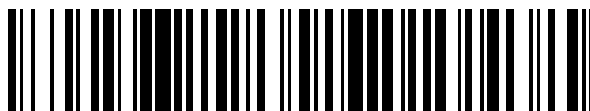


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 778 249**

51 Int. Cl.:

H01B 3/00 (2006.01)

H01B 13/22 (2006.01)

H01B 3/30 (2006.01)

H01B 7/00 (2006.01)

H01B 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.04.2015** **PCT/IB2015/052945**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.10.2016** **WO16170391**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2015** **E 15720800 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.12.2019** **EP 3286769**

54 Título: **Cable de energía que tiene un sistema de aislamiento eléctrico reticulado, y procedimiento de extracción de subproductos de reticulación del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.08.2020

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

72 Inventor/es:
SICA, RODOLFO y
ANELLI, PIETRO

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 778 249 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 de energía que tiene un sistema de aislamiento eléctrico reticulado, y procedimiento de extracción de subproductos de reticulación del mismo

5

Antecedentes de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un cable de energía que tiene un sistema de aislamiento eléctrico reticulado, y a un procedimiento para extraer subproductos de reticulación del mismo.

10

[0002] Los cables de transporte de energía eléctrica, particularmente en el caso de cables para aplicaciones de media o alta tensión, incluyen un núcleo de cable que generalmente comprende un conductor recubierto con un sistema de aislamiento, formado secuencialmente por una capa polimérica interna que tiene propiedades semiconductoras, una capa polimérica intermedia que tiene propiedades aislantes eléctricas, una capa polimérica externa que tiene propiedades semiconductoras.

15

[0003] Los cables de transporte de energía eléctrica a media o alta tensión generalmente incluyen una capa de pantalla que rodea el núcleo del cable, típicamente hecha de metal o de metal y material polimérico. La capa de pantalla se puede hacer en forma de alambres (trenzas), de una cinta enrollada helicoidalmente alrededor del núcleo del cable o de una lámina envuelta longitudinalmente alrededor del núcleo del cable.

20

[0004] Las capas de dicho sistema de aislamiento están hechas comúnmente de un polímero reticulado a base de poliolefina, en particular polietileno reticulado (XLPE), o copolímeros elastoméricos de etileno/propileno (EPR) o etileno/propileno/dieno (EPDM), también reticulados, como se describe, por ejemplo, en el documento WO 98/52197. La etapa de reticulación, realizada después de extruir el material polimérico sobre el conductor, otorga al material propiedades mecánicas y eléctricas satisfactorias incluso a altas temperaturas, tanto durante el uso convencional como con sobrecarga de corriente.

25

[0005] El procedimiento de reticulación de los materiales de poliolefina del sistema de aislamiento de cables, particularmente el polietileno (XLPE), requiere la adición al material polimérico de un agente de reticulación, generalmente un peróxido orgánico, y el posterior calentamiento a una temperatura para causar la escisión y reacción del peróxido. Los subproductos se forman principalmente a partir de la descomposición del peróxido orgánico. En presencia de un campo eléctrico continuo, tales subproductos, que quedan atrapados dentro del material reticulado, causan una acumulación de cargas espaciales que pueden causar descargas eléctricas y con el tiempo perforación del aislamiento, particularmente en cables de energía de corriente continua (CC). Por ejemplo, el peróxido de dicumilo, el agente de reticulación más común utilizado para el aislamiento de cables, forma metano (subproducto ligero) y subproductos pesados, principalmente acetofenona y alcohol cumílico. El metano se puede eliminar del núcleo del cable con un breve procedimiento de desgasificación a una temperatura relativamente baja (aproximadamente 70 °C), mientras que la acetofenona y el alcohol cumílico solo se pueden eliminar sometiendo el núcleo del cable a un procedimiento de desgasificación prolongado, a una temperatura adecuada para causar la migración de los subproductos (generalmente aproximadamente 70 °C ÷ 80 °C) y la evaporación posterior del núcleo del cable. Este procedimiento de desgasificación se realiza durante un tiempo prolongado (generalmente de 15 días a aproximadamente 2 meses, dependiendo de las dimensiones del cable) y no puede llevarse a cabo de forma continua sino solo por lotes en grandes dispositivos de desgasificación que pueden alojar una longitud de cable dada.

30

35

40

45

[0006] En consecuencia, cuando se utiliza un sistema de aislamiento reticulado en cables de energía, se debe tener en cuenta un tiempo de desgasificación significativo y costes relevantes.

[0007] En el documento US 2010/0314022 se describe un procedimiento para producir un cable de CC aislado con un sistema de aislamiento eléctrico a base de polímero extruido, que comprende las etapas de: proporcionar un sistema de aislamiento a base de polímero que comprende una composición de polímero compuesta, preferentemente una composición de polietileno compuesta; opcionalmente reticular la composición de polímero; y finalmente exponer el sistema de aislamiento a base de polímero a un procedimiento de tratamiento térmico mientras la superficie exterior del sistema de aislamiento a base de polímero está cubierta por una cubierta impermeable a al menos una sustancia presente en el sistema de aislamiento a base de polímero en una distribución no homogénea, igualando así la concentración de la al menos una sustancia en el sistema de aislamiento a base de polímero. La al menos una sustancia comprende típicamente subproductos de reticulación y diversos aditivos, que típicamente aumentan la conductividad material. Preferentemente, una delgada lámina metálica o similar se enrolla alrededor del rollo de cable de CC. Como alternativa, la cubierta impermeable puede ser la pantalla metálica o la cubierta exterior o cubierta dispuesta fuera de la pantalla metálica. El efecto general de tal procedimiento es igualar tanto como sea posible la concentración de los subproductos de reticulación dentro de la capa aislante, que, sin embargo, no se eliminan del núcleo del cable.

