren zur Herstellung des Kabelkerns wird im Folgenden mit Bezug auf [Fig. 2a–Fig. 2h](#) beschrieben.

[0095] Ein im Wesentlichen flacher Metallstreifen **9** mit einer Breite „l“ wird in einer Längsrichtung vorgeschoben.

[0096] Um das Kabel des oben beschriebenen Beispiels herzustellen, beträgt die Breite l des Streifens 12,7 mm und die gesamte Dicke 0,255 mm, wovon 0,155 mm Stahl ist und 0,100 mm ein Copolymer ist (eine Schicht von 0,050 mm auf jeder der beiden Seiten des Streifens).

[0097] Ein Streifen der genannten Art wird z. B. von Dow Plastics unter der Marke Zetabon[®] S262 (Marke der Dow Chemical Company) vermarktet.

[0098] In einer ersten Phase, die in [Fig. 2a](#) dargestellt ist, wird der Streifen **9** in der Nähe der seitlichen Kanten verformt und nimmt eine Gestaltung an, die durch einen im Wesentlichen flachen mittleren Abschnitt **10a** und zwei nach oben gekrümmte seitliche Abschnitte **11a**, **12a** gekennzeichnet ist. In dieser Phase beträgt der Abstand t zwischen den äußeren Kanten des Streifens **11c**, **12c** ungefähr 9,5 mm im beschriebenen Beispiel.

[0099] In einer nachfolgenden Phase, die in [Fig. 2b](#) dargestellt ist, wird der Metallstreifen **9** weiter in eine Gestaltung verformt, die durch einen mittleren Abschnitt **10b** und zwei seitliche Abschnitte **11b**, **12b** mit einem gekrümmten Profil gekennzeichnet ist, dem eine maximale Breite w, gemessen innerhalb der seitlichen Abschnitte **11b**, **12b**, von zwischen 30% und 80% der Breite l des Streifens bei einer Höhe h von zwischen 80 und 110% des Außendurchmessers $\varnothing e$ des fertigen Rohrs entspricht. In dem Beispiel ist die maximale Breite w ungefähr gleich 7 mm und die Höhe h ist ungefähr gleich 3,8 mm.

[0100] In einer Phase, in der der Metallstreifen in die Form eines offenen Behälters geformt wird, bevorzugt mit einem konkaven mittleren Abschnitt, wird die anfängliche Menge von Wasser blockierendem Material **6a** eingeführt.

[0101] Dann wird, wie in [Fig. 2c](#) dargestellt ist, eine erstes faseroptisches Band **5a** auf der anfänglichen Menge an Wasser blockierendem Material **6a** abgeschieden.

[0102] Dann wird, wie in [Fig. 2d](#) dargestellt ist, eine zweite Menge von Wasser blockierendem Material **6b** eingeführt, die das Band **5a** abdeckt und sich mit der anfänglichen Menge von Wasser blockierendem Material **6a** verbindet.

[0103] Ein zweites faseroptisches Band **5b** wird dann auf die zweite Menge an Wasser blockierendem Material **6b** deponiert ([Fig. 2e](#)).

[0104] Zutreffender Weise macht es die zuvor genannte separate Anordnung der optischen Bänder und des Wasser blockierenden Materials möglich, nicht nur die faseroptischen Bänder effektiv im Wasser blockierenden Material einzuschließen, sondern auch das Wasser blockierende Material effektiv in den Raum zwischen den gegenüberliegenden Oberflächen der faseroptischen Bänder einzuführen und dadurch das Auftreten von gegenseitigen Kontaktbelastungen zwischen den Bändern in nicht ausreichend gefüllten Teilen zu verhindern und den Durchtritt von Wasser in der Längsrichtung des optischen Kerns im fertigen Kabel zu blockieren.

[0105] Tatsächlich könnte in dem Fall des Fehlens von Wasser blockierendem Material aufgrund des ungenügenden strukturellen Zusammenpassens der gegenüberliegenden Oberflächen der faseroptischen Bänder zwischen den Oberflächenungleichmäßigkeiten der Bänder Wasser zwischen den Bändern durchtreten.

[0106] In dem in [Fig. 2e](#) dargestellten Beispiel beträgt der Abstand w' zwischen den gegenüberliegenden Wänden ungefähr 7 mm, was gleich 55% der Streifenbreite ist, und der Abstand t' zwischen den äußeren Kanten des Streifens **11c**, **12c** beträgt ungefähr 4,9 mm (d. h. ungefähr 38% der Streifenbreite).

[0107] Im Allgemeinen werden gemäß der vorliegenden Erfindung die Phasen des Zuführens der faseroptischen Bänder und des Wasserblockierenden Materials durchgeführt, wenn der Abstand zwischen den äußeren Kanten des Streifens zwischen dem Wert t ([Fig. 2a](#)), bei dem der Streifen eine anfängliche Krümmung erfahren hat, die es der erwünschten Menge an Wasser blockierendem Material erlaubt, zusammenhängend zu bleiben, jedoch nicht mit den zu überlappenden Kanten des Streifens in Kontakt zu kommen, und einem Wert, bei dem ausreichend Raum vorhanden ist, um den Durchtritt der faseroptischen Bänder und der Vorrichtungen zum Zuführen der Bänder und des Wasser blockierenden Materials zu erlauben, liegt.

