

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 749 509**

51 Int. Cl.:

H01B 3/22 (2006.01)
H01B 3/14 (2006.01)
H01B 3/20 (2006.01)
H01B 3/44 (2006.01)
H01B 7/02 (2006.01)
H01B 13/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.05.2012 PCT/IB2012/052507**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2013 WO13171550**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.05.2012 E 12728796 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019 EP 2850619**

54 Título: **Procedimiento para producir un cable de energía que presenta una capa termoplástica de aislamiento eléctrico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2020

73 Titular/es:
PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT

72 Inventor/es:
PEREGO, GABRIELE

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 749 509 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 para producir un cable de energía que presenta una capa termoplástica de aislamiento eléctrico

Antecedentes de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un procedimiento para producir un cable de energía. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento para producir un cable de energía destinado a transportar o distribuir energía eléctrica, particularmente energía eléctrica de alto o media tensión, con dicho cable presentando al menos una capa termoplástica de aislamiento eléctrico.

[0002] Los cables para transportar energía eléctrica generalmente incluyen al menos un núcleo del cable. El núcleo del cable normalmente se forma mediante al menos un conductor cubierto secuencialmente por una capa polimérica interna que presenta propiedades semiconductoras, una capa polimérica intermedia que presenta propiedades de aislamiento eléctrico y una capa polimérica externa que presenta propiedades semiconductoras. Los cables para transportar energía eléctrica de media o alta tensión generalmente incluyen al menos un núcleo de cable rodeado por al menos una capa protectora, típicamente hecha de metal o de metal y un material polimérico. La capa protectora puede estar hecha en la forma de alambres (trenzas), de una cinta helicoidalmente enrollada alrededor del núcleo del cable o una lámina que rodea longitudinalmente el núcleo del cable. Las capas poliméricas que rodean el al menos un conductor están comúnmente hechas de un polímero entrecruzado a base de una poliolefina, en particular, polietileno entrecruzado (XLPE) o copolímeros de etileno/propileno elastomérico (EPR) o de etileno/propileno/dieno (EPDM), también entrecruzados, como se describió, por ejemplo, en el documento WO 98/52197. La etapa de entrecruzado, llevada a cabo después de extrudir el material polimérico sobre el conductor, otorga al material propiedades mecánicas y eléctricas satisfactorias, incluso bajo altas temperaturas, tanto durante el uso continuo como con una sobrecarga actual.

[0003] A fin de abordar los requerimientos para los materiales que no deben ser perjudiciales para el ambiente, tanto durante la producción como durante el uso, y que deben ser reciclables al terminar su vida útil, recientemente se han desarrollado cables de energía que presentan un núcleo de cable hecho de materiales termoplásticos, es decir, materiales poliméricos que no están entrecruzados y que, por consiguiente, pueden reciclarse al terminar su vida útil.

[0004] Al respecto de esto, los cables de energía que comprenden al menos una capa de recubrimiento, por ejemplo, la capa de aislamiento, en base a una matriz de polipropileno íntimamente mezclada con un fluido dieléctrico se dan a conocer y se describen, por ejemplo, en los documentos WO 02/03398, WO 02/27731, WO 04/066317, WO 04/066318, WO 07/048422, WO 08/058572 y WO 11/092533. La matriz de polipropileno útil para este tipo de cables comprende un homopolímero o copolímero de polipropileno o ambos, caracterizada por una cristalinidad relativamente baja, de modo tal que proporcione al cable una flexibilidad adecuada, pero no deteriore las propiedades mecánicas y la resistencia a la tensión térmica en el cable operativo y las temperaturas de sobrecarga. El rendimiento del recubrimiento del cable, especialmente de la capa de aislamiento del cable también se afectada por la presencia del fluido dieléctrico íntimamente adicionado con dicha matriz de polipropileno. El fluido dieléctrico no debe deteriorar las propiedades mecánicas antes mencionadas y la resistencia a la tensión térmica y deben adicionarse íntima y homogéneamente con la matriz polimérica.

[0005] Para una producción industrial de los cables de energía anteriores que presentan una capa termoplástica de aislamiento eléctrico, por lo tanto, es necesario prever y desarrollar un procedimiento que permita adicionar homogéneamente el fluido dieléctrico con el material termoplástico en una cantidad predeterminada, sin perjudicar estabilidad del procedimiento de extrusión, la cual puede ser influenciada de manera negativa por la presencia del fluido dieléctrico en las etapas tempranas de extrusión, cuando el polímero aún no está fundido. De hecho, debido a las propiedades lubricantes del fluido dieléctrico, el mismo puede provocar irregularidades en el movimiento y la plasticización del material polimérico a lo largo del tambor del extrusor.

[0006] Una solución posible al problema técnico anterior se describe en la Solicitud de patente internacional WO 02/47092, que se refiere a un procedimiento para la producción de un cable provisto de al menos un recubrimiento termoplástico, que comprende: extrudir un polímero termoplástico y al menos un líquido dieléctrico; pasar dicho material termoplástico a través de al menos una mezcladora estática; depositar y dar forma a dicho material termoplástico alrededor de un conductor, a fin de obtener una capa de recubrimiento termoplástico en dicho conductor. La adición del líquido dieléctrico del polímero termoplástico se lleva a cabo preferentemente, como se muestra en los ejemplos prácticos, mediante la inyección del líquido en el extrusor en una zona en la que el polímero ya está en un estado fundido, es decir, en una zona posterior del extrusor. Posiblemente, según una solución alternativa, el líquido dieléctrico puede adicionarse al polímero termoplástico cuando dicho polímero se encuentra en el estado sólido, es decir: a) durante la alimentación del polímero termoplástico al extrusor; b) antes de la alimentación anterior; o c) en una zona del extrusor donde el polímero termoplástico está en un estado sólido. En el caso b), la adición del líquido dieléctrico puede llevarse a cabo durante una etapa previa en la que se forma el compuesto polimérico en un mezclador (por lotes o de manera continua) o mediante la impregnación del polímero en la forma de gránulos o polvo. En cualquier caso, según la descripción del documento WO 02/47092, para obtener un líquido dieléctrico uniformemente distribuido

a lo largo del recubrimiento del cable, debe llevarse a cabo una etapa de homogeneización posteriormente a la etapa de extrusión por medio de un mezclador estático.

[0007] La Solicitud de patente internacional WO 02/27731 se refiere a un cable que comprende al menos un conductor eléctrico y al menos una capa de cobertura extrudida a base de un material polimérico termoplástico que se mezcla con un líquido dieléctrico. La mezcla de la base polimérica con el líquido dieléctrico puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante una mezcladora interna que presenta rotores tangenciales o interpenetrantes, o por medio de una mezcladora continua, por ejemplo, una mezcladora Ko-Kneader (Buss) o un extrusor de doble tornillo de rotación conjunta o inversa. En los ejemplos prácticos, se informa un procedimiento para obtener especímenes de cables a someter a las mediciones de fuerza dieléctrica, en las que el homopolímero o copolímero de propileno en la forma de gránulos y el líquido dieléctrico, junto con un antioxidante, se alimentaron dentro de un extrusor de doble tornillo. Después, la mezcla así obtenida se pasó a un extrusor de tornillo único para su homogeneización adicional y filtrado. A continuación, se alimentó la mezcla filtrada a otro extrusor, se la filtró nuevamente y después se la pasó a un cabezal triple para su deposición, simultáneamente con las capas semiconductoras formando una capa triple en el conductor de metal. Se efectuaron otras mediciones de fuerza dieléctrica en especímenes con forma de vaso de la composición termoplástica anterior, los cuales se obtuvieron mediante el moldeado de discos del material aislante que se había producido anteriormente, partiendo desde gránulos del material polimérico impregnados con el líquido dieléctrico como se indica a continuación. El polímero en forma granular se precalentó a 80 °C en una turbomezcladora, después se adicionó el líquido dieléctrico a los gránulos bajo agitación a 80 °C durante 15 minutos. Después de la adición, la agitación continuó durante una hora más a 80 °C hasta que el líquido fuese completamente absorbido en los gránulos poliméricos. Después, el material se presiona en un doble tornillo de laboratorio a una temperatura de 185 °C para completar la homogeneización. El material dejó la mezcladora de tornillo doble en la forma de gránulos, que después se comprimieron para formar discos, y después se los moldeó para obtener los especímenes con forma de vaso.

