

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 403**

51 Int. Cl.:

H01B 1/04 (2006.01)
B22F 1/02 (2006.01)
B22F 5/00 (2006.01)
B22F 7/08 (2006.01)
C01B 31/02 (2006.01)
H01B 13/016 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2014 E 14168409 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2016 EP 2816567**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un elemento eléctricamente conductor alargado**

30 Prioridad:

17.06.2013 FR 1355615

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

10.05.2016

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

COMORET, EMILIEN y
BRUZEK, CHRISTIAN-ERIC

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 569 403 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).

DESCRIPCION

Procedimiento de fabricación de un elemento eléctricamente conductor alargado

La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un conductor que comprende nanotubos de carbono funcionalizados y al menos a un metal, con un elemento eléctricamente conductor alargado obtenido por la realización de dicho procedimiento y a un cable eléctrico que comprende dicho elemento conductor.

La invención se aplica típicamente pero no exclusivamente, a los cables de energía de baja tensión (particularmente inferior a 6kV) o de mediana tensión (particularmente de 6 a 45-60 kV) o de alta tensión (particularmente superior a 60 kV, y que puede llegar hasta los 800 kV), ya sean de corriente continua o alterna, en los ámbitos del transporte de electricidad aérea, submarina, terrestre y de la aeronáutica.

Más particularmente, la invención se refiere a un cable eléctrico que presenta buenas propiedades mecánicas y de conductividad eléctrica.

El documento US 20011/0003174 describe un procedimiento de fabricación de un elemento eléctricamente conductor que comprende nanotubos de carbono.

Por el documento FR 2 950 333 A1 es conocido un procedimiento que comprende una etapa de funcionalización de nanotubos de carbono para obtener nanotubos de carbono funcionalizados, y una etapa de puesta en contacto de los indicados nanotubos de carbono funcionalizados con partículas metálicas para formar un material compuesto, pudiendo el indicado material compuesto ser utilizado para la fabricación de cables eléctricos. La etapa de funcionalización de los nanotubos de carbono según este procedimiento permite obtener nanotubos de carbono que presentan en superficie grupos químicos particulares, tales como funciones enoles. Sin embargo, este procedimiento no describe las etapas que permiten la fabricación de un cable eléctrico a partir de dicho material compuesto, y por este motivo, no permite garantizar un cable eléctrico con buenas propiedades mecánicas y eléctricas.

El fin de la presente invención es paliar los inconvenientes de las técnicas del arte anterior proponiendo un procedimiento de fabricación de un conductor eléctrico que comprende nanotubos de carbono funcionalizados y al menos un metal, siendo el mencionado procedimiento fácil de realizar y que permite garantizar y mantener una buena transferencia de carga mecánica y eléctrica entre el metal y los nanotubos de carbono y así, obtener un conductor con buenas propiedades mecánicas y eléctricas.

La presente invención tiene por objeto un procedimiento de fabricación de un elemento eléctricamente conductor alargado que comprende nanotubos de carbono funcionalizados y al menos un metal, que comprende la etapa siguiente:

i) mezclar nanotubos de carbono funcionalizados con al menos un metal, para obtener una mezcla compuesta,

caracterizándose el indicado procedimiento por que comprende además las etapas siguientes:

ii) formar una masa sólida a partir de la mezcla compuesta de la etapa i),

iii) introducir en un tubo metálico, un elemento sólido obtenido a partir de la masa sólida de la etapa ii),

iv) deformar el mencionado tubo metálico de la etapa iii), para obtener un elemento eléctricamente conductor alargado.

Gracias al procedimiento de la invención, un elemento eléctricamente conductor alargado que comprende nanotubos de carbono funcionalizados y al menos un metal puede ser así fácilmente formado, presentando buenas propiedades mecánicas y de conductividad eléctrica.

Los nanotubos de carbono son particularmente una forma alotrópica del carbono perteneciente a la familia de los fullerenos.

Más particularmente, los nanotubos de carbono son hojitas de grafeno enrolladas sobre sí mismas y cerradas por sus extremos mediante semi-esferas similares a los fullerenos. En la presente invención, los nanotubos de carbono comprenden también los nanotubos monopared o monohojas (en inglés: Single Wall Carbon Nanotubes, SWNT) que

comprenden una sola hoja de grafeno y los nanotubos de paredes múltiples o de hojas múltiples (en inglés: Multi Wall Carbon Nanotubes, MWNT) que comprenden varias hojas de grafeno encajadas las unas en las otras a modo de las muñecas rusas (matrioskas), o bien una sola hoja de grafeno enrollada varias veces sobre sí misma.