[0108] Dann wird, wie in [Fig. 2f](#), [Fig. 2g](#) und [Fig. 2h](#) gezeigt ist, der Metallstreifen **9** weiter verformt, sodass er allmählich von einer offenen Behältergestalt, die zum Einführen der erwünschten Menge an Wasser blockierendem Material und der Bänder bei Atmosphärendruck nützlich ist, zu einer allmählich geschlosseneren Gestalt gelangt, bis er die in [Fig. 2h](#) gezeigte abschließende rohrförmige Gestalt erreicht, bei der die Außenkanten des Streifens **11d**, **12d** einander überlappen.

[0109] Wie in [Fig. 2f](#) und [Fig. 2g](#) gezeigt ist, bewirkt die allmähliche Krümmung des Streifens, dass der Pegel des Wasser blockierendem Materials darin ansteigt, bis es die faseroptischen Bänder vollständig umschließt.

[0110] In den sich der endgültigen Gestaltung annähernden Gestaltungen des Streifens werden die äußeren Kanten des Streifens **11c**, **12c** auf kontrollierte Weise bis zur endgültigen Überlappung der Kanten **11d**, **12d** getrennt gehalten, um so stets sicherzustellen, dass die mit dem Copolymer beschichteten Oberflächen des Metallstreifens, die zum Kontakt durch Überlappen und zum nachfolgenden Verschweißen miteinander bestimmt sind, entsprechend den Kanten **11d**, **12d** der Figuren, nicht mit dem Wasser blockierenden Material in Kontakt kommen und teilweise damit bedeckt bleiben, wodurch die Effektivität der Wärmeabdichtung (Verschweißung) kompromittiert werden würde.

[0111] In einer bevorzugten Ausführungsform beträgt der Abstand t'' zwischen den äußeren Kanten des Streifens in der Phase der [Fig. 2f](#) ungefähr 1,2 mm.

[0112] Der Metallstreifen **9** wird beim weiteren Verschieben allmählich verformt, sodass er allmählich auf sich selbst geschlossen wird, wie in [Fig. 2b](#) bis [Fig. 2h](#) dargestellt ist.

[0113] Gemäß den Merkmalen der Erfindung kann dank des gesteuerten Zuführens des Wasser blockierenden Materials auf den Metallstreifen in der Gestalt eines weit offenen Behälters der Streifen zu einer Rohrform geschlossen werden, und zwar mit Überlappung der Kanten **11d**, **12d**, ohne dass das Wasser blockierende Material die überlappenden Kanten berührt, obwohl die Menge an eingeführtem Wasser blockierenden Mate-

rial, wie in [Fig. 2h](#) gezeigt ist, so ist, dass sie den Großteil des nützlichen Bereichs einnimmt und nah zum Abdichtbereich **4** gelangt. Man bemerke, dass das angegebene Ergebnis ohne zusätzliche Mittel außer den grundlegenden Teilen des optischen Kerns, bestehend aus Rohr **3**, den faseroptischen Bändern **5** und dem Wasser blockierenden Material, erhalten werden kann.

[0114] Insbesondere wird in der vorliegenden Lösung das Abdichten der überlappenden Kanten durch Anwenden von Hitze auf die Copolymerbeschichtung bewirkt, wodurch es veranlasst wird, zu schmelzen und die darauf folgende Wärmeabdichtung auszubilden.

[0115] Die Schmelztemperaturen liegen in der Größenordnung von 90°C und sind somit wesentlich niedriger als jene um ungefähr 1.200°C, die bei der Verwendung von Laserstrahlen zum Stoßschweißen der äußeren Kanten des Streifens erforderlich sind.

[0116] Diese Temperaturwerte, die viel geringer als jene der Lasertechnik sind, zusammen mit der Tatsache, dass die optischen Bänder dank der Art, mit der sie gemäß den in [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2h](#) dargestellten Phasen eingesetzt werden, im Wasser blockierenden Material in der Mitte des Rohrs **3** eingeschlossen sind, verhindert geeigneter Weise jegliche Beschädigung der Bänder aufgrund der Übertragung von im Versiegelungsbereich der Kanten entwickelten Wärme.

[0117] Die Wärmeabdichtung des Kerns wird dann vollendet, indem der abgedichtete Bereich der Kanten gekühlt wird, während gleichzeitig mechanischer Druck auf die Kanten ausgeübt wird, dem sich die Biegesteifigkeit des gekrümmten Streifens entgegensetzt.

[0118] In darauf folgenden Phasen wird das Kabel dann mit dem Anbringen der Hülse **7**, beispielsweise mithilfe von Extrusion, und der eventuellen Festigkeitselemente **8** abgeschlossen. Zusätzliche Beschichtungs-, Verstärkungs-, Schutz- oder andere Schichten können auch hinzugefügt werden, wenn es von der spezifischen Anwendung erfordert wird.