[0008] La Patente de los EE.UU. No. 3.445.394 se refiere a una composición dieléctrica que consiste en una poliolefina de fase sólida, en particular, polietileno, que presenta un aceite de hidrocarburo aromático dispersado en ella y un aditivo de estabilización de tensión. Las mezclas de aceite-aditivo también son efectivas como estabilizadores de tensión en polietilenos de alta densidad (baja presión) y en otras poliolefinas, por ejemplo, el polipropileno. La mezcla de hidrocarburos altamente aromáticos y un aditivo estabilizador de tensión se utiliza en la poliolefina en una cantidad efectiva para actuar como un estabilizador de tensión, particularmente una cantidad del 1 al 10 % en peso en base a la cantidad de la poliolefina. Las composiciones se preparan mediante la mezcla del aceite y el estabilizador. Después, la mezcla se adicionó a un cesto de mezclado en tambor, en el que se había introducido previamente la poliolefina. La poliolefina es granular y absorbe la mezcla tras el mezclado en el tambor. Posteriormente, a la composición mezclada se le da forma por medio de una extrusión para formar el aislamiento del alambre.

[0009] En la Patente de GB No. 1.303.334, se describe un cable o alambre que presenta un aislamiento que comprende un polímero de olefina sólido junto con uno o más estabilizantes de tensión constituidos por compuestos aromáticos polimerizables u otros compuestos monoméricos cíclicos. Estos compuestos monoméricos pueden, por ejemplo, ser introducidos en el polímero de olefina por medio de la impregnación del polímero de olefina granular antes de la extrusión. Incluso cantidades muy pequeñas del estabilizante de tensión, por ejemplo, 0,1 % de estireno, son suficientes para alcanzar una mejora sustancial en la fuerza dieléctrica del aislamiento.

Resumen de la invención

[0010] Según la experiencia del Solicitante, en principio, es posible mejorar adicionalmente la fuerza dieléctrica de un material termoplástico, como se describió antes, mediante el aumento de la cantidad de fluido dieléctrico allí adicionado. Sin embargo, una gran cantidad de fluido dieléctrico, por ejemplo, más del 10 % en peso puede provocar desventajas en el procedimiento de extrusión para producir la capa de aislamiento. En primer lugar, el fluido dieléctrico no puede adicionarse a los gránulos poliméricos cuando se los alimenta al extrusor, ni tampoco se los puede inyectar corriente arriba en el tambor del extrusor, es decir, en una porción inicial del extrusor donde el material polimérico aún está en estado sólido, ya que el fluido dieléctrico ejerce una acción notablemente lubricante sobre el material, provocando así su deslizamiento sobre la superficie metálica del tambor y el tornillo del extrusor. Dicho efecto de deslizamiento provoca una inestabilidad en el procedimiento de extrusión y, entonces, se observa una calidad pobre de la capa de aislamiento, particularmente en términos del aumento de defectos estructurales. Las desventajas anteriores son particularmente evidentes cuando la velocidad de rotación del tornillo del extrusor es alta, es decir, cuando se solicita una alta velocidad de extrusión (por ejemplo, más alta que 20 m/min para el cable de media tensión). Si la velocidad de extrusión se reduce sustancialmente, particularmente por debajo de 20 m/min para un cable de media tensión, el procedimiento deja de ser atractivo desde un punto de vista industrial.

[0011] La solución prevista en el documento WO 02/47092 para inyectar un fluido dieléctrico dentro del tambor del extrusor es propensa a algunas desventajas, dado que la inyección debe llevarse a cabo en la parte terminal del extrusor donde se funde el material y llena completamente el espacio interno del extrusor, por lo tanto, la inyección debe llevarse a cabo con presiones muy altas. Entonces, pueden producirse daños en el aparato de inyección y también en la planta de fabricación, mientras que el fluido dieléctrico puede permanecer atrapado ahí dentro por un largo tiempo, con una posible degradación o incluso quemándose. Además, puede producirse la acumulación local del

fluido dieléctrico, lo que puede provocar un ensanchamiento inaceptable del material termoplástico que forma la capa de aislamiento eléctrico, con dicho ensanchamiento siendo, en algunos casos, expandido de tal modo que provoca una ruptura de la capa semiconductora externa.

[0012] En cuanto a la posibilidad de impregnar los gránulos poliméricos con el fluido dieléctrico antes de alimentarlos al extrusor, como se explicó antes, la técnica anterior enseña que es obligatorio, después de la etapa de impregnación, mejorar adicionalmente la dispersión del fluido dieléctrico en la matriz polimérica por medio del sometimiento del material de impregnación a un procesamiento mecánico adicional en el estado fundido, ya sea antes o después de la etapa de extrusión, para provocar la homogeneización del mismo. Por ejemplo, según el documento WO 02/47092, posteriormente a la etapa de extrusión y antes de la deposición en el núcleo conductor, el material pasa a través de un mezclador estático a fin de obtener la homogeneidad deseada, mientras que, según el documento WO 02/27731, para obtener una distribución homogénea del fluido dieléctrico, el material termoplástico debe pasar a través de etapas múltiples de mezclado mediante extrusión. El mezclado de etapas múltiples anterior provoca un aumento en la complejidad de las plantas de producción. Dicho aumento de complejidad no solo no es ventajoso desde el punto de vista económico, sino que también puede realzar el riesgo de contaminación con contaminantes y la degradación de la capa de aislamiento.

[0013] Por lo tanto, según un primer aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para producir un cable de energía que comprende al menos un núcleo conductor eléctrico y al menos una capa termoplástica de aislamiento eléctrico, y comprende las etapas de:

- impregnar un material termoplástico en la forma sólida subdividida, que presenta una entalpía de fundición igual o menor que 70 J/g, con un fluido dieléctrico para obtener un material termoplástico impregnado.
- alimentar dicho material termoplástico impregnado en forma sólida subdividida para un extrusor de tornillo único; y
- extrudir el material termoplástico impregnado sobre dicho al menos un núcleo conductor de electricidad, a fin de formar dicha al menos una capa termoplástica de aislamiento eléctrico;

a través de la cual dicho material termoplástico no queda sujeto a ninguna etapa de homogeneización mecánica en un estado fundido.

