

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 562 202 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

10.08.2005 Patentblatt 2005/32(51) Int Cl.7: **H01B 13/00, H01B 13/14**(21) Anmeldenummer: **05001330.9**(22) Anmeldetag: **24.01.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

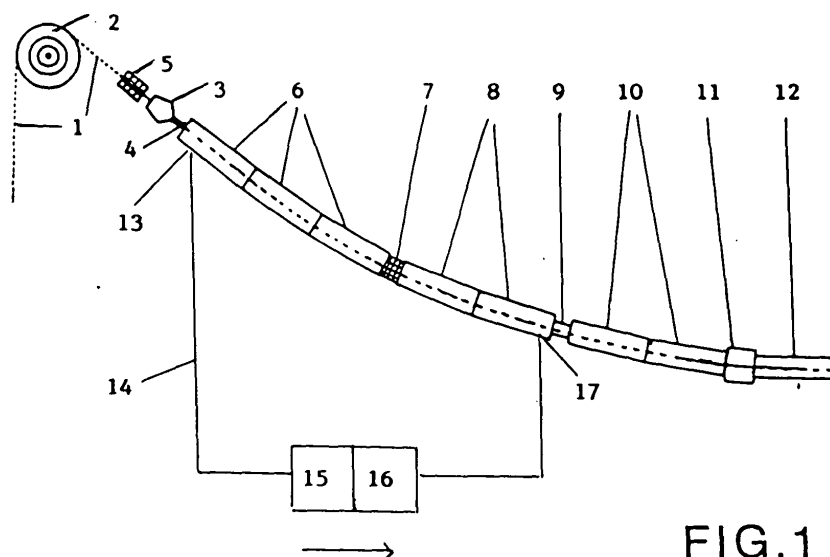
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR LV MK YU(30) Priorität: **30.01.2004 DE 102004004910**(71) Anmelder: **Troester GmbH & Co.KG
D-30519 Hannover (DE)**(72) Erfinder: **Gitschner, Hans Walter, Dr.-Ing.
51467 Bergisch Gladbach (DE)**(74) Vertreter: **Junius, Walther, Dr.
Wolfstrasse 24
30519 Hannover-Waldheim (DE)**(54) **Verfahren und Anlage zur Herstellung von Kabeln mit peroxidisch vernetzten Isolations- und/oder Halbleiterschichten**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Vernetzung der Isolations- oder Halbleiterschicht eines in der Herstellung befindlichen Kabels, das eine unter Überdruck stehende, mit heißem Inertgas gefüllte Reaktionskammer durchläuft. Die Anlage ist beherrscht von einem sehr langen Reaktorrohr, das eine besonders lange und dadurch aufwendige Produktionshalle erfordert. Es ist die Aufgabe der Erfindung, die Vernetzung und eventuell nachfolgende Entgasung schneller und weniger aufwendig durchzuführen. Die Erfindung besteht darin, daß man den oder die Leiter bei fortschreitender Bewegung in der Reaktorkammer und somit bei fortschreitender Vernetzung durch induktive Beheizung stärker erhitzt. Durch diese Maßnahme

wird die von innen und außen zur Mitte der Isolations- oder Halbleiterschicht fortschreitende Vernetzung, die eine Vergrößerung der Formstabilität nach sich zieht, genutzt, um durch Heraufsetzung der Temperatur im Inneren, also im Leiter, die Vernetzung schneller fortschreiten zu lassen. Man macht sich dabei die mit fortschreitender Vernetzung eintretende Erhöhung der Formstabilität der Isolations- und/oder Halbleiterschicht zu nutze, um die Temperatur des Leiters noch weiter zu erhöhen. Im Anschluß an die Vernetzungszone wird eine Entgasungszone durch weitere Temperaturerhöhung geschaffen, in der durch induktive Erhitzung des oder der Leiter ein schneller Gasaustritt aus dem Kabel auf einer relativ kurzen Strecke in der Reaktorkammer bewirkt wird.

**FIG.1****EP 1 562 202 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vernetzung der Isolations- oder Halbleiterschicht eines in der Herstellung befindlichen Kabels, das eine unter Überdruck stehende, mit heißem Inertgas gefüllte Reaktionskammer durchläuft.

[0002] Insbesondere bei der Herstellung von Hoch- und Höchstspannungskabeln werden Isolations- und Halbleiterschichten vernetzt, um diesen Schichten eine besondere Stabilität zu verleihen. Dazu wird dem diese Schichten bildenden Extrudat ein Vernetzungsmittel zugefügt, meist ein Peroxid, das unter Wärmeeinfluß zerfällt und dabei die Vernetzung bewirkt. Daher ist es im Produktionsprozeß notwendig, im Extruder und im nachgeschalteten Querspritzkopf, in dem die Ummantelung des oder der Leiter vorgenommen wird, die Temperaturen möglichst niedrig zu halten, damit die Vernetzung nicht bereits in diesen Geräten einsetzt. In der dem Querspritzkopf nachgeschalteten Reaktionskammer, meist einem langen Rohr, muß für die Vernetzung die Temperatur des entstehenden Kabels heraufgesetzt werden, was durch Umspülung des entstehenden Kabels mit heißem Inertgas erfolgt. Dadurch tritt eine von außen nach innen fortschreitende Vernetzung der Isolations- und/oder Halbleiterschicht auf. Da diese Vernetzung nur langsam voranschreitet, benötigt man eine sehr große Länge der Reaktionskammer. Um diese durch Beschleunigung der Vernetzung zu verringern, hat man den oder die Leiter durch eine vor dem Querspritzkopf oder besser dicht hinter dem Querspritzkopf angeordnete Induktionsheizung erwärmt, so daß Wärme nicht nur durch Konvektion von außen nach innen, sondern auch durch Wärmeleitung von innen nach außen fließt. Bei diesen Induktionsheizungen muß man aber darauf achten, daß die Temperaturen in der Isolations- oder Halbleiterschicht nicht in die Nähe des Schmelzpunktes des zu vernetzenden Materials kommen oder diese sogar übersteigen, damit nicht durch Tropfeneffekte die im Querspritzkopf dem Kabel gegebene Form verloren geht.

