

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 576 640**

(51) Int. Cl.:

H01B 3/04 (2006.01)
H01B 7/295 (2006.01)
H01B 3/30 (2006.01)
H01B 3/44 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2008 E 08161480 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2040267**

(54) Título: **Cable eléctrico resistente a la propagación de un arco eléctrico**

(30) Prioridad:

21.09.2007 FR 0757741

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

08.07.2016

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

FERLIER, JEAN-PIERRE;
CLOUET, PASCAL y
DA SILVA, RUI MANUEL

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 576 640 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

Cable eléctrico resistente a la propagación de un arco eléctrico

La presente invención se refiere a un cable eléctrico, y se aplica típicamente pero no exclusivamente a los cables eléctricos utilizados en aeronáutica, por ejemplo a bordo de los aviones.

5 Este tipo de cable eléctrico debe cumplir con numerosos criterios necesarios para su utilización en la aeronáutica, particularmente cuando se le ubica en las condiciones de un incendio.

Por ejemplo, un criterio de seguridad es permitir al cable eléctrico continuar funcionando a temperaturas elevadas del orden de los 1100°C durante un periodo de tiempo mínimo, generalmente del orden de 5 a 15 minutos, sin fusión de su conductor eléctrico, ni propagación del incendio, así como resistir a vibraciones y a proyecciones de agua o de fluidos extintores, asegurando la continuidad de suministro eléctrico de los circuitos y conservando una resistencia de aislamiento mínima a la llama, generalmente del orden de los 10.000 ohms.

10 Otros criterios pueden igualmente ser tenidos en cuenta como el peso y el diámetro de dicho cable que no deben ser excesivos, la temperatura máxima de utilización en servicio permanente, que debe ser la más elevada posible, en general del orden de los 260°C durante al menos 20.000 horas, y marcabilidad de dicho cable con el fin de permitir su identificación.

15 Un criterio más reciente requiere un buen funcionamiento del cable eléctrico de seguridad cuando se monta con otros cables eléctricos para constituir un conjunto de cables.

El documento FR 2.573.910 describe un cable eléctrico para la aeronáutica que comprende un conductor eléctrico rodeado por una primera capa constituida por dos enrollamientos de una cinta de mica.

20 Esta primera capa se recubre con una segunda capa de polímero termoestable que puede estar constituida por ejemplo bien sea por una cinta de politetrafluoretileno (PTFE), o por una resina poliimida.

Finalmente, esta segunda capa está recubierta con una capa intermedia de fibras de vidrio, así como con una capa exterior de la misma naturaleza que la segunda capa.

25 No obstante, incluso si este cable eléctrico de la técnica anterior cumple con los criterios de seguridad enunciados más arriba, no cumple correctamente con otro criterio de seguridad que es el de la resistencia a la propagación de arco eléctrico según las normas NF EN 3475-604 (método de evaluación de la resistencia a la propagación del arco eléctrico en seco) y EN 2346-005 (norma que define los rendimientos mínimos de una cable eléctrico aeronáutico resistente al fuego y a la propagación del arco eléctrico).

30 Este criterio de seguridad permite garantizar una resistencia suficiente del aislante de dicho cable con el fin de evitar el desencadenamiento y la propagación de arcos eléctricos entre los cables eléctricos por una parte y/o entre los cables eléctricos y una estructura conductora por otra parte.

Se puede igualmente citar el documento WO 00/74075 que describe un cable eléctrico que comprende un conductor eléctrico rodeado por una primera capa que comprende al menos un enrollamiento de una cinta de mica, y una segunda capa que comprende al menos un enrollamiento de una cinta de PTFE.

35 El problema técnico a resolver, por el objeto de la presente invención, es proponer un cable eléctrico que permita evitar los problemas del estado de la técnica ofreciendo particularmente una resistencia a la propagación de arco eléctrico que cumpla con las exigencias de la norma EN 2346-005 para el ensayo de propagación del arco NF EN 3475-604 manteniendo propiedades de comportamiento al fuego y de funcionamiento a la llama óptimas según las normas NF EN 3475-408 y prEN 3475-417.

