

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 010**

51 Int. Cl.:

H01B 13/00 (2006.01)

H01B 13/14 (2006.01)

H01B 13/26 (2006.01)

H01B 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.07.2003 PCT/EP2003/008194**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.02.2005 WO05015577**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2003 E 03817932 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016 EP 1649471**

54 Título: **Procedimiento continuo para fabricación de cables eléctricos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.03.2017

73 Titular/es:
**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
VIALE SARCA 222
20126 MILANO, IT**

72 Inventor/es:
**BELLI, SERGIO;
BAREGGI, ALBERTO;
DELL'ANNA, GAIA;
SCELZA, CRISTIANA y
DONAZZI, FABRIZIO**

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 605 010 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento continuo para fabricación de cables eléctricos

La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de cables eléctricos, en particular cables eléctricos para la transmisión o distribución de energía a tensión eléctrica media o alta.

5 En la presente memoria descriptiva, el término media tensión se utiliza para referirse a una tensión eléctrica típicamente desde aproximadamente 1 kV a aproximadamente 60 kV y el término alta tensión se refiere a una tensión eléctrica superior a 60 kV (también se usa a veces en la técnica la expresión tensión muy alta para definir tensiones mayores de aproximadamente 150 kV o 220 kV, hasta 500 kV o más).

10 Los citados cables se pueden utilizar para la transmisión o la distribución tanto de corriente continua (CC) como de corriente alterna (CA).

Los cables para la transmisión o distribución a media o alta tensión tienen en general un conductor metálico que está rodeado, respectivamente, con una primera capa semiconductor interior, una capa aislante y una capa semiconductor exterior. En lo que sigue de la presente memoria descriptiva, el citado grupo de elementos se indicará con el término "núcleo".

15 En una posición radialmente exterior al citado núcleo, el cable está provisto de un blindaje (o pantalla) metálico, generalmente de aluminio, plomo o cobre.

El blindaje metálico puede consistir en un número de hilos o tiras metálicas, enrollados helicoidalmente alrededor del núcleo, o en un tubo continuo circunferencialmente, tal como una tira metálica conformada de acuerdo con una forma tubular y soldada o sellada para asegurar la hermeticidad.

20 El blindaje metálico realiza una función eléctrica mediante la creación, en el interior del cable, como resultado del contacto directo entre el blindaje metálico y la capa semiconductor exterior del núcleo, un campo eléctrico uniforme de tipo radial, anulando al mismo tiempo el campo eléctrico externo del cable. Otra función adicional es la de soportar corrientes de cortocircuito.

25 Cuando se hace en forma tubular continua circunferencialmente, el blindaje metálico también proporciona hermeticidad contra la penetración de agua en la dirección radial.

Un ejemplo de escudos metálicos se describe en el documento US Re36307.

En una configuración del tipo unipolar, el citado cable comprende además una vaina exterior polimérica en una posición radialmente exterior al blindaje metálico que se ha mencionado más arriba.

30 Además, los cables para la transmisión o distribución de energía se proporcionan generalmente con una o más capas para la protección de los citados cables contra los impactos accidentales que puedan ocurrir sobre su superficie exterior. Los impactos accidentales en un cable se pueden producir, por ejemplo, durante el transporte del mismo o durante la etapa de instalación del cable en una zanja excavada en el suelo. El citado impacto accidental puede causar una serie de daños estructurales al cable, incluyendo la deformación de la capa aislante y el desprendimiento de la capa aislante de las capas semiconductoras, daños que pueden causar variaciones en los esfuerzos producidos por la tensión eléctrica de la capa aislante con una consecuente disminución de la capacidad de aislamiento de la citada capa.

35 Los cables de aislamiento reticulados son conocidos y su proceso de fabricación se describe, por ejemplo, en los documentos EP1288218, EP426073, US2002 / 0143114 y US4469539.

40 La reticulación del aislamiento del cable se puede hacer ya sea mediante el uso de la denominada reticulación por silano o mediante el uso de peróxidos.

45 En el primer caso, el núcleo del cable que comprende el aislamiento extruido que rodea el conductor, se mantiene durante un período relativamente largo de tiempo (horas o días) en un ambiente que contiene agua (ya sea líquida o en forma de vapor, tal como la humedad ambiente), de tal manera que el agua pueda difundirse a través del aislamiento para hacer que se produzca la reticulación. Esto requiere que el núcleo del cable sea enrollado en bobinas de longitud fija, hecho que impide inherentemente que se realice un proceso continuo.

50 En el segundo caso, la reticulación se produce por la descomposición de un peróxido a temperatura y presión relativamente altas. Las reacciones químicas que tienen lugar generan subproductos gaseosos a los que se debe permitir que se difundan a través de la capa de aislamiento no sólo durante el tiempo de curado, sino también después del curado. Por lo tanto se tiene que proporcionar una etapa de desgasificación durante la cual el núcleo del cable se almacena durante un período de tiempo suficiente para eliminar tales subproductos gaseosos antes de que otras capas adicionales se apliquen sobre el núcleo del cable (en particular en el caso de que tales capas sean estancas

al gas o sustancialmente estancas al gas, tal como en el caso en el que se aplica una capa metálica plegada longitudinalmente).

5 En la experiencia práctica del solicitante, en ausencia de una etapa de desgasificación antes de la aplicación de capas adicionales, puede ocurrir que, en condiciones ambientales particulares (por ejemplo una irradiación solar notable del núcleo del cable) los citados subproductos se expandan causando así deformaciones no deseadas del blindaje metálico y / o de la vaina exterior polimérica.

10 Además, en el caso de que no se proporcione una etapa de desgasificación, los subproductos gaseosos (por ejemplo, metano, acetofenona, alcohol cumínico) permanecen atrapados dentro del núcleo del cable debido a la presencia de las capas adicionales aplicadas al mismo y se pueden salir del cable solamente a través de los extremos del mismo. Esto es particularmente peligroso, ya que algunos de los citados subproductos (por ejemplo, el metano) son inflamables y por lo tanto se pueden producir explosiones, por ejemplo durante la colocación o el empalme de los citados cables en la zanja cavada en el suelo. Además, en ausencia de una etapa de desgasificación antes de la aplicación de capas adicionales, puede suceder que se encuentre que la porosidad en el aislamiento pueda deteriorar las propiedades eléctricas del aislamiento.

15 Un procedimiento para producir un cable con aislamiento termoplástico se describe en el documento WO02 / 47092, a nombre del mismo solicitante, en el que se produce un cable por extrusión pasando a través de un mezclador estático un material termoplástico, que comprende un polímero termoplástico mezclado con un líquido dieléctrico, siendo aplicado tal material termoplástico alrededor de un conductor por medio de un cabezal de extrusión. Después de una etapa de refrigeración y de secado, el núcleo del cable se almacena en un carrete y a continuación se aplica un blindaje metálico colocando helicoidalmente tiras delgadas de cobre o de hilos de cobre sobre el núcleo de cable. A continuación, una vaina exterior de polímero completa el cable.

No se contempló el suministro continuo del núcleo del cable con aislamiento extruido a la unidad de aplicación del blindaje. De hecho, el blindaje era de un tipo adecuado solamente para un proceso de aplicación no continuo, ya que requiere el uso de bobinas montadas en un aparato rotativo, como se explica adicionalmente en lo que sigue.

25 El solicitante ha percibido que la presencia de una fase de reposo durante la producción de cables, por ejemplo para curar o con fines de desgasificación, es indeseable debido a que limita la longitud de cada pieza de cable (se requiere el almacenamiento sobre carretes de cables), introduce problemas de espacio y logísticos en la factoría, prolonga el tiempo de fabricación del cable y, por último, aumenta el coste de producción del cable.

30 De acuerdo con un aspecto de la presente invención, el solicitante ha percibido que un cable puede ser producido de una manera especialmente conveniente mediante un procedimiento continuo, es decir, en ausencia de fases de reposo o de almacenamiento intermedio, mediante el uso de un material de aislamiento termoplástico en combinación con un blindaje metálico continuo circunferencialmente, plegado longitudinalmente,.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un proceso continuo para la fabricación de un cable eléctrico, comprendiendo el citado procedimiento las fases de:

- 35
- alimentar un conductor a una velocidad de alimentación predeterminada;
 - extruir una capa semiconductor termoplástica interior sobre la superficie exterior del citado conductor;
 - extruir una capa aislante termoplástica radialmente exterior al conductor;
 - extruir una capa semiconductor termoplástica exterior alrededor de la citada capa aislante;
 - refrigerar la capa aislante extruída;
- 40
- formar un blindaje metálico cerrado circunferencialmente alrededor de la citada capa aislante extruída;

en el que el conductor es alimentado continuamente, de manera el tiempo que se produce entre el final de la fase de refrigeración y el comienzo de la fase de formación de blindaje es inversamente proporcional a la velocidad de alimentación del conductor.

45 En particular, el blindaje metálico cerrado circunferencialmente alrededor de la capa aislante extruída se forma plegando longitudinalmente una hoja metálica, ya sea con los bordes superpuestos o bien con los bordes unidos.

Preferiblemente, la fase de formar el blindaje metálico de acuerdo con el procedimiento de la presente invención comprende la etapa de superponer los bordes de una hoja metálica. Alternativamente, la citada etapa de conformación comprende la etapa de unir los bordes de la citada lámina metálica.

Preferiblemente, el procedimiento comprende la fase de suministrar el conductor en forma de una varilla metálica.

5 Además, preferiblemente el procedimiento de la presente invención comprende la fase de aplicar un elemento de protección contra los impactos alrededor del blindaje metálico. Preferiblemente, el citado elemento de protección contra los impactos es aplicado por extrusión. Preferiblemente, el citado elemento de protección contra los impactos comprende una capa polimérica no expandida y una capa polimérica expandida. Preferiblemente, la capa polimérica expandida se posiciona radialmente exterior a la capa polimérica no expandida. Preferiblemente, la capa polimérica no expandida y la capa polimérica expandida son aplicadas por coextrusión.

El procedimiento de la invención generalmente comprende, además, la fase de aplicar una vaina exterior alrededor del blindaje metálico. Preferiblemente, la vaina exterior es aplicada por extrusión.