[0003] Da sich bei der Vernetzungsreaktion durch den Zerfall des Dicumylperoxides gasförmige Spaltprodukte bilden, wird der Vernetzungsprozeß zur Vermeidung eines Gasens und einer Porenbildung unter Überdruck von 10 bis 16 bar geführt. Direkt im Anschluß an den Vernetzungsprozeß beginnt der ebenfalls unter Überdruck durchgeführte Abkühlungsprozeß, der meist in demselben Rohr stattfindet. Damit aufgrund eines hohen Spaltstoffgehaltes in dem den oder die Leiter ummantelnden Extrudat keine Porenbildung stattfindet, bedarf es einer langdauernden Nachbehandlung bei der Lagerung des fertiggestellten Kabels. Eine Verkürzung der Entgasungszeit kann man durch eine Lagerung in Temperkammern bei Temperaturen von 50° bis 80° C erreichen, hinderlich ist hierbei das Eigengewicht der Kabel bei ihrer Umlagerung in Temperkammern. Doch sind all diese Maßnahmen aufwendig und kosteninten-

siv. Die Probleme der Entgasung extrudierbarer Massen kennt man aus der Anwendung und dem Bau von Extrudern.

[0004] Eine sehr schnelle Entgasung findet in Extrudern in einer Entgasungszone statt, wo durch Verkleinerung des Schnecken-Kerndurchmessers auf einer kurzen Strecke der sonst hohe Füllungsgrad stark vermindert und der Druck durch ein äußerliches Gas in die Vakuumquelle abgesaugt werden kann. Das ist jedoch hier bei der Behandlung der Isolations- und/oder Halbleiterschichten eines Kabels nicht möglich, weil diese Behandlung unter Überdruck durchgeführt werden muß und ein Vakuum nicht verträgt.

[0005] Die Erfindung vermeidet die Nachteile des Standes der Technik. Es ist die Aufgabe der Erfindung, die Vernetzung und die Entgasung schneller und weniger aufwendig durchzuführen. Die Erfindung erreicht diese Beschleunigung der Vernetzung dadurch, daß man den oder die Leiter mit fortschreitender Vernetzung in der Vernetzungszone der Reaktionskammer durch induktive Beheizung stärker erhitzt. Hinter der Vernetzungszone wird vor der Abkühlung in der Reaktionskammer eine Zone eingeführt, in der eine Entgasung durch starke induktive Erhitzung des oder der Leiter durchgeführt wird.

[0006] Es ist von Vorteil, wenn gleichzeitig mit in der Reaktionskammer fortschreitendem Kabel und damit verbundener stärkerer Vernetzung der Außenschicht der Isolations- oder Halbleiterschicht des Kabels die das Kabel in der Reaktorkammer umgebende erhitzte Inertgasatmosphäre stärker erhitzt wird. Das kann durch Beheizung der Reaktorkammer von außen geschehen, es kann auch durch Führung des Inertgases in einem Kreislaufstrom und Beheizung dieses Kreislaufstromes erfolgen.

Durch diese Maßnahme wird die von innen und außen zur Mitte der Isolationsoder Halbleiterschicht fortschreitende Vernetzung, die eine Vergrößerung der Formstabilität nach sich zieht, genutzt, um durch Heraufsetzung der Temperatur im Inneren, also im Leiter, die Vernetzung schneller fortschreiten zu lassen. Man macht sich dabei die mit fortschreitender Vernetzung eintretende Erhöhung der Formstabilität zu Nutze, um die Temperatur des Leiters noch weiter zu erhöhen. Somit kann man ein exponentielles Fortschreiten der Vernetzung mit der Zeit (Aufenthaltsdauer im Reaktor) bzw. mit der Länge der Durchwanderung des Reaktors erreichen und dadurch auch die bisher übliche Reaktorlänge verkürzen.

[0007] Zweckmäßig ist es, daß man die induktive Beheizung erst dann vornimmt, wenn die Vernetzung an der Außenseite des Kabels durch die konvektiv übertragene Wärme des heißen Inertgases eine formstabile Vernetzung der Außenschicht bewirkt hat. Denn dadurch geht man sicher, daß das in der Fertigung befindliche Kabel seine exakte Form behält, die es im Querspritzkopf erhalten hat.

[0008] Ebenso zweckmäßig ist es, daß man die in-

duktive Beheizung erst dann vornimmt, wenn die Vernetzung an der dem oder den Leitern zugewandten Innenseite der Isolations- oder Halbleiterschicht durch die anfangs in den oder die Leiter eingespeisten Wärme eine formstabile Vernetzung der Innenschicht der Isolations- oder Halbleiterschicht bewirkt hat.

[0009] Bei diesem Verfahren erweist es sich als vorteilhaft, wenn man die Erhitzung bis auf die Schmelztemperatur des Materials, aus dem die Isolations- oder Halbleiterschicht hergestellt ist, vornimmt.

[0010] Durch diese Maßnahmen gelingt es der Erfindung, die Vernetzung schneller und weniger aufwendig in einer kürzeren Reaktorkammer durchzuführen. Das gilt für Kabel, die einer Entgasung bedürfen, ebenso wie für Kabel, die nicht entgast werden müssen.

[0011] Für Kabel, die der Entgasung bedürfen, geht die Erfindung mit dem gleichen Mittel der induktiven Erhitzung vor und besteht darin, daß das vernetzte Kabel noch vor seiner Abkühlung in einer Entgasungsstrecke durch Erhöhung seines Temperaturniveaus in der Überdruckatmosphäre entgast wird.

[0012] Diese Entgasung findet zweckmäßiger Weise in derselben Reaktorkammer bei demselben Überdruck in Inertgasatmosphäre statt.

[0013] Während im Stande der Technik der Prozeß der Vernetzung in einem Reaktorrohr unter Wärmezufuhr und Überdruck stattfindet, wobei sich am Ende des Reaktorrohres eine (Vor-)Kühlzone befindet, ist hier bei der Erfindung in der Reaktorkammer hinter der Vernetzungszone eine weitere Zone, die Entgasungszone mit weiterer innerer und äußerer Wärmezufuhr in das Kabel, nachgeschaltet. Diese Entgasungszone ist der Kühlungszone vorgeschaltet. Somit findet der ganze Prozeß der Vernetzung und der Entgasung in einer Reaktorkammer vor dem Vorgang der Abkühlung statt.

[0014] Diese Steigerung des Temperaturniveaus in der Entgasungszone nimmt man im Kabel von innen her durch die zusätzliche induktive Leitererwärmung am Ende oder kurz vor dem Ende der Vernetzungsstrecke vor dem Eintritt des Kabels in die Entgasungsstrecke vor. Von außen her nimmt man eine Temperaturerhöhung durch Erhöhung der Temperatur der das Kabel umgebenden Überdruckatmosphäre des Inertgases vor.