[0014] Para el objeto de la presente descripción y de las reivindicaciones a seguir, excepto donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes y así sucesivamente, deben entenderse como modificadas, en todos los casos, por el término "alrededor". También, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio entre ellos, lo que puede enumerarse específicamente o no en esta invención.

[0015] En la presente descripción y en las reivindicaciones posteriores, el término "núcleo conductor de electricidad" hace referencia a un elemento conductor de electricidad normalmente hecho de un material metálico, más preferentemente aluminio, cobre o sus aleaciones, ya sea como una vara o un alambre múltiple trenzado, o un elemento conductor, como se indica arriba, recubierto con una capa semiconductora.

[0016] Para el objeto de la invención, el término "media tensión" generalmente significa una tensión de entre 1 kV y 35 kV, mientras que "alta tensión" significa tensiones superiores a 35 kV.

[0017] El término "capa de aislamiento eléctrico" hace referencia a una capa de recubrimiento hecha de un material que presenta propiedades aislantes, es decir, que presenta rigidez dieléctrica (resistencia a la ruptura dieléctrica) de al menos 5 kV/mm, preferentemente mayor que 10 kV/mm.

[0018] El término "capa semiconductora" hace referencia a una capa de recubrimiento hecha de un material que presenta propiedades semiconductoras, como una matriz polimérica adicionada con, por ejemplo, negro de humo, a fin de obtener un valor de resistividad volumétrica, a temperatura ambiente, de menos de 500 $\Omega \cdot m$, preferentemente menos de 20 $\Omega \cdot m$. Típicamente, la cantidad de negro de humo puede oscilar entre el 1 y el 50 % en peso, preferentemente entre el 3 y el 30 % en peso, en relación con el peso del polímero.

[0019] Según una realización preferida, el material termoplástico se impregna en la forma de gránulos o pellets, presentando una dimensión promedio de 2 a 7 mm y más preferentemente de 3 a 6 mm.

[0020] Según una realización preferida, el material termoplástico se impregna con una cantidad de fluido dieléctrico del 8 al 40 % en peso, más preferentemente del 10 al 30 % en peso, e incluso más preferentemente del 15 al 25 % en peso, con respecto al peso del material termoplástico.

[0021] La etapa de impregnación se lleva a cabo preferentemente en un mezclador. El mezclador puede seleccionarse, por ejemplo, de entre: mezcladores de cinta, mezcladores de caída y turbomezcladoras.

[0022] El tiempo requerido para obtener una impregnación completa depende principalmente de las

propiedades del material termoplástico y del fluido dieléctrico, y también de la eficiencia de la mezcladora y la temperatura de impregnación. Por ejemplo, el tiempo de impregnación puede oscilar entre 10 y 60 minutos, preferentemente de 15 a 45 minutos. El hecho de que el material termoplástico presente una entalpía igual o menor que 70 J/g, preferentemente de 30 a 60 J/g, permite obtener una absorción sustancialmente completa del fluido dieléctrico, ya que el material termoplástico presenta una cristalinidad reducida y, por lo tanto, es altamente compatible con el fluido dieléctrico, a fin de recibir rápidamente incluso grandes cantidades del mismo. Al final de la etapa de impregnación, los gránulos o pellets del material termoplástico están sustancialmente secos, con una superficie que no es pegajosa ni oleosa. Esta es una gran ventaja para el manejo y el procesamiento posteriores del material impregnado.

[0023] Ventajosamente, la etapa de impregnación puede ser precedida por una etapa de calentamiento del material termoplástico a una temperatura de 30 a 110 °C, más preferentemente de 50 a 90 °C (etapa de precalentamiento). La etapa de precalentamiento facilita la absorción del fluido dieléctrico en el material termoplástico. Ante la ausencia de la etapa de precalentamiento, la etapa de impregnación puede llevarse a cabo sin resultados satisfactorios, gracias a la entalpía de fundición relativamente baja del material termoplástico, pero con un tiempo de impregnación más prolongado. La etapa de precalentamiento puede llevarse a cabo antes de cargar el material termoplástico a la mezcladora o después de dicha carga, antes de adicionar el fluido dieléctrico.

[0024] La etapa de impregnación puede llevarse a cabo por lotes, por lo tanto, las dimensiones de la mezcladora en la que se efectúa la impregnación se seleccionan adecuadamente a fin de garantizar una alimentación continua del aparato de extrusión, principalmente sobre la base del tiempo de impregnación y de la velocidad de extrusión. En algunos casos, podría ser ventajoso proporcionar, entre las etapas de impregnación y alimentación, una etapa de almacenamiento temporario del material termoplástico impregnado, a fin de garantizar la alimentación continua del aparato de extrusión. Durante el almacenamiento, el material termoplástico impregnado también está sujeto a un tipo de "maduración", que puede aumentar adicionalmente la absorción y la distribución homogénea del fluido dieléctrico en el material termoplástico.

[0025] El procedimiento según la presente invención permite producir cables de energía con una alta velocidad de producción, normalmente de al menos 20 m/min, preferentemente de al menos 30 m/min para los cables de media tensión. En cuanto al límite superior de velocidad, el mismo depende de otras condiciones de fabricación, como el modelo y el tamaño del extrusor o el tipo de otros aparatos posteriores a la etapa de extrusión; por supuesto, una velocidad más alta de fabricación hace que el procedimiento sea más atractivo desde el punto de vista industrial. En lo que respecta a la velocidad de los cables de energía de alta tensión, puede lograrse una mejora del 30 al 50 % por medio del procedimiento según la presente invención, tomando en cuenta que los cables de energía de alta tensión se producen normalmente con una velocidad de extrusión de alrededor de 1 a 2 m/min.

[0026] Después de la etapa de impregnación, el material termoplástico impregnado en forma subdividida se alimenta preferentemente de manera directa a un extrusor de tornillo único, en el que el material, después de ser presionado inicialmente en la forma sólida, se funde y después se extrude sobre dicho al menos un núcleo conductor de electricidad, a fin de formar dicha al menos una capa termoplástica de aislamiento eléctrico.

[0027] Cabe señalar que un extrusor de tornillo único presenta, como meta principal, el objetivo de fundir el polímero termoplástico y generar presión en el material fundido así obtenido, de modo que este último pueda extruirse a través de una matriz o inyectarse en un molde. Otras máquinas de procesamiento, particularmente los extrusores de doble tornillo, no solo funden el material termoplástico, sino que también ejercen un efecto de mezcla notable en el mismo. En otras palabras, no es posible lograr sustancialmente ninguna mezcla de los componentes del material termoplástico mediante el uso de un extrusor de tornillo único, mientras que se realiza típicamente una acción de mezclado mediante un extrusor de doble tornillo.

[0028] En cualquier caso, el procedimiento según la invención no requiere ninguna etapa de homogeneización mecánica en un estado fundido del material impregnado a fin de mejorar la dispersión del fluido dieléctrico en dicho material termoplástico. Esto constituye una ventaja considerable en términos de productividad, así como también de los costos iniciales y de mantenimiento para la planta de producción. Cabe señalar que, como se explicó anteriormente, el extrusor de tornillo único que se utiliza para extrudir el material termoplástico impregnado sobre el núcleo conductor de electricidad no ejerce una homogeneización mecánica real en el material en sí mismo.