50

55

60

[0008] El documento JP 64-024308 se refiere a un cable de alimentación de CC provisto de una capa tampón de carga espacial colocada entre la capa semiconductor interna y la capa aislante o entre la capa semiconductor

65

externa y la capa aislante, formando la capa tampón de carga espacial un copolímero de etileno con un monómero aromático, por ejemplo, estireno, en una cantidad de 0,01 a 2 % en moles por 1 mol de etileno. Debido al efecto de resonancia del anillo de benceno del monómero aromático, la energía electrónica circundante se absorbe y se evita la formación de carga espacial, y además es posible mejorar la resistencia dieléctrica del polímero base.

5

[0009] El documento JP 02-253513 se refiere a un cable de aislamiento de polietileno reticulado que debe evitar la degradación oxidativa causada por el contacto con el oxígeno y debe permitir la operación continua a altas temperaturas. Como subproducto del peróxido orgánico, el alcohol cumílico experimenta degradación para formar α -metilestireno y agua. La degradación del alcohol cumílico se acelera en presencia de oxígeno. La humedad que se forma por la degradación anterior puede causar la aparición de huecos y árboles de corbata de lazo con la consiguiente degradación del material aislante. Para evitar tales inconvenientes, un material plástico que contiene un absorbente de oxígeno está dispuesto en la parte central y la capa semiconductora externa del conductor. Como absorbente de oxígeno, se puede usar un desoxidante, como un producto disponible en el mercado conocido como Ageless por Mitsubishi Gas Chemical Co., que está formado por óxido de hierro/cloruro de potasio.

10

[0010] El documento US 6.383.634 describe un cable de CC eléctrico que tiene un conductor y un aislamiento eléctrico que comprende una parte sólida con una estructura porosa, fibrosa y/o laminada impregnada con una composición gelificante dieléctrica que puede contener partículas dieléctricas, tales como partículas de zeolita, y un procedimiento para la producción de tal cable de CC donde el gelificador combinado se prepara antes de la impregnación.

20

[0011] La solicitud de patente PCT/IB2013/059562 describe un cable de energía que comprende al menos un núcleo de cable que comprende un conductor eléctrico, una capa aislante eléctrica reticulada y partículas de zeolita colocadas en el núcleo del cable. Suponiendo un objetivo final de 0,32 % en peso de contenido de alcohol cumílico, las partículas de zeolita están presentes en una cantidad de 70 g/m a 1000 g/m para un espesor de aislamiento de 25 mm y de 27 g/m a 450 g/m para un espesor de aislamiento de 15 mm, expresándose las unidades como cantidad de partículas de zeolita (en gramos) frente a la longitud del cable (en metros). Las partículas de zeolita se dispersan en un material de relleno o en la superficie de un hilo o cinta.

25

[0012] Según el mismo documento, las partículas de zeolita se pueden colocar dentro de huecos entre los filamentos conductores, en contacto con una capa semiconductora, preferentemente la capa semiconductora externa, y/o dentro de una capa semiconductora, preferentemente la capa semiconductora interna.

30

Resumen de la invención.

35

[0013] El solicitante se ha enfrentado al problema de eliminar el procedimiento de desgasificación a alta temperatura y larga duración de los núcleos de cable de energía que tienen una capa aislante reticulada, o al menos de reducir la temperatura y/o duración de la misma, a fin de aumentar la productividad y reducir los costes de fabricación. El objetivo anterior debe lograrse sin aumentar la complejidad de la producción del cable y, por supuesto, sin ningún efecto perjudicial en el rendimiento del cable, incluso después de muchos años desde la instalación.

40

[0014] En particular, el solicitante enfrentó el problema de usar una cantidad reducida de zeolita para lograr la reducción buscada de subproductos de reticulación del sistema de aislamiento reticulado. De hecho, los hilos o cintas disponibles en el mercado pueden transportar una cantidad limitada de zeolita, por lo tanto, se debe disponer una longitud significativa de hilo o cinta por longitud de cable para proporcionar al cable la cantidad requerida de zeolita, especialmente en el caso de sistemas de aislamiento reticulados que tienen un espesor notable. Además de las consideraciones económicas, la provisión de una longitud tan significativa de hilo o cinta puede aumentar el tamaño del cable y alterar su geometría.

45

[0015] Dentro de la presente invención, se ha descubierto un núcleo de cable con partículas de zeolita colocadas entre el conductor eléctrico y la capa semiconductora interna donde las partículas de zeolita son capaces de extraer de manera eficiente y absorber de manera irreversible los subproductos derivados de la reacción de reticulación, para evitar la acumulación de carga espacial en el material aislante durante la vida útil del cable.