10 Preferiblemente, el elemento de protección contra los impactos es aplicado entre el blindaje metálico cerrado y la vaina exterior.

Preferiblemente, el material polímero termoplástico de la capa aislante incluye una cantidad predeterminada de un líquido dieléctrico.

15 Además, el solicitante ha encontrado que el cable obtenido mediante el procedimiento continuo de la presente invención está provisto sorprendentemente de una alta resistencia mecánica a los impactos accidentales que se pueden producir sobre el cable.

En particular, el solicitante ha encontrado que una elevada protección contra los impactos se confiere ventajosamente al cable mediante la combinación de un blindaje metálico circunferencialmente cerrado con un elemento de protección contra los impactos que comprende al menos una capa polimérica, estando situada esta última externa radialmente al blindaje metálico.

20 Además, el solicitante ha notado que en caso de una deformación del blindaje que se produce debido a un impacto relevante sobre el cable, la presencia de un blindaje metálico circunferencialmente cerrado es particularmente ventajosa puesto que el blindaje se deforma de manera continua y suavemente, evitando de este modo cualesquiera incrementos locales del campo eléctrico en la capa aislante. Por otra parte, el solicitante ha encontrado que un cable provisto de una capa aislante termoplástica, un blindaje metálico circunferencialmente cerrado y un elemento de
25 protección contra los impactos que comprende al menos una capa polimérica expandida se puede obtener ventajosamente por medio de un proceso continuo de fabricación.

Además, el solicitante ha encontrado que la resistencia mecánica a los impactos accidentales se puede aumentar ventajosamente proporcionando al cable con una capa polimérica expandida adicionalmente en una posición interna radialmente con respecto al blindaje metálico.

30 Preferiblemente la citada capa polimérica expandida adicionalmente, es una capa de bloqueo de agua.

Más detalles se ilustrarán en la descripción detallada que sigue, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de un cable eléctrico de acuerdo con una primera realización de la presente invención;
- 35 – la figura 2 es una vista en perspectiva de un cable eléctrico de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;
- la figura 3 representa esquemáticamente una planta para la producción de cables de acuerdo con el procedimiento de la presente invención;
- la figura 4 representa diagramáticamente una planta alternativa para la producción de cables de acuerdo con el procedimiento de la presente invención;
- 40 – la figura 5 es una vista en sección transversal de un cable eléctrico realizado de acuerdo con la presente invención, dañado por un impacto, y
- la figura 6 es una vista en sección transversal de un cable eléctrico tradicional provisto de un blindaje hecho de hilos, dañado por un impacto.

45 Las figuras 1, 2 muestran una vista en perspectiva, parcialmente en sección transversal, de un cable eléctrico 1, diseñado típicamente para su uso en un intervalo de media o alta tensión, que se fabrica con el procedimiento de acuerdo con la presente invención.

El cable 1 comprende: un conductor 2; una capa semiconductor interior 3; una capa aislante 4; una capa semiconductor exterior 5; un blindaje metálico 6 y un elemento de protección 20.

Preferiblemente, el conductor 2 es una varilla metálica. Preferiblemente, el conductor está fabricado de cobre o aluminio.

Alternativamente, el conductor 2 comprende al menos dos hilos metálicos, preferiblemente de cobre o aluminio, que se trenzan juntos de acuerdo con técnicas convencionales.

- 5 El área de la sección transversal del conductor 2 es determinada en relación con la energía que debe ser transportada a la tensión seleccionada. Las áreas de sección transversal preferidas para los cables de acuerdo con la presente invención oscilan de 16 mm² a 1.600 mm².

10 En la presente memoria descriptiva, el término "material aislante" se utiliza para indicar un material que tiene una rigidez dieléctrica de al menos 5 kV / mm, preferiblemente mayor que 10 kV / mm. Para cables de transmisión de energía a tensión media - alta (es decir, siendo tensión mayor que aproximadamente 1 kV), el material de aislamiento preferiblemente tiene una rigidez dieléctrica mayor que 40 kV / mm. Típicamente, la capa aislante de los cables de transmisión de energía tiene una constante dieléctrica (K) mayor que 2.

La capa semiconductor interior 3 y la capa semiconductor exterior 5 se obtienen generalmente por extrusión.

15 A los materiales poliméricos de base de las capas semiconductoras 3, 5, que son seleccionados convenientemente entre aquellos que se mencionan en lo que sigue en la presente memoria descriptiva con referencia a la capa polimérica expandida, se les adiciona un negro de carbón electroconductor, por ejemplo un negro de horno o un negro de acetileno electroconductor, con el fin de conferir propiedades semiconductoras al material polimérico. En particular, el área superficial del negro de carbón es generalmente mayor que 20 m²/g, normalmente entre 40 y 500 m²/g. Ventajosamente, se puede utilizar un negro de carbón altamente conductor que tiene un área superficial de al menos 20 900 m² /g, tal como, por ejemplo, el negro de carbón de horno conocido comercialmente con el nombre comercial Ketjenblack® EC (Akzo Chemie NV). La cantidad de negro de carbón que se debe añadir a la matriz polimérica puede variar dependiendo del tipo de polímero y del negro de carbón utilizado, el grado de expansión que se pretende obtener, el agente de expansión, etc. La cantidad de negro de carbón por lo tanto tiene que ser tal para dar al material expandido suficientes propiedades semiconductoras, en particular, de tal manera que se obtenga un valor de resistividad volumétrica para el material expandido, a temperatura ambiente, de menos de 500 Ω · m, preferiblemente menos de 20 Ω · m. Típicamente, la cantidad de negro de carbón puede oscilar entre el 1 y el 50% en peso, preferiblemente entre el 3 y el 30% en peso, con respecto al peso del polímero.

En una realización preferida de la presente invención, las capas semiconductoras interior y exterior 3, 5 comprenden un material polimérico no reticulado, más preferiblemente un material de polipropileno.

- 30 Preferiblemente, la capa aislante 4 está fabricada de un material termoplástico que comprende un material polímero termoplástico que incluye una cantidad predeterminada de un líquido dieléctrico.

35 Preferiblemente, el material de polímero termoplástico se selecciona de entre: poliolefinas, copolímeros de diferentes olefinas, copolímeros de una olefina con un éster etilénicamente insaturado, poliésteres, poliacetatos, polímeros de celulosa, policarbonatos, polisulfonas, resinas de fenol, resinas de urea, policetonas, poliacrilatos, poliamidas, poliaminas, y mezclas de los mismos. Ejemplos de polímeros adecuados son: polietileno (PE), en particular PE de baja densidad (LDPE), PE de densidad media (MDPE), PE de alta densidad (HDPE), PE lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de ultra baja densidad (ULDPE); polipropileno (PP); copolímeros de etileno / éster de vinilo, por ejemplo etileno / acetato de vinilo (EVA); copolímeros de etileno / acrilato, en particular etileno / acrilato de metilo (EMA), etileno / acrilato de etilo (EEA) y etileno / acrilato de butilo (EBA); copolímeros de etileno / α - olefina termoplásticos; poliestireno; resinas de acrilonitrilo / butadieno / estireno (ABS); polímeros halogenados, en particular cloruro de polivinilo (PVC); poliuretano (PUR); poliamidas; poliésteres aromáticos tales como tereftalato de polietileno (PET) o tereftalato de polibutileno (PBT); y copolímeros de los mismos o mezclas mecánicas de los mismos.

45 Preferiblemente, el líquido dieléctrico puede ser seleccionado de entre: aceites minerales tales como, por ejemplo, aceites nafténicos, aceites aromáticos, aceites parafínicos, aceites poliaromáticos, conteniendo opcionalmente los citados aceites minerales al menos un heteroátomo seleccionado de entre oxígeno, nitrógeno o azufre; parafinas líquidas; aceites vegetales tales como, por ejemplo, aceite de soja, aceite de linaza, aceite de ricino; poliolefinas aromáticas oligoméricas; ceras parafínicas tales como, por ejemplo, ceras de polietileno, ceras de polipropileno; aceites sintéticos tales como, por ejemplo, aceites de silicona, bencenos de alquilo (tal como, por ejemplo, dibencil-tolueno, dodecibenceno, di (octilbencil) tolueno), ésteres alifáticos (tales como, por ejemplo, tetraésteres de pentaeritritol, ésteres de ácido sebácico, ésteres ftálicos), oligómeros de olefinas (tales como, por ejemplo, polibutenos opcionalmente hidrogenados o poliisobutenos); o mezclas de los mismos. Los aceites aromáticos, parafínicos y nafténicos son particularmente preferidos.

50 En las realizaciones preferidas que se muestran en las figuras 1 y 2, el blindaje metálico 6 está fabricado de una lámina metálica continua, preferiblemente de aluminio o cobre, que está conformada como un tubo.

La lámina metálica que forma el blindaje metálico 6 se pliega longitudinalmente alrededor de la capa semiconductor exterior 5 con bordes superpuestos. Convenientemente, un material de sellado y unión está interpuesto entre los bordes superpuestos, con el fin de hacer que el blindaje metálico sea estanco al agua. Alternativamente, los bordes de la lámina metálica se pueden soldar.

- 5 Como se muestra en las figuras 1 y 2, el blindaje metálico 6 está rodeado por una vaina exterior 23 hecha preferiblemente de un material polímero no reticulado; por ejemplo cloruro de polivinilo (PVC) o polietileno (PE); el grosor de una vaina exterior de este tipo puede ser seleccionado para proporcionar al cable un cierto grado de resistencia a los esfuerzos mecánicos y a los impactos, pero sin incrementar excesivamente el diámetro y la rigidez del cable. Una solución de este tipo es conveniente, por ejemplo, para los cables destinados a ser utilizados en áreas protegidas, en las que se esperan impactos limitados o se puede proporcionar protección de otra manera.