[0015] Das ist eine relativ einfache, aber recht wirkungsvolle Maßnahme, die es den gasförmigen Spaltprodukten ermöglicht, während des Aufenthaltes des Kabels in der Entgasungsstrecke bereits vor Erreichen der Kühlstrecke aus der Isolier- oder Halbleiterschicht der Ader auszutreten. Das ermöglicht nicht nur eine Energieeinsparung durch Entfallen der Wiederbeheizung eines bereits abgekühlten Kabels, sondern durch Entfallen der Lagerzeit auch eine deutlich höhere Produktionsgeschwindigkeit.

[0016] Das Inertgas muß von Zeit zu Zeit, besser aber ständig, gereinigt werden, damit die Spaltprodukte nicht einen zu großen Partialdruck in der Überdruckatmosphäre der Vernetzungs- und der Entgasungszone einnehmen, was zu Oberflächenbeeinflussungen des Ka-

bels, aber auch dazu führen kann, daß die gasförmigen Spaltprodukte in ihrem Austritt aus der oder den zu vernetzenden Schichten behindert werden. Zweckmäßigerweise wird man deshalb und zur weiteren Energieeinsparung das Inertgas der Entgasungsstrecke einer Reinigung von gasförmigen Spaltprodukten aus der Vernetzungsreaktion unterziehen.

[0017] Es kann zweckmäßig sein, daß das Inertgas der Entgasungsstrecke gemeinsam mit dem Inertgas aus der Vernetzungsstrecke in einem durch die Reinigungsvorrichtung führenden Kreislauf geführt wird. Da die Temperaturen in der Entgasungsstrecke und in der Vernetzungsstrecke meist erheblich unterschiedlich sein können, ist es in diesem Falle zweckmäßig, wenn das Inertgas der Entgasungsstrecke getrennt vom Inertgas der Vernetzungsstrecke in einem durch die Reinigungsvorrichtung(en) führenden Kreislauf geführt wird.

[0018] Trotz dieser Maßnahmen können die gasförmigen Spaltprodukte zu einem geringeren Teil auch noch bei Verlassen des Reaktorrohres in der Isolations- und/oder Halbleiterschicht des Kabels vorhanden sein. Eine finale Entgasung findet dann gegebenenfalls kurz vor oder während der Aufwicklung in Temperaturhaltestrecken bei einer Temperatur von 40° bis 100° C, vorzugsweise 55° bis 75° C, statt oder in Temperkammern.

[0019] Vorzugsweise bei der Kühlung entstandene Deformationen am Kabel können durch Wiedererwärmung auf einen Temperaturbereich kurz unterhalb des Schmelzpunktes oder höher zur Aktivierung der Rückstellkräfte und Memoryeffekte beseitigt werden.

[0020] Für die Entgasung ist vorteilhaft, wenn in der Entgasungsstrecke eine Leitererwärmung durch eine Induktionsheizung erfolgt. Dann werden die Spaltprodukte bevorzugt in Leiternähe freigesetzt und können bei der Weiterwanderung des Kabels nach außen wandern, wo sie in die Druckgasatmosphäre der Entgasungsstrecke diffundieren.

[0021] Die Wiederverwendung bereits benutzten und gereinigten Inertgases wird dadurch ermöglicht, daß hinter der Reinigung vor dem Wiedereintritt in die Entgasungsstrecke das Inertgas auf die für die Entgasung notwendige Temperatur erhitzt wird.

[0022] Insbesondere hat es sich als vorteilhaft erwiesen, daß man die Vernetzung, die Entgasung und eine anschließende Vorkühlung in einem gemeinsamen Rohr durchführt, bei dem die einzelnen Abschnitte für die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende Vorkühlung durch die Zu- und Abführungsstutzen für das warme, erhitzte und gekühlte Inertgas unterteilt sind.

[0023] Eine weitere Möglichkeit der Abgrenzung der einzelnen Rohrabschnitte besteht darin, daß man die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende Vorkühlung in einem gemeinsamen Rohr durchführt, bei dem die einzelnen Abschnitte für die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende Vorkühlung durch Schleusen oder Engstellen für das warme, erhitzte und

gekühlte Inertgas unterteilt sind.

[0024] Die Anlage, mit der das vorbeschriebene Verfahren zur Herstellung von Kabeln mit peroxidisch vernetzten Isolations- und/oder Halbleiterschichten durchführbar ist, besteht aus einer Leiter-Abwickelvorrichtung, einem die Isolier- und/oder Halbleiterschicht aufbringenden Querspritzkopf, einem beheizten Reaktor für die Vernetzung, einer Kühlstrecke sowie einer Kabel-Aufwickelvorrichtung. Das Erfindersche besteht darin, daß man den oder die Leiter bei fortschreitender Bewegung in der Reaktorkammer und somit bei fortschreitender Vernetzung durch induktive Beheizung zunehmend stärker erhitzt. Erfindersche ist es auch, daß zwischen der Vernetzungsstrecke und der Kühlstrecke im Reaktor eine mit Inertgas gefüllte, auf erhöhtem Temperaturniveau und Überdruck arbeitende Entgasungsstrecke angeordnet ist. Diese Entgasungsstrecke dient dem Ausbringen der gasförmigen Spaltprodukte aus dem sich vernetzenden Extrudat auf dem Leiter bzw. Leiterbündel bereits im Zustand des Entstehens, so daß das Kabel mit glatter Oberfläche und stark vermindertem Gehalt an Spaltprodukten in die Kühlstrecke einläuft, die somit nach Durchlaufen der Kühlstrecke nicht mehr unter besonderem Energieaufwand und Aufwand für besondere und besonders aufwendige nachgeschaltete Anlagenteile entfernt werden müssen. Das erlaubt, die Entgasung schneller und weniger aufwendig durchzuführen. Man nutzt dabei das unmittelbar vor der Kühlstrecke besonders hohe Temperaturniveau des Kabels aus, um durch weitere induktive Energiezufuhr in den bzw. die Leiter die Temperatur noch kurzfristig zu steigern, um hier schon vor Einlauf in die Kühlstrecke den Hauptteil der gasförmigen Spaltprodukte zu entfernen. Das spart die Wiederaufheizung des Kabels für die Entgasung nach dessen Abkühlung und spart somit Energie. Die Fertigstellung des Kabels wird dadurch beschleunigt und der Herstellungsaufwand vermindert.

