

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 814**

51 Int. Cl.:

H01B 3/00 (2006.01)

C08L 23/12 (2006.01)

C08L 23/16 (2006.01)

H01B 3/44 (2006.01)

C08K 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2017** **PCT/EP2017/076017**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2019** **WO19072388**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2017** **E 17794670 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2022** **EP 3695424**

54 Título: **Cable eléctrico con capa aislante termoplástica mejorada**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.10.2022

73 Titular/es:

PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milan, IT

72 Inventor/es:

BESSON, ROMAIN;
CAIMI, LUIGI;
BAREGGI, ALBERTO;
FERRARI, ARMANDO MICHELE y
TROIA, IVAN

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 926 814 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

Cable eléctrico con capa aislante termoplástica mejorada

5 Campo de aplicación

[0001] La presente descripción se refiere a un cable eléctrico que tiene una capa de aislamiento termoplástica mejorada.

- 10 **[0002]** En particular, la presente descripción se refiere a un cable eléctrico para transportar o distribuir energía eléctrica de voltaje medio (MV) o de alto voltaje (HV), que comprende una capa de aislamiento eléctrico hecha de una composición a base de material polimérico termoplástico que tiene una alta conductividad térmica.

Técnica anterior

- 15 **[0003]** El polipropileno puede generar una importante resistencia térmica. Esta característica puede ser desafiante en un cable que tiene la capa aislante basada en un material de polipropileno termoplástico, especialmente en el caso de un cable de alto voltaje, ya que puede limitar la clasificación de corriente del conductor en una medida significativa. Además, cuando los cables, especialmente los cables de corriente continua de alto voltaje, están bajo
20 tensión, y la tensión eléctrica está por encima de un valor umbral, las corrientes resistivas pueden pasar a través de la capa aislante y generar calor que está mal disipado por el material aislante de polipropileno debido a su baja conductividad térmica. Además, el calor generado en el conductor y no disipado por el material aislante de baja conductividad térmica puede disminuir la resistividad del material polimérico, causando fugas eléctricas e incurriendo en una inestabilidad térmica.

- 25 **[0004]** Como se informó, por ejemplo, por el documento US 3,700,597, el nitruro de boro (fórmula química BN) tiene una combinación inusual de propiedades ya que es útil como aislante eléctrico, y sin embargo, es un excelente conductor de calor. El BN existe en varias formas cristalinas que son isoeléctricas, entre las cuales las formas principales para aplicaciones industriales incluyen la forma hexagonal, llamada h-BN, que es similar al grafito, y la
30 forma cúbica, llamada c-BN, que es similar al diamante.

- [0005]** Por lo tanto, el nitruro de boro puede aumentar eficazmente la conductividad térmica de los materiales poliméricos, pero dicho aumento puede estar acompañado por una disminución de la resistencia dieléctrica. La constante dieléctrica de BN ($\epsilon = 4,0$; 4,4 a 1 MHz) es el doble de los de los polímeros termoplásticos empleados como
35 materiales de aislamiento, y esto puede perjudicar sus propiedades de aislamiento eléctrico. Además, el nitruro de boro puede aumentar significativamente la viscosidad de la mezcla polimérica utilizada para la fabricación de la capa de cable y dificultar la extrusión en la medida en que aumenta la cantidad del relleno de nitruro de boro introducido en la mezcla polimérica.

- 40 **[0006]** El documento US 2015/0228376 describe un cable que incluye un conductor rodeado por una capa de recubrimiento. La capa de recubrimiento se forma a partir de una composición de termoplástico vulcanizado (TPV) que incluye alrededor de un 20 % a alrededor de un 90 % de una fase continua y alrededor de un 10 % a alrededor de un 80 % de una fase dispersa. La fase continua incluye una poliolefina termoplástica y la fase dispersa incluye un polímero elastomérico al menos parcialmente reticulado. La composición de TPV también puede incluir un aditivo auxiliar de
45 procesamiento que, a su vez, puede incluir un fluido dieléctrico. La composición de TPV puede incluir además rellenos tales como nitruro de boro. No se proporciona ninguna indicación adicional sobre el uso de nitruro de boro.

- [0007]** El documento WO 2013/104859 describe un material compuesto eléctricamente aislante que tiene una resistividad eléctrica que es mayor que 10^{10} Qm, caracterizado porque dicho material compuesto, en porcentaje en
50 peso con respecto al peso total de dicho material compuesto, consiste en: al menos el 45 % de una matriz de (co)polímero(s) semicristalino(s) y termoplástico(s); entre el 20 % y el 54,5 % de una carga de h-BN que tiene un tamaño de partícula medio D50 que comprende entre 10 μm y 45 μm ; y entre el 0,5 % y el 5 % de un agente de acoplamiento. El (co)polímero de la matriz se puede seleccionar, *entre otras cosas*, de poliamidas, sulfuro de polifenileno y polipropileno. Las pruebas se refieren a PPS (sulfona de polifenileno) y polímero PA12 de poliamida e
55 indican que se obtiene una mejora de la conductividad térmica en una composición con una baja concentración de nitruro de boro (20 %) mediante la adición de un agente de acoplamiento. No se indica el D50 del nitruro de boro utilizado en los ensayos.