- 5 Se entiende por nanotubos de carbono «funcionalizados» nanotubos de carbono que presentan en superficie grupos químicos. Los indicados grupos químicos pueden representar sitios de atrapamiento entre los nanotubos de carbono, y/o entre el metal y los nanotubos de carbono durante la realización de la etapa i).

10 Tales grupos químicos pueden ser seleccionados entre SO_3H , COOH , PO_3H_2 , OOH , OH , CHO , CN , COCl , X , COSH , SH , $\text{R}'\text{CHOH}$, NHR' , COOR' , SR' , CONHR' , OR' , $\text{NHCO}_2\text{R}'$ y R'' , donde X es un halógeno, R' Es seleccionado entre hidrógeno, alquilo, arilo, ariloSH, cicloalquilo, aralquilo, cicloarilo y poli(alquiléter) y R'' es seleccionado entre fluoroalquilo, fluoroarilo, fluorocicloalquilo y fluoroaralquilo. Los nanotubos de carbono son así funcionalizados por la incorporación directa en superficie de tales grupos químicos. Esta modificación representa una modificación superficial covalente.

Según una primera variante, grados comerciales de nanotubos de carbono funcionalizados pueden ser utilizados directamente en la realización de la etapa i) del procedimiento conforme a la invención.

- 15 Según una segunda variante, el procedimiento conforme a la invención comprende además, previamente la etapa i), la etapa siguiente:

a) funcionalizar nanotubos de carbono.

Etapas a)

20 Esta etapa previa a) permite obtener nanotubos de carbono funcionalizados que se utilizarán en la etapa i). Los métodos de funcionalización de los nanotubos de carbono son bien conocidos por el experto en la materia. Se citará a título de ejemplo, la oxidación superficial de los nanotubos de carbono, que es actualmente uno de los métodos más utilizados para funcionalizar los indicados nanotubos de carbono. En particular, la mencionada oxidación superficial puede ser realizada poniendo en solución nanotubos de carbono no funcionalizados, dispersándolos por ultrasonidos en un disolvente tal como un alcohol inferior (es decir un alcohol que tiene de 1 a 5 átomos de carbono), y añadiendo a la dispersión un agente oxidante tal como la mezcla de ácido nítrico/ácido sulfúrico o agua oxigenada. Se obtienen así nanotubos de carbono funcionalizados que presentan en superficie grupos químicos oxigenados de tipo grupos dicetonas, éteres, ácidos carboxílicos, ésteres, hidroxilos, enoles, etc...

30 La funcionalización de los nanotubos de carbono mejora ventajosamente la dispersión de los nanotubos de carbono en la mezcla compuesta y por este hecho, favorece la transferencia de carga mecánica y eléctrica entre los nanotubos de carbono, y entre el metal y los nanotubos de carbono.

35 En efecto, los nanotubos de carbono como tales (es decir nanotubos de carbono no funcionalizados), incluso si presentan excelentes propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas, si dispersan difícilmente en la mezcla compuesta. El enmarañamiento de los nanotubos de carbono en pelotas, asociado con una baja reactividad superficial, impide su dispersión. Por consiguiente, resulta ventajoso disponer de nanotubos de carbono cuya superficie esté modificada de forma covalente.

Etapas i)

En un modo de realización particular, la cantidad de nanotubos de carbono funcionalizados en la mezcla compuesta de la etapa i) del procedimiento conforme a la invención puede oscilar entre un 0,3 y un 15% en peso aproximadamente y de preferencia entre un 5 y un 10% aproximadamente.

40 Más allá del 15% en peso de nanotubos de carbono en la mezcla compuesta, se observa una disminución del porcentaje de densificación de la masa sólida obtenida en la etapa ii), unida a una aglomeración demasiado importante de los nanotubos de carbono funcionalizados en la mezcla compuesta, induciendo la formación de poros en la indicada masa sólida y así, la degradación de sus propiedades eléctricas y mecánicas.

45 En un modo de realización particular, el metal utilizado en la etapa i) puede ser seleccionado entre el cobre, el aluminio, la plata, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de plata y una de sus mezclas.

