

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 417 006**

51 Int. Cl.:

**H01B 5/10** (2006.01)

**H01B 7/18** (2006.01)

**H01B 7/22** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2010 E 10708260 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2394273**

54 Título: **Cable de transmisión eléctrica de alta tensión**

30 Prioridad:

**03.02.2009 FR 0950672**

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

**05.08.2013**

73 Titular/es:

**NEXANS (100.0%)  
8, rue du Général Foy  
75008 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**BARBEAU, SOPHIE;  
GUERY, DANIEL;  
MARTIN, MICHEL;  
THEUNE, CLAUS-FRIEDRICH;  
MEYER, MICHAEL y  
POULARD, CORINNE**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 417 006 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 transmisión eléctrica de alta tensión

- 5 La presente invención se refiere a un cable eléctrico. Esta se aplica típicamente, aunque no exclusivamente, a los cables de transmisión eléctrica de alta tensión o cables aéreos de transporte de energía, bien conocidos bajo el anglicismo OHL «OverHead Lines». Los cables de transmisión eléctrica de última generación tienen típicamente, en régimen continuo, una temperatura de funcionamiento relativamente elevada, que puede ser superior a 90 ° C y alcanzar los 200 ° C y más.
- 10 El documento US 6559385 describe un cable de transmisión eléctrica de este tipo que comprende un elemento compuesto de refuerzo central que comprende, por ejemplo, una pluralidad de fibras de carbono recubiertas en una matriz termoendurecible del tipo epoxi, una cinta metálica de aluminio arrollada alrededor de dicho elemento compuesto de refuerzo y un elemento conductor que rodea dicho revestimiento metálico.
- 15 No obstante, cuando este cable de transmisión eléctrica funciona en régimen continuo a alta temperatura, en particular a una temperatura de funcionamiento superior a 90 °C, la matriz termoendurecible de su elemento compuesto de refuerzo puede sufrir una termo-oxidación, ligada en particular al oxígeno del aire, que origina una degradación química y, con ello, un aumento de la porosidad de dicha matriz. Así, pueden disminuir de manera significativa las propiedades mecánicas del elemento compuesto de refuerzo, en particular de la matriz orgánica que lo compone, y conducir a la rotura del cable de transmisión eléctrica. Además, dicha matriz orgánica está sometida a todo tipo de compuestos exteriores, distintos al oxígeno del aire, que igualmente pueden degradar el elemento compuesto de refuerzo.
- 20 El documento EP 1821318 describe un cable eléctrico que comprende unos hilos compuestos rodeados por un revestimiento de aluminio, estando dicho revestimiento rodeado a su vez por elementos conductores. Este revestimiento de aluminio es del tipo empaquetadura, ya que penetra en los intersticios entre los hilos compuestos. Finalmente, cada hilo compuesto puede estar rodeado por una capa de protección termostable.
- 25 No obstante, un espesor demasiado elevado del revestimiento de aluminio no permite optimizar ni el peso del cable eléctrico, en particular cuando este es del tipo OHL, ni las propiedades mecánicas del cable, en particular su flexibilidad. Más aún, el revestimiento de aluminio se implanta con una notable aportación de calor que tiende a degradar térmicamente los hilos compuestos.
- 30 El propósito de la presente invención es subsanar los inconvenientes del estado de la técnica.
- 35 La presente invención tiene por objeto un cable eléctrico que comprende:
- 40 - al menos un elemento compuesto de refuerzo que comprende uno o varios elementos de refuerzo embebido(s) al menos parcialmente en una matriz orgánica,
  - un revestimiento que rodea dicho o dichos elementos compuestos de refuerzo, siendo estanco dicho revestimiento a todo alrededor del o los elementos compuestos de refuerzo, y
  - 45 - al menos un elemento conductor (eléctrico) que rodea dicho revestimiento, caracterizado porque el espesor del revestimiento estanco es como máximo de 3000 µm.
- Dicho de otro modo, el revestimiento de la invención está desprovisto de juntas o de aberturas.
- 50 El revestimiento estanco protege ventajosamente dicho elemento compuesto de refuerzo, cualquiera que sea su naturaleza, contra todas las agresiones a las cuales pudiera ser sensible, agresiones éstas que provienen de compuestos exteriores del entorno del cable eléctrico. Así, con el cable eléctrico en configuración operativa, el revestimiento estanco impide toda penetración de dichos compuestos exteriores desde el exterior de dicho revestimiento hacia el o los elementos compuestos de refuerzo.
- 55 Los compuestos exteriores pueden ser por ejemplo el oxígeno del aire. En tal caso, el revestimiento estanco evita la termo-oxidación de la matriz orgánica del elemento compuesto de refuerzo. Los compuestos exteriores pueden ser asimismo la humedad, el ozono, la contaminación o las radiaciones UV, o bien provenir de productos de recubrimiento o de residuos de aceite de trefilado en la fabricación del cable eléctrico, en particular en la colocación del o los elementos conductores alrededor del o los elementos compuestos de refuerzo.
- 60 El revestimiento estanco también presenta la ventaja de proteger el o los elementos compuestos de refuerzo en la implantación de accesorios tales como empalmes o anclajes, o en el seccionamiento del elemento conductor del cable, y protegerlo asimismo contra la abrasión.
- 65 Finalmente, al no ser el espesor del revestimiento estanco más que de 3000 µm como máximo, el cable eléctrico según la invención tiene, por una parte, un peso optimizado para una utilización como cable OHL y, por otra, unas