- [0008]** El documento EP 1 702 907 describe una composición polimérica que comprende al menos un 35 % en
60 peso de un polvo de nitruro de boro (BN) recubierto con un 0,5 a un 5 % en peso de un agente de acoplamiento de circonato, y un procedimiento para aumentar la conductividad térmica de las composiciones poliméricas. En las aplicaciones en las que el polvo de BN se va a utilizar como rellenos en compuestos de polímero, el 10 al 40 % en volumen del polvo de BN muestra un tamaño de partícula promedio de alrededor de 5 a 25 micras (μm); alrededor del 60 al 90 % en volumen de las partículas muestran un tamaño de partícula promedio de alrededor de 40 a 80 micras.
65 Los datos de conductividad térmica en una mezcla polimérica se proporcionan utilizando resina de silicio cargada con

el 70 % de una mezcla de BN con un tamaño de partícula promedio de 45 y 12 micras.

[0009] La publicación de Reading M. y col., Electrical Insulation and Dielectric Phenomena (CEIDP), 2011 Annual Report Conference, 16-19 de octubre de 2011, muestra la mejora de las propiedades de aislamiento eléctrico y conductividad térmica de un sistema de epoxi estándar que utiliza rellenos de nitruro de boro con una carga del 10 % en peso. Los rellenos de nitruro de boro analizados en resina epoxi curada tienen un tamaño de partícula que varía de 0,4 a 45 μm en una cantidad del 10 % en peso. La clasificación de la conductividad térmica no está relacionada con el tamaño de partícula.

10 **[0010]** El documento WO 2013017916 describe un cable que comprende al menos un conductor eléctrico y al menos una capa de aislamiento eléctrico que comprende:

(a) un material polimérico termoplástico seleccionado 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; (b) al menos un fluido dieléctrico mezclado íntimamente con el material polimérico termoplástico; (c) al menos un agente de nucleación.

20 **[0011]** El problema técnico subyacente a la presente descripción es el de proporcionar un cable eléctrico, en particular un cable de media o alta tensión, que comprende una capa eléctricamente aislante hecha de un material polimérico termoplástico, en particular de un material de polipropileno, con conductividad térmica mejorada, así como mantener una resistencia dieléctrica y trabajabilidad adecuadas, en particular a través de procesos de extrusión.

25 **[0012]** La técnica anterior mencionada anteriormente no proporciona ninguna indicación clara. Las pruebas, realizadas en diferentes materiales, muestran que se debe agregar a la matriz polimérica una cantidad sustancial de nitruro de boro (superior al 25 % en peso), pero el solicitante experimentó que las cantidades de nitruro de boro superiores al 20 % en peso con respecto al peso total de una composición termoplástica no se podían extruir convenientemente para formar la capa aislante de un cable eléctrico. Además, una cantidad significativa de nitruro de boro podría perjudicar las propiedades dieléctricas de la capa aislante.

30 **[0013]** En cuanto al tamaño de partícula de nitruro de boro, las enseñanzas fueron bastante confusas y no se proporciona ninguna indicación sobre el efecto del tamaño de partícula de nitruro de boro.

35 Resumen

[0014] El solicitante ha descubierto que al agregar del 2 % al 20 % en peso de nitruro de boro que tiene un tamaño de partícula D50 igual o inferior a 15 μm a un material polimérico termoplástico 1 como se establece en la reivindicación 1 para la capa aislante de cable, se mejora la conductividad térmica de este material sin afectar sus características dieléctricas.

40 **[0015]** Esto permite mejorar el valor umbral al que la resistividad eléctrica del recubrimiento aislante polimérico termoplástico es estable bajo temperatura de corriente y tensión eléctrica. Como resultado, las propiedades eléctricamente insulantes del recubrimiento del cable también pueden mejorarse, en particular con respecto a la resistencia a la ruptura dieléctrica, que ventajosamente permite que el cable según la descripción funcione a voltajes de hasta 600 kV sin incurrir en fugas eléctricas y/o inestabilidad térmica.

50 **[0016]** Dichos efectos favorables se obtienen mediante la adición de una cantidad limitada de nitruro de boro que tiene el tamaño de partícula mencionado anteriormente, incluso en ausencia de cualquier agente de acoplamiento.