[0119] Eine Anlage zur Herstellung des Kabels der [Fig. 1](#) gemäß dem oben beschriebenen Verfahren setzt sich beispielsweise wie in [Fig. 3](#) dargestellt zusammen.

[0120] Genauer gesagt, umfasst die Anlage **13**:

- eine Abwickelhaspel **14** für den bi-beschichteten Metallstreifen **9**, mit einer zugehörigen Vorrichtung **15** zur Steuerung der Spannung;
- eine Vorrichtung für die Zufuhr der faseroptischen Bänder **5a**, **5b**;
- eine Führung **16** für den Metallstreifen **9**;
- ein erstes Aggregat **17** zur Ausbildung des Metallstreifens, entsprechend der in [Fig. 2a](#) dargestellten Phase;
- ein zweites Aggregat **18** zur Ausbildung des Metallstreifens, entsprechend der in [Fig. 2b](#) dargestellten Phase;
- ein Paar von Rollen **19**, **20** zur voneinander beabstandeten Führung der faseroptischen Bänder **5a**, **5b** hin zum Metallstreifen **9**, der geformt wird;
- eine Vorrichtung **21** zur Abscheidung der faseroptischen Bänder oder des Wasser blockierenden Materials auf dem Metallstreifen **9**, der geformt wird, und zwar gemäß den in [Fig. 2b](#) bis [Fig. 2e](#) dargestellten Phasen;
- ein drittes Aggregat **22** zur Ausbildung des Metallstreifens, entsprechend der in [Fig. 2f](#) dargestellten Phase;
- ein viertes Aggregat **22** zur Ausbildung des Metallstreifens, entsprechend der in [Fig. 2g](#) dargestellten Phase;
- ein fünftes Aggregat **24** zur Ausbildung des Metallstreifens, entsprechend der in [Fig. 2h](#) dargestellten Phase;
- eine Vorrichtung **25** zur Wärmeschmelzung des Copolymers auf dem Metallstreifen, bei dem das Rohr **3**, das die faseroptischen Bänder und das Wasser blockierende Material enthält, beispielsweise mit heißer Luft oder mit einem Induktionsofen auf eine Temperatur zwischen 45 und 150°C erhitzt wird, um das Copolymer zu schmelzen;
- ein Kühlwalzenaggregat **26**, bei dem die Walzen, die beispielsweise durch Durchtritt von Luft zwischen ihnen gekühlt werden, Druck auf die gegenüberliegenden Seiten des Rohrs **3** ausüben, um die Wärmeabdichtung der beiden bi-beschichteten, einander überlappenden Metallkanten bewirken.

[0121] Die Einrichtung zur Herstellung des Kabels umfasst weiter stromabwärts von der Anlage **13** einen Ex-

truder **27** zum Anbringen der Hülse **7**, einen Wassertank **28** zum Kühlen der Hülse, eine Zugvorrichtung **29** und eine Kabelspule **1'** zum Sammeln des Kabels, die in der Figur schematisch dargestellt ist.

[0122] Das verschweißte Rohr **3**, das in seinem Inneren die faseroptischen Bänder und das Wasser blockierende Material enthält, kommt am Extruder **27** an und die Hülse **7** wird mithilfe des Extruders **27** darauf extrudiert.

[0123] Wenn Festigkeitselemente verwendet werden, umfasst die Einrichtung Mittel zum Abwickeln und Zuführen dieser Elemente in den Extruder **27** (nicht gezeigt) oder ähnliche Vorrichtungen.

[0124] Insbesondere setzt die Anlage **13** zwei wesentliche Bestandteile ein, die in größerem Detail in den folgenden [Fig. 4](#) bis [Fig. 7](#) dargestellt werden, die sich jeweils auf eines der Walzenaggregate **17**, **18**, **22**, **23**, **24** für die allmähliche Formung des Metallstreifens in eine Rohr mit überlappenden Kanten sowie auf die Vorrichtung **21** für die Zufuhr der faseroptischen Bänder und des Wasser blockierenden Materials auf den teilweise geformten Metallstreifen beziehen.

[0125] Wie in [Fig. 4](#) in größerem Detail gezeigt ist, umfasst jedes Streifen formende Aggregat vier Walzen **30**, **31**, **32**, **33**, die freilaufend auf entsprechenden Trägern **30'**, **31'**, **32'**, **33'** befestigt sind.

[0126] Im Fall von dicken Bändern können alle oder einige der Walzen **30**, **31**, **32**, **33** wenn nötig angetrieben werden.

[0127] Jede Walze besitzt ihr eigenes Profil zur Formung des Metallstreifens, und die vier Walzen insgesamt werden so zusammengedrückt, dass ihre Bearbeitungsprofile durch plastische Verformung den erwünschten Querschnitt des Streifens in allmählicher Umformung zu einer rohrförmigen Gestalt erzeugen, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist.