50

[0016] Aunque no está sujeto a ninguna teoría, el solicitante cree que la zona del cable entre el conductor eléctrico y la capa semiconductora interna es un área muy crítica para la desgasificación de los subproductos de reticulación y la colocación de partículas de zeolita en dicha zona permite aprovechar sus características de adsorción de la manera más eficiente, de modo que se ha descubierto que una cantidad sustancialmente menor de partículas de zeolita de lo esperado es suficiente para lograr el efecto de absorción de subproductos requerido.

55

[0017] Por lo tanto, según un primer aspecto, la presente invención se refiere a un cable de energía que comprende al menos un núcleo de cable que comprende un conductor eléctrico, un sistema de aislamiento eléctrico reticulado que comprende una capa semiconductora interna, una capa aislante y una capa semiconductora externa y partículas de zeolita colocadas entre el conductor eléctrico y la capa semiconductora interna del sistema de aislamiento.

60

65

[0018] Según un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para extraer subproductos de reticulación de un sistema de aislamiento eléctrico reticulado de un núcleo de cable de energía, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas secuenciales:

- 5 fabricar un núcleo de cable de energía que comprende un conductor eléctrico, un sistema de aislamiento eléctrico reticulado que contiene subproductos de reticulación y partículas de zeolita colocadas entre el conductor eléctrico y la capa semiconductora interna;
calentar el núcleo del cable de energía hasta una temperatura que provoca la migración de los subproductos de reticulación del sistema de aislamiento eléctrico reticulado a las partículas de zeolita, por lo que las partículas de
- 10 zeolita absorben los subproductos de reticulación; y
a continuación, colocar una pantalla de metal alrededor del núcleo del cable de energía.

[0019] La etapa de calentamiento del procedimiento de la invención hace que al menos una fracción de los subproductos de reticulación se absorba de manera sustancialmente irreversible en las partículas de zeolita, mientras

15 que otra fracción se difunde fuera del núcleo del cable.

[0020] En particular, las partículas de zeolita absorben de manera irreversible algunos de los subproductos de reticulación durante la etapa de calentamiento. Durante la etapa de calentamiento, una fracción de los subproductos de reticulación que es gaseosa a temperatura ambiente, como el metano, o que tiene un punto de ebullición bajo, se

20 elimina haciendo que se difunda fuera del núcleo del cable. Preferentemente, la etapa de calentamiento se lleva a cabo a una temperatura de 70 °C a 80 °C, durante un tiempo de 7 a 15 días.

[0021] La presencia de partículas de zeolita entre el conductor eléctrico y la capa semiconductora interna permite utilizar una cantidad de zeolita más baja de lo esperado mientras se evita la duración del procedimiento de

25 desgasificación durante un tiempo más largo (generalmente de 15 a 30 días), para eliminar los subproductos de alta ebullición, como el alcohol cumílico y la acetofenona.

[0022] Preferentemente, la cantidad de partículas de zeolita colocadas entre el conductor eléctrico y el semiconductor interno del cable de la invención es inferior a 0,01 g/cm³, más preferentemente como máximo 0,008

30 g/cm³ con respecto al volumen del sistema de aislamiento reticulado. Ventajosamente, la cantidad de partículas de zeolita en el cable de la invención es de al menos 0,003 g/cm³ con respecto al volumen del sistema de aislamiento reticulado, preferentemente de al menos 0,004 g/cm³.

[0023] A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, excepto donde se indique lo

35 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 el mismo, que puede o no enumerarse específicamente en esta invención.

[0024] A efectos de la invención, el término "tensión media" generalmente significa una tensión de entre 1 kV y 35 kV, mientras que "alta tensión" significa tensiones superiores a 35 kV.

40

[0025] Como "capa aislante eléctrica" se entiende una capa de recubrimiento hecha de un material que tiene propiedades aislantes, es decir, que tiene una rigidez dieléctrica (resistencia a la ruptura dieléctrica) de al menos 5

45 kV/mm, preferentemente de al menos 10 kV/mm.

[0026] Como "sistema de aislamiento reticulado" se entiende un sistema de aislamiento hecho de polímero reticulado.

[0027] A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, como "absorción irreversible" se entiende que, una vez absorbidas por las partículas de zeolita, no se observa una liberación sustancial de subproductos después de que el cable está encerrado dentro de una cubierta hermética, como, por ejemplo, la pantalla

50 metálica.

[0028] Como "núcleo" o "núcleo de cable" se entiende la porción de cable que comprende un conductor eléctrico, una capa semiconductora interna que rodea al conductor en una posición radialmente interna con respecto a la capa aislante, una capa aislante que rodea dicha capa semiconductora interna y una capa semiconductora externa que rodea la capa aislante.

55

[0029] A efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones que siguen, la expresión "en el núcleo del cable" significa cualquier posición dentro o en contacto directo con al menos uno de los componentes del núcleo del cable.

60

[0030] El cable de la invención puede tener uno, dos o tres núcleos de cable.