Descripción detallada

55 **[0017]** En una primera realización, la presente descripción se refiere a un cable eléctrico según la reivindicación 1 que comprende un núcleo rodeado por una capa de aislamiento eléctrico hecha de una composición basada en un material polimérico termoplástico cargado con polvo de nitruro de boro en una cantidad de hasta un 20 % en peso con respecto al peso de la composición de aislamiento, donde el polvo de nitruro de boro tiene una distribución de tamaño de partícula D50 de hasta 15 μm .

60 **[0018]** A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, excepto donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes, etc., deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en los mismos, que puede o no enumerarse específicamente en esta invención.

65

- [0019]** En la presente descripción y en las reivindicaciones posteriores, como "núcleo" se refiere a un conductor eléctrico generalmente hecho de un material metálico tal como aluminio, cobre o compuesto del mismo, ya sea como una varilla o como alambres múltiples trenzados, o un conductor tal como se describió anteriormente recubierto con una capa semiconductora. Opcionalmente, en el caso de que el conductor eléctrico esté en forma de múltiples cables trenzados, un material de relleno está presente entre los cables para evitar la propagación de agua o humedad que puede penetrar dentro del conductor del cable.
- [0020]** A efectos de la descripción, el término "media tensión" significa tensiones de 1 a 35 kV y el término "alta tensión" significa tensiones superiores a 35 kV.
- [0021]** Como "capa eléctricamente aislante" se entiende una capa de recubrimiento hecha de un material que tiene propiedades eléctricamente aislantes, es decir, que tiene una rigidez dieléctrica (resistencia a la rotura dieléctrica) de al menos 5kV/mm, preferentemente superiores a 10 kV/mm.
- [0022]** En una realización, la capa eléctricamente aislante del cable de la presente descripción está en contacto directo con la capa semiconductora del núcleo del cable (también denominada "capa semiconductora interna").
- [0023]** En algunas realizaciones, la capa eléctricamente aislante del cable de la presente descripción está rodeada y en contacto directo con una capa semiconductora externa.
- [0024]** La capa eléctricamente aislante de la presente descripción puede presentar un grosor de al menos 3 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.).
- [0025]** En la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas, como "distribución del tamaño de partícula D50" se refiere al valor del diámetro de partícula al 50 % en la distribución acumulada. Por ejemplo, si $D_{50} = 15 \mu\text{m}$, entonces el 50 % de las partículas en la muestra son superiores a $15 \mu\text{m}$, y el 50 % inferiores a $15 \mu\text{m}$. También puede denominarse "diámetro mediano" o "valor medio" de la distribución de tamaño de partícula.
- [0026]** En la presente descripción y en las reivindicaciones adjuntas, como "distribución del tamaño de partícula D100" se refiere al tamaño teórico máximo del diámetro de partícula en la distribución acumulativa. Por ejemplo, si $D_{100} = 20 \mu\text{m}$, sustancialmente todas las partículas en la muestra tienen un diámetro de $20 \mu\text{m}$ como máximo.
- [0027]** El solicitante ha descubierto que la cantidad y el tamaño de partícula del polvo de nitruro de boro utilizado en la composición termoplástica aislante son críticos para obtener un rendimiento de conductividad térmica mejorado y, al mismo tiempo, un rendimiento de aislamiento eléctrico adecuado para transportar voltajes medios o altos.
- [0028]** En una realización, la cantidad de nitruro de boro en polvo dentro de la mezcla de composición aislante es de al menos un 10 % en peso con respecto al peso de la composición aislante. En otra realización, la cantidad de nitruro de boro en polvo dentro de la composición aislante es inferior al 20 % en peso con respecto al peso de la composición aislante.
- [0029]** Si la cantidad de nitruro de boro en la composición aislante es de al menos un 10 % en peso, se logra una mejora más rentable de la conductividad térmica de la composición termoplástica. Por otro lado, si la cantidad de nitruro de boro en la composición es inferior al 20 % en peso, en algunos casos la viscosidad de la mezcla resultante puede ser más adecuada para la extrusión en el núcleo del cable para formar la capa de aislamiento eléctrico y puede facilitar el proceso de fabricación.
- [0030]** En otra realización, la distribución de tamaño de partícula D50 del polvo de nitruro de boro es de hasta $10 \mu\text{m}$. En una realización adicional, la distribución de tamaño de partícula D50 del polvo de nitruro de boro es de al menos $0,1 \mu\text{m}$.
- [0031]** Si la distribución de tamaño de partícula D50 de nitruro de boro utilizado en mezcla con el material polimérico termoplástico es inferior a $15 \mu\text{m}$ o, mejor, inferior a $10 \mu\text{m}$, las características dieléctricas de la capa de aislamiento eléctrico resultante del cable, especialmente en términos de permisibilidad eléctrica, se pueden mantener a valores adecuados para cables que transportan voltajes altos y extra altos sin fugas eléctricas y evitando incurrir en inestabilidad térmica que hace que el cable no sea adecuado para dichas aplicaciones.
- [0032]** En una realización, el polvo de nitruro de boro en el cable de la descripción presenta una distribución de tamaño de partícula D100 inferior a $50 \mu\text{m}$ o, mejor, inferior a $40 \mu\text{m}$. La composición polimérica termoplástica para la capa aislante, especialmente adecuada para el cable de alto voltaje, generalmente se filtra para eliminar contaminantes potencialmente dañinos para el transporte de corriente. Típicamente, un filtro para la composición polimérica termoplástica para la capa de aislamiento de alto voltaje está configurado para evitar el paso a través de esta de partículas de $40 \mu\text{m}$ o más.