propiedades mecánicas muy buenas, en particular de flexibilidad: el revestimiento estanco de la invención no degrada así la flexibilidad de dicho cable eléctrico aportada por el o los elementos compuestos de refuerzo.

5 La flexibilidad del cable eléctrico de la invención, en particular de un cable OHL, permite poder evitar dañarlo cuando, por una parte, dicho cable se arrolla sobre un tambor con el fin de transportarlo y, por otra, cuando pasa sobre desenrolladoras-frenadoras y/o sobre poleas en su instalación entre dos torres eléctricas.

10 Además, en la fabricación de dicho cable, la puesta en práctica del revestimiento estanco no sólo se ve facilitada en gran medida, sino que también evita cualquier degradación térmica del o los elementos compuestos de refuerzo.

El revestimiento estanco de la invención puede ser obtenido ventajosamente por tratamiento térmico de un material metálico y/o de un material polimérico.

15 En una primera forma de realización, el revestimiento estanco incluye al menos una capa metálica obtenida por tratamiento térmico de un material metálico, permitiendo el tratamiento térmico obtener la estanqueidad del revestimiento.

20 Ventajosamente, este revestimiento estanco «metálico» participa en el transporte de la energía del cable eléctrico en funcionamiento cuando está en contacto directo con el elemento conductor. La corriente que circula por este último va a repartirse por tanto entre el revestimiento estanco y el elemento conductor en función de sus respectivas resistencias eléctricas.

25 Por «al menos una capa metálica» se entiende un revestimiento que incluye una o varias capas de un metal o de una aleación de metales. Cuando el revestimiento incluye al menos una capa metálica y al menos una capa polimérica, el revestimiento se denomina revestimiento complejo.

Según una primera variante, la capa metálica se obtiene por soldadura en sentido de la longitud del material metálico en forma de una banda, permitiendo así la soldadura obtener la estanqueidad.

30 Según una segunda variante, la capa metálica se obtiene por soldadura helicoidal del material metálico en forma de una cinta, permitiendo así la soldadura obtener la estanqueidad.

35 Ya sea en la primera o en la segunda variante, el soldeo de la banda metálica o de la cinta metálica puede efectuarse mediante técnicas bien conocidas para el experto en la materia, a saber por soldadura láser o por soldadura por arco eléctrico bajo gas protector (TIG por el anglicismo «Tungsten Inert Gas» o bien MIG por el anglicismo «Metal Inert Gas»).

40 En estas dos variantes, el escasísimo espesor del revestimiento estanco (es decir, como máximo 3000 µm) permite ventajosamente facilitar el arrollamiento del material metálico alrededor del o los elementos compuestos de refuerzo con anterioridad al soldeo.

Adicionalmente, la escasa aportación de energía, por una parte, y por otra, la limitación de la zona de caldeo inducida por la soldadura, evitan la degradación térmica del o los elementos compuestos de refuerzo.

45 Estas dos variantes son así más ventajosas que una capa metálica obtenida por extrusión de un material metálico alrededor del o los elementos compuestos de refuerzo, en particular cuando la extrusión es del tipo «empaquetadura» que implica así una puesta en contacto directo entre el material extrudido y el o los elementos compuestos de refuerzo. En efecto, la extrusión de un material metálico precisa de temperaturas de puesta en práctica muy elevadas que pueden dañar dichos elementos compuestos.

50 De acuerdo con otra particularidad de la invención, el revestimiento llamado «metálico», o capa metálica, es anillado, o corrugado, con el fin de obtener en particular una mejor flexibilidad de dicho revestimiento. Dicho de otro modo, el revestimiento metálico estanco presenta sobre su superficie exterior ondulaciones paralelas, o helicoidales.