[0128] In Aggregat **18**, das in [Fig. 5](#) dargestellt ist, entspricht das von den Walzen definierte Gesamtprofil der Gestaltung des Metallstreifens, die in den in [Fig. 2b](#) bis [Fig. 2e](#) gezeigten Phasen entspricht.

[0129] In dieser Gestaltung besitzt die Walze **30** die besondere Aufgabe, ein Abstand zwischen den äußeren Kanten, die versiegelt werden, einzuhalten und dabei einen geeigneten „t“-Wert der Öffnung sicherzustellen, durch welche die faseroptischen Bänder und das Wasser blockierende Material eingeführt werden.

[0130] Die anderen Formungsaggregate umfassen jeweilige freilaufend angebrachte Walzen, wie jene zuvor dargestellten, und zwar mit derartigen Profilen, dass sie beim Zusammendrücken zu den verschiedenen in [Fig. 2a](#) bis [Fig. 2h](#) dargestellten unterschiedlichen Querschnitten führen.

[0131] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt ist, ist jeder der Träger **30'**, **31'**, **32'**, **33'** jedes Formungsaggregats an einem Stützrahmen **13'** befestigt, der wiederum an der festen Struktur **13''** der Anlage **13** befestigt ist. Wie aus Gründen der Einfachheit für nur einen der Träger dargestellt, dreht sich eine Welle **32'''** auf ihrer Achse mithilfe von Lagern **32''''**, und die jeweilige Formungswalze ist am Ende dieser Welle befestigt. Die Verwendung von Formungswalzen stellt einen vorteilhaften Aspekt der Anlage der [Fig. 3](#) dar, da die Verwendung von in-line-Produktionsgeschwindigkeiten der Größenordnung von 15 bis 20 m/min erlaubt werden, die wesentlich größer als jene sind, die mit Metallstreifenformern mit festen Gleitflächen erhalten werden können, welche ungefähr in der Größenordnung von 3 bis 4 m/min liegen.

[0132] Für besondere Anforderungen, wie z. B. bei besonders dicken Streifen, können eine oder mehrere der Formungswalzen **30** bis **33** von einem Motor angetrieben sein, um so die Zugkraft zu verringern.

[0133] Die Vorrichtung **21** zum Zuführen der faseroptischen Bänder und des Wasser blockierenden Materials, die in [Fig. 6](#), [Fig. 7](#) dargestellt ist, umfasst ein Element zum Zuführen des Wasser blockierenden Materials, das ein mittiges Verteilerrohr **34** aufweist, in welches das Wasser blockierende Material durch ein Zuführrohr **35** einströmt und aus dem das Wasser blockierende Material durch zwei Rohre **36** und **37**, die von einander in der axialen Fließrichtung des Kabels getrennt sind, ausströmt; das Wasser blockierende Material fließt im Wesentlichen unter Atmosphärendruck durch die beiden Rohre **36** und **37** und ist auf den Metallstreifen mit seiner oben offenen Gestaltung des Behälters gerichtet.

[0134] Das Wasser blockierende Material wird durch eine Konstantströmungspumpe in das Zuführrohr **35** eingeführt.

[0135] Bevorzugt wird das Wasser blockierende Material bei Umgebungstemperatur eingeführt oder wird auf eine mäßige Temperatur vorerhitzt, die nicht größer als 80°C, bevorzugt zwischen 50 und 70°C beträgt, sodass sie den Metallstreifen nicht ausdehnen wird und sich gleichmäßig entlang der Wände des zu formenden Streifens ausbreiten kann, ohne dabei mit den Kanten des Streifens, die mit dem Copolymer beschichtet sind und für die spätere Überlappung bestimmt sind, in Kontakt zu kommen.

[0136] Bevorzugt wird das Wasser blockierende Material aus einer Mischung gebildet, die ein Gel mit einer Silikon- oder Kohlenwasserstofföl-Basis umfasst.

[0137] Insbesondere besitzt das Wasser blockierende Material in Gelform eine Viskosität zwischen 90 und 120 Pascal × Sekunden bei Raumtemperatur.

[0138] Die Zuführgruppe für die faseroptischen Bänder **5a**, **5b** umfasst Führungen **38**, **39** in Form von Gleitführungen, wie in [Fig. 6](#) dargestellt, oder sich drehenden Rollen in Fällen, wo es die Abmessungen erlauben.

[0139] Der Komplex wird von einem Rahmen **40** getragen.

[0140] Bevorzugt werden die optischen Bänder **5a**, **5b** stromaufwärts vom Zuführaggregat geeignet gebremst, um so eine Abundanz von 0,5 pro Tausend zu besitzen, wenn das Kabel fertig ist.

[0141] Wie in [Fig. 6](#) gezeigt ist, ist eine Führung **38** stromabwärts vom Rohr **36** positioniert und eine Führung **39** ist stromabwärts vom Rohr **37** positioniert.

[0142] Auf diese Weise wird jede optische Faser **5a**, **5b** innerhalb des Metallstreifens **9** bei der Ausbildung abgelegt, nachdem eine jeweilige Schicht des Wasser blockierenden Materials eingeführt wurde.