[0033] En algunas realizaciones, el nitruro de boro se encuentra en forma hexagonal (h-BN). El uso de h-BN permite ventajosamente no usar la extrusora y el cabezal transversal durante la fabricación de la capa aislante mediante extrusión de la composición polimérica termoplástica en el núcleo del cable.

[0034] En una realización, el polvo de nitruro de boro se utiliza como tal, la superficie de las partículas de polvo se encuentra sustancialmente sin recubrimiento.

[0035] En la presente descripción, la composición polimérica termoplástica utilizada para la capa de aislamiento eléctrico puede comprender un único polímero termoplástico o una mezcla de polímeros termoplásticos.

[0036] Según una realización, el material termoplástico polimérico se selecciona de entre:

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

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

[0037] Dentro de la presente descripción y reivindicaciones, el término "entalpía de fusión" pretende ser la entalpía de fusión general medida en el polímero termoplástico mediante análisis de calorimetría diferencial de barrido (DSC).

[0038] 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. Los dominios elastoméricos constituyen la fase elastomérica del copolímero.

[0039] El comonomero 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. En una realización, el copolímero (i) es un copolímero de propileno/etileno.

[0040] El comonomero de olefina en el copolímero (i) está preferentemente presente en una cantidad de hasta el 15 % de moles, más preferentemente de hasta el 10 % de moles.

[0041] El comonomero 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.

[0042] En una realización, el comonomero en el copolímero (ii) es propileno, 1-buteno, 1-hexeno o 1-octeno.

[0043] En otra realización, el copolímero (ii) es un copolímero lineal de polietileno de baja densidad (LLDPE). El comonomero de olefina en el LLDPE puede estar presente en una cantidad del 2 al 12 % en peso.

[0044] Según algunas realizaciones, el copolímero (i) o copolímero (ii), es un copolímero aleatorio. Con el término "copolímero aleatorio" se hace referencia a un copolímero en el que los comonomeros se distribuyen de manera aleatoria a lo largo de la cadena polimérica.

[0045] En el copolímero (i) o el copolímero (ii), o ambos, cuando son heterofásicos, una fase elastomérica puede estar presente en una cantidad de al menos el 45 % en peso con respecto al peso total del copolímero.

[0046] En algunas realizaciones, los copolímeros heterofásicos (i) y/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.

[0047] En algunas realizaciones, los copolímeros (ii) heterofásicos son copolímeros de propileno, en particular:

- (ii-a) copolímeros que presentan la siguiente composición monomérica: del 35 al 90 % de moles de etileno; del 10 al 65 % de moles de una α -olefina alifática, preferentemente propileno; del 0 al 10 % de moles de un polieno, como un dieno, por ejemplo, 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; del 0 al 5 % de moles, preferentemente del 0 al 2 % de moles, de un polieno, como un dieno (por ejemplo, copolímeros de etileno/1-octeno).

[0048] 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.

[0049] 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 puede seleccionar 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 puede seleccionar de entre trienos o tetraenos que contienen un grupo vinílico en la molécula o un grupo 5-norborneno-2-il en la molécula.

[0050] En una realización, el copolímero (i) o el copolímero (ii), o ambos, presenta un punto de fundición de 140 a 180 °C.

[0051] En una realización, el copolímero (i) presenta una entalpía de fundición de 25 a 80 J/g.

[0052] En una realización, 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).

[0053] 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) puede ser de 1:9 a 8:2, y preferentemente de 2:8 a 7:3.

[0054] 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, pueden ser de 0,5:9,5 a 5:5, y preferentemente de 1:9 a 3:7.

[0055] En una realización, 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.

[0056] Según otra realización, el polímero termoplástico se puede seleccionar de entre homopolímeros o copolímeros de polietileno, tales como polietileno de baja densidad (LDPE) o polietileno de baja densidad lineal (LLDPE); o 4-metil-1-penteno.