10 De acuerdo con una realización preferida que se muestra en la figura 1, que es particularmente conveniente cuando se desea una protección contra los impactos mejorada, el cable 1 está provisto de un elemento de protección 20, que se encuentra en una posición radial exterior al citado blindaje metálico 6. De acuerdo con la citada realización, el elemento de protección 20 comprende una capa polimérica no expandida 21 (en una posición radialmente interna) y una capa polimérica expandida 22 (en una posición radialmente externa). De acuerdo con la realización de la figura 1, la capa polimérica no expandida 21 está en contacto con el blindaje metálico 6 y la capa polimérica expandida 22 se encuentra entre la capa polimérica no expandida 21 y la vaina exterior polimérica 23.

El grosor de la capa polimérica no expandida 21 se encuentra en el intervalo de 0,5 mm a 5 mm.

El grosor de la capa polimérica expandida 22 se encuentra en el intervalo de 0,5 mm a 6 mm.

- 20 Preferiblemente, el grosor de la capa polimérica expandida 22 es de una a dos veces el grosor de la capa polimérica no expandida 21. El elemento de protección 20 tiene la función de proporcionar una protección mejorada al cable contra impactos externos, mediante la absorción al menos parcial de la energía del impacto.

25 El material polimérico expandible que es adecuado para ser utilizado en la capa polimérica expandida 22 puede ser seleccionado del grupo que comprende: poliolefinas, copolímeros de diferentes olefinas, copolímeros de una olefina con un éster etilénicamente insaturado, poliésteres, policarbonatos, polisulfonas, resinas de fenol, resinas de urea, y mezclas de los mismos. Ejemplos de polímeros adecuados son: polietileno (PE), en particular PE de baja densidad (LDPE), PE de densidad media (MDPE), PE de alta densidad (HDPE), PE lineal de baja densidad (LLDPE), polietileno de ultra baja densidad (ULDPE); polipropileno (PP); etileno elastomérico / copolímeros de propileno (EPR) o terpolímeros de etileno / propileno / dieno (EPDM); caucho natural; caucho butílico; copolímeros de etileno / éster de vinilo, por ejemplo etileno / acetato de vinilo (EVA); copolímeros de etileno / acrilato, en particular etileno / acrilato de metilo (EMA), etileno / acrilato de etilo (EEA) y etileno / acrilato de butilo (EBA); copolímeros de etileno / α - olefina termoplásticos; poliestireno; resinas de acrilonitrilo / butadieno / estireno (ABS); polímeros halogenados, en particular cloruro de polivinilo (PVO); poliuretano (PUR); poliamidas; poliésteres aromáticos tales como tereftalato de polietileno (PET) o tereftalato de polibutileno (PBT); y copolímeros de los mismos o mezclas mecánicas de los mismos.

- 35 Preferiblemente, el material polimérico que forma la capa polimérica expandida 22 es un polímero de poliolefina o copolímero basado en metileno y / o propileno, y se selecciona en particular de entre:

- (a) copolímeros de etileno con un éster etilénicamente insaturado, por ejemplo acetato de vinilo o acetato de butilo, en el que la cantidad de éster insaturado es generalmente de entre el 5% en peso y el 80% en peso, preferiblemente entre el 10% en peso y el 50% en peso;
- 40 (b) copolímeros elastoméricos de etileno con al menos una α - olefina $C_3 - C_{12}$, y opcionalmente un dieno, preferentemente copolímeros de etileno / propileno (EPR) o etileno / propileno / dieno (EPDM), que generalmente tienen la siguiente composición: 35% a 90% molar de etileno, 10% - 65% molar de α -olefina, 0% - 10% molar de dieno (por ejemplo 1,4 - hexadieno o 5 - etiliden - 2 - norborneno);
- 45 (c) copolímeros de etileno con al menos una α - olefina $C_4 - C_{12}$, preferiblemente 1 - hexeno, 1 - octeno y similares, y opcionalmente un dieno, que tiene generalmente una densidad de entre 0,86 g / cm³ y 0,90 g / cm³ y la siguiente composición: 75% - 97% molar de etileno; 3% - 25% molar de α - olefina; 0% - 5% molar de un dieno;
- (d) polipropileno modificado con etileno / copolímeros de α - olefina $C_3 - C_{12}$, en el que la relación en peso entre el polipropileno y etileno / copolímero de α - olefina $C_3 - C_{12}$ es entre 90 / 10 y 10 / 90, preferiblemente entre 80 / 20 y 20 / 80.

Por ejemplo, los productos comerciales Elvax® (DuPont), Levapren® (Bayer) y Lotryl® (Elf - Atochem) se encuentran en la clase (a), los productos Dutral® (Enichem) o Nordel® (Dow - DuPont) se encuentran en la clase (b), los productos que pertenecen a la clase (c) son Engage® (Dow - DuPont) o Exact® (Exxon), mientras que el polipropileno

modificado con copolímeros de etileno / alfa - olefina (d) están disponibles comercialmente bajo los nombres de marca Moplen[®] o Hifax[®] (Basell), o también Fina - Pro[®] (Fina), y otros similares.

5 Dentro de la clase (d), preferidos particularmente son los elastómeros termoplásticos que comprenden una matriz continua de un polímero termoplástico, por ejemplo, polipropileno, y partículas finas (generalmente con un diámetro del orden de 1 µm - 10 µm) de un polímero elastomérico curado, por ejemplo, EPR o EPDM reticulado, dispersado en la matriz termoplástica.

10 El polímero elastomérico se puede incorporar en la matriz termoplástica en el estado no curado y a continuación es reticulado dinámicamente durante el procesamiento por adición de una cantidad adecuada de un agente de reticulación. Alternativamente, el polímero elastomérico se puede curar por separado y a continuación se dispersa en la matriz termoplástica en forma de partículas finas.

Se describen elastómeros termoplásticos de este tipo, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos 4.104.210 o en la solicitud de patente europea EP 324.430. Estos elastómeros termoplásticos son preferidos puesto que han demostrado ser particularmente eficaces en absorber elásticamente fuerzas radiales durante los ciclos térmicos del cable en todo el intervalo de temperaturas de trabajo.

15 Para los fines de la presente memoria descriptiva, el término polímero "expandido" se entiende que se refiere a un polímero dentro de la estructura de la cual el porcentaje de volumen "vacío" (es decir, el espacio no ocupado por el polímero sino por un gas o aire) es típicamente mayor que el 10% del volumen total del citado polímero.

20 En general, el porcentaje de espacio libre en un polímero expandido se expresa en términos del grado de expansión (G). En la presente memoria descriptiva, el término "grado de expansión del polímero" se entiende que se refiere a la expansión del polímero determinada de la siguiente forma:

$$G (\text{grado de expansión}) = (d_0 / d_e - 1)$$

en el que d_0 indica la densidad del polímero no expandido (es decir, el polímero con una estructura que está esencialmente libre de volumen vacío) y d_e indica la densidad aparente medida del polímero expandido.

25 Preferiblemente, el grado de expansión de la capa polimérica expandida 22 se elige en el intervalo de 0,35 a 0,7, más preferiblemente de 0,4 a 0,6.

Preferiblemente, la capa polimérica no expandida 21 y la vaina exterior 23 están hechas de materiales de poliolefina, generalmente cloruro de polivinilo o polietileno. Como se muestra en las figuras 1 y 2, el cable 1 está provisto además de una capa de bloqueo de agua 8 que se coloca entre la capa semiconductora exterior 5 y el blindaje metálico 6.

30 Preferiblemente, la capa de bloqueo de agua 8 es una capa hinchable en agua, expandida, semiconductora.

Un ejemplo de una capa hinchable en agua, expandida semiconductora se describe en la Solicitud de Patente Internacional WO 01 / 46965 a nombre del Solicitante.

Preferiblemente, el polímero expandible de la capa de bloqueo de agua 8 se elige entre los materiales poliméricos que se han mencionado más arriba para su uso en la capa expandida 22.

35 Preferiblemente, el grosor de la capa de bloqueo de agua 8 se encuentra en el intervalo de 0,2 mm y 1,5 mm.

La citada capa de bloqueo de agua 8 tiene por objeto proporcionar una barrera eficaz a la penetración longitudinal de agua al interior del cable.

40 El material hinchable en agua se encuentra generalmente en una forma subdividida, en particular en forma de polvo. Las partículas que constituyen el polvo hinchable en agua tienen preferiblemente un diámetro no mayor de 250 µm y un diámetro medio de 10 µm a 100 µm. Más preferiblemente, la cantidad de partículas que tienen un diámetro de 10 µm a 50 µm es al menos un 50% en peso con respecto al peso total del polvo. El material hinchable en agua en general está compuesto por un homopolímero o copolímero que tiene grupos hidrófilos a lo largo de la cadena polimérica, por ejemplo: reticulados y al menos parcialmente salificados de ácido poliacrílico (por ejemplo, los productos Cabloc[®] de C. F. Stockhausen GmbH o Waterlock[®] de Grain Processing Co.); almidón o derivados del mismo
45 mezclados con copolímeros entre acrilamida y acrilato de sodio (por ejemplo, los productos SGP Absorbent Polymer[®] de Henkel AG); carboximetilcelulosa de sodio (por ejemplo, los productos Blanose[®] de Hercules Inc.).

La cantidad de material hinchable en agua que debe ser incluido en la capa polimérica expandida es generalmente desde 5 phr a 120 phr, preferentemente de 15 phr a 80 phr (phr = partes en peso con respecto a 100 partes en peso del polímero de base).

Además, el material polimérico expandido de la capa de bloqueo de agua 8 está modificado para ser semiconductor mediante la adición de un negro de carbón electroconductor adecuado como se ha mencionado más arriba con referencia a las capas semiconductoras 3, 5.

5 Además, al proporcionar el cable de la figura 1 con un material de polímero expandido que tiene propiedades semiconductoras y que incluye un material hinchable en agua (es decir, la capa semiconductor de bloqueo de agua 8), se forma una capa que es capaz de absorber elásticamente y de manera uniforme las fuerzas radiales de expansión y contracción producidas por los ciclos térmicos a los que el cable está sometido durante el uso, al tiempo que garantiza la continuidad eléctrica necesaria entre el cable y el blindaje metálico.

10 Además, la presencia del material hinchable en agua disperso en la capa expandida es capaz de bloquear de manera efectiva la humedad y / o el agua, evitando así la utilización de tiras hinchables en agua o de polvos hinchables libres de agua.