65

[0031] Las partículas de zeolita se colocan entre el conductor eléctrico y la capa semiconductor interna, ventajosamente en contacto con la capa semiconductor interna.

[0032] Según una realización preferida de la invención, las partículas de zeolita se encuentran entre el conductor eléctrico y la capa semiconductor interna, y en o en contacto con la capa semiconductor externa, en particular en el lado de la capa semiconductor externa que se enfrenta a la capa aislante. De ese modo, el efecto de las partículas de zeolita se ejerce en ambos lados del sistema de aislamiento eléctrico y, por lo tanto, la extracción y absorción de los subproductos de reticulación es más eficiente.

[0033] Las partículas de zeolita de la invención pueden dispersarse en o sobre un material colocado en el núcleo del cable.

[0034] Según una realización, las partículas de zeolita se dispersan en la superficie de un hilo o cinta. Los hilos son generalmente conocidos en los cables de energía que se colocan entre el conductor eléctrico y la capa semiconductor interna y, opcionalmente, en contacto con la capa semiconductor externa para proporcionar, por ejemplo, propiedades de bloqueo del agua. Los hilos generalmente están hechos de filamentos de polímeros, por ejemplo, filamentos de poliéster, sobre los cuales se pueden depositar partículas de un material higroscópico, por ejemplo, sales de poliacrilato, por medio de un material adhesivo, típicamente alcohol polivinílico (PVA) o una resina de acrilato. Tales hilos se pueden modificar según la presente invención depositando sobre los filamentos de polímero partículas de zeolita, opcionalmente en mezcla con partículas higroscópicas. En particular, los filamentos de polímero pueden humedecerse con una solución de un material adhesivo, y a continuación las partículas de zeolita se esparcen sobre el mismo y permanecen atrapadas en la solución, y tras el secado, en el material adhesivo.

[0035] Se puede usar una técnica similar para proporcionar cintas que incluyen partículas de zeolita. Las cintas comúnmente utilizadas en los cables de energía pueden ser no conductoras, en caso de que se coloquen en la pantalla del cable, o pueden ser semiconductoras cuando se ponen en contacto con una capa semiconductor. En las cintas, generalmente hechas de una tela no tejida de filamentos de polímero, las partículas se pueden depositar por medio de un material adhesivo, como se mencionó anteriormente. Dichas cintas pueden usarse para la presente invención depositando partículas de zeolita sobre la tela no tejida.

[0036] Según las realizaciones preferidas anteriores de la invención, es evidente que las partículas de zeolita se pueden colocar en las proximidades del sistema de aislamiento reticulado por medio de elementos de cable que ya son componentes habituales de cables de energía, tales como hilos o cintas o materiales de relleno de amortiguación, evitando así complementar el cable con un componente adicional que no sería necesario para un cable convencional. Esto reduce notablemente los costes y el tiempo de fabricación de cables. La ventaja anterior no excluye la posibilidad de proporcionar al cable de energía partículas de zeolita por medio de uno o más componentes adicionales colocados intencionalmente en el cable para obtener la extracción y absorción de los subproductos de reticulación.

[0037] La cinta que lleva las partículas de zeolita de la invención se puede aplicar enrollando con una superposición de, por ejemplo, aproximadamente el 50 %. Se pueden aplicar más capas de cinta enrolladas superpuestas. La cinta también puede tener la forma de una lámina envuelta longitudinalmente alrededor del eje del cable con bordes lapeados.

[0038] Con respecto a las partículas de zeolita adecuadas para la presente invención, se pueden seleccionar de un amplio intervalo de aluminosilicatos de origen natural o sintético, que tienen una estructura microporosa. Actúan como tamices moleculares debido a su capacidad de clasificar selectivamente moléculas principalmente sobre la base de un procedimiento de exclusión por tamaño. También se usan ampliamente como catalizadores, especialmente en la industria petroquímica.

[0039] Según una realización preferida de la invención, las partículas de zeolita adecuadas para la presente invención tienen un catión de compensación de carga seleccionado del grupo que consiste en amonio (NH_4^+) e hidronio (H^+). El término "hidronio" incluye cualquier catión de hidrógeno independientemente de su composición isotópica, y particularmente protón ($^1\text{H}^+$) y deuterón ($^2\text{H}^+$). Particularmente se prefiere el protón ($^1\text{H}^+$).

[0040] Aunque no está sujeto a ninguna teoría, el solicitante cree que las partículas de zeolita con uno de los cationes de compensación de carga mencionados anteriormente son particularmente eficaces como absorbentes irreversibles para los subproductos de reticulación, como la acetofenona y el alcohol cumílico, ya que estas moléculas, cuando se introducen dentro de la estructura microporosa de la zeolita parecen llevar a cabo reacciones de oligomerización (específicamente, dimerización o también reacción de trimerización o tetramerización) convirtiéndolas en moléculas mucho más voluminosas. Como resultado, los subproductos de reticulación ahora voluminosos quedan atrapados de manera irreversible dentro de la estructura de zeolita y no pueden migrar hacia el exterior, incluso después de una exposición prolongada a temperaturas relativamente altas, como las alcanzadas por el cable de energía durante el uso. Incluso en ausencia de reacciones de oligomerización, los subproductos permanecen principalmente en las partículas de zeolita porque su solubilidad en el polímero de reticulación es inferior que en el interior de las partículas de zeolita.