Según una primera variante, la mezcla según la etapa i) se realiza por vía sólida.

En un modo de realización particular, la mencionada mezcla por vía sólida se realiza por mezclado mecánico de los nanotubos de carbono funcionalizados con al menos un metal, encontrándose los indicados nanotubos de carbono funcionalizados y el mencionado metal en forma de polvos.

- 5 En un modo de realización particular, la indicada mezcla mecánica puede ser realizada a temperatura ambiente, y de preferencia bajo atmósfera no oxidante.

La mencionada mezcla mecánica de los nanotubos de carbono funcionalizados con al menos un metal es un método de mezclado de los polvos fácil de realizar, y puede ser efectuada con la ayuda particularmente de medios tales como un mezclador planetario, un aparato de ultrasonidos, un mezclador de bolas de acero o de cerámica, pudiendo los indicados medios ser utilizados solos o en combinación.

- 10 Según una segunda variante, la mezcla según la etapa i) se realiza por vía líquida, es decir colocando en solución los nanotubos de carbono funcionalizados y al menos un metal. La mencionada mezcla por vía líquida puede ser particularmente realizada aplicando ultrasonidos a los nanotubos de carbono funcionalizados y a por lo menos un metal colocados en solución. Cuando la mencionada mezcla de la etapa i) se realiza por aplicación de ultrasonidos, se realiza preferentemente según las sub-etapas siguientes:

- 15 1a) poner en solución los nanotubos de carbono funcionalizados, y dispersarlos mediante ultrasonidos, particularmente durante al menos 1 hora, en un disolvente tal como un alcohol inferior, para formar una suspensión homogénea,

2a) añadir al menos una sal de metal a la suspensión homogénea tal como la obtenida en la etapa 1a). y aplicar ultrasonidos, particularmente durante 1 a 3 horas,

- 20 3a) evaporar el disolvente, particularmente a una temperatura que puede oscilar entre los 100°C y los 250°C aproximadamente, de preferencia al aire, para obtener un polvo,

4a) calcinar el polvo obtenido en la etapa 3a), particularmente a una temperatura que puede oscilar entre los 250°C y los 500°C aproximadamente, para obtener un polvo calcinado,

5a) reducir el polvo calcinado obtenido en la etapa 4a), particularmente bajo hidrógeno.

- 25 Este método está particularmente adaptado para el caso en que los nanotubos de carbono funcionalizados de la etapa 1a) hayan sido previamente funcionalizados según la etapa a) por oxidación superficial.

Este método de mezcla permite a los nanotubos de carbono funcionalizados ser implantados directamente entre las partículas de metal y no simplemente depositados en la superficie de las partículas de metal.

- 30 Cuando esta etapa de mezclado i) se realiza por vía sólida o por vía líquida (primera y segunda variantes), los aglomerados de nanotubos de carbono funcionalizados se rompen y pueden así repartirse de forma homogénea en la mezcla compuesta.

En un modo de realización particular de estas primera y segunda variantes, el metal utilizado durante la etapa i) comprende partículas de metal que presentan un tamaño medio de diámetro de partículas que oscila entre 10 nm y 50 µm y de preferencia, entre 10 nm y 50 nm.

- 35 Según una tercera variante, la mezcla según la etapa i) se realiza por vía fundida, es decir mezclando nanotubos de carbono funcionalizados con al menos un metal fundido. La mencionada mezcla por vía fundida puede ser preferentemente realizada según las sub-etapas siguientes:

1b) calentar el metal a una temperatura superior a su temperatura de fusión, con el fin de formar una solución líquida de metal fundido,

- 40 2b) verter la solución líquida de metal fundido tal como la obtenida en la etapa 1b), en los nanotubos de carbono funcionalizados o introducir los nanotubos de carbono funcionalizados en la solución líquida de metal fundido tal como la obtenida en la etapa 1b), y

3b) mezclar los nanotubos de carbono funcionalizados con la solución líquida de metal fundido tal como la obtenida en la etapa 2b).

Según esta tercera variante, la mezcla de la etapa 3b) puede ser realizada mediante técnicas bien conocidas por el experto en la materia tales como el removido mecánico, el removido magnético o la utilización de una corriente electromagnética.

5 En un modo de realización particular de esta tercera variante, el metal utilizado en la etapa i) se encuentra en forma de ladrillo.