[0029] Lo que es más, el uso de un extrusor de tornillo único presenta ventajas notables con respecto a los extrusores de doble tornillo. Como ya se dijo anteriormente, un extrusor de tornillo único puede acumular una presión significativa en el material fundido, la cual, por consiguiente, puede ser efectivamente alimentada al cabezal de extrusión. En cambio, la presión sobre el material fundido acumulada por medio de un extrusor de doble tornillo a veces es insuficiente para extrudir efectivamente el material termoplástico sobre el núcleo conductor y, por consiguiente, se requiere la adición de una bomba adecuada para aumentar la presión del material fundido antes de alimentarlo al cabezal de extrusión.

[0030] El material termoplástico puede estar constituido por un polímero termoplástico individual o por una

mezcla de al menos dos polímeros termoplásticos. Como se informó anteriormente, el material termoplástico presenta una entalpía de fundición igual o menor que 70 J/g, preferentemente de 30 a 60 J/g, número que debe pretenderse como la entalpía de fundición general medida en el material termoplástico por medio del análisis de Calorimetría diferencial de barrido (DSC).

[0031] Según una realización preferida, el material termoplástico polimérico se selecciona de entre:

- al menos un copolímero (i) de propileno con al menos un comonómero de olefina seleccionado de entre etileno y una α -olefina que no sea propileno, dicho copolímero presentando un punto de fundición mayor o igual a 130 °C y una entalpía de fundición de 20 a 90 J/g;
- una mezcla de al menos un copolímero (i) con al menos un copolímero (ii) de etileno con al menos una α -olefina, dicho copolímero (ii) presentando una entalpía de fundición de 0 a 120 J/g;
- una mezcla de al menos un homopolímero de propileno con al menos un copolímero (i) o un copolímero (ii),

al menos un copolímero (i) y un copolímero (ii) que es un copolímero heterofásico.

[0032] Con el término "copolímero heterofásico" se hace referencia a un copolímero en el que los dominios elastoméricos, por ejemplo, del elastómero de etileno-propileno (EPR), se dispersan en una matriz de homopolímero o copolímero de propileno.

[0033] La al menos una capa aislante de electricidad puede presentar un grosor de al menos 8 mm, por ejemplo, de al menos 12 mm. El grosor de la capa aislante depende de la tensión que se pretende que el cable transporte y de la estructura general del cable (composiciones y configuración del cable, tipo de material empleado para las capas aislantes, etc.). Por ejemplo, un cable aislado con polietileno destinado a transportar 400 kV y que presenta un único conductor hecho de alambres de cobre trenzados puede presentar una capa aislante de 27 mm de grosor.

[0034] Preferentemente, el material polimérico termoplástico presenta un índice de flujo de fundición (MFI), medido a 230 °C con una carga de 21,6 N según la norma ASTM D1238-00, de 0,05 a 10,0 dg/min, más preferentemente de 0,4 a 5,0 dg/min.

[0035] El comonómero de olefina en el copolímero (i) puede ser etileno o una α -olefina de la fórmula $\text{CH}_2 = \text{CH-R}$, en el que R es un alquilo lineal o ramificado $\text{C}_2\text{-C}_{10}$ seleccionado, por ejemplo, de entre: 1-buteno, 1-penteno, 4-metil-1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, 1-deceno, 1-dodeceno o sus mezclas. Se prefieren particularmente los copolímeros de propileno/etileno.

[0036] El comonómero de olefina en el copolímero (i) está preferentemente presente en una cantidad igual o menor que el 15 % de mole, más preferentemente igual o menor que el 10 % de mole.

[0037] El comonómero de olefina en el copolímero (ii) puede ser una olefina o una fórmula $\text{CH}_2 = \text{CHR}$, donde R representa a un grupo alquilo lineal o ramificado que contiene de 1 a 12 átomos de carbono. Preferentemente, dicha olefina se selecciona de entre propileno, 1-buteno, isobutileno, 1-penteno, 4-metil-1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, 1-dodeceno o sus mezclas. Particularmente se prefieren los siguientes: propileno, 1-buteno, 1-hexeno y 1-octeno.

[0038] Según una realización preferida, al menos un copolímero (ii) es un copolímero de polietileno de densidad baja lineal (LLDPE). Preferentemente, el comonómero de olefina en el LLDPE está presente en una cantidad de 2 a 12 % en peso.

[0039] Según una realización preferida, el copolímero (i) o un copolímero (ii), o ambos, son copolímeros aleatorios. Con el término "copolímero aleatorio" se hace referencia a un copolímero en el que los comonómeros se distribuyen de manera aleatoria a lo largo de la cadena polimérica.

[0040] Ventajosamente, en el copolímero (i) o el copolímero (ii), o ambos, cuando son heterofásicos, una fase elastomérica está presente en una cantidad igual o mayor que el 45 % en peso con respecto al peso total del copolímero.

[0041] Particularmente, los copolímeros heterofásicos (i) o (ii) preferidos son aquellos en los que la fase elastomérica consiste en un copolímero elastomérico de etileno y propileno que comprende de 15 a 50 % en peso de etileno y de 50 a 85 % en peso de propileno, con respecto al peso de la fase elastomérica.

[0042] Los copolímeros (ii) heterofásicos preferidos son copolímeros de propileno, en particular:

(ii-a) copolímeros que presentan la siguiente composición monomérica: de 35 a 90 % de mole de etileno; de 10 a 65 % de mole de una α -olefina alifática, preferentemente propileno; De 0 a 10 % de mole de un polieno, preferentemente un dieno, más preferentemente 1,4-hexadieno o 5-etileno-2-norborneno (las gomas EPR y EPDM pertenecen a esta clase);

(ii-b) copolímeros que presentan la siguiente composición monomérica: de 75 a 97 % de mole, preferentemente de 90 a 95 % de mole de etileno; de 3 a 25 % de mole, preferentemente de 5 a 10 % de mole, de una α -olefina alifática; de 0 a 5 % de mole, preferentemente de 0 a 2 % de mole, de un polieno, preferentemente un dieno (por ejemplo, copolímeros de etileno/1-octeno).

[0043] Los copolímeros heterofásicos pueden obtenerse por medio de la copolimerización secuencial de: 1) propileno, posiblemente conteniendo cantidades menores de al menos un comonomero de olefina seleccionado de entre etileno y una α -olefina que no sea de propileno; y después de: 2) una mezcla de etileno con una α -olefina, en particular propileno, opcionalmente con porciones menores de un polieno.

[0044] El término "polieno" generalmente significa un tetraeno, trieno o dieno, conjugado o no. Cuando hay un comonomero de dieno presente, este comonomero generalmente contiene de 4 a 20 átomos de carbono y se selecciona preferentemente de entre: diolefinas lineales conjugadas o no como, por ejemplo, 1,3-butadieno, 1,4-hexadieno, 1,6-octadieno y similares; dienos monocíclicos o policíclicos como, por ejemplo, 1,4-ciclohexadieno, 5-etilideno-2-norborneno, 5-metileno-2-norborneno, vinilnorborneno o sus mezclas. Cuando hay un trieno o tetraeno presente, este comonomero generalmente contiene de 9 a 30 átomos de carbono y se selecciona preferentemente de entre trienos o tetraenos que contienen un grupo vinílico en la molécula o un grupo 5-norborneno-2-il en la molécula. Los ejemplos específicos de comonomeros de trieno o tetraeno que pueden utilizarse en la presente invención son: 6,10-dimetil-1,5,9-undecatrieno, 5,9-dimetil-1,4,8-decatrieno, 6,9-dimetil-1,5,8-decatrieno, 6,8,9-trimetil-1,6,8-decatrieno, 6,10,14-trimetil-1,5,9,13-pentadecatetraeno, o sus mezclas. Preferentemente, el polieno es un dieno.