55 De acuerdo con una característica del revestimiento metálico estanco de la invención, el material metálico es un metal o una aleación de metales y más concretamente se puede seleccionar de entre el acero, las aleaciones de acero, el aluminio, las aleaciones de aluminio, el cobre y las aleaciones de cobre.

60 En una segunda forma de realización, el revestimiento estanco incluye al menos una capa polimérica obtenida por tratamiento térmico de un material polimérico, permitiendo el tratamiento térmico obtener la estanqueidad del revestimiento.

Más en particular, la capa polimérica es obtenida por reblandecimiento del material polimérico.

65 Por «reblandecimiento» se entiende una temperatura apta para hacer maleable el material de polímero, o

temperatura de reblandecimiento, con el fin de hacerlo estanco. Por ejemplo, para un termoplástico cristalino o semicristalino, la temperatura de reblandecimiento es una temperatura superior a la temperatura de fusión del material polimérico.

5 El material polimérico se puede seleccionar de entre una poliimida, un politetrafluoroetileno (PTFE), un polímero de etileno fluorado (FEP) y un polioximetileno (POM), o una de sus mezclas.

10 A título de ejemplo, se puede utilizar una cinta de FEP para rodear helicoidalmente el o los elementos compuestos con un porcentaje de solapamiento no nulo. Esta cinta de FEP se trata a continuación térmicamente por calentamiento a una temperatura aproximada de 250 °C, temperatura superior a su temperatura de fusión, para hacer estanca la cinta.

15 La primera forma de realización se prefiere, no obstante, respecto a la segunda forma de realización. En efecto, un revestimiento estanco de tipo capa metálica asegura una mejor estanqueidad y protección que un revestimiento estanco de tipo capa polimérica.

20 En una tercera forma de realización, el revestimiento estanco incluye al menos una capa polimérica y al menos una capa metálica respectivamente obtenidas por tratamiento térmico de un material polimérico y de un material metálico. Dicho de otro modo, dicho revestimiento estanco es un revestimiento complejo. Se aplican las diferentes características antes descritas en la primera forma de realización y/o en la segunda forma de realización.

De acuerdo con la invención, el revestimiento estanco que rodea el o los elementos compuestos puede estar en forma de un tubo.

25 El tubo es convencionalmente un cilindro hueco cuyo espesor es sensiblemente constante a lo largo del tubo. El diámetro interno del tubo puede ser o no idéntico a lo largo de dicho tubo.

30 Esta forma tubular permite ventajosamente mejorar las características mecánicas a la rotura del cable eléctrico, repartiendo de manera uniforme los esfuerzos mecánicos que pueden ser provocados por la compresión de los elementos conductores y/o del revestimiento estanco en la instalación del cable eléctrico de tipo OHL.

35 En efecto, para suspender este tipo de cable de una torre eléctrica, se necesitan accesorios de anclaje. Estos accesorios permiten relacionar mecánicamente el cable eléctrico con una torre eléctrica sobre la cual éste debe ser instalado. Igualmente, para unir dos longitudes de cable eléctrico según la invención, se utilizan accesorios de empalme.

La instalación de estos accesorios se efectúa mediante compresión de los mismos sobre el o los elementos conductores, sobre el revestimiento estanco y/o sobre el o los elementos de refuerzo.

40 Dicho tubo puede tener un diámetro interior mayor o igual que el diámetro exterior en el que quedan inscritos el o los elementos compuestos de refuerzo. En el caso en que este diámetro interior es superior al diámetro exterior en el que quedan inscritos el o los elementos compuestos de refuerzo, el tubo es en particular un tubo metálico. Así, para obtener un diámetro interior del tubo metálico sensiblemente idéntico a dicho diámetro exterior, la etapa de obtención del tubo metálico puede venir seguida de una etapa destinada a recalcar, o dicho de otro modo a reducir, el diámetro interno del tubo metálico.

De acuerdo con una característica del revestimiento estanco de la invención, el espesor de dicho revestimiento puede ser de como máximo 600 µm y, preferentemente, de como máximo 300 µm.

50 Cuando el revestimiento estanco es del tipo capa metálica según la invención, el espesor de dicho revestimiento puede ir preferiblemente de 150 µm a 250 µm.

55 Cuando el revestimiento estanco es del tipo capa polimérica según la invención, el espesor de dicho revestimiento puede ir preferiblemente de 150 µm a 600 µm.

Por otro lado, la matriz orgánica del elemento compuesto de refuerzo, por su parte, se puede seleccionar de entre una matriz termoplástica y una matriz termoendurecible, o una de sus mezclas. Preferentemente, la matriz orgánica es una matriz termoendurecible.