Bei dieser Anlage ist es nicht nur zweckmäßig, sondern in den meisten Fällen auch erforderlich, daß an die Entgasungsstrecke eine Reinigungsvorrichtung in Parallelschaltung angeschlossen ist, durch die in einem Kreislauf das in der Entgasungsstrecke eingetretene und enthaltene Inertgas entfernt wird.

[0025] Aber auch in der Vernetzungsstrecke treten schon gasförmige Spaltprodukte des Vernetzungsmittels aus der extrudierten Leiterumhüllung aus. Um auch diese aus der Anlage zu entfernen, ist es zweckmäßig, daß das Inertgas aus der Vernetzungsstrecke gemeinsam mit oder getrennt von dem Inertgas aus der Entgasungsstrecke in einem durch die Reinigungsvorrichtung führenden Kreislauf geführt werden.

[0026] Das kann in einem gemeinsamen Inertgaskreislauf der Vernetzungsstrecke und der Entgasungsstrecke in der Reinigungsvorrichtung erfolgen, aber auch in getrennten Kreisläufen und getrennten Reinigungsvorrichtungen. Getrennt kann man in einem zusätzlichen Kreislauf durch eine weitere Reinigungsvorrichtung die Spaltgase aus der Kühlvorrichtung entfer-

nen. Die Reinigung getrennter Kreisläufe scheint aufwendiger, ist es aber nicht, weil die verschiedenen Kreisläufe ein unterschiedliches Temperaturniveau haben und Energie an der Wiederaufheizung oder Kühlung gespart wird.

[0027] Die Trennung der Vernetzungsstrecke von der Entgasungsstrecke und der Kühlstrecke kann durch Rohrverengungen erfolgen.

[0028] Im Inertgaskreislauf der Entgasungsstrecke wird man zweckmäßigerweise mindestens eine Heizvorrichtung zur Wiederauffüllung eingetretener Wärmeverluste vorsehen. So ist es vorteilhaft, wenn am Eingang der Entgasungsstrecke in dieser eine Induktionsheizung zur Leitererwärmung vorgesehen ist. Am Ende der der Entgasungsstrecke zugeordneten Reinigungsstrecke ist eine Erhitzungsanlage für das gereinigte Inertgas vorgesehen.

[0029] Diese Anlage wird besonders vorteilhaft dadurch gestaltet, daß für die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende Abkühlung ein gemeinsames Rohr vorgesehen ist, bei dem die einzelnen Abschnitte für die Vernetzung, die Entgasung und die abschließende Abkühlung durch die Zu- und Abführungsstutzen für das warme, erhitzte und gekühlte Inertgas unterteilt sind.

[0030] Es besteht aber auch die nicht minder vorteilhafte Gestaltungsmöglichkeit für diese Anlage, daß für die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende Abkühlung ein gemeinsames Rohr vorgesehen ist, bei dem die einzelnen Abschnitte für die Vernetzung, die Entgasung und die abschließende Abkühlung durch Schleusen oder Engstellen für das warme, erhitzte und gekühlte Inertgas unterteilt sind.

[0031] Wo eine solche Trennung der Vernetzungs-, Entgasungs- und Kühlstrecken nicht erfolgt, ist es zweckmäßig, nur einen Inertgaskreislauf mit nur einer Reinigungsvorrichtung vorzusehen.

[0032] Das Wesen der vorliegenden Erfindung ist anhand von in der Zeichnung dargestellten Beispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine in Kettenlinie gebaute Anlage mit einer Regenerationsstrecke für das im Reaktor befindliche Inertgas,

Fig. 2 eine in Kettenlinie gebaute Anlage mit zwei Regenerationsstrecken für das in der Vernetzungsstrecke und das in der Entgasungsstrecke des Reaktors befindliche Inertgas,

Fig. 3 eine vertikal aufgebaute Anlage mit zwei Regenerationsstrecken für das in der Vernetzungsstrecke und das in der Entgasungsstrecke des Reaktors befindliche Inertgas,

Fig. 4 die Weiterbehandlung des aus der Vorkühlzone 10 des kettenlinigen Reaktorrohres austretenden Kabels in der Kühlstrecke.

[0033] In der Zeichnung sind die genannten diversen Anlagen dargestellt, bei denen der Leiter 1 zunächst

über ein Umlenkrad 2 geführt ist. Dieser Leiter 1 wird dann in dem von einem nicht dargestellten Extruder gespeisten Querspritzkopf 3 mit einer Isolations- und/oder Halbleiterschicht ummantelt und verläßt den Querspritzkopf 3 als noch nicht fertiggestelltes Kabel 4, dessen Isolations- und/oder Halbleiterschicht noch der Vernetzung bedarf.

[0034] Diese Vernetzung erfolgt in einem aus mehreren Rohrstücken zusammengebauten, als Reaktor dienenden Rohr 6 unter Wärmezufuhr und Überdruck in einer Inertgasatmosphäre. Die Isolations- und/oder Halbleiterschicht darf zunächst nicht höher als die Schmelztemperatur der Isolations- und/oder Halbleiterschicht erhitzt werden. Die Temperatur muß nach Erreichen einer bestimmten Formstabilität durch Einsetzen der Vernetzung aber möglichst hoch eingestellt werden, damit die Vernetzung dann schnell fortschreitet. Von außen erfolgt die Erhitzung des Kabels 4 durch heißes, das Kabel umspülendes Inertgas. Das Kabel 4 wird aber auch von innen erhitzt durch eine Induktionserhitzung des Leiters 1 mittels der Induktionsheizvorrichtung 5, die unmittelbar vor dem Querspritzkopf 3 angeordnet ist, so daß der Leiter 1 bereits vorerhitzt mit der Isolations- und/oder Halbleiterschicht ummantelt wird und somit Wärme von innen an die Isolations- und/oder Halbleiterschicht abgibt.

[0035] Diese Induktionsbeheizung kann ein- oder mehrmalig zum Beispiel an den Stellen, wo einzelne Rohre des Reaktors aneinander geflanscht sind, eingebaut sein.