15 Además, al proporcionar el cable de la figura 1 con la capa semiconductor de bloqueo de agua 8, el grosor de la capa semiconductor exterior 5 se puede reducir ventajosamente puesto que la propiedad eléctrica de la capa semiconductor exterior 5 es realizada parcialmente por la citada capa semiconductor de bloqueo de agua. Por lo tanto, el citado aspecto contribuye ventajosamente a la reducción del grosor de la capa semiconductor exterior y por lo tanto del peso total del cable.

Proceso de fabricación y planta

20 Como se muestra en la figura 3, una planta para la producción de cables de acuerdo con la presente invención comprende: una unidad de suministro de conductor 201, una primera sección de extrusión 202 para la obtención de la capa aislante 4 y las capas semiconductoras 3 y 5, una sección de refrigeración 203, una sección de aplicación de blindaje metálico 204, una segunda sección de extrusión 214 para aplicar el elemento de protección 20, una sección de extrusión de la vaina exterior 205, una sección de refrigeración adicional 206 y una sección de recogida 207. Convenientemente, la unidad de suministro de conductor 201 comprende un aparato para laminar una varilla metálica al diámetro deseado para el conductor del cable (que proporciona el acabado superficial requerido).

25 En caso de que se requiera la conexión de tramos de varilla metálica para producir en continuo la longitud del cable final como sea requerido por la aplicación (o por otros requisitos del cliente), la unidad de suministro de conductor 201 comprende convenientemente un aparato para la soldadura y el tratamiento térmico del conductor, así como unidades de acumulación adecuadas para proporcionar tiempo suficiente para la operación de soldadura sin afectar a la velocidad de entrega continua, constante del mismo conductor.

30 La primera sección de extrusión 202 comprende un primer aparato extrusor 110, adecuado para la extrusión de la capa aislante 4 sobre el conductor 2 suministrado por la unidad de suministro de conductor 201; el primero aparato extrusor 110 está precedido, a lo largo de la dirección de avance del conductor 2, por un segundo aparato extrusor 210 adecuado para la extrusión de la capa semiconductor interior 3 sobre la superficie exterior del conductor 2 (y por debajo de la capa aislante 4), y seguido por un tercer aparato extrusor 310, adecuado para la extrusión de la capa semiconductor exterior 5 alrededor de la capa aislante 4, para obtener el núcleo 2a del cable.

35 Los aparatos extrusores primero, segundo y tercero pueden estar dispuestos en sucesión, cada uno con su propio cabezal de extrusión, o, preferiblemente, todos ellos están conectados a un cabezal de extrusión común triple 150 para obtener la coextrusión de las citadas tres capas

40 Un ejemplo de una estructura adecuada para el aparato extrusor 110 se describe en el documento WO02 / 4709 a nombre del mismo solicitante. Convenientemente, los aparatos extrusores segundo y tercero tiene una estructura similar al primer aparato extrusor 110 (a menos que diferentes disposiciones sean requeridos por los materiales específicos a aplicar). La sección de refrigeración 203, a través de la cual se hace pasar el núcleo 2a del cable, puede consistir en un conducto abierto alargado, a lo largo del cual se hace circular un fluido refrigerante. El agua es un ejemplo preferido de tal fluido de refrigeración. La longitud de la citada sección de refrigeración, así como la naturaleza, la temperatura y el caudal del fluido de refrigeración, están acabados para proporcionar una temperatura final adecuada para las etapas posteriores del proceso.

45 Un secador 208 se inserta convenientemente antes de entrar en la sección siguiente, siendo eficaz el citado secador para eliminar residuos de fluido de refrigeración, tal como humedad o gotas de agua, en particular en caso de que tales residuos puedan ser perjudiciales para el rendimiento general del cable.

50 La sección de aplicación 204 del blindaje metálico incluye un aparato 209 de suministro de láminas metálicas que es adecuado para suministrar una lámina metálica 60 a una unidad de aplicación 210.

En una realización preferida, la unidad de aplicación 210 incluye un formador (no mostrado) por medio del cual la lámina metálica 60 es plegada longitudinalmente en una forma tubular de manera que rodee el núcleo 2a del cable, avanzando a través del mismo, y forme el blindaje metálico circunferencialmente cerrado 6. Un agente de sellado y

de unión adecuado puede ser suministrado en la zona de solapamiento de los bordes de la lámina 60 con el fin de formar el blindaje metálico circunferencialmente cerrado 6.

Alternativamente, un agente de sellado y unión adecuado puede ser suministrado en los bordes de la lámina 60 con el fin de formar el blindaje metálico circunferencialmente cerrado 6.

- 5 El uso de un blindaje metálico plegado longitudinalmente es particularmente conveniente puesto que contribuye a permitir la producción del cable con un proceso continuo, sin requerir el uso de máquinas de bobina rotativa complejas, que de otro modo serían necesarias en caso de un blindaje metálico enrollada en espiral para multi - hilos (o tiras).

- 10 Si es conveniente para el diseño de cable específico, una extrusora adicional 211, equipada con un cabezal de extrusión 212, está situada aguas arriba de la unidad de aplicación 210, junto con un refrigerador 213, para aplicar la capa semiconductor expandida 8 alrededor del núcleo 2a del cable, debajo del blindaje metálico 6.

Preferiblemente, el refrigerador 213 es un refrigerador de aire forzado.

Si no se requiere protección adicional contra impactos, el cable se finaliza haciéndolo pasar a través de la sección de extrusión 205 de vaina exterior, que incluye un extrusora 220 de vaina exterior y su cabezal de extrusión 221.

- 15 Después de la sección de refrigeración final 206, la planta incluye la sección de recogida 207 mediante la cual el cable acabado se enrolla en una bobina 222. Preferiblemente, la sección de recogida 207 incluye una sección de acumulación 223 que permite la sustitución de una bobina completa por una vacía sin interrupción en el proceso de fabricación del cable.

- 20 En caso de que se desee una protección contra los impactos mejorada, una sección de extrusión adicional 214 está situada aguas abajo de la unidad de aplicación 210.

En la realización que se muestra en la figura 3, la sección de extrusión 214 comprende tres extrusoras 215, 216, 217, equipadas con un cabezal de extrusión triple común 218.

- 25 En más detalles, la sección de extrusión 214 es adecuada para la aplicación de un elemento de protección 20 que comprende una capa polimérica expandida 22 y una capa polimérica no expandida 21. La capa polimérica no expandida 21 es aplicada por la extrusora 216 mientras que la capa polimérica expandida 22 es aplicada por la extrusora 217.

Además, la sección de extrusión 214 comprende una extrusora adicional 215 que se proporciona para la aplicación de una capa de imprimación que es adecuada para mejorar la unión entre el blindaje metálico 6 y el elemento de protección 20 (es decir, la capa polimérica no expandida 21).

- 30 Una sección de refrigeración 219 está presente convenientemente aguas abajo de la sección de extrusión adicional 214.

La figura 4 muestra una planta similar a la de la figura 3, de acuerdo con la cual las extrusoras 215, 216, 217 están separadas unas de las otras y se proporcionan tres cabezales de extrusión independientes distintos 215a, 216a, 217a.

- 35 Unos canales o conductos de refrigeración separados 219a y 219b están presentes después de la extrusora 215 y 216, respectivamente, mientras que el canal de refrigeración 219 se encuentra situado después de la extrusora 217.

De acuerdo con una realización adicional (no mostrada) la capa de imprimación y la capa polimérica no expandida 21 son aplicadas juntas por coextrusión y sucesivamente se realiza la extrusión de la capa polimérica expandida 22.

- 40 De acuerdo con una realización adicional (no mostrada) la capa de imprimación y la capa polimérica no expandida 21 son aplicadas juntas por coextrusión y, sucesivamente, la capa polimérica expandida 22 y la vaina exterior 23 son aplicadas juntas por coextrusión. Alternativamente, la capa de imprimación y la capa polimérica no expandida 21 son aplicadas por separado mediante el uso de dos cabezales de extrusión distintos 215a, 216a, mientras que la capa polimérica expandida 22 y la vaina exterior 23 son aplicadas juntas por coextrusión.

- 45 En las figuras 3 y 4 el diseño de la planta de fabricación es en forma de U con el fin de reducir las dimensiones longitudinales de la factoría. En las figuras, el avance del cable se invierte al final de la sección de refrigeración 203 por medio de cualquier dispositivo adecuado conocido en la técnica, por ejemplo por medio de rodillos.

Alternativamente, el diseño de la planta de fabricación se desarrolla longitudinalmente y no hay ninguna inversión de la dirección de alimentación del cable.

Proceso de fabricación continuo

Con la planta que se ha descrito más arriba, el cable puede ser producido con un proceso continuo.

5 En la presente memoria descriptiva, por "proceso continuo" se entiende un proceso en el que el tiempo requerido para la fabricación de una longitud de cable dada es inversamente proporcional a la velocidad de avance del cable en la línea, por lo que faltan las fases de reposo intermedias entre el suministro del conductor y la recogida del cable acabado.

De acuerdo con la presente invención, el conductor se suministra continuamente desde la unidad de suministro 201.

La unidad de suministro 201 está dispuesta para permitir la entrega continua del conductor.

10 El conductor está hecho convenientemente de una varilla metálica única (típicamente de aluminio o cobre). En este caso, el suministro continuo del conductor es habilitado mediante la conexión de la longitud disponible de la varilla metálica (normalmente cargada en un carrete o similar) a una longitud adicional de la varilla metálica.

15 Una conexión de este tipo se puede realizar, por ejemplo, mediante la soldadura de los extremos de la varilla. De acuerdo con el procedimiento continuo de la presente invención, la longitud máxima del cable producido es determinada por los requisitos del cliente o del instalador, tal como la longitud de la línea que se va a colocar (entre dos estaciones intermedias), la dimensión máxima de la bobina de transporte que se va a utilizar (con las limitaciones de transporte pertinentes), la longitud de instalación máxima y otros similares, y no por la materia prima disponible o la longitud del producto semiacabado o la capacidad de la maquinaria. De esta manera es posible instalar líneas eléctricas con un número mínimo de empalmes entre los tramos de cable, con el fin de aumentar la fiabilidad de línea puesto que se sabe que los empalmes de cables son puntos de discontinuidad que son propensos a problemas eléctricos durante el uso de la línea.