[0045] Preferentemente, el copolímero (i) o el copolímero (ii), o ambos, presenta un punto de fundición de 140 a 180 °C.

[0046] Preferentemente, el copolímero (i) presenta una entalpía de fundición de 25 a 80 J/g.

[0047] Preferentemente, el copolímero (ii) presenta una entalpía de fundición de 10 a 90 J/g, cuando es heterofásico, y desde 50 a 100 J/g, cuando es homofásico (está sustancialmente libre de la fase heterofásica).

[0048] Ventajosamente, cuando el material termoplástico de la capa de aislamiento comprende una mezcla del copolímero (i) y el copolímero (ii), la relación entre el copolímero (i) y el copolímero (ii) es de 1:9 a 8:2, y preferentemente de 2:8 a 7:3.

[0049] Ventajosamente, cuando el material termoplástico de la capa de aislamiento comprende una mezcla de un homopolímero de propileno y al menos uno del copolímero (i) y el copolímero (ii), la relación entre el homopolímero de propileno y el copolímero (i) o el copolímero (ii), o ambos, es de 0,5:9,5 a 5:5, y preferentemente de 1:9 a 3:7.

[0050] Preferentemente, el material termoplástico de la capa de aislamiento comprende una mezcla de un homopolímero de propileno con un copolímero (i) y dos copolímeros (ii); en este caso, uno de los copolímeros (ii) es un copolímero heterofásico, mientras que el otro es homofásico.

[0051] En cuanto al fluido dieléctrico, es necesaria una alta compatibilidad entre el fluido dieléctrico y el material termoplástico a fin de obtener una dispersión microscópicamente homogénea del fluido dieléctrico en el material polimérico. El fluido dieléctrico adecuado para formar la capa termoplástica de aislamiento eléctrico no debe comprender ningún compuesto polar o solo una cantidad limitada del mismo, a fin de evitar que haya un aumento significativo de las pérdidas dieléctricas.

[0052] Preferentemente, la concentración por peso de dicho al menos un fluido dieléctrico en dicho material termoplástico es menor que la concentración de saturación de dicho fluido dieléctrico en dicho material termoplástico. La concentración de saturación del fluido dieléctrico en el material polimérico termoplástico puede determinarse por medio de un procedimiento de absorción de fluidos en especímenes de Dumbell como se describió, por ejemplo, en el documento WO 04/066317.

[0053] Al utilizar el fluido dieléctrico en una cantidad como se definió anteriormente, se mantienen las propiedades termomecánicas de la capa aislante y se evita la exudación del fluido dieléctrico del material termoplástico.

[0054] El al menos un fluido dieléctrico es compatible, por lo general, con el material termoplástico. "Compatible" significa que la composición química del fluido y del material termoplástico es tal que resulta en una dispersión microscópicamente homogénea del fluido dieléctrico en el material polimérico tras mezclar el fluido en el polímero, de manera similar a un plastificador.

[0055] Según otra realización preferida, el fluido dieléctrico presenta un punto de fundición o un punto de escurrimiento de -130 a +80 °C.

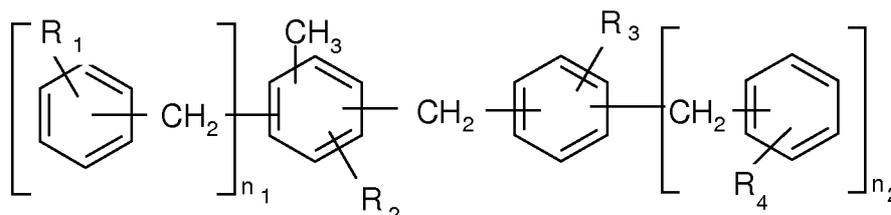
[0056] Los fluidos dieléctricos adecuados para su uso en el cable de la invención se describen, por ejemplo, en los documentos WO 02/03398, WO 02/27731, WO 04/066318, WO 07/048422 y WO 08/058572, todos a nombre del Solicitante.

[0057] Según otra realización preferida, el fluido dieléctrico presenta una viscosidad predeterminada a fin de evitar la rápida difusión del líquido en la capa aislante y, por tanto, su migración hacia afuera, así como también para permitir que el fluido dieléctrico sea fácilmente alimentado y absorbido por el material termoplástico en la forma sólida subdividida. En general, el fluido dieléctrico de la invención presenta una viscosidad, a 40 °C o de 1 a 100 cST, preferentemente de 5 a 100 cST (medida según la norma ASTM D445-03).

[0058] Un fluido dieléctrico según la invención presenta una relación del número de átomos de carbono aromático respecto del número total de átomos de carbono (también denominados en lo sucesivo C_{ar}/C_{tot}) mayor o igual a 0,3. Preferentemente, C_{ar}/C_{tot} es menor que 1. Por ejemplo, C_{ar}/C_{tot} es de 0,4 a 0,9. Se pretende que el número de átomos de carbono aromático sea el número de átomos de carbono que forman parte de un anillo aromático. La relación del número de átomos de carbono aromático respecto del número total de átomos de carbono puede determinarse según la norma ASTM D3238-95(2000)e1.

[0059] Los ejemplos de fluidos dieléctricos adecuados son: aceites aromáticos, ya sean monocíclicos, policíclicos (condensados o no) o heterocíclicos (es decir, que contengan al menos un heteroátomo seleccionado de entre oxígeno, nitrógeno o sulfuro, preferentemente oxígeno), en el que las fracciones aromáticas o heteroaromáticas se sustituyen con al menos un grupo alquilo C_1-C_{20} , y sus mezclas. Cuando dos o más fracciones cíclicas están presentes, dichas fracciones pueden enlazarse por un grupo alquenoilo C_1-C_5 .

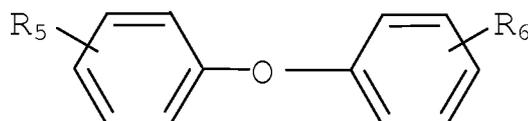
[0060] Por ejemplo, el fluido dieléctrico comprende el al menos un hidrocarburo alquilarilo que presenta la siguiente fórmula estructural (I):



donde:

R_1 , R_2 , R_3 y R_4 , iguales o diferentes, son hidrógeno o metil;
 n_1 y n_2 , iguales o diferentes, son cero, 1 o 2, con la condición de que la suma n_1+n_2 sea menor o igual a 3.

[0061] En otro ejemplo, el fluido dieléctrico comprende el al menos un difenil éter que presenta la siguiente fórmula estructural (II):



(II)

en la que R_5 y R_6 son iguales o diferentes y representan hidrógeno, un grupo fenilo no sustituido o sustituido por al menos un grupo alquilo, o un grupo alquilo no sustituido o sustituido por al menos un fenilo. Con "grupo alquilo" se hace referencia a un radical de hidrocarburo lineal o ramificado C_1-C_{24} , preferentemente C_1-C_{20} , con la condición de que la relación del número de átomos de carbono aromático respecto del número total de átomos de carbono sea mayor o igual a 0,3.