[0041] Otro efecto de las reacciones de oligomerización de los subproductos de reticulación dentro de las partículas de zeolita de la invención podría ser la de mejorar la adsorción de los subproductos de reticulación en la zeolita. Aunque no está sujeto a ninguna teoría, el solicitante conjeturó que los subproductos oligomerizados se desplazan de los sitios reactivos de la zeolita, dejando estos sitios libres para reaccionar con otras moléculas de subproductos entrantes y esto aumenta la cantidad de subproductos adsorbidos en una cantidad dada de partículas de zeolita.

[0042] Preferentemente, las partículas de zeolita tienen una relación molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ igual o inferior a 20, más preferentemente igual o inferior a 15.

[0043] Preferentemente, las partículas de zeolita tienen un diámetro máximo de una esfera que puede difundirse a lo largo de al menos una (preferentemente las tres) de las direcciones de los ejes celulares (en lo sucesivo, también denominado "diámetro de la esfera") igual o mayor que 3 Å. Como es bien conocido en el campo de la zeolita, este diámetro de esfera proporciona información cuantitativa sobre el tamaño de los canales presentes en la estructura de la zeolita, que puede desarrollarse en una dimensión, dos dimensiones o tres dimensiones (la llamada "dimensionalidad" que puede ser 1, 2 o 3). Preferentemente, las partículas de zeolita de la invención tienen una dimensionalidad de 2, más preferentemente de 3.

[0044] Preferentemente, las partículas de zeolita tienen un contenido de sodio expresado como Na_2O , igual o inferior a 0,3 % en peso.

[0045] Las partículas de zeolita que tienen un catión de compensación de carga seleccionado del grupo que consiste en amonio (NH_4^+) e hidronio (H^+), una relación molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$, diámetro de la esfera y contenido de sodio en los intervalos preferidos según la invención son capaces de absorber una cantidad de subproductos de reticulación de alto punto de ebullición en un tiempo dado superior que otras partículas de zeolita que carecen de al menos una de las características mencionadas según la invención.

[0046] Se pueden encontrar más detalles sobre la nomenclatura y los parámetros de la zeolita, por ejemplo, en las recomendaciones de la IUPAC 2001, Pure Appl. Chem., Vol. 73, n.º 2, págs. 381-394, 2001, o en el sitio web de la International Zeolite Association (IZA) (<http://www.iza-structure.org/>).

[0047] El posicionamiento de las partículas de zeolita entre el conductor eléctrico y el semiconductor interno permite usar una cantidad de partículas de zeolita menor que la esperada. Esta cantidad puede variar y puede depender de la cantidad de subproductos a eliminar, el espesor de la capa aislante, la temperatura de desgasificación y el contenido final de subproductos diana.

[0048] En cuanto a la capa aislante eléctrica reticulada, comprende preferentemente al menos una poliolefina, más preferentemente al menos un homopolímero o copolímero de etileno con al menos una alfa-olefina $\text{C}_3\text{-C}_{12}$, que tiene una densidad de 0,910 g/cm³ a 0,970 g/cm³, más preferentemente de 0,915 g/cm³ a 0,940 g/cm³.

[0049] Preferentemente, el homopolímero o copolímero de etileno tiene una temperatura de fusión (T_m) superior a 100 °C y/o una entalpía de fusión (ΔH_m) superior a 50 J/g.

[0050] Preferentemente, el homopolímero o copolímero de etileno se selecciona de: polietileno de densidad media (MDPE) que tiene una densidad de 0,926 g/cm³ a 0,970 g/cm³; polietileno de baja densidad (LDPE) y polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) que tiene una densidad de 0,910 g/cm³ a 0,926 g/cm³; polietileno de alta densidad (HDPE) que tiene una densidad de 0,940 g/cm³ a 0,970 g/cm³. En una realización de la invención, la capa aislante eléctrica reticulada comprende LDPE.

[0051] Preferentemente, la poliolefina que forma la capa aislante eléctrica reticulada se reticula por reacción con al menos un peróxido orgánico. Preferentemente, el peróxido orgánico tiene la fórmula $\text{R}_1\text{-O-O-R}_2$, donde R_1 y R_2 , iguales o diferentes entre sí, son alquilos lineales o, preferentemente, ramificados $\text{C}_1\text{-C}_{18}$, arilos $\text{C}_6\text{-C}_{12}$, alquilarilos o arialquilos $\text{C}_7\text{-C}_{24}$. En una realización preferida de la invención, el peróxido orgánico se selecciona de: peróxido de dicumilo, peróxido de t-butil cumilo, 2,5-dimetil-2,5-di(t-butil peroxi)hexano, peróxido de di-t-butilo o mezclas de los mismos.

[0052] Preferentemente, el peróxido orgánico se añade a la poliolefina en una cantidad de 0,05 % a 8 % en peso, más preferentemente de 0,1 % a 5 % en peso.