60 A título de ejemplo, la matriz termoendurecible se puede seleccionar de entre las epoxis, las vinilésteres, las poliimidias, las poliésteres, las ésteres cianato, las fenólicas, las bismaleimidias y los poliuretanos, o una de sus mezclas.

65 El o los elementos de refuerzo del elemento compuesto de refuerzo se pueden seleccionar de entre las fibras (continuas), las nanofibras y los nanotubos, o una de sus mezclas.

- 5 A título de ejemplo, las fibras (continuas) se pueden seleccionar de entre las fibras de carbono, de vidrio, de aramidas (Kevlar), de cerámicas, de titanios, de tungsteno, de grafitos, de boro, de poli(p-fenileno-2,6-benzobisoxazol) (Zylon), de basalto y de alúmina. Las nanofibras pueden ser nanofibras de carbono. Los nanotubos pueden ser nanotubos de carbono.
- El o los elementos de refuerzo que componen el elemento compuesto de la invención pueden ser de igual naturaleza o de distinta naturaleza.
- 10 Dichos elementos de refuerzo pueden ser incorporados así al menos parcialmente en al menos una de las matrices orgánicas antes mencionadas. Los elementos compuestos de refuerzo preferidos son fibras de carbono o de vidrio al menos parcialmente embebidas en una matriz termoendurecible de tipo resina epoxi, fenólica, bismaleimida, o éster cianato.
- 15 El o los elementos de refuerzo van posicionados en el interior de una zona delimitada por el revestimiento estanco que los rodea. Preferentemente, dicha zona no comprende fibras ópticas. En efecto, la presencia de fibras ópticas en el o los elementos compuestos de refuerzo, o dicho de otro modo, dentro de la zona interior delimitada por el revestimiento estanco, no puede sino limitar de manera drástica las propiedades de refuerzo mecánico del cable eléctrico y, por tanto, no se adapta a las propiedades que para los cables eléctricos OHL se requieren. Por otro lado, las fibras ópticas son muy sensibles a las tensiones mecánicas que sobre ellas se ejercen, por lo que se deben limitar al máximo estas tensiones mecánicas. Por lo tanto, éstas no pueden ser consideradas elementos compuestos de refuerzo de un cable eléctrico según la invención, aun cuando estén embebidas en una resina de polímero.
- 20 Por supuesto, en casos puntuales, el cable eléctrico de la invención puede comprender con todo una o unas fibras ópticas, quedando posicionadas entonces esas fibras ópticas alrededor del revestimiento estanco.
- 25 En lo referente al elemento conductor eléctrico de la invención que rodea al revestimiento estanco, éste puede ser preferentemente metálico, en particular basado en aluminio, a saber, bien sea únicamente en aluminio, o bien en aleación de aluminio tal como por ejemplo en aleación de aluminio y de circonio. El aluminio o la aleación de aluminio tiene la ventaja de presentar una pareja conductividad eléctrica/peso específico optimizada de manera significativa, en particular respecto al cobre.
- 30 El elemento conductor de la invención puede ser convencionalmente un ensamble de hilos (o cordones) metálicos cuya sección transversal puede ser o no de forma redonda, o una combinación de ambos. Cuando no son de forma redonda, la sección transversal de estos hilos puede ser por ejemplo de forma trapezoidal o de forma Z. Los diferentes tipos de forma quedan definidos en la norma IEC 62219.
- 35 En una forma particular de realización, el cable eléctrico puede comprender además un gas inerte, como por ejemplo el argón, entre el revestimiento estanco y el o los elementos compuestos de refuerzo. Este gas inerte permite reducir al mínimo la cantidad de oxígeno en contacto con el o los elementos compuestos de refuerzo.
- 40 En una forma particular de realización, el cable eléctrico puede comprender además una capa eléctricamente aislante posicionada entre el revestimiento estanco y el o los elementos compuestos de refuerzo. Esta capa puede ser una capa de un material de polímero termorresistente, como por ejemplo de poliéter éter cetona (PEEK). Ésta puede rodear en particular al menos uno de los elementos compuestos, cada elemento compuesto o el conjunto formado por el o los (todos los) elementos compuestos.
- 45 Esta capa eléctricamente aislante permite ventajosamente evitar la aparición de corriente galvánica entre el elemento compuesto de refuerzo y el revestimiento estanco cuando este último es metálico.
- 50 Se utilizará preferentemente una capa eléctricamente aislante que rodea el conjunto formado por el o los elementos compuestos de refuerzo, siendo suficiente esta única capa eléctricamente aislante para evitar la aparición de corriente galvánica. Adicionalmente, la utilización de esta capa que rodea todos los elementos compuestos de refuerzo permite ventajosamente facilitar la puesta en práctica de dicha capa, todo ello teniendo una ganancia de materia.
- 55 Por otro lado, el cable eléctrico de la invención no necesariamente comprende una capa de adhesivo posicionada entre el o los elementos compuestos de refuerzo y el elemento conductor.
- 60 En una forma de realización especialmente preferida, el cable eléctrico de la invención no comprende una capa exterior que rodea el o los elementos conductores, pudiendo ser típicamente esta capa exterior una capa eléctricamente aislante o una cubierta protectora.
- 65 Por lo tanto, el o los elementos conductores pueden ser considerados el o los elementos más al exterior del cable eléctrico de la invención. En consecuencia, el o los elementos conductores se hallan entonces en contacto directo