[0143] Des Weiteren ist der untere Rand jeder Führung **38**, **39** im Wesentlichen tangential zur axialen Richtung **F** des Vorschubs des in Bildung befindlichen Kabels und ist mit den Auslässen der Rohre **36**, **37** ausgerichtet.

[0144] Die zuvor genannte relative Anordnung zwischen den Führungen und den Rohren erzeugt das erste Einführen einer anfänglichen Menge von Wasser blockierendem Material durch das Rohr **36**, auf das das Band **5a** platziert wird, wie in [Fig. 2c](#) dargestellt ist, und dann das Einführen einer zweiten Menge von Wasser blockierendem Material durch das Rohr **37**, welches das optische Band **5a** umschließt und es von dem optischen Band **5b** trennt, das darauf folgend auf das Wasser blockierende Material gelegt wird, wie in [Fig. 2e](#) dargestellt ist.

[0145] Wenn weitere separate Transmissionselemente verwendet werden, z. B. mehrere faseroptische Bänder oder separate oder in Gruppen gebündelte optische Fasern, wird das Wasser blockierende Material bevorzugt in mehreren aufeinander folgenden Stufen aufgebracht, die zwischen den Zuführungspunkten der optischen Fasern zwischengestellt sind, um so eine gleichmäßigere Verteilung des Wasser blockierenden Materials zwischen den Transmissionselementen zu erhalten.

[0146] Diese Erfindung berücksichtigt auch den Fall, in dem ein nicht fluides Wasser blockierendes Material verwendet wird, insbesondere eines, das aus einem hygro-expandierenden Material oder ähnlichem besteht und bevorzugt auf einem Streifen getragen wird, und das bei Vorhandensein von Wasser anschwillt, bis es das verfügbare nicht besetzte Volumen aufgefüllt hat. Hygro-expandierende Streifen der genannten Art sind im Stand der Technik bekannt und am Markt erhältlich.

[0147] In diesem Fall ist es notwendig, sicherzustellen, dass ein Teil des hygro-expandierenden Streifens sich nicht während der Kabelherstellungsphase zwischen die Kanten des zu befestigenden und abzudichtenden Metallstreifens positioniert und dadurch die Effektivität der Dichtung kompromittiert.

[0148] Gemäß der Erfindung ist es durch das Aufbringen des hygro-expandierenden Streifens auf dem Metallstreifen in einer Zwischenphase seiner Ausbildung möglich, seine Positionierung zu steuern und ihn davor zu bewahren, mit den abzudichtenden Kanten in Kontakt zu kommen.

[0149] Bevorzugt wird der hygro-expandierenden Streifen auf den Metallstreifen aufgebracht, wenn er sich immer noch in einer im Wesentlichen flachen Gestaltung oder einer Gestaltung mit einer begrenzten Krümmung befindet.

[0150] Bevorzugt wird des Weiteren ein Teil der Oberfläche des hygro-expandierenden Streifens am Metallstreifen mit einem Klebstoff oder ähnlichem befestigt, der unerwünschte Bewegungen während darauf folgender Vorgänge verhindern kann.

[0151] Um die Resultate auszuwerten, die mit der speziellen Abscheidung des Wasser blockierenden Materials bei Atmosphärendruck auf dem Streifen in der Gestalt eines offenen Behälters in der oben genannten großen Menge erhalten werden, wurden verschiedenen Vergleichstests durchgeführt, um die Beständigkeit zu bestimmen, die von dem Kabel gegen den Durchtritt von Wasser in der Längsrichtung zum Kabel im Falle eines Kabelbruchs bereitgestellt wird.

[0152] Die folgende Tabelle zeigt die durchgeführten Tests an, wobei in allen Tests dieselbe Kabelgeometrie verwendet wurde, wobei lediglich der Füllungskoeffizient des Verstärkungsrohrs **3**, das die beiden optischen Bänder umschließt, geändert wurde.

Test	Zahl der optischen Bänder	Füllungs-C (%)	Testergebnis für den Wasserdurchtritt
1	2	47%	negativ
2	2	49%	negativ
3	2	68%	negativ
4	2	70%	negativ
5	2	94%	positiv
6	2	94%	positiv
7	2	94%	positiv

[0153] Der Füllungskoeffizient des Rohrs **3** war wie folgt definiert:

$$At = Qn/Vl$$

wobei:

- At = theoretisch gefüllte Querschnittsfläche (mm²)
- Q = Pumpflussrate (cm³/Umdrehung)
- n = Pumpgeschwindigkeit (U/min)
- Vl = Anlagengeschwindigkeit (m/min)

[0154] Unter Berücksichtigung der Innenfläche des Rohrs mit der Formel:

$$Ar = \pi(\varnothing e - 2s)^2/4$$

wobei:

- $\varnothing e$ = Außendurchmesser des Rohrs (im Beispiel gleich 3,5 mm)
- s = Dicke des Stahlstreifens (im Beispiel gleich 0,255 mm)

ergab sich der folgende Ausdruck für den Füllungskoeffizienten C, dessen Werte in der Tabelle gemäß den jeweiligen Tests gezeigt sind:

$$C(\%) = (At/Ar) \cdot 100$$

[0155] Die Tests wurden mit dem in [Fig. 8](#) dargestellten Verfahren durchgeführt, wobei ein Abschnitt des Kabels **41** mit Länge L = 1000 mm unter eine Wasserdruckhöhe von 1000 mm platziert wurde, der Kabelabschnitt an einem Ende durch eine Klemme **42** mit einem Reservoir **43** verbunden wurde und jedes Austreten von Wasser am freien Ende **44** des Kabels kontrolliert wurde.