[0053] La capa aislante eléctrica reticulada puede comprender además una cantidad efectiva de uno o más aditivos, seleccionados, por ejemplo, de antioxidantes, estabilizadores térmicos, coadyuvantes de procesamiento, agentes antiaglomerantes, cargas inorgánicas.

[0054] Con respecto a las capas semiconductoras, estas están formadas por un material polimérico reticulado, preferentemente la misma poliolefina reticulada utilizada para la capa aislante eléctrica, y al menos una carga

conductora, preferentemente una carga de negro de humo. La carga conductora generalmente se dispersa dentro del material polimérico reticulado en una cantidad tal que proporciona al material propiedades semiconductoras, 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 variar entre 1 y 50 % en peso, preferentemente entre 3 y 30 % en peso, en relación con el peso del polímero.

[0055] La producción del cable de energía según la presente invención se puede llevar a cabo según técnicas conocidas, particularmente por extrusión de la capa aislante eléctrica y de la al menos una capa semiconductora sobre el conductor eléctrico.

[0056] Según una realización preferida de la invención, el conductor eléctrico está formado por una pluralidad de filamentos conductores eléctricos trenzados.

[0057] Las partículas de zeolita también pueden depositarse en al menos un hilo colocado dentro de los filamentos conductores eléctricos trenzados.

[0058] Según una realización, una cinta que contiene las partículas de zeolita también se enrolla sobre una capa semiconductora externa dispuesta sobre la capa aislante eléctrica. Posteriormente, el núcleo del cable, desprovisto de la pantalla metálica, se calienta a una temperatura que provoca la migración de los subproductos de reticulación desde la capa aislante eléctrica reticulada a las partículas de zeolita, por lo que las partículas de zeolita absorben los subproductos de reticulación. Posteriormente, se coloca una pantalla metálica alrededor del núcleo del cable de energía según técnicas bien conocidas.

Breve descripción del dibujo

[0059] 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 sección transversal de una primera realización de un cable de energía, particularmente adecuada para media o alta tensión, según la presente invención;

La figura 2 es una sección transversal de una segunda realización de un cable de energía, particularmente adecuada para media o alta tensión, según la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas de la invención

[0060] En la figura 1, se representa esquemáticamente una sección transversal de una primera realización preferida de un cable (1) según la presente invención, que comprende un conductor eléctrico (2), un sistema de aislamiento eléctrico reticulado compuesto por una capa semiconductora interna (3), una capa aislante eléctrica (4) y una capa semiconductora externa (5), una pantalla metálica (6) y una cubierta (7). El conductor eléctrico (2), la capa semiconductora interna (3), la capa aislante eléctrica (4) y la capa semiconductora externa (5) constituyen el núcleo del cable (1). El cable (1) está especialmente diseñado para el transporte de corriente de media o alta tensión.

[0061] El conductor (2) consiste en filamentos metálicos (2a), preferentemente de cobre o aluminio o ambos, trenzados juntos por procedimientos convencionales. La capa aislante eléctrica (4), las capas semiconductoras (3) y (5) están hechas por extrusión y reticulación de materiales poliméricos según técnicas conocidas. Alrededor de la capa semiconductora externa (5), generalmente se coloca una capa de pantalla metálica (6), hecha de alambres o tiras conductoras eléctricas enrolladas helicoidalmente alrededor del núcleo del cable o de una cinta conductora eléctrica envuelta longitudinalmente y superpuesta (preferentemente pegada) sobre la capa subyacente. El material conductor eléctrico de dichos alambres, tiras o cinta es generalmente cobre o aluminio o ambos. La capa de pantalla (6) puede estar cubierta por una cubierta (7), generalmente hecha de una poliolefina, generalmente polietileno, en particular polietileno de alta densidad.

[0062] Según una realización de la presente invención, una cinta (8) donde las partículas de zeolita se dispersan se enrolla alrededor del conductor (2) y la capa semiconductora interna (3) se extruye sobre ella.

[0063] Las partículas de zeolita pueden dispersarse en un material de relleno, preferentemente un material de relleno de amortiguación que se coloca entre los filamentos (2a) del conductor eléctrico (2) para evitar la propagación de agua o humedad que pueda penetrar dentro del conductor del cable (2), especialmente cuando el cable (1) se instalará en entornos muy húmedos o bajo el agua.

[0064] El material de relleno es preferentemente un material de relleno polimérico que puede proporcionarse en el núcleo del cable mediante un procedimiento de deposición continua, especialmente por extrusión o por pultrusión. El material de relleno puede comprender un material polimérico y, ventajosamente, un material higroscópico, por ejemplo, un compuesto basado en un copolímero de etileno, por ejemplo, un copolímero de etileno/acetato de vinilo, relleno con un polvo absorbente de agua, por ejemplo, polvo de poliácido de sodio.

[0065] En la figura 2, se representa esquemáticamente una sección transversal de otra realización del cable (1) según la presente invención, que comprende los mismos elementos que se describen en la figura 1, con la adición de una cinta (8'), enrollada sobre la capa semiconductora externa (5), donde las partículas de zeolita se dispersan. En una realización adicional, las partículas de zeolita también pueden dispersarse en un material de relleno colocado dentro de huecos (2b) entre los filamentos metálicos (2a) que forman el conductor eléctrico (2).