20

25 En caso de que se desee un conductor trenzado, se requieren máquinas rotativas para trenzar y el conductor se prepara convenientemente fuera de línea en la longitud requerida y la operación de empalme es difícil. En tal caso, la longitud de los cables fabricados es determinada por la longitud disponible del conductor trenzado (que se puede predeterminar sobre la base de los requisitos del cliente) y / o por la capacidad de las bobinas de transporte, mientras que de otra manera el proceso sigue siendo continuo desde el suministro del conductor hasta el final.

La extrusión de la capa aislante 4, las capas semiconductoras 3 y 5, la vaina exterior 23, el elemento de protección 20 (si existe) y la capa de bloqueo de agua 8 (si existe) se puede llevar a cabo de forma continua puesto que los diversos materiales y compuestos que deben ser extruidos se suministran a las entradas de las extrusoras relevantes sin interrupción.

30 Como no se requiere una etapa de reticulación debido a la utilización de materiales termoplásticos, no reticulados, en particular para la capa aislante, no se requiere la interrupción del proceso.

35 De hecho, los procesos de producción de cables de aislamiento reticulados convencionales incluyen una fase de "reposo", en la que el conductor aislado se mantiene fuera de línea durante un cierto período de tiempo (horas o incluso días) para permitir: a) que tengan lugar las reacciones de reticulación, en el caso de que se utilice reticulación por silano o b) la emisión de gases resultantes como subproductos de las reacciones de reticulación, en caso de reticulación por peróxido. La fase de reposo del caso a) puede llevarse a cabo mediante la introducción del cable (enrollado en un carrete de soporte) en un horno o sumergiendo el mismo en agua a una temperatura de aproximadamente 80°C con el fin de mejorar la velocidad de la reacción de reticulación.

40 La fase de reposo del caso b), es decir, la fase de desgasificación, puede realizarse mediante la introducción del cable (enrollado en un carrete de soporte) en un horno con el fin de disminuir el tiempo de desgasificación.

Esta fase de "reposo" se efectúa típicamente enrollando el elemento semiacabado en bobinas al final de la extrusión de las capas relevantes. Después de eso, el elemento reticulado semiacabado se suministra a otra línea independiente en la que se completa el cable.

45 De acuerdo con el procedimiento de la presente invención, el blindaje metálico 6 se forma a partir de una chapa metálica plegada longitudinalmente que es convenientemente desenrollada de una bobina que está montada en un aparato estacionario mientras es libre de rotar alrededor de su eje de rotación de manera que la lámina puede ser desenrollada de la bobina. En consecuencia, en el procedimiento de la presente invención, la lámina metálica puede ser suministrada sin interrupciones puesto que el extremo posterior de la lámina de la bobina en uso puede ser conectado fácilmente (por ejemplo, por soldadura) al extremo delantero de la lámina que se carga en una nueva bobina. Generalmente, se proporciona además un aparato de acumulación de láminas adecuado.

50

Esto no sería posible en caso de que se utilizase un blindaje de tipo helicoidal (ya sea formado por hilos enrollados helicoidalmente o tiras), debido a que en tal caso las bobinas que llevan los cables o tiras serían cargadas en un

aparato rotativo que rota alrededor del cable, y la sustitución de bobinas vacías por otras nuevas requerirían una interrupción en el avance del cable.

5 Sin embargo, es posible proporcionar al cable un blindaje metálico fabricado de hilos o tiras mientras se mantiene el proceso de fabricación continuo, mediante el uso de un aparato de acuerdo con el cual los citados hilos / tiras son aplicados sobre el cable de acuerdo con las operaciones de trenzado S y Z para ser ejecutadas alternativamente. En tal caso, los carretes que soportan los citados hilos / tiras no están limitados a moverse rotativamente alrededor del cable.

Sin embargo, el uso de un blindaje metálico plegado longitudinalmente se ha encontrado particularmente conveniente en relación con el uso de aislamiento termoplástico y capas semiconductoras.

10 De hecho, como se ha mencionado más arriba, en caso de que se utilice un material reticulado después de que la reacción de reticulación cruzada se haya completado, es necesario que se proporcione un cierto período de tiempo con el fin de permitir que los subproductos gaseosos sean emitidos. Convencionalmente, esto se consigue al permitir que el producto semiacabado (es decir, el núcleo del cable) se mantenga en reposo durante un cierto período de tiempo después de que se produjo la reacción de reticulación. En el caso de que se utilice un blindaje metálico no
15 continuo circunferencialmente (como en el caso de hilos o tiras enrollados helicoidalmente alrededor del núcleo del cable) la emisión de gases puede tener lugar también por la difusión a través del blindaje metálico (por ejemplo, a través de las áreas superpuestas a los cables o a la tira) y a través de las capas extruidas posicionadas radialmente exteriores al blindaje metálico.

20 Sin embargo, en caso de que se utilice un blindaje metálico plegado longitudinalmente, el mismo se extiende circunferencialmente alrededor de todo el perímetro del núcleo del cable, formando con ello una envoltura sustancialmente impermeable que impide sustancialmente la evacuación adicional de los subproductos gaseosos. Por consiguiente, cuando se usa un blindaje metálico plegado longitudinalmente en relación con capas aislantes reticuladas, la desgasificación de este material debe ser completada sustancialmente antes de aplicar el blindaje metálico.

25 Por el contrario, el uso para la capa aislante del cable de materiales termoplásticos no reticulados que no emiten subproductos gaseosos de reticulación (y, en consecuencia, no requieren ninguna etapa de desgasificación), en combinación con una lámina metálica plegada longitudinalmente como blindaje metálico del cable, permite que el proceso de fabricación del cable sea continuo puesto que ya no es necesaria ninguna fase de "reposo" fuera de línea.

Para una descripción adicional de la invención, se proporciona a continuación un ejemplo ilustrativo.

30 **Ejemplo 1**

El siguiente ejemplo describe en detalle los pasos principales de un proceso de producción continua de un cable de 150 mm², 20 kV de acuerdo con la figura 1. La velocidad de la línea se fija en 60 m / min.

a) extrusión del núcleo del cable

35 La capa aislante del cable se obtiene mediante la alimentación directamente en la tolva de la extrusora 110 de copolímero de propileno heterofásico que tiene un punto de fusión de 165°C, entalpía de fusión 30 J / g, MFI 0,8 dg / min y módulo de flexión 150 MPa (Adflex[®] Q 200 F - producto comercial de Basell).

Posteriormente, el aceite dieléctrico Jarylec[®] Exp3 (producto comercial de Elf Atochem - dibencitolueno), previamente mezclado con los antioxidantes, se inyecta a alta presión en la extrusora.

La extrusora 110 tiene un diámetro de 80 mm y una relación L / D de 25.

40 La inyección del aceite dieléctrico se realiza durante la extrusión en aproximadamente 20 D desde el inicio del tornillo de la extrusora 110 por medio de tres puntos de inyección en la misma sección transversal a 120° unos de los otros. El aceite dieléctrico se inyecta a una temperatura de 70°C y una presión de 25 MPa.

Las extrusoras correspondientes se utilizan para las capas semiconductoras interior y exterior.

45 Un conductor de aluminio en forma de varilla 2 (sección transversal 150 mm²) es alimentado a través del cabezal triple 150 de la extrusora.

El núcleo del cable 2a que sale del cabezal de extrusión 150 es refrigerado pasando a través de la sección de refrigeración en forma de canal 203, en el que se hace circular agua fría.

50 El núcleo 2a del cable resultante tiene una capa semiconductor interior de aproximadamente 0,5 mm de grosor, una capa aislante de aproximadamente 4,5 mm de grosor y una capa semiconductor exterior de aproximadamente 0,5 mm de grosor.

b) capa expandida semiconductor de bloqueo de agua del cable

La capa semiconductor expandida 8 de bloqueo de agua, que tiene un grosor de aproximadamente 0,7 mm y un grado de expansión de 0,6, es aplicada sobre el núcleo 2a del cable por la extrusora 211 que tiene un diámetro de 60 mm y una relación L / D de 20.

- 5 El material para la citada capa expandida 8 se proporciona en la Tabla 1 a continuación. El material se expande químicamente por medio de la adición de aproximadamente 2% del agente de expansión Hydrocerol[®] CF 70 (ácido carboxílico + bicarbonato de sodio) en la tolva de la extrusora.

TABLA 1

COMPUESTO	CANTIDAD (phr)
Elvax [®] 470	100
Ketjenblack [®] EC 300	20
Irganox [®] 1010	0,5
Waterlock [®] J 550	40
HydrocerolTM [®] CF 70	2

en la que

- 10 – Elvax[®] 470: copolímero de acetato de etileno / vinilo (EVA) (producto comercial de DuPont);
- Ketjenblack[®] EC 300: alto conductor de negro de carbón de horno (producto comercial de Akzo Chemie);
- Irganox[®] 1010: pentaeritro - tetraquis [3 - (3,5 - di - t - butil - 4 - hidroxifenil) propionato (producto comercial de Ciba Specialty Chemicals);
- 15 – Waterlock[®] J 550: ácido poliacrílico reticulado pulverizado (parcialmente salificado) (producto comercial de Grain Processing);
- HydrocerolTM[®] CF 70: agente de expansión de ácido carboxílico / bicarbonato de sodio (producto comercial de Boehringeringer Ingelheim).

Después del cabezal de extrusión 212 de la extrusora 211, la refrigeración es proporcionada por el refrigerador de aire forzado 213.

20 **c) Aplicación del blindaje metálico del cable**

El núcleo 2a del cable, provisto de la capa semiconductor expandida 8, es cubierto a continuación - por medio de la unidad de aplicación 210 - por una lámina de aluminio lacada plegada longitudinalmente de aproximadamente 0,3 mm de grosor, utilizando un adhesivo para unir los bordes superpuestos de la misma.

El adhesivo es aplicado por medio de la extrusora 215.