[0057] Según una realización de la descripción, la composición polimérica termoplástica que forma la capa eléctricamente aislante comprende un fluido dieléctrico.

[0058] En cuanto al fluido dieléctrico, es ventajosa una compatibilidad adecuada entre el fluido dieléctrico y el material termoplástico polimérico 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.

[0059] En la presente descripción, "compatible" significa que la composición química del fluido y del material polimérico termoplástico son tales que dan como resultado una dispersión microscópicamente homogénea del fluido dieléctrico en el material polimérico al mezclar el fluido en el polímero, de manera similar a un plastificante.

[0060] Preferentemente, la concentración por peso de dicho fluido dieléctrico en dicho material termoplástico polimérico es menor que la concentración de saturación de dicho fluido dieléctrico en dicho material termoplástico polimérico. 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.

[0061] 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.

[0062] Según otra realización preferida, el fluido dieléctrico presenta un punto de fundición o un punto de escurrimiento de -130 a $+80$ °C.

[0063] Los fluidos dieléctricos adecuados para su uso en el cable de la descripción 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.

[0064] Preferentemente, el fluido dieléctrico es un aceite sintético o mineral de viscosidad baja o alta, en particular un aceite mineral, por ejemplo, un aceite nafténico, aromático o parafínico.

[0065] Otros componentes (aditivos) pueden adicionarse en menores cantidades (por ejemplo, del 0,1 al 1% en peso cada uno) a la composición termoplástica para la capa aislante de la presente descripción, incluyendo antioxidantes, auxiliares de procesamiento, estabilizadores de tensión, agentes de nucleación o sus mezclas.

[0066] Según una realización, la composición de la capa aislante de la presente descripción está libre de compatibilizador o agente de acoplamiento para mejorar las propiedades interfaciales (afinidad) entre el material polimérico termoplástico y el nitruro de boro.

[0067] Según una realización, el cable según la presente descripción incluye al menos una capa semiconductora. La capa semiconductora se forma preferentemente mediante un material semiconductor que comprende el polímero termoplástico y, opcionalmente, el fluido dieléctrico como se describió anteriormente, y al menos un relleno conductor, preferentemente un relleno de negro de humo.

[0068] El 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.

[0069] En una realización, la o las capas semiconductoras del cable de la descripción están hechas de una composición que comprende una composición polimérica termoplástica cargada con un relleno conductor y con polvo de nitruro de boro en una cantidad de hasta el 20 % en peso con respecto al peso de la composición aislante, donde el polvo de nitruro de boro presenta una distribución de tamaño de partícula D50 de hasta $15 \mu m$. Por ejemplo, una capa semiconductora del cable de la descripción puede contener un 10 % en peso de dicho nitruro de boro.

[0070] El uso de la misma composición polimérica de base tanto para la capa aislante como la(s) capa(s) semiconductoras resulta particularmente ventajoso al producir cables para 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 semiconductora interna, donde el campo eléctrico y, por tanto, el riesgo de descargas parciales son más altos.

[0071] El cable según la descripción se puede producir a través de procedimientos convencionales conocidos en la técnica que incluyen opcionalmente impregnar el material polimérico termoplástico con el fluido dieléctrico, mezclar el material termoplástico con el polvo de nitruro de boro y a continuación depositar una o más capas de la composición que incluyen el material termoplástico, relleno de nitruro de boro y opcionalmente fluido dieléctrico, en el núcleo del cable, preferentemente a través de extrusión.

[0072] En una realización, la extrusión de la(s) capa(s) semiconductora(s) y de la capa eléctricamente aislante se lleva a cabo en una sola etapa, por ejemplo, mediante el procedimiento en tándem en el que se disponen extrusoras individuales en serie, o mediante coextrusión con un cabezal de extrusión múltiple.

[0073] El cable según la descripción se puede utilizar principalmente para transportar o distribuir energía de alto voltaje, por ejemplo, voltajes tan altos como 600 kV sin incurrir en fugas eléctricas y/o inestabilidad térmica. Además, el cable según la descripción se puede utilizar para aplicaciones de corriente alterna (AC) o corriente continua (DC), particularmente para aplicaciones de DC de alto voltaje. En el caso de aplicaciones de CC de alto voltaje, la fuga de corriente aumenta con el aumento de la conductividad eléctrica de la capa aislante que, a su vez, aumenta con la temperatura y el gradiente dieléctrico. Cuanto más se drena el calor de la capa aislante, más limitada es la fuga de corriente es limitada y más estable es el sistema de aislamiento general.

[0074] A este respecto, también cabe señalar que la conductividad térmica mejorada y las prestaciones eléctricas adecuadas del cable según la descripción se logran mediante la adición de una cantidad menor de polvo de nitruro de boro en comparación con la técnica anterior. Esto permite ventajosamente mantener los costes de producción dentro de un límite aceptable a pesar del hecho de que el nitruro de boro es caro como tal.