En un modo de realización particular de la invención, los nanotubos de carbono funcionalizados utilizados en la etapa i) presentan un tamaño medio de diámetro que oscila entre 1 nm y 50 nm.

Etapa ii)

10 La etapa ii) permite densificar la mezcla compuesta de la etapa i), y así obtener una masa sólida, particularmente de tipo monobloque tal como por ejemplo una barra maciza.

En un modo de realización particular, la etapa ii) puede ser realizada por sinterizado, es decir por consolidación mediante la acción del calor.

Existen generalmente dos técnicas de sinterizado: el sinterizado convencional y el sinterizado instantáneo. La etapa ii) se realiza de preferencia por sinterizado instantáneo.

15 La diferencia principal entre el sinterizado convencional y el sinterizado instantáneo reside en el hecho de que la fuente de calor no es externa sino que una corriente eléctrica (continúa, continua impulsada o alterna) aplicada por medio de electrodos, pasa a través del recinto de prensado conductor e igualmente en los casos apropiados, a través de la muestra. Es esta corriente eléctrica la que calentará la muestra, directamente en su seno. De modo general, el sinterizado instantáneo permite consolidar materiales en tiempos muchos más cortos y con una densidad
20 a menudo bastante mejor que el sinterizado convencional.

En un modo de realización particular, la etapa ii) se realiza por sinterizado instantáneo a una presión que puede oscilar entre los 10 y los 100 bares aproximadamente y/o a una temperatura que puede oscilar entre los 400 y los 900°C aproximadamente. En el caso en que el metal utilizado sea aluminio, se preferirá aplicar una temperatura que puede oscilar entre los 400 y los 550°C aproximadamente y en el caso en que el metal utilizado sea el cobre, se preferirá aplicar una temperatura que puede oscilar entre los 700 y los 900°C aproximadamente. El tiempo de sinterizado instantáneo puede oscilar de preferencia de algunos segundos a algunas horas aproximadamente.
25

Cuando la etapa ii) se realiza por sinterizado instantáneo, el control de la difusión de los nanotubos de carbono funcionalizados en la mezcla compuesta es más fácil y se evita el riesgo de degradación de las superficies intermedias de los nanotubos de carbono/metal.

30 La formación de una masa sólida por sinterizado instantáneo permite obtener un material compuesto con un porcentaje de densificación de al menos un 70% aproximadamente y de preferencia de al menos un 80% aproximadamente.

Por otro lado, los grupos químicos que sirven de emplazamientos de atrapamiento en la superficie de los nanotubos de carbono reaccionan con el metal durante esta etapa ii), permitiendo así la obtención de una buena superficie intermedia entre el metal y los nanotubos de carbono.
35

Etapa iii)

A continuación de la etapa ii), se introduce un elemento sólido en un tubo metálico según la etapa iii), siendo este elemento sólido obtenido directa o indirectamente a partir de la masa sólida de la etapa ii).

40 Según una primera variante, llamada «directa», el elemento sólido de la etapa iii) es la masa sólida tal como la obtenida en la etapa ii).

Según una segunda variante, llamada «indirecta», el elemento sólido de la etapa iii) se obtiene según al menos una etapa intermedia entre la etapa ii) y la etapa iii).

En un primer modo de realización de la segunda variante, el elemento sólido de la etapa iii) comprende granulados.

Según este primer modo de realización, el procedimiento conforme a la invención comprende de preferencia, entre la etapa ii) y la etapa iii), la etapa siguiente:

ii-1) transformar la masa sólida de la etapa ii) en granulados.

5 La etapa ii-1) del procedimiento conforme a la invención puede realizarse por triturado, con la ayuda de aparatos tales como triturador de bolas, de martillos, de muelas, de cuchillas, de chorro de gas o con la ayuda de cualquier otro sistema de triturado susceptible de transformar la masa sólida de la etapa ii) en granulados.

Esta etapa de transformación ii-1) permite obtener una distribución homogénea de los nanotubos de carbono funcionalizados en la mezcla compuesta a continuación de las etapas de mezclado i) y de formación de una masa sólida ii).

10 En un modo de realización particular, los granulados presentan un tamaño medio que puede oscilar entre 1 y 200 μm aproximadamente, y de preferencia entre 1 y 50 μm aproximadamente. Eso permite facilitar la circulación de los granulados por el tubo metálico y la deformación del indicado tubo metálico que contiene los indicados granulados durante las etapas siguientes iii) y iv).