[0036] In dem Vernetzungsbereich 6 des rohrförmigen Reaktors wird das der Isolations- und/oder Halbleiterschicht bereits vor der Extrusion zugesetzte Vernetzungsmittel durch Wärme zersetzt und zerfällt ganz oder zum Teil in gasförmige Bestandteile, die aus dem Kabel während eines langdauernden Prozesses bei Normaltemperatur entweichen. Das Kabel kann während dieser Zeit seiner Verwendung nicht zugeführt werden.

[0037] Die Vernetzung und der Austritt der gasförmigen Zerfallsprodukte kann beschleunigt werden. Das erfolgt durch Erhitzung über die Schmelztemperatur der Isolations- und/oder Halbleiterschicht. Das ist dann möglich, wenn die Vernetzung so weit fortgeschritten ist, daß die Isolations- und/oder Halbleiterschicht durch eine Erhitzung über ihre Schmelztemperatur nicht mehr ihre Formstabilität verliert.

[0038] Dieses erfolgt in einem gesondert in den rohrförmigen Reaktor eingebauten Entgasungsbereich mit den Rohrstücken 8 und der diesen Rohrstücken 8 vorgeschalteten Induktionsheizung 7. Im Entgasungsbereich 8 wird die Isolations- und/oder Halbleiterschicht von außen durch über die Schmelztemperatur der Isolations- und/oder Halbleiterschicht erhitztes Inertgas erhitzt, während von innen das Kabel 4 durch die Induktionsheizung 7 über die Schmelztemperatur der Isolations- und/oder Halbleiterschicht erhitzt wird. Dabei treten vermehrt gegenüber dem Vernetzungsbereich 6 gasförmige Zerfallsprodukte des Vernetzungsmittels auf.

[0039] Der Vernetzungsbereich 6 und der Entgasungsbereich 8 sind durch eine Engstelle im Reaktorrohr voneinander getrennt, damit die unterschiedlichen Temperaturen in den beiden Bereichen auf den für sie vorgesehenen Werten gehalten werden können. Diese Engstelle wird durch den Induktionsheizer 7 gebildet.

[0040] Am Ende des Vernetzungsbereiches 8 befindet sich im Reaktorrohr eine weitere Engstelle 9, die den Vernetzungsbereich 8 von einer der Vorkühlung dienenden Abkühlzone 10 trennt, in der sich eine Inertgasatmosphäre niedrigerer Temperatur befindet und in der derselbe Druck wie in der Vernetzungszone 6 und der Entgasungszone 8 herrscht. Am Ende der Abkühlzone 10 befindet sich eine Schleuse 11, die die Inertgasatmosphäre im Inneren des Reaktorrohres von der mit einer Kühlflüssigkeit betriebenen Kühlzone 12 trennt. In dieser Kühlzone 12 wird das Kabel so weit abgekühlt, daß es auf eine Kabeltrommel aufgewickelt werden kann.

[0041] Das der Isolations- und/oder Halbleiterschicht bereits vor der Extrusion zugesetzte, durch die zugeführte Wärme zersetzt und in gasförmige Bestandteile zerfallende Vernetzungsmittel, stört nicht nur im Kabel, sondern auch in der das Kabel im Inneren des Reaktorrohres herrschenden Inertgasatmosphäre, weil es den Austritt dieser gasförmigen Zerfallsprodukte behindert. Daher ist ein Austausch und eine anschließende Reinigung der Inertgasatmosphäre vorgesehen. Diese erfolgt in einem Kreislauf, so daß das Inertgas und die in diesem immanente Wärme ständig wiederbenutzt werden kann.

[0042] In Fig. 1 wird das Inertgas an der Stelle 13 aus dem Reaktionsrohr 6, 8, 10 abgezogen und durchläuft ein als Regenerationsstrecke 14 dienendes Rohr, welches durch eine Reinigungsvorrichtung 15 und eine Erhitzungsvorrichtung 16 führt. In der Reinigungsvorrichtung 15 wird das aus dem Reaktorrohr abgezogene Inertgas von den gasförmigen Zerfallsprodukten befreit, in der Erhitzungsvorrichtung 16 wird es wieder auf die für die Entgasung gewünschte Temperatur gebracht, um dann an der Eintrittsstelle 17 wieder in das Reaktorrohr eingeführt zu werden. Die Fließrichtung des Inertgases ist durch einen Pfeil angedeutet.

[0043] In Fig. 2 ist dieser Inertgaskreislauf in zwei verschiedene Kreisläufe 18 aufgeteilt. Einer für den Vernetzungsbereich 6 und der andere für den Entgasungsbereich 8. Das hat energetische Vorteile. Die Fließrichtungen des Inertgases in den beiden Kreisläufen ist durch je einen Pfeil angedeutet.

[0044] In Fig. 3 ist eine vertikal aufgebaute Anlage dargestellt. In dieser Darstellung bezeichnen gleiche Bezugszeichen die gleichen Gegenstände wie in den vorherigen Figuren.

[0045] Fig. 4 zeigt die Weiterbehandlung des aus der Vorkühlzone 10 des kettenlinigen Reaktorrohres austretenden Kabels 4 in der Kühlzone 12. Das Kabel läuft nach Passieren der Schleuse 11 in ein wassergefülltes Druckkühlrohr 21, aus dem es durch die Schleuse 22

austritt. Nach Umlenkung an dem Umlenkrad 23 durchläuft es eine Temperierstrecke 24, in der eventuelle Verformungen der Isolier- und/oder Halbleiterschicht durch Memoryeffekte beseitigt werden, bevor das von einer Abzugsvorrichtung 25 gezogene Kabel 4 in einer Wickelvorrichtung 26 auf eine Kabeltrommel 27 aufgewickelt wird.

[0046] Die Erfindung betrifft somit ein Verfahren und eine Anlage zur Vernetzung der Isolations- oder Halbleiterschicht eines in der Herstellung befindlichen Kabels, das eine unter Überdruck stehende, mit heißem Inertgas gefüllte Reaktionskammer durchläuft. Die Anlage ist beherrscht von einem sehr langen Reaktorrohr, das eine besonders lange und dadurch aufwendige Produktionshalle erfordert. Es ist die Aufgabe der Erfindung, die Vernetzung und eventuell nachfolgende Entgasung schneller und weniger aufwendig durchzuführen. Die Erfindung besteht darin, daß man den oder die Leiter bei fortschreitender Bewegung in der Reaktorkammer und somit bei fortschreitender Vernetzung durch induktive Beheizung stärker erhitzt. Durch diese Maßnahme wird die von innen und außen zur Mitte der Isolations- oder Halbleiterschicht fortschreitende Vernetzung, die eine Vergrößerung der Formstabilität nach sich zieht, genutzt, um durch Heraufsetzung der Temperatur im Inneren, also im Leiter, die Vernetzung schneller fortschreiten zu lassen. Man macht sich dabei die mit fortschreitender Vernetzung eintretende Erhöhung der Formstabilität der Isolations- und/oder Halbleiterschicht zu nutze, um die Temperatur des Leiters noch weiter zu erhöhen. Im Anschluß an die Vernetzungszone wird eine Entgasungszone durch weitere Temperaturerhöhung geschaffen, in der durch induktive Erhitzung des oder der Leiter ein schneller Gasaustritt aus dem Kabel auf einer relativ kurzen Strecke in der Reaktorkammer bewirkt wird.