[0062] Alternativamente, el fluido dieléctrico puede seleccionarse de entre aceites minerales, por ejemplo, aceites nafténicos, aceites aromáticos, aceites parafínicos, aceites poliaromáticos, dichos aceites minerales conteniendo, opcionalmente, al menos un heteroátomo seleccionado de entre oxígeno, nitrógeno o sulfuro; y parafinas líquidas. Se prefieren los aceites parafínicos y los aceites nafténicos.

[0063] Los aceites minerales como fluido dieléctrico pueden comprender uno o más compuestos polares. La cantidad de compuestos polares ventajosamente asciende hasta el 2,3 % del peso. Dicha baja cantidad de compuestos polares permite obtener bajas pérdidas dieléctricas.

[0064] Otros componentes (aditivos) pueden adicionarse en menores cantidades (por ejemplo, del 0,1 al 1 % en peso cada uno) al material termoplástico, incluyendo antioxidantes, auxiliares de procesamiento, estabilizadores de tensión, agentes de nucleación o sus mezclas.

[0065] En el procedimiento según la presente invención, dichos aditivos pueden adicionarse posiblemente al material termoplástico durante la etapa de impregnación o durante la etapa de alimentación del material termoplástico impregnado al extrusor de tornillo único. Cuando un aditivo está en forma sólida, puede dispersarse ventajosamente en el fluido dieléctrico antes de la impregnación.

[0066] Los antioxidantes convencionales adecuados para el objeto son, por ejemplo, el distearil- o dilauril-tiopropionato y el pentaeritritil-tetrakis [3-(3,5-di-t-butil-4-hidroxifenil)-propionato] o sus mezclas. Para el procedimiento de la invención, se prefieren los antioxidantes en forma líquida o, en caso de estar en forma sólida, que son solubles o dispersables en el fluido dieléctrico.

[0067] Los auxiliares de procesamiento que pueden adicionarse a la composición polimérica incluyen, por ejemplo, estearato de calcio, estearato de zinc, ácido esteárico o sus mezclas.

[0068] Según una realización preferida, el cable según la presente invención también incluye al menos una capa semiconductor. La capa semiconductor se forma preferentemente mediante un material semiconductor que comprende el material termoplástico y el fluido dieléctrico como se describió anteriormente, y al menos un relleno conductor, preferentemente un relleno de negro de humo.

[0069] El al menos un relleno conductor se dispersa, por lo general, en el material termoplástico en una cantidad suficiente para proporcionarle materiales semiconductoras al material, es decir, para obtener un valor de resistividad volumétrica, a temperatura ambiente, de menos de 500 $\Omega \cdot m$, preferentemente menos de 20 $\Omega \cdot m$. Típicamente, la cantidad de negro de humo puede oscilar entre el 1 y el 50 % en peso, preferentemente entre el 3 y el 30 % en peso, en relación con el peso del polímero.

[0070] El uso de la misma composición polimérica de base tanto para la capa aislante como las capas semiconductoras resulta particularmente ventajoso al producir cables para media y alta tensión, ya que asegura una excelente adhesión entre las capas adyacentes y, por tanto, un buen comportamiento eléctrico, en particular, en la interfaz entre la capa aislante y la capa semiconductor interna, donde el campo eléctrico y, por tanto, el riesgo de descargas parciales es más alto.

[0071] Si bien la presente descripción se concentra principalmente en cables para transportar o distribuir energía de media y alta tensión, la composición polimérica de la invención puede utilizarse para recubrir dispositivos eléctricos en general y, en particular, cables de diferentes tipos por ejemplo, cables de baja tensión (es decir, cables que transportan una tensión menor a 1 kV), cables de telecomunicaciones o cables de energía/telecomunicaciones combinados o accesorios utilizados en líneas eléctricas, como terminales, empalmes, conectores y similares.

Breve descripción del dibujo

[0072] Las características adicionales serán evidentes a partir de la descripción detallada proporcionada en lo sucesivo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista en perspectiva de un cable de energía, particularmente adecuado para media o alta tensión, el cual puede producirse según la presente invención;

la figura 2 es una representación esquemática de una planta para llevar a cabo el procedimiento según la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

[0073] En la figura 1, el cable (1) comprende un conductor (2), una capa interna con propiedades semiconductoras (3), una capa intermedia con propiedades aislantes (4), una capa externa con propiedades semiconductoras (5), una capa de protección de metal (6) y una vaina (7). La combinación del conductor (2) y la capa interna con las propiedades semiconductoras (3) corresponde al núcleo conductor de electricidad como se describió anteriormente.

[0074] El conductor (2) generalmente consiste en alambres de metal, preferentemente de cobre o aluminio, o aleaciones de los mismos, trenzados juntos mediante procedimientos convencionales, o de una vara sólida de aluminio o cobre.

[0075] La capa aislante (4) se produce según la presente invención. Las capas semiconductoras (3) y (5) también están hechas por medio de la extrusión de materiales poliméricos normalmente basados en poliolefinas,

preferentemente un material termoplástico como se describió antes, que se hace semiconductor por la adición de al menos un relleno conductor, normalmente negro de humo.

[0076] Alrededor de la capa semiconductor (5), normalmente se posiciona una capa de protección de metal (6), hecha de alambres o tiras que conducen electricidad y se enrollan helicoidalmente alrededor del núcleo del cable o de una cinta conductora de electricidad que se envuelve longitudinalmente y se superpone (preferentemente se pega) sobre la capa subyacente. El material conductor de electricidad de dichos alambres, bandas o cinta es normalmente cobre o aluminio, o de aleaciones de los mismos.

[0077] La capa de protección (6) puede estar cubierta por una vaina (7), por lo general, hecha de una poliolefina, normalmente polietileno.

[0078] El cable también puede proporcionarse con una estructura protectora (no se muestra en la figura 1), cuyo objeto principal es proteger de manera mecánica el cable contra impactos o compresiones. Esta estructura protectora puede ser, por ejemplo, un refuerzo de metal o una capa de un polímero expandido como se describe en el documento WO 98/52197 a nombre del Solicitante.

[0079] En la figura 2, se proporciona una representación esquemática de una planta para llevar a cabo el procedimiento según la presente invención. La planta comprende una mezcladora (8) en la que se alimentan el material termoplástico y el fluido dieléctrico, que pueden venir, respectivamente, de un contenedor de pellets (9) y un tanque (10). Antes de ser alimentados dentro de la mezcladora (8), el material termoplástico preferentemente se calienta en un calentador (17), por ejemplo, a una temperatura de 50-100 °C. Alternativamente, el material termoplástico puede calentarse dentro de la mezcladora (8) antes de la adición del fluido dieléctrico y, opcionalmente, de aditivos, por ejemplo, un antioxidante.

[0080] En la mezcladora (8) se lleva a cabo la etapa de impregnación y, a continuación, el material termoplástico impregnado se alimenta al extrusor (13) normalmente por medio de una tolva (12). Ventajosamente, puede proporcionarse una unidad de almacenamiento (11) entre la mezcladora (8) y la tolva (12) a fin de almacenar temporalmente el material termoplástico impregnado, a fin de garantizar una alimentación continua del aparato de extrusión y una "maduración" del material impregnado.

[0081] El extrusor (13) comprende un tambor (14) y un tornillo (15) en el que material termoplástico impregnado (11) se funde y se presiona. El extrusor (13) se acciona mediante un motor que hace rotar el tornillo y está provisto de unidades de calentamiento adecuadas, a fin de calentar y fundir el material polimérico (no representado en la fig. 2) según las técnicas bien conocidas.