[0075] Se ilustrarán más detalles en la siguiente descripción detallada, con referencia al dibujo adjunto, en el

que

la Figura 1 muestra un cable según la presente descripción.

- 5 **[0076]** La Figura 1 muestra un cable 10 según la descripción, adecuado para corriente de medio o alto voltaje de transporte. El cable 10 es un cable de núcleo único que comprende un conductor 11 rodeado secuencialmente por una capa semiconductor interna 12, una capa eléctricamente aislante 13 y una capa semiconductor externa 14. El conductor 11 y la capa semiconductor de capa interna 12 constituyen el núcleo del cable.
- 10 **[0077]** La capa semiconductor exterior 14 está rodeada por una rejilla metálica 15 que está rodeada, a su vez, por una barrera de agua metálica 17. Entre la rejilla metálica 15 y la barrera metálica contra el agua 17, se interpone una cinta semiconductor 16 que presenta propiedades amortiguadoras y, preferentemente, absorbentes de agua.
- [0078]** Una cubierta exterior 18 es la capa más externa.
- 15 **[0079]** El conductor (11) generalmente consiste en alambres de metal, preferentemente de cobre o aluminio, trenzados juntos mediante procedimientos convencionales, o de una vara sólida de aluminio o cobre. La capa eléctricamente aislante 13 y las capas semiconductoras internas y externas 12 y 14 están hechas de una composición termoplástica según la presente descripción.
- 20 **[0080]** La rejilla metálica 15 generalmente está hecha de alambres conductores de electricidad o cintas enrolladas helicoidalmente, mientras que la barrera metálica contra el agua 17 generalmente está hecha de aluminio o cobre, preferentemente en forma de una lámina enrollada longitudinalmente alrededor de la rejilla metálica 15.
- 25 **[0081]** La vaina exterior 18 generalmente está hecha de polietileno termoplástico, por ejemplo, polietileno de alta densidad (HDPE) o polietileno de densidad media (MDPE). La vaina exterior 18 puede estar hecha de un material con propiedades retardantes de la llama de baja emisión de humos y cero halógenos.
- [0082]** La Figura 1 muestra solo una realización de un cable según la invención.

30

Ejemplo 1

Medidas de conductividad térmica

- 35 **[0083]** Un copolímero de etileno-propileno (PP) heterofásico termoplástico que presenta una temperatura de fusión de 163 °C y una entalpía de fusión de 26 J/g se ha utilizado solo o en mezcla con polvo de nitruro de boro en diferentes cantidades y distribución de tamaño de partícula para crear muestras de prueba de composiciones aislantes para cables.
- 40 **[0084]** Los polvos de nitruro de boro analizados, que son todas estructuras hexagonales, se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1 - Polvos de nitruro de boro

Nitruro de boro	Distribución del tamaño de partícula	
	Media D50 (µm)	Media D100 (µm)
BN 1	7	30
BN 2	4	40
BN 3	12	60
BN 4	16	60

- 45 **[0085]** En la preparación de las muestras de prueba según la descripción, el copolímero de propileno, opcionalmente mezclado íntimamente previamente con un fluido dieléctrico DF (dibenciltolueno en una cantidad del 6 % en peso) en una mezcladora, en forma de gránulos, se mezcló con una cantidad preestablecida de nitruro de boro en forma de polvo. El polvo de mezcla seca resultante utilizado se alimentó en una extrusora de doble tornillo operada a alrededor de 200 °C para proporcionar un compuesto en forma de placa. Las placas, de al menos 3-4 mm de espesor,
- 50 tenían las cantidades y tipos de rellenos de nitruro de boro tal como se indica en la Tabla 2 a continuación. Como referencia, también se produjeron muestras sin llenar extruyendo el copolímero de etileno-propileno heterofásico termoplástico, opcionalmente mezclado con el fluido dieléctrico DF mencionado anteriormente sin ningún relleno de nitruro de boro.
- 55 **[0086]** Ninguna de las composiciones analizadas comprendía compatibilizadores.

[0087] Las medidas de conductividad térmica (CT) se realizaron en las muestras producidas de esta manera. Las mediciones de CT se realizaron a 70 °C utilizando DTC-300 (TA Instruments) según el procedimiento ASTM E1530-11. Se utilizaron tres piezas para cada muestra para las mediciones de CT y las mediciones se realizaron antes y después de la calibración con respecto a las muestras sin llenar de referencia.

[0088] Los resultados se muestran como un promedio de las mediciones para cada tipo de muestras en la siguiente Tabla 2.