Liste der Bezugszeichen

[0047]

- 1 Leiter
- 2 Umlenkrad
- 3 Querspritzkopf
- 4 Kabel
- 5 Induktionsheizung
- 6 Vernetzungszone
- 7 Induktionsheizung
- 8 Entgasungsbereich
- 9 Engstelle
- 10 Vorkühlzone
- 11 Schleuse
- 12 Kühlzone
- 13 Abzugsstelle
- 14 Regenerationsstrecke
- 15 Reinigungsvorrichtung
- 16 Erhitzungsvorrichtung
- 17 Eintrittsstelle

- 18 Inertgas-Kreislauf für den Vernetzungsbereich
- 19 Inertgas-Kreislauf für den Entgasungsbereich
- 20 Inertgas-Kreislauf für die Kühlzone
- 21 Druckkühlrohr
- 22 Schleuse
- 23 Umlenkrad
- 24 Temperierstrecke
- 25 Abzugsvorrichtung
- 26 Wickelvorrichtung
- 27 Kabeltrommel

Patentansprüche

1. Verfahren zur Vernetzung der Isolations- oder Halbleiterschicht auf dem oder den Leitern eines in der Herstellung befindlichen Kabels, das eine unter Überdruck stehende, mit einem heißen Inertgas gefüllte Reaktionskammer durchläuft,
dadurch gekennzeichnet,
daß man den oder die Leiter bei fortschreitender Bewegung in der Reaktorkammer und somit bei fortschreitender Vernetzung durch induktive Beheizung zunehmend stärker erhitzt.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß gleichzeitig mit in der Reaktionskammer fortschreitendem Kabel und damit verbundener stärkerer Vernetzung der Außenschicht der Isolations- oder Halbleiterschicht des Kabels die das Kabel in der Reaktorkammer umgebende erhitzte Inertgasatmosphäre stärker erhitzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß man die induktive Beheizung erst dann vornimmt, wenn die Vernetzung an der Außenseite des Kabels durch die konvektiv übertragene Wärme des heißen Inertgases eine formstabile Vernetzung der Außenschicht bewirkt hat.
4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß man die induktive Beheizung erst dann vornimmt, wenn die Vernetzung an der dem oder den Leitern zugewandten Innenseite der Isolations- oder Halbleiterschicht durch die anfangs in den oder die Leiter eingespeisten Wärme eine formstabile Vernetzung der Innenschicht der Isolations- oder Halbleiterschicht bewirkt hat.
5. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß man die Erhitzung bis auf die Schmelztemperatur des Materials, aus dem die Isolations- oder Halbleiterschicht hergestellt ist, vornimmt.

6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Kabel nach seiner Vernetzung, jedoch noch vor seiner Abkühlung durch Erhöhung seines Temperaturniveaus in der Überdruckatmosphäre entgast wird. 5
7. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß man für die Entgasung eine induktive Leitererwärmung zur Erzielung einer Temperaturerhöhung des Kabels von innen her am Ende oder kurz vor dem Ende der Vernetzungsstrecke und vor dem Eintritt und/oder beim Eintritt des Kabels in die Entgasungsstrecke und bei Bedarf in der Entgasungsstrecke vornimmt. 10
8. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß man für die Entgasung am Ende der Vernetzungsstrecke eine Temperaturerhöhung der das Kabel von außen umgebenden Überdruckatmosphäre vornimmt. 20
9. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Vernetzung und die Entgasung in einer Inertgasatmosphäre unter Überdruck stattfindet und **daß** das Inertgas der Entgasungsstrecke einer Reinigung von gasförmigen Spaltprodukten aus der Vernetzungsreaktion unterzogen wird. 25 30
10. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Inertgas der Entgasungsstrecke gemeinsam mit dem Inertgas aus der Vernetzungsstrecke in einem durch die Reinigungsvorrichtung führenden Kreislauf geführt wird. 35
11. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Inertgas der Entgasungsstrecke getrennt vom Inertgas der Vernetzungsstrecke in je einem durch die Reinigungsvorrichtungen führenden Kreislauf geführt wird. 40 45
12. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine finale Entgasung in Umgebungsluftatmosphäre kurz vor oder während der Aufwicklung in Temperaturhaltestrecken bei einer Temperatur von 40° bis 100 °C, vorzugsweise 55° bis 75° C durchgeführt wird. 50
13. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß vorzugsweise beim Durchlauf durch die Anlage und bei der Kühlung entstandene Deformationen am Kabel durch Wiedererwärmung auf einen Temperaturbereich kurz unterhalb des Schmelzpunktes oder höher zur Aktivierung von Rückstellkräften und Memoryeffekten beseitigt werden.
14. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Inertgas nach seiner Reinigung vor dem Wiedereintritt in die Entgasungsstrecke auf die für die Entgasung zweckmäßige Temperatur erhitzt wird.
15. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß man die Vernetzung, die Entgasung und eine anschließende (Vor-)Kühlung in einem gemeinsamen Rohr durchführt, bei dem die einzelnen Abschnitte für die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende Kühlung durch die Zu- und Abführungsstutzen für das warme, erhitzte und gekühlte Inertgas unterteilt sind.
16. Verfahren nach Anspruch 1 und 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß man die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende (Vor-)Kühlung in einem gemeinsamen Rohr durchführt, bei dem die einzelnen Abschnitte für die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende Kühlung durch Schleusen oder Engstellen für das warme, erhitzte und gekühlte Inertgas unterteilt sind.
17. Anlage zur Vernetzung der Isolations- oder Halbleiterschicht eines in der Herstellung befindlichen Kabels, das eine unter Überdruck stehende, mit heißem Inertgas gefüllte Reaktionskammer durchläuft, **dadurch gekennzeichnet, daß** in der Reaktionskammer an einem oder mehreren Orten, an denen die Vernetzung eingesetzt hat und bis zu einer Formstabilität der äußeren Form des in der Fertigung befindlichen Kabels geführt hat, mindestens eine induktive Beheizungsanordnung für den oder die Leiter des in der Fertigung befindlichen Kabels angeordnet ist.
18. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß an Orten, an denen die Vernetzung eingesetzt hat und bis zu einer Formstabilität der äußeren Form des in der Fertigung befindlichen Kabels geführt hat, mindestens eine induktive Beheizungsanordnung für den oder die Leiter des in der Fertigung befindlichen Kabels angeordnet ist.
19. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß in der Vernetzungszone die induktive Beheizungsanordnung für eine Temperaturerhöhung des