con su entorno exterior (por ejemplo, el aire ambiente).

Esta ausencia de capa exterior alrededor del o los elementos conductores presenta la ventaja de garantizar un cable eléctrico con la menor tensión de tendido posible, siendo esta tensión de tendido proporcional al peso del cable eléctrico. Dicho de otro modo, lo que interesa es tener un cable eléctrico de tipo OHL que presenta el menor esfuerzo mecánico posible, esfuerzo mecánico éste que es ejercido por el cable sobre las dos torres entre las cuales se halla suspendido.

Consecuentemente, el vano del cable eléctrico entre dos torres eléctricas puede llegar a 500 m, e incluso a 2000 m.

Otras características y ventajas de la presente invención se irán poniendo de manifiesto a la luz de los ejemplos subsiguientes con referencia a las figuras reseñadas, siendo dados dichos ejemplos y figuras a título ilustrativo y sin carácter limitativo alguno.

La figura 1 representa de manera esquemática y en perspectiva un cable eléctrico conforme a la presente invención.

La figura 2 representa de manera esquemática y en perspectiva el cable eléctrico de la figura 1, al que se ha agregado una capa eléctricamente aislante conforme a la invención.

Por motivos de claridad, sólo se han representado de manera esquemática los elementos esenciales para la comprensión de la invención, y ello sin respetar la escala.

El cable eléctrico 10, ilustrado en la figura 1, corresponde a un cable de transmisión eléctrica de alta tensión del tipo OHL.

Este cable 10 comprende un elemento compuesto de refuerzo 1 central y, sucesiva y coaxialmente alrededor de este elemento compuesto 1, un tubo metálico 2 de aluminio y un elemento conductor eléctrico 3. El elemento conductor 3 se halla directamente en contacto con el tubo metálico 2 y este último se halla directamente en contacto con el elemento compuesto de refuerzo 1.

El elemento compuesto de refuerzo 1 comprende una pluralidad de cordones de fibra de carbono recubiertos en una matriz termoendurecible de tipo epoxi.

El elemento conductor 3 es, en este ejemplo, un ensamble de cordones en aleación de aluminio y de circonio, cada uno de cuyos cordones tiene sección transversal de forma trapezoidal, estando estos cordones trenzados entre sí. Por lo tanto, dicho elemento conductor no es de ningún modo estanco al entorno exterior y los cordones que lo constituyen se distancian de hecho bajo el efecto del calor como consecuencia de la dilatación térmica del elemento conductor.

El tubo metálico 2 puede ser obtenido a partir de una banda de metal transformada en tubo con una hendidura longitudinal mediante un útil de conformado. Seguidamente, la hendidura longitudinal se suelda, en particular con el concurso de un dispositivo de soldadura por láser o de un dispositivo de soldadura por arco eléctrico bajo gas protector, previa puesta en contacto y sujeción de los bordes de soldadura de dicha banda. En la etapa de soldeo, el elemento compuesto de refuerzo puede encontrarse en el interior de la banda de metal transformada en tubo. El diámetro del tubo conformado es recalcado a continuación (disminución de la sección transversal del tubo) alrededor del elemento compuesto de refuerzo mediante técnicas bien conocidas para el experto en la materia.

Según se indica anteriormente, son posibles otras formas de realización de este tubo metálico. El tubo metálico 2 puede ser obtenido a partir de una cinta de metal arrollada helicoidalmente alrededor del elemento compuesto de refuerzo o de un sustituto. Seguidamente, la hendidura helicoidal de esta cinta metálica se suelda, en particular con el concurso de un dispositivo de soldadura por láser o de un dispositivo de soldadura por arco eléctrico bajo gas protector, previa puesta en contacto y sujeción de los bordes de soldadura de dicha cinta. Cabe asimismo contemplar la etapa de recalado antes mencionada.