15 En efecto, si los granulados son de tamaño demasiado pequeño, es decir de tamaño inferior a 1 μm , estos últimos atascan las herramientas con las cuales se encuentran en contacto. Cuando, por el contrario, los granulados son de tamaño demasiado grande, es decir de tamaño superior a 200 μm , las tensiones experimentadas por los indicados granulados en la etapa iv) de deformación del tubo metálico, son difíciles de controlar y corren el riesgo de ser demasiado importantes y por este motivo, producir la degradación de las superficies intermedias de los nanotubos de carbono/metal.

20 En un segundo modo de realización de la segunda variante, el elemento sólido de la etapa iii) es una masa sólida diferente de la masa sólida de la etapa ii).

Según este segundo modo de realización, el procedimiento conforme a la invención comprende de preferencia, entre la etapa ii-1) y la etapa iii), la etapa siguiente:

ii-2) formar una masa sólida a partir de los granulados de la etapa ii-1).

25 Esta etapa ii-2) permite obtener una masa sólida, particularmente de tipo monobloque tal como por ejemplo una barra maciza.

La misma puede ser realizada compactando los granulados de la etapa ii-1).

30 El compactado se realiza de preferencia con la ayuda de una prensa hidráulica o de una prensa isostática, en frío o en caliente. El indicado compactado se realiza de preferencia, con la ayuda de una prensa hidráulica y/o en frío, para permitir una manipulación más cómoda de la mezcla compuesta.

La masa sólida así formada según esta etapa ii-2) puede ser más fácil y más rápidamente introducida que los granulados en el tubo metálico durante la etapa siguiente iii).

La masa sólida de la etapa ii) o de la etapa ii-2), o los granulados de la etapa ii-1) son seguidamente introducidos en un tubo metálico según la etapa iii) del procedimiento conforme a la invención.

35 En un modo de realización particular, el tubo metálico de la etapa iii) es un tubo de metal cuyo metal es seleccionado entre el cobre, el aluminio, la plata, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de plata y una de sus mezclas.

Etapla iv)

40 La etapa iv) de deformación del tubo metálico de la etapa iii), permite deformar el indicado tubo metálico, y así obtener un tubo metálico con las dimensiones y con la forma deseadas.

En un modo de realización particular, la etapa iv) se realiza por estirado y/o trefilado y/o por laminado y/o por martilleo.

Estas diversas etapas de deformación y/o de conformación pueden ser realizadas con la ayuda de medios bien conocidos por el experto en la materia.

Durante esta etapa iv), el elemento sólido de la etapa iii) se desplaza y se orienta en el tubo metálico con el fin de minimizar su deformación y de este modo las tensiones que experimenta.

- 5 Cuando el mencionado elemento sólido de la etapa iii) no puede ya desplazarse en el tubo metálico a continuación de la etapa de deformación iv), y cuando el tubo no tiene aún la forma y las dimensiones deseadas, el procedimiento conforme a la invención puede comprender además posteriormente a la etapa iv) las etapas siguientes:

v) calentar el indicado tubo metálico tal como se ha deformado al inicio de la etapa iv), y

vi) deformar el indicado tubo metálico de la etapa v).

10 Etapas v)

La etapa v) de calentamiento del tubo metálico permite dilatar la cubierta externa de dicho tubo metálico con el fin de crear espacio para que los granulados o la masa sólida puedan desplazarse de nuevo sin tensión en una etapa de deformación ulterior.

- 15 En un modo de realización particular, el calentamiento según la etapa v) puede ser realizado a una temperatura que oscila entre los 200 y los 500°C aproximadamente, y de preferencia entre 200 y 300°C aproximadamente, eventualmente bajo atmósfera neutra o reductora particularmente con la ayuda de un horno eléctrico, un horno de inducción o un horno de gas. En esta gama de temperaturas, los nanotubos de carbono así como las superficies intermedias de los nanotubos de carbono/metal están poco o nada solicitadas. Por este motivo, las indicadas superficies intermedias de los nanotubos de carbono/metal y la funcionalización de los nanotubos de carbono se mantienen durante la indicada etapa v).
- 20

Etapas vi)

A continuación de la etapa v) que permite crear de nuevo espacio en el tubo metálico, el procedimiento comprende además, la etapa vi) de deformación de dicho tubo metálico. La etapa vi) de deformación del tubo metálico permite deformar el indicado tubo metálico, y así obtener un tubo metálico con las dimensiones y la forma deseadas.