25 **d) Aplicación del elemento de protección del cable**

Posteriormente, la capa polimérica interior 21, hecha de polietileno, de un grosor de aproximadamente 1,5 mm, se extruye sobre el blindaje de aluminio por medio de la extrusora 216 que tiene un diámetro de 120 mm y una relación L / D de 25.

- 30 De acuerdo con la planta de proceso de la figura 3, la capa polimérica expandida 22, que tiene un grosor de aproximadamente 2 mm y un grado de expansión de 0,55, se coextruye con la capa polimérica interior no expandida 21. La capa polimérica expandida 22 es aplicado por medio de la extrusora 217 que tiene un diámetro de 120 mm y una relación L / D de 25.

El material para la capa polimérica expandida 22 se proporciona en la Tabla 2 a continuación.

TABLA 2

COMPUESTO	CANTIDAD (phr)
Hifax [®] SD 817	100
HydrocerolTM [®] BiH40	1,2

en la que:

- Hifax[®] SD 817: propileno modificado con copolímero de etileno / propileno, producido comercialmente por Basell;
- 5 – HydrocerolTM[®] BiH40: agente de expansión de ácido carboxílico + bicarbonato de sodio, producido comercialmente por Boeheringer Ingelheim.

El material polimérico se expande químicamente mediante la adición del agente de expansión (Hydrocerol[®] BiH40) en la tolva de la extrusora.

- 10 A una distancia de unos 500 mm del cabezal de extrusión 218, una sección 219, en forma de un tubo o canal a través del cual circula agua fría, detiene la expansión y enfría el material extruido antes de la extrusión de la capa polimérica no expandida exterior 23.

(e) Extrusión de la vaina exterior del cable

Posteriormente, la vaina exterior 23, hecha de polietileno, de aproximadamente 1,5 mm de grosor, se extruye usando la extrusora 220 que tiene un diámetro de 120 mm y una relación L / D de 25.

- 15 El cable que sale del cabezal de extrusión 221 se enfría por último en una sección de refrigeración 206 a través de la cual se hace circular agua fría.

La refrigeración del cable acabado puede llevarse a cabo mediante el uso de un canal de refrigeración multi - etapa, lo cual reduce ventajosamente las dimensiones longitudinales de la sección de refrigeración.

Resistencia al impacto y a la carga

- 20 En presencia de un esfuerzo mecánico aplicado al cable, tal como un impacto aplicado sobre la superficie exterior del cable o una carga local significativa adecuada para causar una deformación del mismo cable, se ha observado que incluso en caso de que la deformación implique también al aislamiento, por ejemplo debido a que la energía del impacto supera el valor admisible capaz de ser soportado por la capa de protección contra impactos, o en caso de que el elemento de protección se seleccione con un grosor relativamente pequeño, el perfil de deformación del blindaje metálico sigue una línea suave continua evitando con ello aumentos locales del campo eléctrico.
- 25

En general, los materiales utilizados para la capa aislante y la vaina exterior del cable recuperan elásticamente sólo una parte de su tamaño y forma originales después del impacto, de manera que después del impacto, incluso si ha ocurrido antes de que el cable se haya energizado, el grosor de la capa aislante que resiste la tensión eléctrica se reduce.

- 30 Sin embargo, el solicitante ha observado que cuando se utiliza un blindaje metálico fuera de la capa aislante del cable, el material de ese blindaje se deforma permanentemente por el impacto, limitando aún más la recuperación elástica de la deformación, de manera que la capa es impedida de recuperar elásticamente su forma y tamaño originales.

- 35 En consecuencia, la deformación causada por el impacto, o al menos una parte significativa de la misma, se mantiene después del impacto, incluso si la causa del impacto en sí se ha eliminado.

La citada deformación resulta en que los cambios de grosor de la capa de aislamiento varían desde el valor original a un valor "dañado" t_d (ver la figura 5). Por consiguiente cuando el cable está siendo energizado, el grosor real de la capa de aislamiento que está soportando el esfuerzo de la tensión eléctrica (r) en la zona de impacto no es superior a, sino más bien es t_d .

- 40 Además, cuando se realiza un impacto contra un cable que tiene un blindaje metálico de tipo "discontinuo", por ejemplo, hecho de hilos o tiras enrolladas helicoidalmente, ya sea en el caso de que no haya una capa de protección contra los impactos (como se muestra en la figura 5) o incluso en la presencia de una capa de protección contra los impactos (de tipo compacto o expandida), la resistencia desigual de la estructura de hilos de blindaje metálico hace

que el hilo se encuentre más cerca de la zona de impacto que va a ser deformada significativamente y transmita la citada deformación a las capas subyacentes como una deformación "local", con una participación mínima de las zonas vecinas.

5 En la capa aislante, esto se traduce en un efecto de "pico", lo que provoca una deformación de lo que de otro modo serían líneas equipotenciales circulares del campo eléctrico en la zona de impacto, como se muestra en la figura 5, en la que las líneas equipotenciales circulares originales se dibujan con líneas de puntos y las líneas deformadas se dibujan con líneas continuas.

10 La deformación de las líneas equipotenciales del campo eléctrico hace que se acerquen más unas a las otras en la zona de impacto, lo que significa que el gradiente eléctrico en esta zona se hace significativamente mayor. Este incremento local del gradiente eléctrico es probable que haga que se produzcan descargas eléctricas, determinando el fallo en el cable (impactado) en una prueba eléctrica de descargas parciales, incluso en caso de impactos de energía relativamente baja. En caso de que el blindaje metálico esté fabricado de una lámina metálica plegada longitudinalmente, en particular cuando se combina con un elemento de protección expandido, el solicitante ha descubierto, sin embargo, que la deformación local del blindaje y de la capa aislante subyacente se reduce significativamente.

15 De hecho, el elemento de protección expandido, soportado de forma continua por el blindaje metálico subyacente, es capaz de distribuir la energía del impacto sobre un área relativamente grande alrededor de la posición de impacto, como se muestra en la figura 6.

20 En consecuencia, se reduce la deformación de las líneas equipotenciales del campo eléctrico (y también asociado con un área más grande), de manera que se encuentren menos cercanas que en el caso de los hilos helicoidales que se ha descrito más arriba, con un impacto de la misma energía.

Como resultado, el aumento del gradiente eléctrico local producido por el impacto se reduce al mínimo y la capacidad del cable de soportar las pruebas de descarga parcial se incrementa significativamente.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de un cable eléctrico (1), que comprende las fases de:
 - alimentar (201) un conductor (2) a una velocidad de alimentación predeterminada;
 - extruir (210) una capa semiconductora interior (3) en la superficie exterior del citado conductor (2);
 - 5 - extruir (202) una capa aislante termoplástica (4) en una posición radialmente exterior al conductor (2);
 - extruir (310) una capa semiconductora exterior (5) alrededor de la citada capa aislante (4) obteniendo de este modo un núcleo (2a) del cable que comprende el citado conductor (2), la citada capa semiconductora interior (3), la citada capa aislante termoplástica (4) y la citada capa semiconductora exterior (5);
 - 10 - refrigerar (203) el citado núcleo del cable (2a);
 - formar (210) un blindaje metálico circunferencialmente cerrado (6) alrededor del citado núcleo del cable (2a);

en el que el conductor es alimentado continuamente, de manera que el tiempo que transcurre entre el final de la fase de refrigeración (203) y el comienzo de la fase de formación de blindaje (210) es inversamente proporcional a la velocidad de alimentación del conductor (2), en el que el citado procedimiento comprende, además, la fase de aplicar un elemento de protección contra impactos (20) alrededor del citado blindaje metálico cerrado circunferencialmente (6), comprendiendo la citada fase de aplicar el citado elemento de protección contra impactos (20):

 - aplicar una capa polimérica no expandida (21) alrededor del citado blindaje metálico (6), y
 - 20 - aplicar una capa polimérica expandida (22) alrededor de la capa polimérica no expandida (21).
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la fase de formación (210) comprende la etapa de plegar longitudinalmente una lámina metálica (60) alrededor de la citada capa aislante extruida (4).
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la fase de formación (210) comprende la etapa de superponer los bordes de la citada chapa metálica (60) para formar el blindaje metálico (6).
- 25 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la fase de formación (210) comprende la etapa de unir los bordes de la citada chapa metálica (60) para formar el blindaje metálico (6).
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, la fase de suministrar el conductor (2) en forma de una varilla metálica.
- 30 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, la fase de aplicar una capa de imprimación alrededor del blindaje metálico (6).
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la fase de la aplicación de la capa de imprimación es realizada por extrusión.
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, la fase de aplicación de una vaina exterior (23) alrededor del blindaje metálico (6).
- 35 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la vaina exterior (23) es aplicada alrededor de la capa polimérica expandida (22).
10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la fase de refrigerar (203) la capa de aislamiento extruida (4) se lleva a cabo alimentando longitudinalmente el conductor (2) con la capa aislante termoplástica (4) a través de un dispositivo de refrigeración alargado.
- 40 11. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que se selecciona el material de polímero termoplástico de la capa aislante (4) de entre: poliolefinas, copolímeros de diferentes olefinas, copolímeros de una olefina con un éster etilénicamente insaturado, poliésteres, poliacetatos, polímeros de celulosa, policarbonatos, polisulfonas, resinas de fenol, resinas de urea, policetonas, poliacrilatos, poliamidas, poliaminas, y mezclas de los mismos.
- 45 12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que se selecciona el citado material de polímero termoplástico de entre: polietileno (PE), polipropileno (PP), etileno / acetato de vinilo (EVA), etileno / acrilato de metilo (EMA), etileno / acrilato de etilo (EEA), etileno / acrilato de butilo (EBA), copolímeros termoplásticos de

etileno / α - olefina, poliestireno, resinas de acrilonitrilo / butadieno / estireno (ABS), cloruro de polivinilo (PVC), poliuretano, poliamidas, tereftalato de polietileno (PET), tereftalato de polibutileno (PBT), y copolímeros de los mismos o mezclas mecánicas de los mismos.

- 5 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material de polímero termoplástico de la capa aislante (4) incluye una cantidad predeterminada de un líquido dieléctrico.