El cable de la figura 1, adicionalmente, no incluye cubierta exterior: el elemento conductor 3 es dejado así directamente en contacto con su entorno exterior (es decir, el aire ambiente). En la configuración operativa del cable (es decir, una vez suspendido el cable entre dos torres eléctricas), la ausencia de cubierta exterior permite ventajosamente aumentar el vano de dicho cable entre dos torres eléctricas.

La figura 2 representa un cable eléctrico 20 según la presente invención, que es idéntico al cable eléctrico 10 de la figura 1, exceptuando el hecho de que el cable 20 comprende además una única capa eléctricamente aislante 4 que rodea el elemento compuesto de refuerzo (es decir, todos los elementos compuestos de refuerzo). Esta capa eléctricamente aislante 4 queda posicionada entre el tubo metálico 2 y el elemento compuesto de refuerzo 1. El cable 20 igualmente no comprende cubierta exterior alrededor del elemento conductor 3.

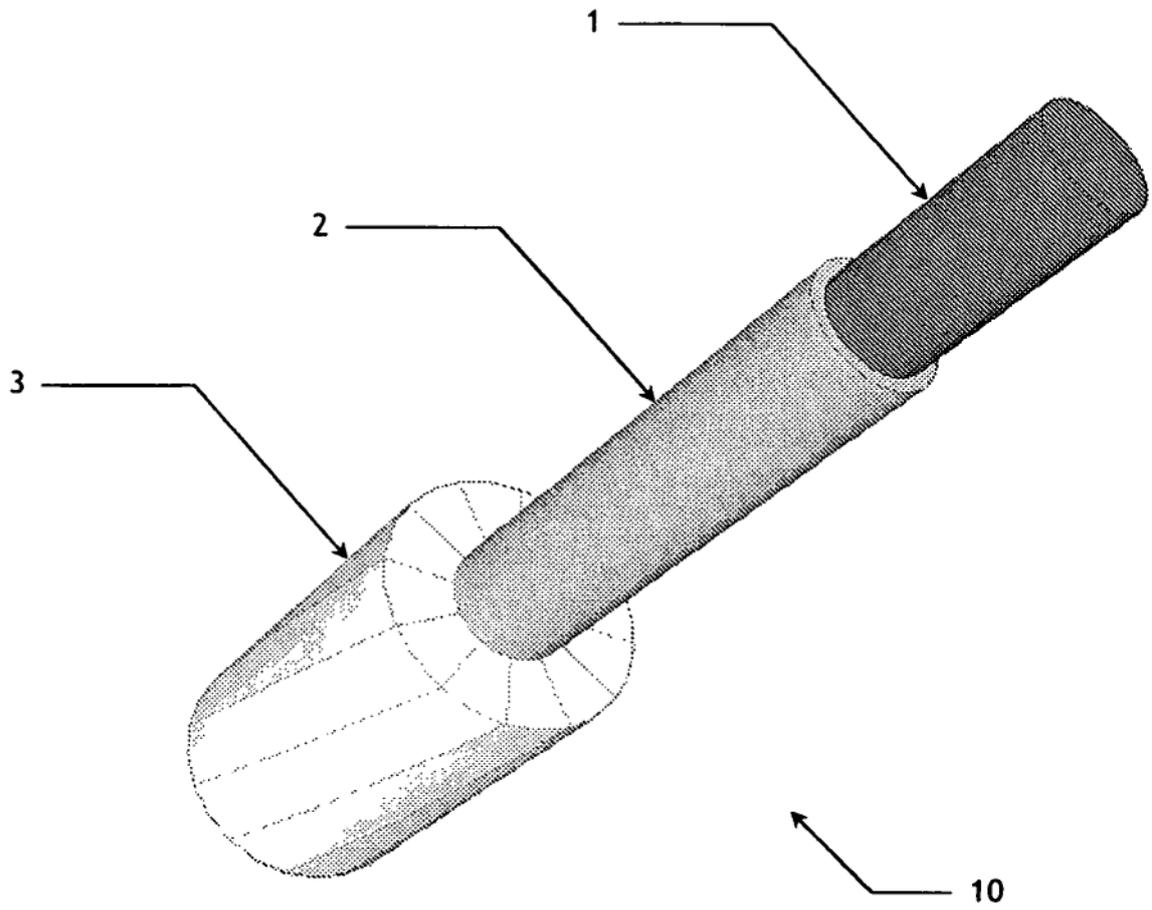
Ejemplo

Con objeto de mostrar las ventajas del cable eléctrico según la invención, se realizaron pruebas comparativas de envejecimiento y de porosidad sobre muestras de cables eléctricos.