10

Tabla 2

Composición	Polímero	BN (% en peso)	CT [W/(m.K)]	Aumento de CT (%)
1*	PP+DF	-	0,179	-
2	PP+DF	BN 3 (2)	0,184	3
3	PP+DF	BN 3 (5)	0,186	4
4	PP+DF	BN 1 (10)	0,200	12
5	PP+DF	BN 1 (20)	0,236	32
6	PP+DF	BN 2 (10)	0,201	12
7	PP+DF	BN 2 (20)	0,235	31
8*	PP+DF	BN 4 (20)	0,156	-13
9*	PP	-	0. 188	-
10*	PP	BN 4 (20)	0,151	-20
* comparativo				

[0089] A partir de los resultados anteriores, se puede observar un aumento de la conductividad térmica de la composición de aislamiento eléctrico debido a la adición de nitruro de boro según la descripción al material polimérico termoplástico en comparación con el material polimérico termoplástico como tal (composiciones comparativas 1 y 9).

15 Por el contrario, la adición de nitruro de boro con un tamaño de partícula D50 mayor que 15 µm (composición comparativa 8 y 10) provocó una disminución de la conductividad térmica en la composición aislante.

[0090] Las composiciones adicionales preparadas tal como se indicó anteriormente, pero mediante la adición de una mayor cantidad de nitruro de boro (más del 20 %) al material polimérico termoplástico, han demostrado que la viscosidad de la composición polimérica se vuelve notablemente mayor y dificulta la extrusión mediante procesos de extrusión convencionales.

20

Ejemplo 2

25 Medidas de propiedades eléctricas

[0091] Las muestras preparadas según el Ejemplo 1 también se analizaron para determinar sus propiedades eléctricas, a saber, la permisibilidad eléctrica y, para algunas muestras, la conductividad eléctrica.

30

[0092] La medición de la permisibilidad se realizó según IEC 60250 (1969) y ASTM D150-92 (2004) en una muestra para cada composición, las muestras tienen dimensiones de 200 mm x 200 mm y 0,5 mm de grosor. Las muestras se sometieron a un voltaje de 0,5 kV y las mediciones se realizaron a través de un puente de Shering. Las muestras se barnizaron antes de las pruebas.

35

[0093] Los resultados de las medidas eléctricas anteriores se presentan en la Tabla 3 a continuación.

Tabla 3

Composición	s
1*	1,9
2	2,1
3	2,2

(continuación)

5	2,5
7	2,6
8*	2,5
9*	2,5
10*	2,9
* comparativo	

[0094] A partir de los resultados anteriores, se puede observar que la permisibilidad de la composición aislante aumentó con el aumento de las cantidades de nitruro de boro. En el caso de la composición comparativa 10 que contiene BN 4 (tamaño de partícula D50 mayor que 15 μm), la permisibilidad resultó sobre el valor adecuado para una capa de aislamiento eléctrico, especialmente para cables de alto voltaje.

[0095] Las mediciones de conductividad eléctrica σ a 10 kV se realizaron según IEC 60093 (1980) en una muestra que presenta dimensiones de 200 mm x 200 mm y 1 mm de grosor para cada composición. La caída de voltaje (característica de derivación) se midió usando un picoamperímetro y una celda de medición provista de anillo de protección y se colocó a una presión de 20 bar.

[0096] Si bien las composiciones analizadas según la presente descripción mantuvieron la conductividad eléctrica a en el orden de 10^{-16}1/Q.m , la composición comparativa 8 que contiene BN 4 (tamaño de partícula D50 mayor que 15 μm) tenía un valor σ del orden de 10^{-15}1/Q.m que no es adecuado para la capa de aislamiento eléctrico de un cable, especialmente para cables de alto voltaje.