- 25 En un modo de realización particular, la etapa vi) se realiza por estirado y/o trefilado y/o por laminado y/o por martilleado.

Estas diversas etapas de deformación y/o de conformación pueden ser realizadas con la ayuda de medios bien conocidos del experto en la materia.

- 30 Durante esta etapa vi), el elemento sólido de la etapa iii) se desplaza y se orienta en el tubo metálico con el fin de minimizar su deformación y de este modo las tensiones que experimenta.

En un modo de realización particular, las etapas v) y vi) se realizan tantas veces como sea necesario hasta obtener el tubo metálico con las dimensiones y la forma finales deseadas.

En un modo de realización particular, el procedimiento conforme a la invención puede comprender además, después de la realización de la etapa de deformación iv), o vi) si existe, la etapa siguiente:

- 35 vii) calentar el indicado tubo metálico deformado de la etapa iv) o vi) si existe.

Etapas vii)

El calentamiento del tubo metálico puede realizarse por sinterizado convencional, sinterizado instantáneo o por fusión. Permite redensificar el elemento sólido de la etapa iii), y obtener así y/o mantener una buena superficie intermedia entre el metal y los nanotubos de carbono.

- 40 En un modo de realización preferido, la etapa vii) se realiza por sinterizado instantáneo.

La etapa final de calentamiento vii) del tubo metálico deformado de la etapa iv) o vi), permite «reactivar» las superficies intermedia de los nanotubos de carbono/metal si las mismas han sido débilmente deterioradas en el transcurso de las etapas iv), y v) y vi) si existen.

5 Así, gracias al procedimiento de la invención, las superficies intermedias de los nanotubos de carbono/metal no están o muy poco solicitadas mecánicamente y las mismas se mantienen a todo lo largo del procedimiento. Este procedimiento permite entonces obtener un elemento eléctricamente conductor alargado, que tiene buenas propiedades eléctricas, particularmente en términos de conductividad, y mecánicos.

La presente invención tiene igualmente por objeto un elemento eléctricamente conductor alargado obtenido por el procedimiento tal como se ha definido en la presente invención.

10 La firma solicitante ha descubierto que el procedimiento conforme a la invención permite obtener un elemento eléctricamente conductor alargado que tiene una resistencia mecánica 2 a 3 veces superior a la obtenida con un elemento eléctricamente conductor alargado formado únicamente con un metal de tipo cobre, aluminio, plata o una de sus aleaciones, y una conductividad eléctrica aumentada aproximadamente un 20% con relación a este último.

15 La presente invención tiene igualmente por objeto un cable eléctrico que comprende un elemento eléctricamente conductor alargado obtenido por el procedimiento tal como se ha definido en la presente invención.

El mencionado cable presenta propiedades mecánicas y eléctricas mejoradas.

20 Más particularmente, el cable eléctrico conforme a la invención puede ser un cable eléctrico de tipo cable de energía. En este caso, el elemento conductor eléctrico alargado de la invención está rodeado por una primera capa semi-conductora, estando la primera capa semi-conductora rodeada por una capa eléctricamente aislante, y estando la capa eléctricamente aislante rodeada por una segunda capa semi-conductora.

25 En un modo de realización particular, generalmente conforme al cable eléctrico de tipo cable de energía de la invención, la primera capa semi-conductora, la capa eléctricamente aislante y la segunda capa semi-conductora constituyen un aislamiento de tres capas. En otras palabras, la capa eléctricamente aislante está directamente en contacto físico con la primera capa semi-conductora, y la segunda capa semi-conductora está directamente en contacto físico con la capa eléctricamente aislante.

El cable eléctrico de la invención puede comprender además una pantalla metálica que rodea la segunda capa semi-conductora.

30 Esta pantalla metálica puede ser una pantalla llamada «filiar» compuesta por un conjunto de conductores de cobre o de aluminio dispuesto alrededor y a lo largo de la segunda capa semi-conductora, una pantalla llamada «encintada» compuesta por una o varias cintas metálicas conductoras colocada(s) en forma de hélice alrededor de la segunda capa semi-conductora, o de una pantalla llamada «estanca» de tipo tubo metálico que rodea la segunda capa semi-conductora. Este último tipo de pantalla permite particularmente hacer de barrera a la humedad que tiene tendencia a penetrar en el cable eléctrico en dirección radial.