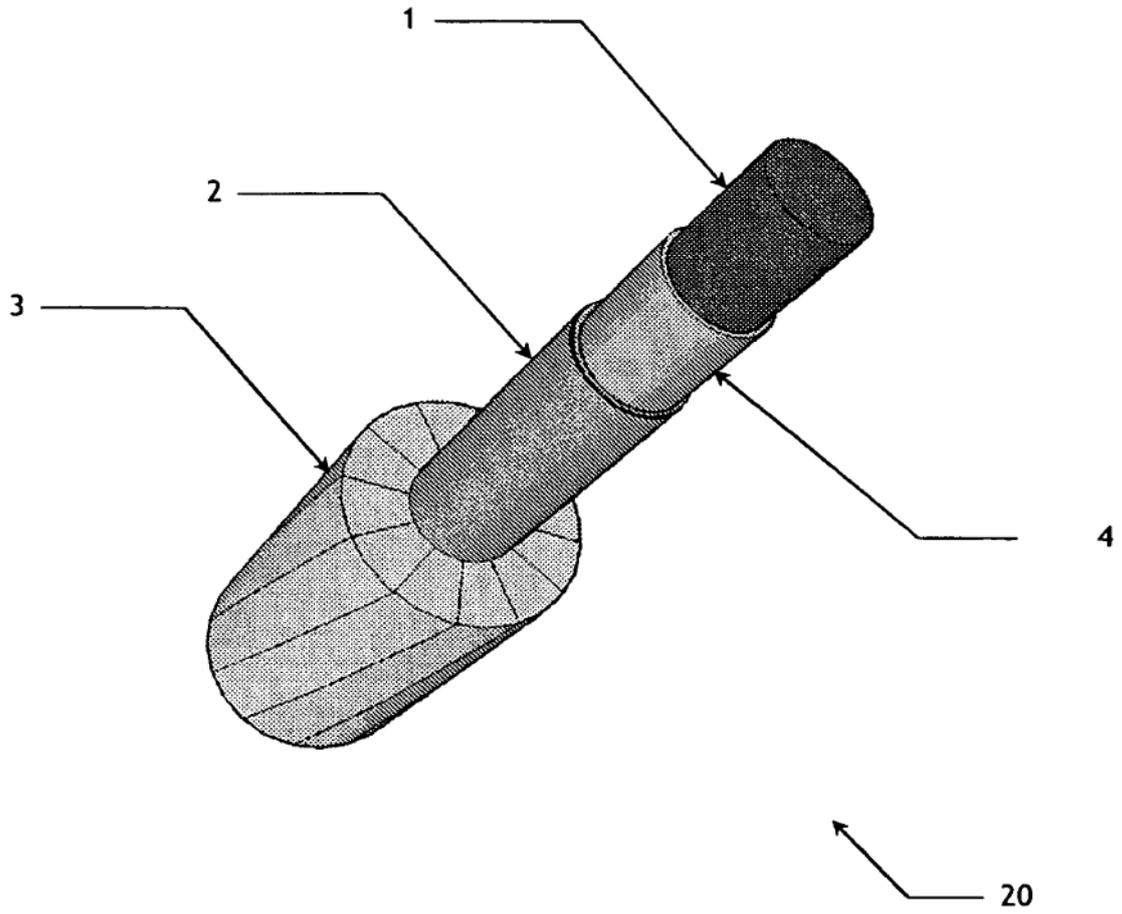
- 5 Un primer cable eléctrico, «cable I1», está realizado como sigue. Un elemento compuesto de refuerzo que comprende un conjunto de fibras de carbono embebidas en una matriz termoendurecible de tipo resina epoxi es revestido de una capa eléctricamente aislante de PEEK y luego de una capa de aluminio estanca. La capa de aluminio estanca se realizó con el concurso de una banda de aluminio soldada a lo largo de su longitud, con el fin de crear un tubo alrededor del elemento compuesto de refuerzo. Seguidamente, se recalzó este tubo de aluminio
- 10 alrededor de dicho elemento compuesto para conformar dicha capa de aluminio estanca.
- Un segundo cable eléctrico, «cable C1», se corresponde con el cable I1 sin que comprenda la capa de aluminio estanca.
- 15 La prueba de envejecimiento se realiza respectivamente sobre los cables I1 y C1. Esta prueba de envejecimiento consiste en dejar envejecer los cables I1 y C1 en cámaras de secado a diferentes temperaturas. Las muestras de cables miden entre 65 cm y 85 cm aproximadamente.
- 20 Con objeto de evitar la propagación de oxígeno entre la capa de aluminio estanca y el elemento compuesto de refuerzo, se revisten los dos extremos de la muestra de cable I1 de capuchones metálicos fijados con el concurso de Cinta Kapton® y de cinta Teflón® con el fin de asegurar la estanqueidad en los extremos de dicha muestra.
- Estas muestras se envejecen a continuación en condiciones isotérmicas a diferentes temperaturas (160, 180, 200 y 220 ° C) durante tiempos variables (10, 18, 32, 60, 180 y 600 días).
- 25 Las muestras envejecidas son pesadas con el fin de seguir la pérdida de masa asociada a la degradación de la matriz termoendurecible. Se realiza asimismo una medida de porosidad de la matriz termoendurecible.
- 30 De las muestras envejecidas, se cortan tres trozos de 2 cm aproximadamente: un trozo a cada uno de los lados de los extremos a aproximadamente 2-3 cm del borde y un trozo en el centro de la muestra de cable.
- Los trozos se insertan a continuación en una resina para facilitar el proceso de pulimentado con posterior bruñido con el fin de obtener una superficie perfectamente plana.
- 35 Esta superficie es observada a continuación en el microscopio óptico, fotografiada y analizada con ayuda de un equipo lógico de análisis de imagen que permite medir la superficie de los poros respecto a la superficie de la muestra. Se deduce así el porcentaje de porosidad de la muestra.
- 40 A la vista de los resultados obtenidos, el cable eléctrico según la invención presenta una mejora significativa de las propiedades de envejecimiento relacionadas con la presencia del revestimiento metálico estanco.