oder der Leiter des in der Fertigung begriffenen Kabels bis auf die Schmelztemperatur des Materiales der Isolations- oder Halbleiterschicht eingestellt ist.

20. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß zwischen der Vernetzungs- und der Kühlstrecke eine mit Inertgas gefüllte, auf erhöhtem Temperaturniveau und Überdruck arbeitende Entgasungsstrecke angeordnet ist. 5 10
21. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß an die Entgasungsstrecke eine Reinigungsvorrichtung in Parallelschaltung angeschlossen ist, durch die in einem Kreislauf das in der Entgasungsstrecke und in der Reinigungsvorrichtung enthaltene Inertgas geführt ist. 15
22. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß das Inertgas aus der Vernetzungsstrecke gemeinsam mit dem Inertgas aus der Entgasungsstrecke in einem durch die Reinigungsvorrichtung führenden Kreislauf geführt sind. 20 25
23. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, daß die Vernetzungsstrecke von der Entgasungsstrecke durch eine Rohrverengung getrennt ist. 30
24. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, daß im Inertgaskreislauf der Entgasungsstrecke mindestens eine Heizvorrichtung vorgesehen ist. 35
25. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, daß am Eingang der Entgasungsstrecke in dieser eine Induktionsheizung zur Leitererwärmung vorgesehen ist. 40
26. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
dadurch gekennzeichnet,
daß am Ende der Reinigungsstrecke eine Erhitzungsanlage für das gereinigte Inertgas vorgesehen ist. 45
27. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß für die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende Abkühlung ein gemeinsames Rohr vorgesehen ist, bei dem die einzelnen Abschnitte für die Vernetzung, die Entgasung und die abschließende Abkühlung durch die Zu- und Abführungsstutzen für das warme, erhitzte und gekühlte Inertgas unterteilt sind. 50 55

28. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß für die Vernetzung, die Entgasung und die anschließende Abkühlung ein gemeinsames Rohr vorgesehen ist, bei dem die einzelnen Abschnitte für die Vernetzung, die Entgasung und die abschließende Abkühlung durch Schleusen oder Engstellen für das warme, erhitzte und gekühlte Inertgas unterteilt sind.
29. Anlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Temperierung zur weiteren Entgasung und Deformationsbeseitigung in Temperierstrecken nach und/oder während des kontinuierlichen Herstellungsprozesses kontinuierlich durch einen Warmluftstrom unter Atmosphärenbedingungen erfolgt.