35 Todos los tipos de pantallas metálicas pueden jugar el papel de conexión a tierra del cable eléctrico y pueden así transportar corrientes de defecto, por ejemplo en caso de cortocircuito en la red en cuestión.

40 Además, el cable de la invención puede comprender una envuelta exterior de protección que rodea la segunda capa semi-conductora, o bien que rodea más particularmente la indicada pantalla metálica cuando existe. Esta envuelta exterior de protección puede ser realizada clásicamente a partir de materiales termoplásticos apropiados tales como HDPE, MDPE o LLDPE; o también materiales que retardan la propagación de la llama o que resisten a la propagación de la llama. Particularmente, si estos últimos no contienen halógeno, se habla de recubrimiento de tipo HFFR (para el anglicismo «*Halogen Free Flame Retardant*»).

Otras capas, tales como capas hinchantes en presencia de humedad pueden añadirse entre la segunda capa semi-conductora y la pantalla metálica cuando existe y/o entre la pantalla metálica y la envuelta exterior cuando existen, estas capas permitiendo asegurar la estanqueidad longitudinal del cable eléctrico al agua.

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un elemento eléctricamente conductor alargado que comprende nanotubos de carbono funcionalizados y al menos un metal, que comprende la etapa siguiente:

5 i) mezclar nanotubos de carbono funcionalizados con al menos un metal, para obtener una mezcla compuesta,

caracterizándose el indicado procedimiento **por que** el procedimiento comprende además las etapas siguientes:

ii) formar una masa sólida a partir de la mezcla compuesta de la etapa i),

iii) introducir en un tubo metálico, un elemento sólido obtenido a partir de la masa sólida de la etapa ii), y

10 iv) deformar el mencionado tubo metálico de la etapa iii), para obtener un elemento eléctricamente conductor alargado.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende además, previamente a la etapa i), la etapa siguiente:

a) funcionalizar los nanotubos de carbono.

15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la cantidad de nanotubos de carbono funcionalizados en la mezcla compuesta, durante la etapa i) oscila entre un 0,3 y un 15% en peso.

4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el metal utilizado en la etapa i) es seleccionado entre el cobre, el aluminio, la plata, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de plata y una de sus mezclas.

20 5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la etapa ii) es realizada por sinterizado instantáneo.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado por que** el sinterizado instantáneo se realiza a una presión que oscila entre los 10 y 100 bares.

25 7. Procedimiento según la reivindicación 5 o 6, **caracterizado por que** el sinterizado instantáneo se realiza a una temperatura que oscila entre los 400 y los 900°C.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende entre la etapa ii) y la etapa iii), la etapa siguiente:

ii-1) transformar la masa sólida de la etapa ii) en granulados.

30 9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado por que** la etapa ii-1) permite obtener granulados que presentan un tamaño que oscila entre 1 y 50 µm.

10. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9, **caracterizado por que** comprende entre la etapa ii-1) y la etapa iii), la etapa siguiente:

ii-2) formar una masa sólida a partir de los granulados de la etapa ii-1).

35 11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el tubo metálico es un tubo de metal cuyo metal es seleccionado entre el cobre, el aluminio, la plata, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de plata y una de sus mezclas.

12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende además, posteriormente a la etapa iv), las etapas siguientes:

v) calentar el mencionado tubo metálico tal como se ha deformado al final de la etapa iv), y

vi) deformar el indicado tubo metálico de la etapa v).

13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado por que** el calentamiento según la etapa v) se realiza a una temperatura que oscila entre los 200 y los 500°C.

5 **14.** Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende además la etapa siguiente:

vii) calentar el tubo metálico deformado.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado por que** la etapa vii) se realiza por sinterizado instantáneo.

10 **16.** Elemento eléctricamente conductor alargado obtenido por el procedimiento tal como se ha definido según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15.

17. Cable eléctrico, **caracterizado por que** comprende un elemento conductor eléctrico alargado según la reivindicación 16, una primera capa semi-conductora que rodea el indicado elemento conductor eléctrico alargado, rodeando una capa eléctricamente aislante la mencionada primera capa semi-conductora, y una segunda capa semi-conductora que rodea la indicada capa eléctricamente aislante.