[0066] Las figuras 1 y 2 muestran solo dos realizaciones de la presente invención. Se pueden realizar modificaciones adecuadas a estas realizaciones según las necesidades técnicas específicas y los requisitos de aplicación sin apartarse del alcance de la invención.

[0067] Los siguientes ejemplos se proporcionan para ilustrar adicionalmente la invención.

EJEMPLOS 1-3.

[0068] Se llevaron a cabo algunas pruebas para evaluar la capacidad de las cintas con partículas de zeolita para absorber los subproductos derivados de la reacción de reticulación del polietileno con peróxido de cumilo y, en particular, el alcohol cumílico, uno de los principales subproductos.

[0069] La cinta transportaba partículas de zeolita. Las partículas de zeolitas eran CBV 600 (zeolita de tipo Y que tiene: catión de compensación de carga = H⁺; área superficial específica = 660 m²/g; relación SiO₂/Al₂O₃ = 5,2; % de Na₂O = 0,2; dimensionalidad = 3; diámetro máximo de la esfera difusora = 7,35 Å).

[0070] La cinta se colocó entre el conductor y la capa semiconductora interna y, opcionalmente, también alrededor de la capa semiconductora externa de cables que tiene una sección transversal del conductor de 1800 mm², donde la capa semiconductora interna tenía un diámetro interno de aproximadamente 51 mm y la capa semiconductora externa tenía un diámetro externo de aproximadamente 97 mm.

[0071] La cantidad de partículas de zeolita colocadas entre el conductor y la capa semiconductora interna (SCI) fue solo de 0,0059 g/cm³. La cantidad de cinta de partículas de zeolita colocada entre el conductor y la capa semiconductora interna (SCI) y también alrededor de la capa semiconductora externa (SCE), la cantidad de partículas de zeolita en el cable fue de aproximadamente 0,011 g/cm³ (0,0059 g/cm³ entre el conductor y la capa semiconductora interna + 0,0059 g/cm³ alrededor de la capa semiconductora externa). Uno de los cables probados no contenía partículas de zeolita.

[0072] Las concentraciones de subproductos de reticulación se midieron por cromatografía de gases en columna de una muestra de material de sistema de aislamiento reticulado.

[0073] Las pruebas se llevaron a cabo en cables mantenidos a 70 °C. Los resultados se presentan en la tabla 1.

TABLA 1

Ejemplo	Posición de cinta de zeolita	Concentración de subproductos de reticulación (%)		
		día 0	día 26	día 45
1(*)	(ninguna)	0,76	-	0,28
2	SCI	0,79	0,40	-
3	SCI+/SCE	0,78	0,37	-

TABLA 2

Ejemplo	Posición de cinta de zeolita	Concentración de alcohol cumílico (%)		
		día 0	día 26	día 45
1(*)	(ninguna)	0,47	-	0,20
2	SCI	0,50	0,23	-
3	SCI+SCE	0,48	0,21	-

El ejemplo marcado con un asterisco (*) es comparativo.

SCI = cinta con zeolita colocada entre el conductor y la capa semiconductora interna (cantidad 0,0059 g/cm³)

SCI + SCE = cinta con zeolita colocada entre el conductor y la capa semiconductora interna y alrededor de la capa semiconductora externa (cantidad 0,011 g/cm³)

[0074] A partir de los datos presentados en la tabla 1, es evidente que en los ejemplos 2 y 3 según la invención, las zeolitas pueden reducir la concentración de subproductos de reticulación y, en particular, la concentración de alcohol cumílico en un tiempo sustancialmente más corto que el procedimiento de desgasificación conocido incluso cuando se usa en una cantidad reducida. La presencia adicional de partículas de zeolita en la capa semiconductora externa (cable del ejemplo 3) mejora la reducción de los subproductos de reticulación, pero su efecto parece ser menos significativo que el de la presencia de partículas de zeolita colocadas entre el conductor y la capa semiconductora interna.

EJEMPLO 4.

[0075] El sistema de aislamiento de un cable análogo al del ejemplo 1 se analizó después de aproximadamente 20 días a 70 °C desde la fabricación y se descubrió que el contenido global de subproductos de reticulación se redujo de 1,3 % a 0,37 % (se descubrió que el contenido de alcohol cumílico se redujo de 0,82 % a 0,22 %). Después de aproximadamente un año (a temperatura ambiente) se llevó a cabo otro análisis y se descubrió que el contenido de subproductos de reticulación se redujo aún más a sustancialmente 0 %.

[0076] A partir de estos datos, se puede deducir que las partículas de zeolita colocadas en las proximidades del sistema de aislamiento de un cable de energía pueden reducir, hasta una eliminación sustancial, los subproductos de reticulación no solo durante el calentamiento por desgasificación sino también durante el almacenamiento del cable a temperatura ambiente.

[0077] La reducción de la concentración de alcohol cumílico en el sistema de aislamiento implica la difusión del compuesto radialmente hacia el interior del sistema de aislamiento (donde es adsorbido por las partículas de zeolita) y hacia el exterior del sistema de aislamiento (donde puede dispersarse en la atmósfera). El tiempo de difusión es importante y se espera que dependa del espesor del sistema de aislamiento.