[0156] Der Test wurde als positiv angesehen, wenn nach einer Stunde kein Wasser aus dem Ende **44** des Kabelabschnitts ausgetreten war.

[0157] Die Tests haben die hohen Werte für den erhaltenen Füllungskoeffizienten des Wasser blockierenden

Materials sowie die Tatsache aufgezeigt, dass diese Werte nützlich waren, um die hohe Beständigkeit gegen die Ausbreitung von Wasser im Kabel bereitzustellen.

[0158] Diese optimalen Werte des Füllungskoeffizienten sind möglich dank der Merkmale der vorliegenden Lösung in Bezug auf das Einführen einer großen Menge von Wasser blockierendem Material auf einem bi-beschichteten Stahlstreifen in Form eines sehr offenen Behälters, wobei die optischen Fasern vor den fluid-dynamischen Wechselwirkungen bewahrt werden.

[0159] Obwohl die Menge an Wasser blockierendem Material ziemlich hoch ist, trat keine fluid-dynamische Wechselwirkung in einem kritischen Ausmaß mit den optischen Fasern auf, da das Wasser blockierende Material unter Atmosphärendruck eingeführt wird.

[0160] Es wurde beobachtet, dass Werte von ungefähr 70% keine ausreichenden Sicherheiten ergaben, damit die Gesamtzahl der dem Wasserdurchtrittstest unterzogenen Proben ein positives Ergebnis liefern würde.

[0161] In dem besonderen Fall des Beispiels in Bezug auf einen Füllungskoeffizienten von 70%, war das Ergebnis für ungefähr ein Drittel der getesteten Proben negativ, obwohl bestimmt wurde, dass die meisten Proben ein positives Ergebnis ergaben.

[0162] Wenn der Füllungskoeffizient auf Werte unterhalb von 70% herabfällt, ist das Ergebnis eine nicht ausreichende Beständigkeit gegen den Durchtritt von Wasser in der Längsrichtung, wie von den Daten der Tabelle aufgezeigt, und zwar unter Bedingungen, die ähnlich jenen sind, bei denen eine geringere Menge von Wasser blockierendem Material mithilfe eines kleinen Rohrs eventuell zusammen mit den optischen Fasern eingeführt wurde.

[0163] Der Füllungskoeffizient von 94% stellt einen zufriedenstellenden Wert dar, nämlich einen, der eine ausreichende Beständigkeit gegen den Durchtritt von Wasser bereitstellt.

[0164] Es wurde auch herausgefunden, dass die gleichförmige Anordnung des Wasser blockierenden Materials, die durch seine Einführung auf das offene Metallkabel möglich gemacht wurde, zu einer guten Verteilung in jedem Querschnitt führte, selbst mit einem Wert für den Füllungskoeffizienten bis zum Minimalwert von 75% herab.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines optischen Kabels mit mindestens einer optischen Faser in einem Metallrohr, umfassend die folgenden Phasen:

- Verschieben eines Streifens aus Metallmaterial in einer vorbestimmten Richtung;
- Plastisches Verformen des Streifens, bis er eine endgültige Gestalt annimmt, die im Wesentlichen rohrförmig ist;
- Befestigen der Kanten des Streifens in einer Richtung im Wesentlichen parallel zur Achse des Rohrs;
- Einführen mindestens einer optischen Faser in das Rohr,
- wobei die Phase des plastischen Verformens des Streifens mindestens einen ersten Schritt umfasst, in dem der Streifen gekrümmt wird, wobei sich die Kanten unter einem vorbestimmten Abstand voneinander befinden, und einen zweiten Schritt umfasst, in dem der Streifen in eine im Wesentlichen rohrförmige Gestalt geformt wird, und
- eine vorbestimmte Menge eines Wasser blockierenden Materials in einer Zwischenphase zwischen dem ersten und dem zweiten Schritt der Phase der plastischen Verformung des Streifens eingeführt wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

die vorbestimmte Menge eines Wasser blockierenden Materials und die mindestens eine optische Faser auf den Streifen aus Metallmaterial geführt werden, wenn der gekrümmte Metallstreifen an der Oberseite offen ist und der Abstand zwischen den gekrümmten Kanten zwischen 80 und 30% der Breite des Metallstreifens beträgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanten des Streifens überlappt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kanten des Streifens befestigt und abgedichtet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Wasser blockierende Material aus ei-

nem Fluid besteht.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Wasser blockierende Material aus einem hygro-expandierenden Streifen besteht.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der hygro-expandierende Streifen durch einen Abschnitt seiner Oberfläche am Metallstreifen befestigt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Menge an Wasser blockierendem Material einer Füllung von mindestens 75% entspricht.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Menge an Wasser blockierendem Material einer Füllung von mindestens 90% entspricht.