REIVINDICACIONES

1. Un cable eléctrico que comprende un núcleo rodeado por una capa eléctricamente aislante hecha de una composición basada en un material polimérico termoplástico cargado con polvo de nitruro de boro en una cantidad del 2 % al 20 % en peso con respecto al peso de la composición aislante, presentando el polvo de nitruro de boro una distribución de tamaño de partícula D50 hasta 15 μm , **caracterizado porque** el material polimérico termoplástico se selecciona de entre:
 - un copolímero (i) de propileno con un comonómero de olefina seleccionado de entre etileno y una α -olefina que no sea de propileno, dicho copolímero presentando un punto de fundición de al menos 130 °C y una entalpía de fundición de 20 J/g a 90 J/g;
 - una mezcla de un copolímero (i) con un copolímero (ii) de etileno con una α -olefina, presentando dicho copolímero (ii) una entalpía de fusión de 0 J/g a 120 J/g;
 - una mezcla de un homopolímero de propileno con un copolímero (i) o un copolímero (ii);
- al menos un copolímero (i) y un copolímero (ii) que es un copolímero heterofásico.
2. El cable eléctrico según la reivindicación 1, en el que la cantidad de nitruro de boro en polvo es de al menos el 10 % en peso con respecto al peso de la composición aislante.
3. El cable eléctrico según la reivindicación 1, en el que la cantidad de nitruro de boro en polvo es inferior al 20 % en peso con respecto al peso de la composición aislante.
4. El cable eléctrico según la reivindicación 1, en el que la distribución de tamaño de partícula D50 del polvo de nitruro de boro es de hasta 10 μm .
5. El cable eléctrico según la reivindicación 1, en el que la distribución de tamaño de partícula D50 del polvo de nitruro de boro es de al menos 0,1 μm .
6. El cable eléctrico según la reivindicación 1, en el que el nitruro de boro tiene forma hexagonal (h-BN).
7. El cable eléctrico según la reivindicación 6, en el que las partículas de nitruro de boro no están recubiertas.
8. El cable eléctrico según la reivindicación 1, en el que el polvo de nitruro de boro tiene una distribución de tamaño de partícula D100 inferior a 50 μm .
9. El cable eléctrico según la reivindicación 8, en el que el polvo de nitruro de boro tiene una distribución de tamaño de partícula D100 inferior a 40 μm .
10. El cable eléctrico según la reivindicación 1, en el que el material polimérico termoplástico que forma la capa de aislamiento eléctrico comprende un fluido dieléctrico.
11. El cable eléctrico según la reivindicación 10, en el que el fluido dieléctrico es un aceite sintético o mineral de baja o alta viscosidad, en particular un aceite mineral elegido del grupo que consiste en un aceite nafténico, aromático o parafínico.
12. El cable eléctrico según la reivindicación 1 que comprende una capa semiconductor interna y/o externa hecha de una composición que comprende una composición polimérica termoplástica cargada con un relleno conductor y con polvo de nitruro de boro en una cantidad de hasta el 20 % en peso con respecto al peso de la composición polimérica termoplástica, donde el polvo de nitruro de boro presenta una distribución de tamaño de partícula D50 de hasta 15 μm .

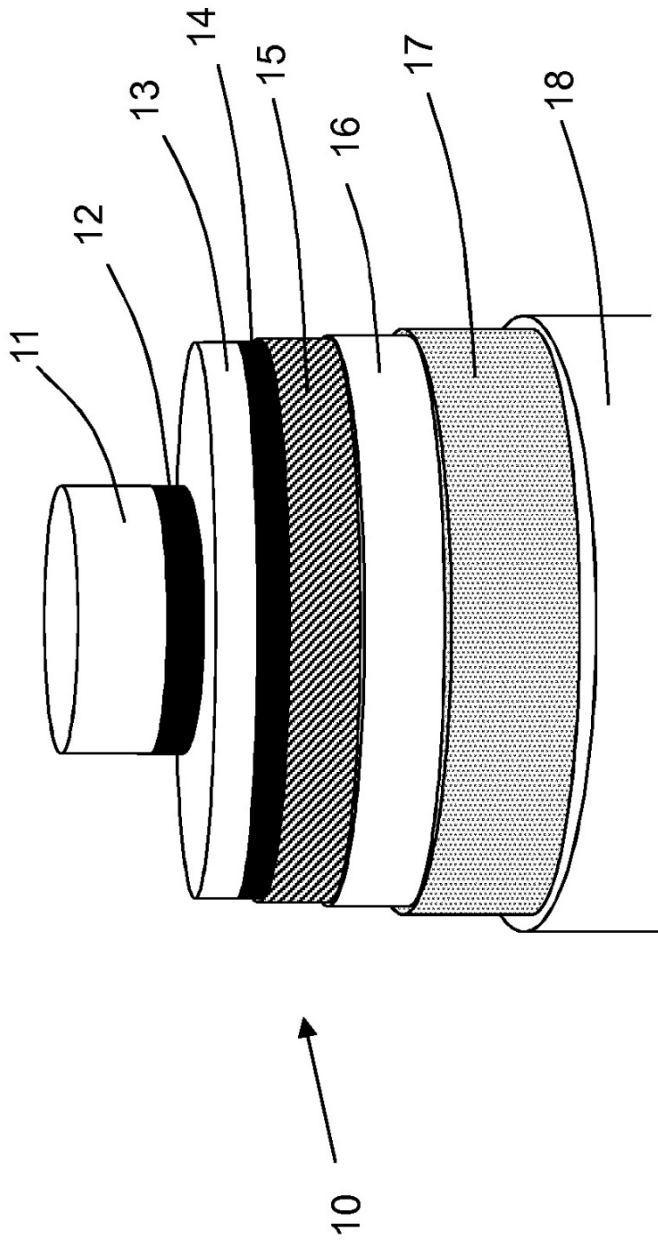


Fig. 1