[0078] En estimaciones anteriores, para un espesor de aislamiento de 25 mm, se contempló una cantidad de al menos 70 g/m de partículas de zeolita (que corresponde a aproximadamente 0,01 g/cm³ para un cable conductor de 2000 mm²) para alcanzar un objetivo final de 0,32 % en peso del contenido de alcohol cumílico en el sistema de aislamiento después de un período de desgasificación de 25 días a 70 °C, mientras que para un espesor de aislamiento de 15 mm, se contempló una cantidad de al menos 27 g/m de partículas de zeolita (que corresponde a aproximadamente 0,005 g/cm³ para un cable conductor de 1100 mm²) para alcanzar el mismo objetivo final anterior.

[0079] Se consideraron estos valores para tener en cuenta la diferente longitud de la ruta de difusión del alcohol cumílico para alcanzar el material absorbente o la atmósfera externa.

[0080] Sorprendentemente, se ha descubierto que incluso con un espesor significativamente alto, una cantidad relativamente baja de partículas de zeolita es suficiente para alcanzar y exceder la concentración residual deseada de alcohol cumílico, como se confirma en los ejemplos 2 y 3 anteriores.

REIVINDICACIONES

1. Cable de energía (1) que comprende al menos un núcleo de cable que comprende:
 - 5 - un conductor eléctrico (2), que está formado por una pluralidad de filamentos conductores eléctricos trenzados (2a),
 - un sistema de aislamiento eléctrico reticulado que comprende una capa semiconductora interna (3), una capa aislante (4) y una capa semiconductora externa (5),
- 10 y donde las partículas de zeolita se colocan entre el conductor eléctrico (2) y la capa semiconductora interna (3), teniendo dicha zeolita:
 - una relación molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ igual o inferior a 20;
 - un diámetro máximo de una esfera que puede difundirse a lo largo de al menos una de las direcciones de los ejes
 - 15 de la celda igual o mayor que 3 Å;
 - un contenido de sodio, expresado como Na_2O , igual o inferior a 0,3 % en peso.
2. Cable de energía (1) según la reivindicación 1, donde las partículas de zeolita se colocan en contacto con la capa semiconductora interna (3).
- 20 3. Cable de energía (1) según la reivindicación 1, donde las partículas de zeolita se colocan además en o en contacto con la capa semiconductora externa (5).
4. Cable de energía (1) según la reivindicación 3, donde las partículas de zeolita se colocan en contacto
- 25 con la capa semiconductora externa (5).
5. Cable de energía (1) según la reivindicación 1, donde las partículas de zeolita se dispersan sobre un sustrato, incluyendo dicho sustrato cualquiera de hilo o cinta (8, 8').
- 30 6. Cable de energía (1) según la reivindicación 1, donde las partículas de zeolita están presentes en una cantidad inferior a 0,01 g/cm³.
7. Cable de energía (1) según la reivindicación 6, donde las partículas de zeolita están presentes en una cantidad como máximo de 0,008 g/cm³.
- 35 8. Cable de energía (1) según la reivindicación 1, donde las partículas de zeolita tienen un catión de compensación de carga seleccionado del grupo que consiste en amonio (NH_4^+) e hidronio (H^+).
9. Cable de energía (1) según la reivindicación 1, donde las partículas de zeolita tienen una relación molar
- 40 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ igual o inferior a 15.
10. Procedimiento de extracción de subproductos de reticulación de un sistema de aislamiento eléctrico reticulado de un núcleo de cable de energía, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas secuenciales:
- 45 fabricar un núcleo de cable de energía que comprende un conductor eléctrico (2), que está formado por una pluralidad de filamentos conductores eléctricos trenzados (2a), un sistema de aislamiento eléctrico reticulado que contiene subproductos de reticulación y comprende una capa semiconductora interna (3), una capa aislante (4) y una capa semiconductora externa (5), y partículas de zeolita colocadas entre el conductor eléctrico (2) y la capa semiconductora interna, teniendo dicha zeolita:
- 50 - una relación molar $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ igual o inferior a 20;
- un diámetro máximo de una esfera que puede difundirse a lo largo de al menos una de las direcciones de los ejes de la celda igual o mayor que 3 Å;
- un contenido de sodio, expresado como Na_2O , igual o inferior a 0,3 % en peso.
- 55 calentar el núcleo del cable de energía hasta una temperatura que provoca la migración de los subproductos de reticulación del sistema de aislamiento eléctrico reticulado a las partículas de zeolita, por lo que las partículas de zeolita absorben los subproductos de reticulación; y
- a continuación, colocar una pantalla de metal (6) alrededor del núcleo del cable de energía.
- 60 11. Procedimiento según la reivindicación 10, donde la etapa de calentamiento se lleva a cabo a una temperatura de 70 °C a 80 °C, durante un tiempo de 7 a 15 días.
12. Procedimiento según la reivindicación 10, donde la etapa de calentamiento hace que al menos una
- 65 fracción de los subproductos de reticulación se absorba de manera irreversible en las partículas de zeolita.