[0082] La deposición y el formado del material termoplástico se lleva a cabo normalmente por medio de un cabezal de extrusión (16) ubicado en el extremo del extrusor (13).

[0083] Preferentemente, el cabezal de extrusión es un cabezal de extrusión triple que permite una extrudir de manera conjunta sobre el conductor, en un pase simple, la capa semiconductor interna, la capa intermedia de aislamiento eléctrico y la capa semiconductor externa. Alternativamente, puede efectuarse un procedimiento en tándem, en el que los extrusores individuales se disponen en series. En la planta de producción, se incluyen otros aparatos para proporcionarle al cable la capa de protección de metal y la vaina.

[0084] En la representación esquemática de la fig. 2, el material termoplástico de aislamiento se extrude sobre un núcleo del cable (18), que comprende un conductor eléctrico rodeado por una capa semiconductor interna, por medio del cabezal de extrusión (16). Posteriormente, la capa semiconductor externa se forma sobre la superficie externa de la capa termoplástica de aislamiento por medio de otro extrusor (no representado en la fig. 2).

[0085] Las figuras 1 y 2 muestran solo una realización de la presente invención. Es posible hacer modificaciones adecuadas a esta realización según las necesidades técnicas específicas y los requerimientos de aplicación, sin apartarse del alcance de la invención.

[0086] Los siguientes ejemplos se proporcionan para ilustrar adicionalmente la invención.

EJEMPLOS.

[0087] Se prepararon dos cables prototípicos con una línea de extrusión de laboratorio, con la misma composición de materiales, pero por medio de distintos procedimientos de fabricación para la composición de aislamiento. La composición comprendía, como base polimérica, un primer copolímero de polipropileno con una entalpía de fundición de 30 J/g y un segundo copolímero de polipropileno con una entalpía de fundición de 65 J/g, el primer y el segundo copolímero de polipropileno estando en una relación de peso de 75/25. Como fluido dieléctrico, se utilizó un aceite nafténico con una viscosidad de 25 cST (a 40 °C). La composición comprendía además un antioxidante en una cantidad de 0,3 % en peso, que se adicionó al material termoplástico junto con el fluido dieléctrico.

[0088] Ambos prototipos contaban con un conductor de aluminio de 70 mm² y se extruyeron con una línea catenaria. La composición semiconductora, que era la misma en ambos cables, fue la misma composición termoplástica de polipropileno que se indicó anteriormente, adicionada con un negro de humo conductor.

[0089] El aislamiento del primer cable se preparó y extruyó como se indica a continuación. Los pellets de polipropileno se cargaron en una turbomezcladora y se calentaron hasta alcanzar los 90 °C. Al llegar a dicha temperatura, se adicionó un fluido dieléctrico en una cantidad del 15 % en peso a los pellets de polipropileno y se continuó mezclando a 90 °C. Después de 25 minutos de mezclado, el fluido dieléctrico fue absorbido por los pellets de polipropileno, los cuales estaban secos. El material de polipropileno/fluido dieléctrico se descargó y alimentó en un extrusor de tornillo único y la extrusión se llevó a cabo con el siguiente perfil de temperatura de extrusión: zona 1: 160 °C; zona 2: 180 °C; zona 3: 200 °C; zona 4: 200 °C; zona 5: 200 °C; zona 6: 210 °C. La velocidad de rotación del tornillo fue de 7 rpm.

[0090] El aislamiento del segundo cable se extruyó por medio de la inyección directa de 15 % en peso del fluido dieléctrico en el tambor de un extrusor de tornillo único idéntico, como se utilizó anteriormente. La alimentación de polipropileno se llevó a cabo con pellets, así como se las había obtenido desde el proveedor de materia prima, sin ningún tratamiento preliminar. El perfil de temperatura de extrusión fue el mismo que se indicó anteriormente. La velocidad del tornillo fue de 10 rpm.

[0091] La velocidad de extrusión de aislamiento se fijó inicialmente en 2 m/min para ambos cables y, aparentemente, no se observaron fenómenos significativos. Entonces, la velocidad de extrusión se aumentó a 3 m/min: en el segundo cable, aparecieron defectos morfológicos bastante evidentes, debido a la mezcla y absorción incompletas del fluido dieléctrico. Estos defectos afectaron de manera significativamente la calidad de aislamiento y no pueden tolerarse. Además, se observó un ensanchamiento anormal de la capa de aislamiento en algunos puntos del cable extrudido, con la ruptura de la capa semiconductora externa, debido a la acumulación local del fluido dieléctrico. En cambio, la capa de aislamiento del primer cable, obtenida por medio del procedimiento según la presente invención, no mostró defectos a una velocidad de 3 m/min.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para producir un cable de energía que comprende al menos un núcleo conductor eléctrico y al menos una capa termoplástica de aislamiento eléctrico, y comprende las etapas de:

- impregnar un material termoplástico en la forma sólida subdividida, que presenta una entalpía de fundición igual o menor que 70 J/g, con un fluido dieléctrico para obtener un material termoplástico impregnado;
- alimentar dicho material termoplástico impregnado en forma sólida subdividida para un extrusor de tornillo único; y
- extrudir el material termoplástico impregnado sobre dicho al menos un núcleo conductor de electricidad, a fin de formar dicha al menos una capa termoplástica de aislamiento eléctrico;

a través de la cual dicho material termoplástico no queda sujeto a ninguna etapa de homogeneización mecánica en un estado fundido.

2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material termoplástico se impregna en la forma de gránulos o pellets, presentando una dimensión promedio de 2 a 7 mm y preferentemente de 3 a 6 mm.

3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material termoplástico se impregna con una cantidad de fluido dieléctrico del 8 % al 40 % en peso, preferentemente del 10 % al 30 % en peso, más preferentemente del 15 % al 25 % en peso, con respecto al peso del material termoplástico.

4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de impregnación se lleva a cabo en el material termoplástico precalentado a una temperatura de 30 °C a 110 °C, preferentemente de 50 °C a 90 °C.

5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que, entre las etapas de impregnación y alimentación, se proporciona una etapa de almacenamiento temporario del material termoplástico impregnado.

6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que se produce un cable de energía de media tensión con una velocidad de producción de al menos 20 m/min, preferentemente de al menos 30 m/min.

7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material termoplástico presenta una entalpía de fundición de 30 a 60 J/g.

8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el material termoplástico se selecciona de entre:

- al menos un copolímero (i) de propileno con al menos un comonomero de olefina seleccionado de entre etileno y una α -olefina que no sea de propileno, dicho copolímero presentando un punto de fundición mayor o igual a 130 °C y una entalpía de fundición de 20 J/g a 90 J/g;
- una mezcla de al menos un copolímero (i) con al menos un copolímero (ii) de etileno con al menos una α -olefina, dicho copolímero (ii) presentando una entalpía de fundición de 0 J/g a 120 J/g;
- una mezcla de al menos un homopolímero de propileno con al menos un copolímero (i) o un copolímero (ii),

al menos un copolímero (i) y un copolímero (ii) que es un copolímero heterofásico.

9. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el fluido dieléctrico presenta un punto de fundición o un punto de escurrimiento de -130 °C a +80 °C.

10. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el fluido dieléctrico presenta una viscosidad, a 40 °C o de 1 cST a 100 cST, preferentemente de 5 cST a 100 cST (medida según la norma ASTM D445-03).

11. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el fluido dieléctrico se selecciona de entre: aceites aromáticos, ya sean monocíclicos, policíclicos (condensados o no) o heterocíclicos, en los que las fracciones heteroaromáticas se sustituyen con al menos un grupo alquilo C₁-C₂₀, y sus mezclas, y en el que, cuando dos o más fracciones cíclicas están presentes, dichas fracciones pueden enlazarse por medio de un grupo alquilo C₁-C₅.

12. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que el fluido dieléctrico se selecciona de entre: aceites minerales, por ejemplo, aceites nafténicos, aceites aromáticos, aceites parafínicos, aceites poliaromáticos, dichos aceites minerales conteniendo, opcionalmente, al menos un heteroátomo seleccionado de entre oxígeno, nitrógeno o sulfuro; y parafinas líquidas.

13. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que uno o más aditivos se seleccionan de entre: antioxidantes, auxiliares de procesamiento, estabilizadores de tensión, agentes de nucleación, el o los cuales se adicionan al material termoplástico durante la etapa de impregnación.

14. El procedimiento según la reivindicación 13, en el que se dispersan uno o más aditivos en forma sólida

en el fluido dieléctrico, antes de la impregnación.

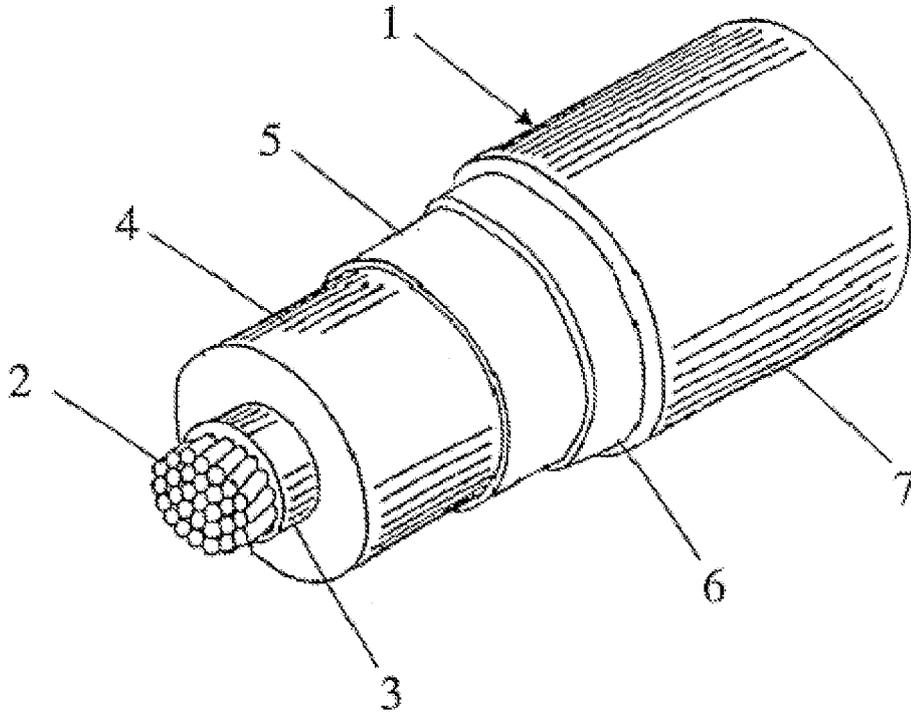


Fig. 1

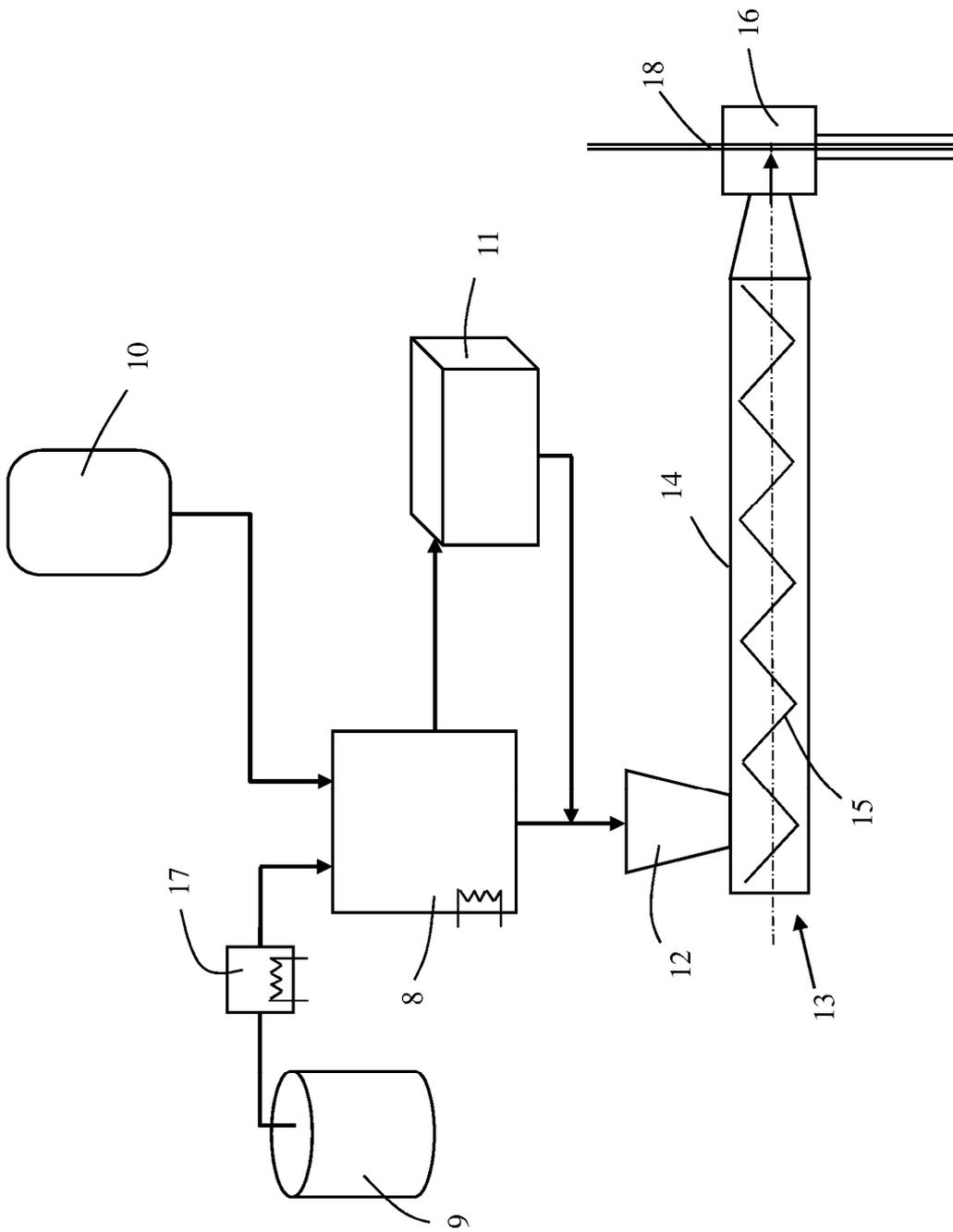


Fig. 2