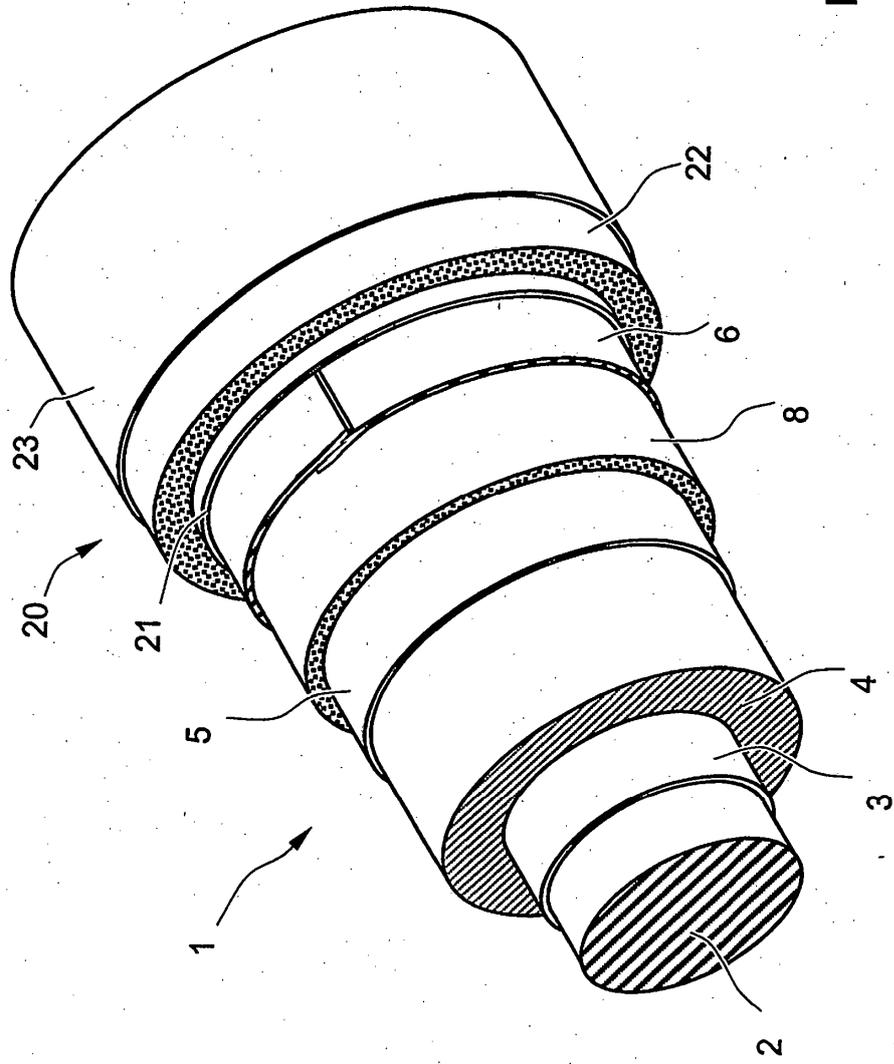


Fig. 1

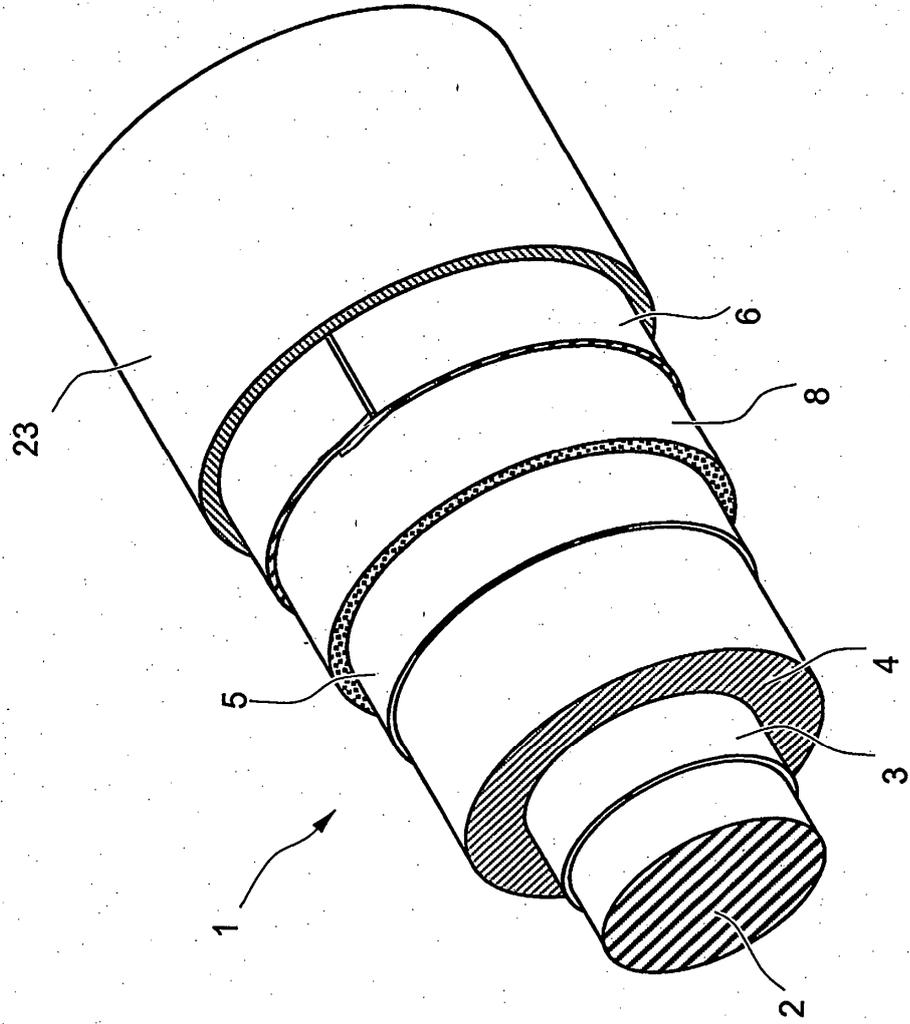


Fig. 2

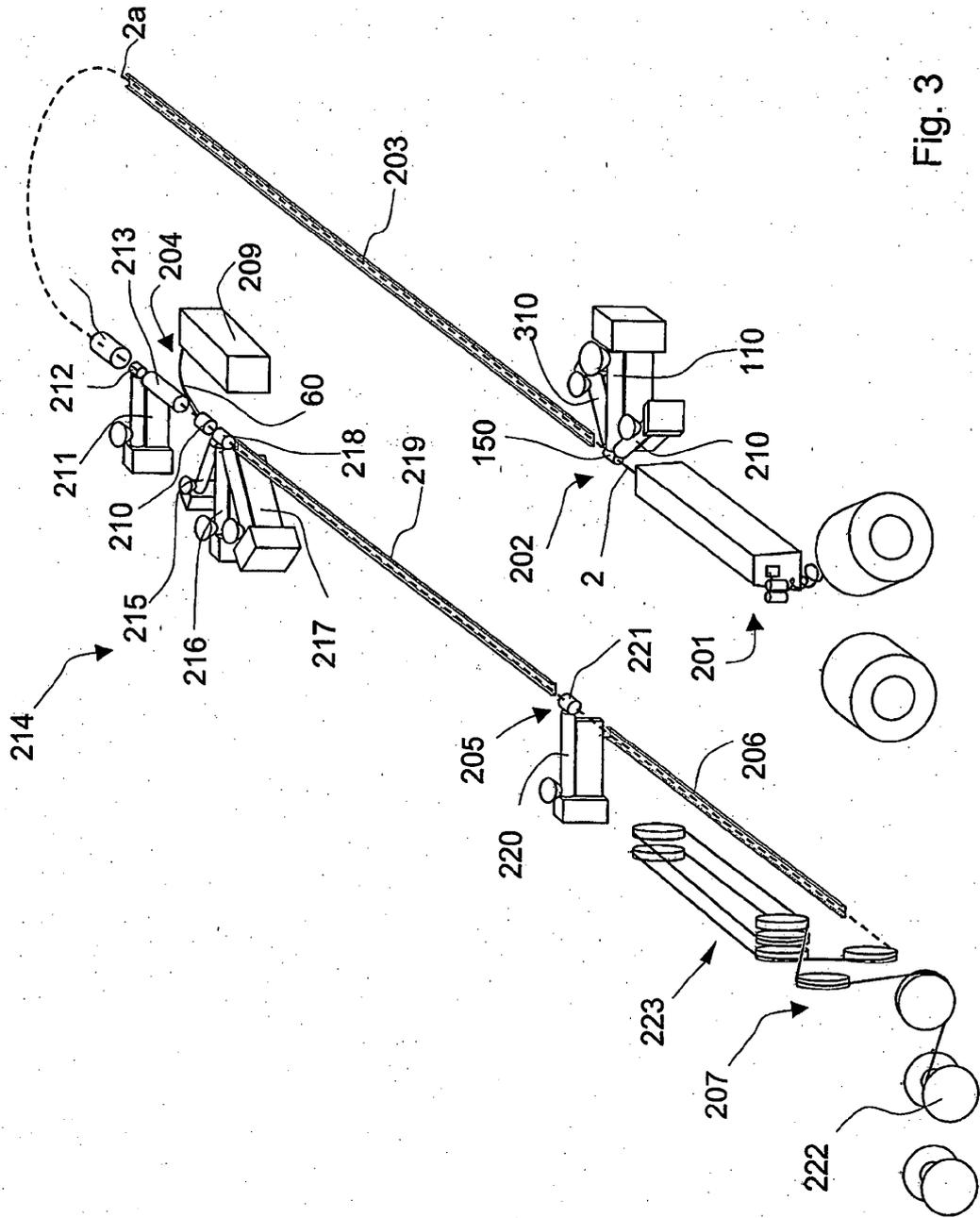


Fig. 3