9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der vorbestimmte Abstand zwischen den Kanten des Metallstreifens zwischen 40% und 80% der vorbestimmten Breite des Metallstreifens beträgt.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Einführen mindestens eines Teils der vorbestimmten Menge an Wasser blockierendem Material mindestens eine optische Faser in das Rohr eingeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass in den nachfolgenden Phasen mindestens zwei optische Fasern in das Rohr eingeführt werden und dass zwischen den nachfolgenden Phasen mindestens ein Teil der vorbestimmten Menge an Wasser blockierendem Material zwischen die optischen Fasern eingeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Metallstreifen eine Beschichtung mindestens einer Oberfläche mit einem thermoplastischen Polymer umfasst.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Phase des Abdichtens der Kanten des Streifens nacheinander die folgenden Phasen umfasst:

- Überlappen der Kanten übereinander;
- Erwärmen der überlappten Kanten, um mindestens einen Teil des thermoplastischen Polymers zum Schmelzen zu bringen;
- Kühlen der Kanten und gleichzeitiges Ausüben von Druck auf die Kanten.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Phase des Kühlens der Kanten und das gleichzeitige Ausüben von Druck auf die Kanten ohne Stützvorrichtung im Rohr durchgeführt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kunststoffhülse nach der Phase des plastischen Verformens des Streifens angebracht wird, bis eine im Wesentlichen rohrförmige endgültige Gestalt erhalten wird.

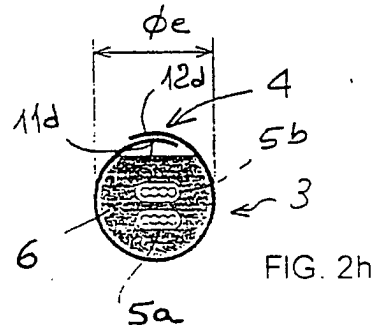
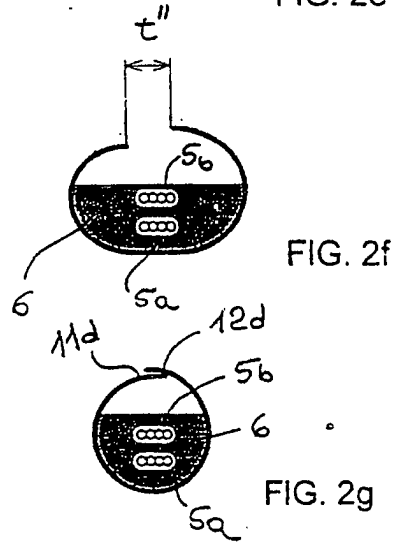
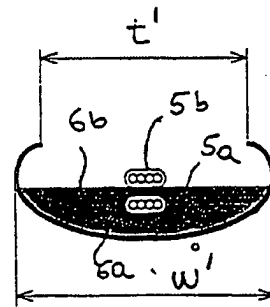
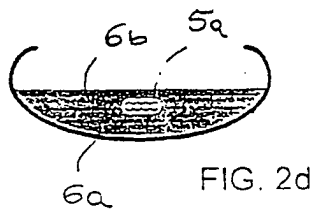
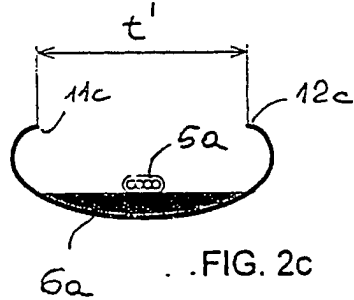
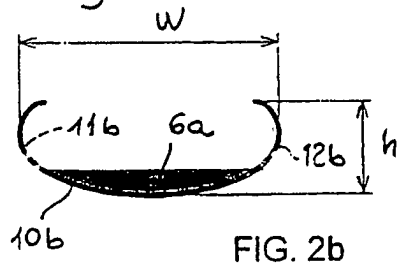
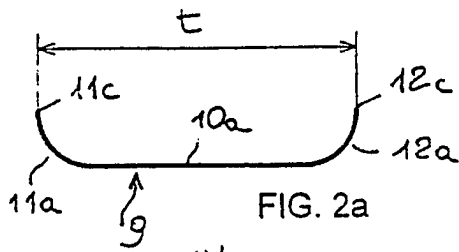
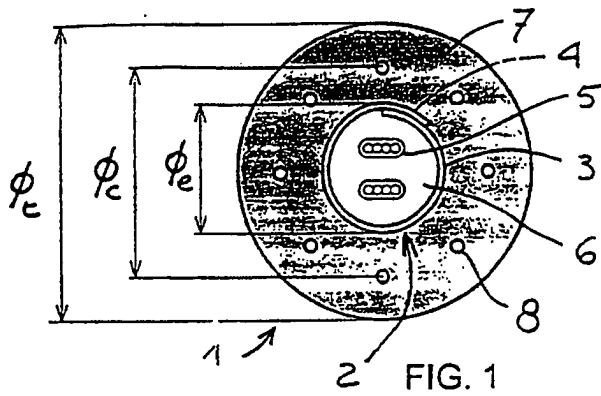
16. Verfahren nach Anspruch 15, gekennzeichnet durch die Phase des Einschließens von Festigkeitselementen in der Kunststoffhülse.

17. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Phase des Überlappens der Kanten des Rohrs die Kanten des Metallstreifens um einen vorbestimmten Abstand voneinander getrennt gehalten werden.

18. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Phase des Einführens eines Wasser blockierenden Materials mindestens zwei Phasen des Einführens eines Wasser blockierenden Materials umfasst, wobei zwischen ihnen mindestens eine Phase des Einführens einer optischen Faser vorhanden ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



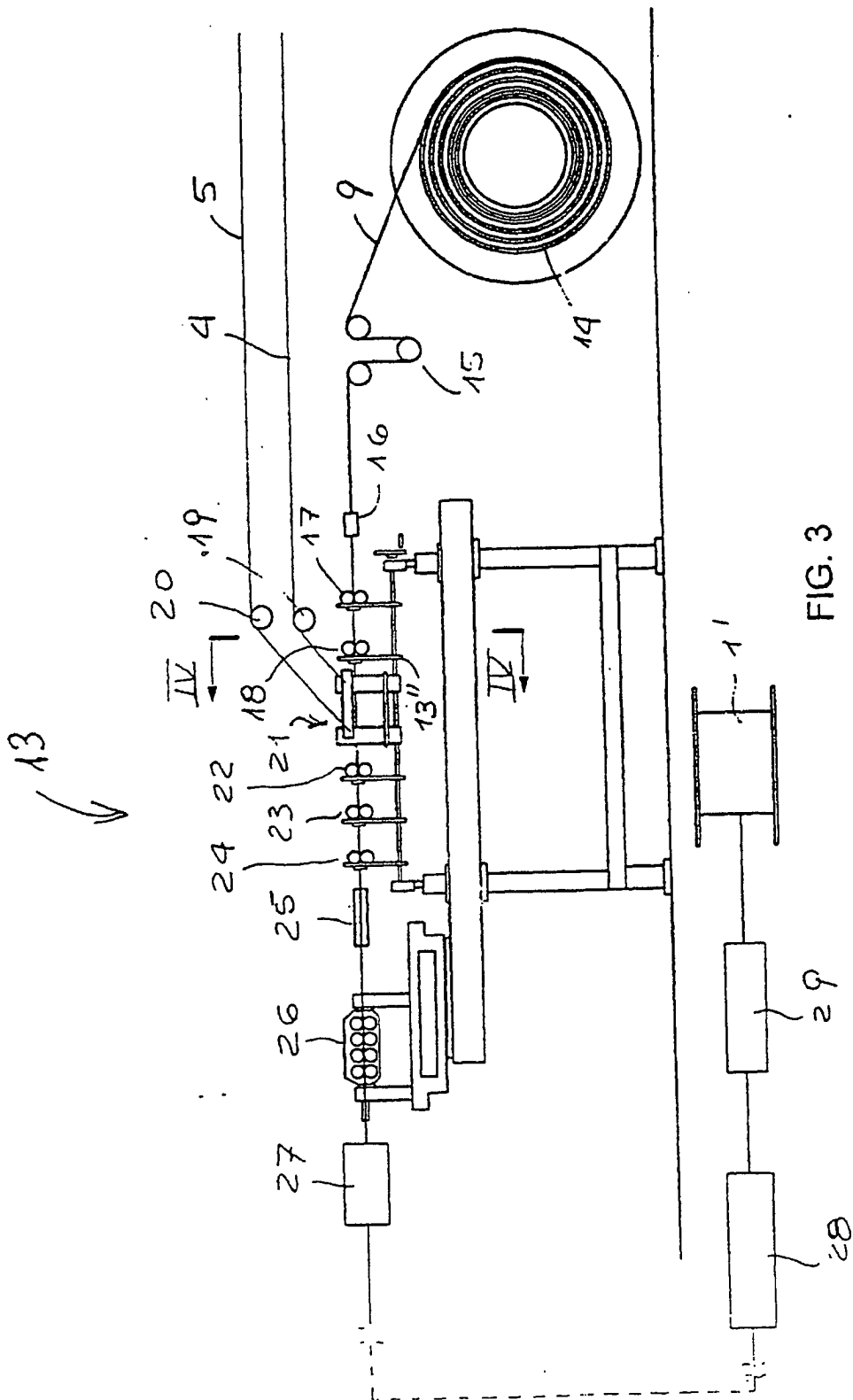


FIG. 3