**REIVINDICACIONES**

1. Cable eléctrico (10, 20) que comprende:
- 5           - al menos un elemento compuesto de refuerzo (1) que comprende uno o varios elementos de refuerzo embebido(s) al menos parcialmente en una matriz orgánica,  
               - un revestimiento (2) que rodea dicho o dichos elementos compuestos de refuerzo (1), siendo estanco dicho revestimiento (2) a todo alrededor del o los elementos compuestos de refuerzo (1) y  
               - al menos un elemento conductor (3) que rodea dicho revestimiento,
- 10           **caracterizado porque** el espesor del revestimiento (2) estanco es como máximo de 3000 µm.
2. Cable según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el revestimiento estanco (2) incluye al menos una capa metálica obtenida por tratamiento térmico de un material metálico.
- 15           3. Cable según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la capa metálica se obtiene por soldadura en sentido de la longitud del material metálico en forma de una banda.
- 20           4. Cable según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la capa metálica se obtiene por soldadura helicoidal del material metálico en forma de una cinta.
5. Cable eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, **caracterizado porque** la capa metálica es anillada.
- 25           6. Cable según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizado porque** el material metálico se selecciona de entre el acero, las aleaciones de acero, el aluminio, las aleaciones de aluminio, el cobre y las aleaciones de cobre.
- 30           7. Cable según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el revestimiento estanco (2) incluye al menos una capa polimérica obtenida por tratamiento térmico de un material polimérico.
8. Cable según la reivindicación 7, **caracterizado porque** la capa polimérica es obtenida por reblandecimiento del material polimérico.
- 35           9. Cable según la reivindicación 7 u 8, **caracterizado porque** el material polimérico se selecciona de entre una poliimida, un politetrafluoroetileno (PTFE), un polímero de etileno fluorado (FEP) y un polioximetileno (POM), o una de sus mezclas.
- 40           10. Cable según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** el revestimiento estanco (2) está en forma de un tubo.
11. Cable según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** el espesor del revestimiento estanco (2) es de como máximo 600 µm.
- 45           12. Cable según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** la matriz del elemento compuesto de refuerzo se selecciona de entre una matriz termoplástica y una matriz termoendurecible, o una de sus mezclas.
- 50           13. Cable según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** el o los elementos de refuerzo del elemento compuesto de refuerzo (1) se seleccionan de entre las fibras, las nanofibras y los nanotubos, o una de sus mezclas.
- 55           14. Cable según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** el cable eléctrico (20) comprende además al menos una capa eléctricamente aislante (4) posicionada entre el revestimiento estanco (2) y el o los elementos compuestos de refuerzo (1).
15. Cable según la reivindicación 14, **caracterizado porque** la capa eléctricamente aislante (4) rodea el conjunto formado por el o los elementos compuestos de refuerzo (1).
- 60           16. Cable según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** el elemento conductor (3) está basado en aluminio.
- 65           17. Cable según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, **caracterizado porque** el cable eléctrico (10, 20) no comprende una capa exterior que rodea el o los elementos conductores (3).



**FIG. 1**



**FIG. 2**