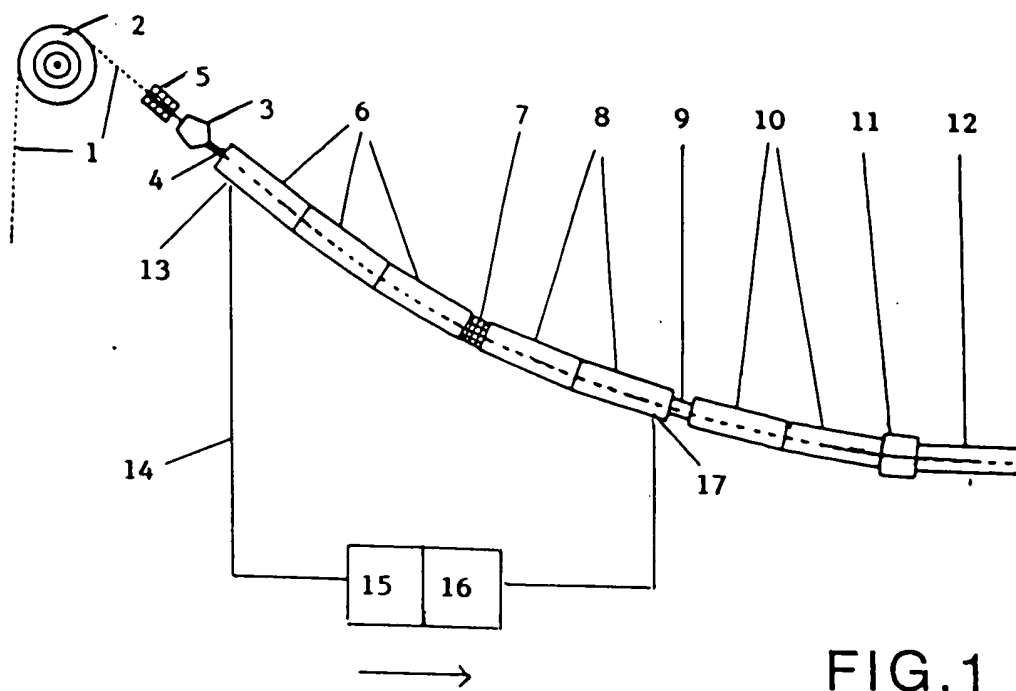


FIG. 1

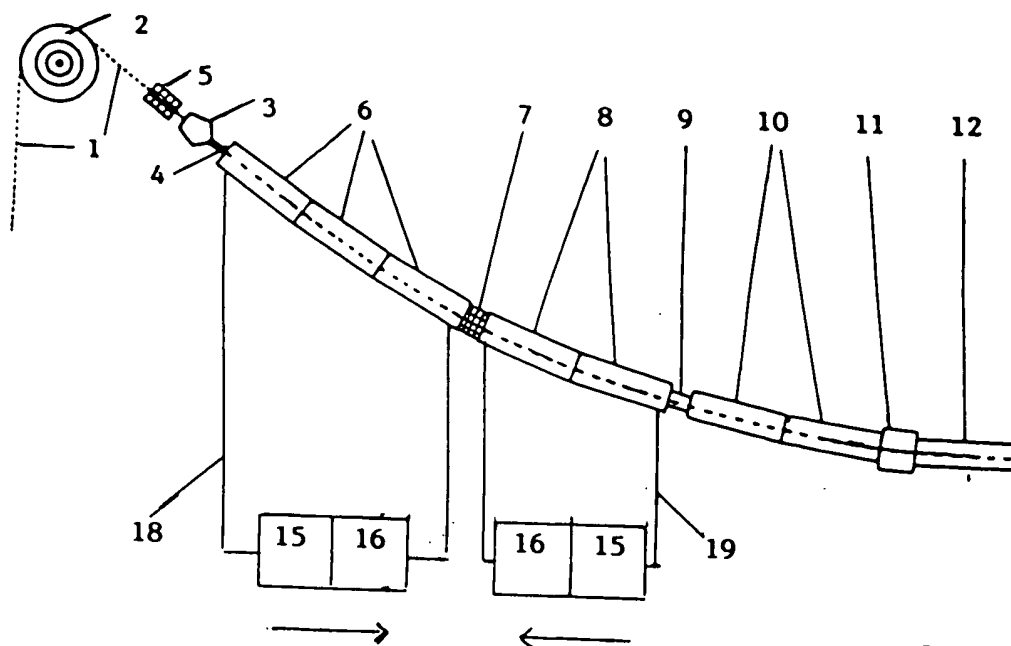


FIG. 2

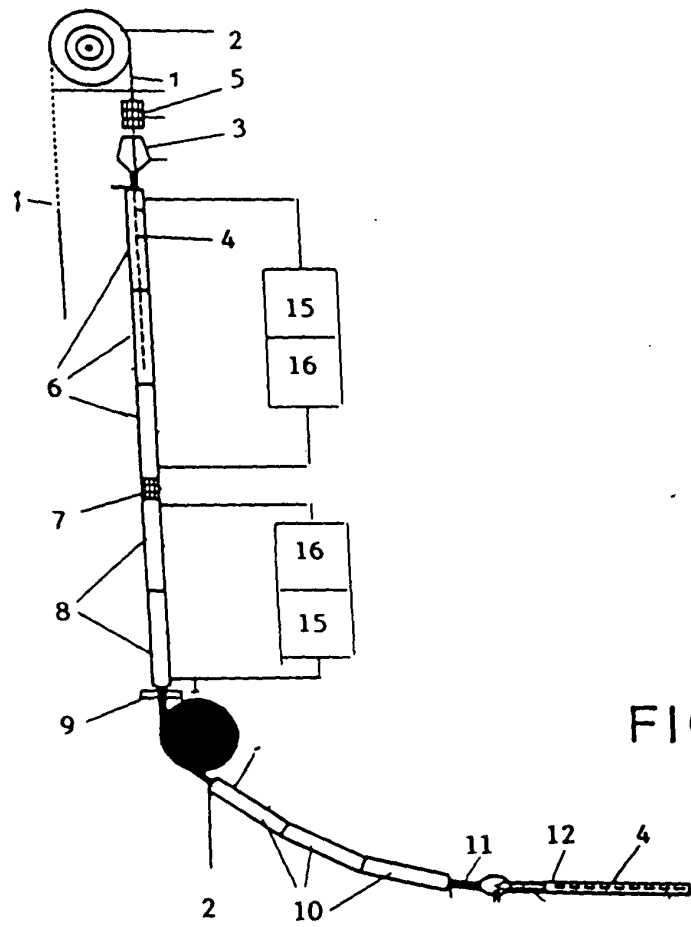


FIG. 3

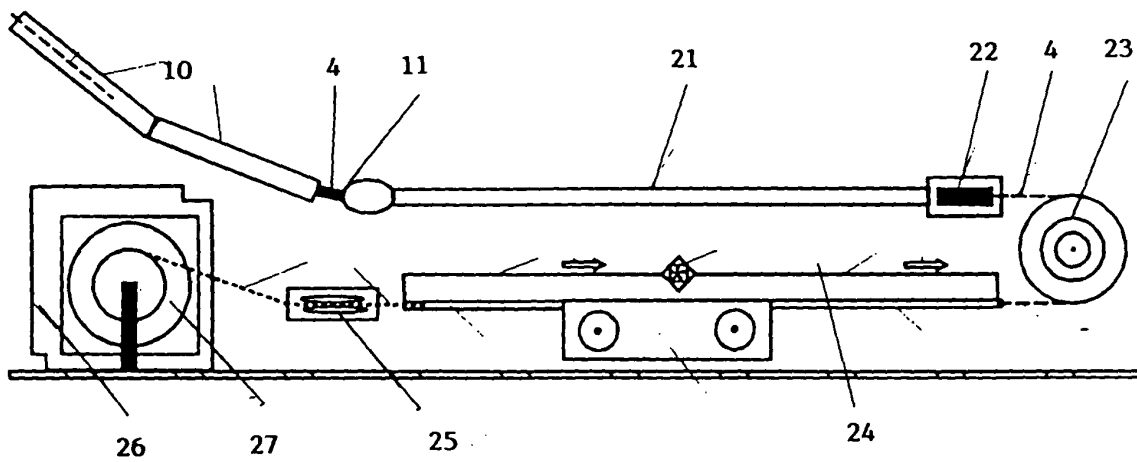


FIG. 4



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 00 1330

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X A	DE 29 06 173 A1 (SIKORA, HARALD) 21. August 1980 (1980-08-21) Induction heating used to assist curing of cable insulator. * Seite 6, Absatz 3 * * Seite 7, Absatz 4 - Seite 8, Absatz 1 * * Seite 9, Absatz 2 * * Ansprüche 1,2 * -----	1-5, 17-19 6-15, 20-29	H01B13/00 H01B13/14
X A	US 4 222 980 A (STAUFFER ET AL) 16. September 1980 (1980-09-16) Induction heating used to assist curing of cable insulator. * Spalte 3, Zeile 1 - Zeile 23 * * Spalte 3, Zeile 35 - Zeile 37 * * Spalte 6, Zeile 59 - Spalte 7, Zeile 5 * -----	1-5, 17-19 6-15, 20-29	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
			H01B
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 1. Juni 2005	Prüfer Stinchcombe, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 00 1330

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

01-06-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2906173	A1	21-08-1980	KEINE	

US 4222980	A	16-09-1980	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82