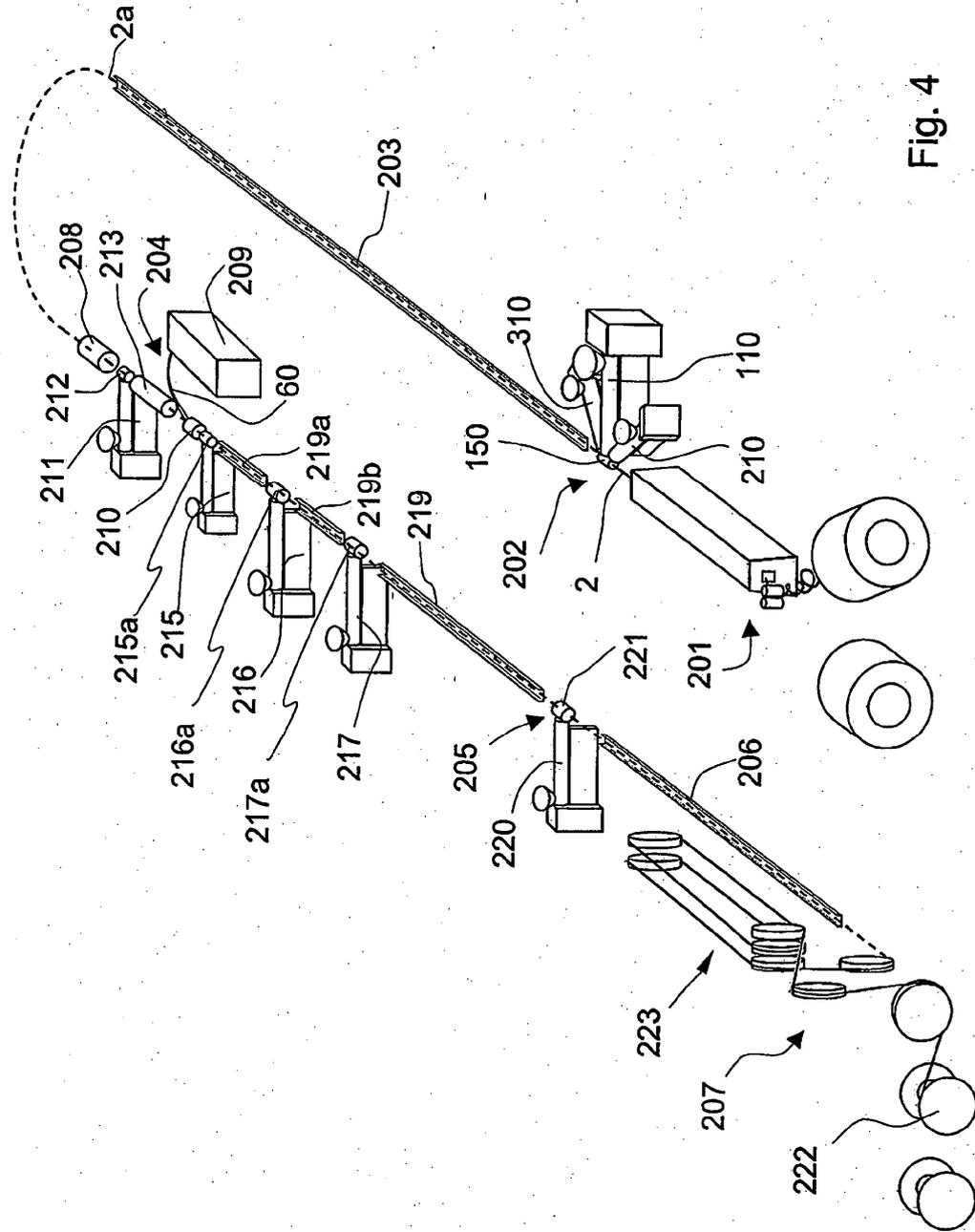


Fig. 4

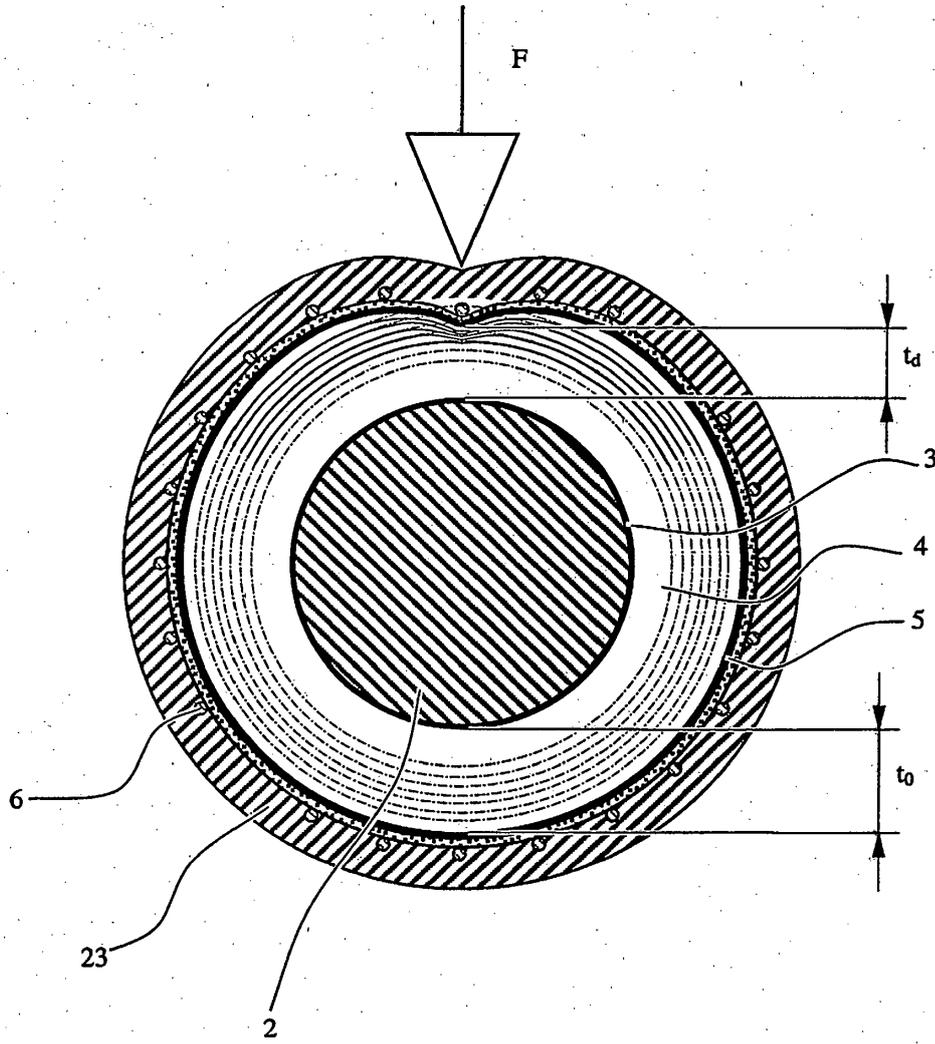


Fig. 5

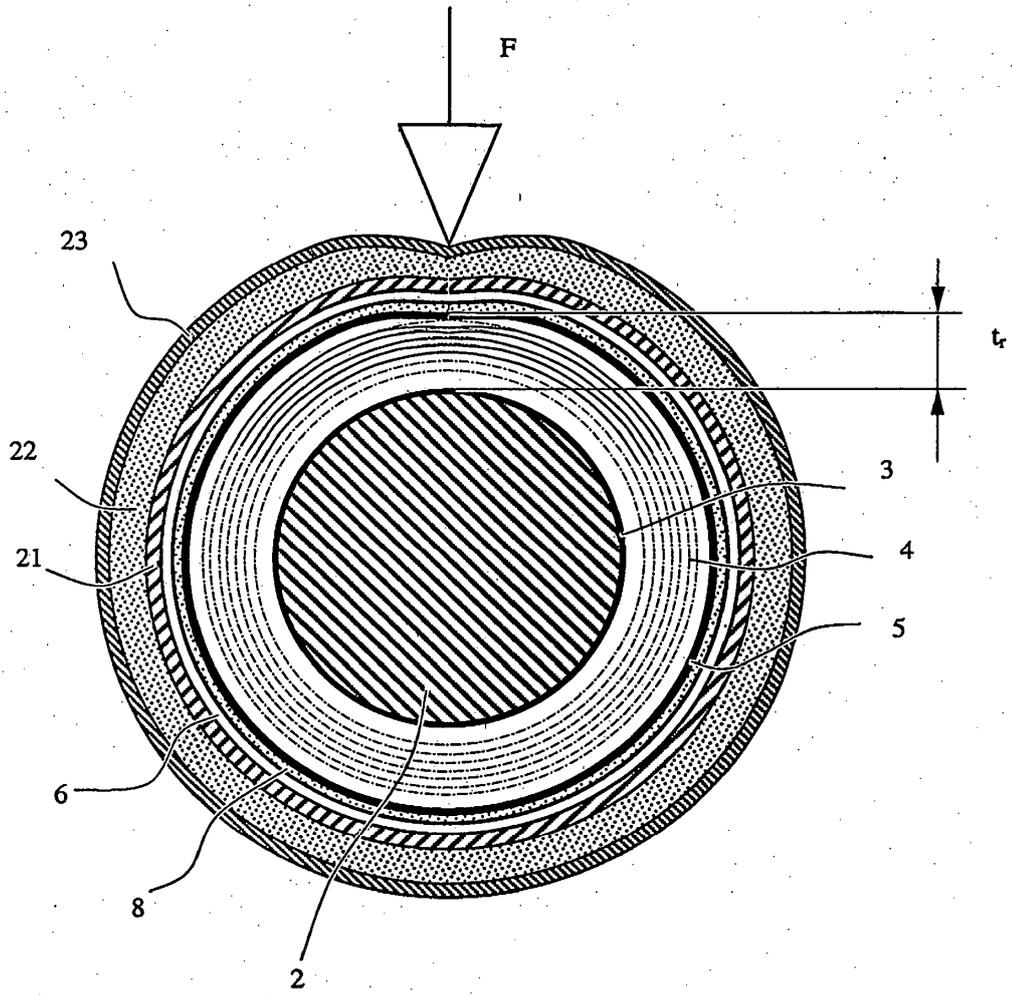


Fig. 6