40 La solución del problema técnico planteado reside, según la presente invención, en que el cable eléctrico comprenda:

- un conductor eléctrico rodeado por una primera capa que comprende al menos un enrollamiento de una cinta de mica, estando la indicada cinta de mica compuesta por partículas de mica depositadas por mediación de un aglutinante polimérico sobre un soporte,
- una segunda capa que comprenda al menos un enrollamiento de una cinta de poliimida, y
- una tercera capa que comprenda al menos un enrollamiento de una cinta de politetrafluoretileno (PTFE),

siendo la primera capa tratada térmicamente a una temperatura de al menos 400°C, y

siendo tal la relación R de la masa lineal de PTFE sobre la suma de las masas lineales del aglutinante polimérico y de la poliimida que:

◦ R es superior o igual a 2 cuando la sección del conductor eléctrico es como máximo igual a 0,2 mm², de preferencia comprendida entre 0,1 y 0,2 mm²,

◦ R es superior o igual a 4 cuando la sección del conductor eléctrico es estrictamente superior a 0,2 mm² y estrictamente inferior a 0,6 mm²,

5 ◦ R es superior o igual a 6 cuando la sección del conductor eléctrico es igual a 0,6 mm²,

◦ R es superior o igual a 12 cuando la sección del conductor eléctrico es estrictamente superior a 0,6 mm², de preferencia como máximo 3 mm².

10 La Firma solicitante ha descubierto de forma sorprendente que para una gama de secciones de conductores eléctricos dados, un tratamiento térmico específico de la primera capa combinado con una relación R de la masa lineal de PTFE sobre la suma de las masas lineales del aglutinante polimérico y de la poliimida permite resistir a la propagación de arco eléctrico en seco en más del 75%, según las normas NF EN 3475-604 y EN 2346-005.

Además, el cable eléctrico mantiene ventajosamente una muy buena resistencia al fuego y asegura la continuidad de suministro eléctrico de los circuitos de forma óptima, presentando un peso y un diámetro relativamente bajos, con el fin de cumplir con los criterios requeridos en la aeronáutica.

15 En un modo de realización preferido, el tratamiento térmico de la primera capa se realiza durante un tiempo t superior en al menos el 30% del tiempo t₀ necesario para el desgasificado de la primera capa, de preferencia el indicado tiempo t es de al menos 1 minuto.

20 Según una característica preferida, la cinta de mica comprende como máximo una cantidad del 20% en peso de aglutinante polimérico, de preferencia la cinta de mica comprende una cantidad del 13% en peso de aglutinante polimérico.

A título de ejemplo preferido, el aglutinante polimérico es una resina de silicona.

Según otra característica preferida, el porcentaje de recubrimiento de una cinta de mica sobre si misma en su enrollamiento y/o de una cinta de poliimida sobre si misma en su enrollamiento es como máximo del 49%.

25 Este porcentaje permite ventajosamente garantizar una relación R optimizada y mejorar así la resistencia a la propagación de arco eléctrico combinándolo con la cantidad mínima adaptada de PTFE.

Según otra característica preferida, la segunda capa comprende un único enrollamiento de una cinta de poliimida.

Según otra característica preferida, la tercera capa comprende al menos dos enrollamientos de una cinta de PTFE.

30 Estas características preferidas permiten ventajosamente minimizar la cantidad de aglutinante polimérico y de poliimida y por consiguiente aumentar la relación R para mejorar la resistencia a la propagación de arco eléctrico del cable eléctrico manteniendo su peso y su diámetro finales y sus propiedades de resistencia al fuego.

En un modo de realización particularmente ventajoso, las partículas de mica son del tipo flogopita.

Gracias a este tipo de partículas, se obtiene una mejor resistencia de aislamiento a la llama.

En otro modo de realización, la cinta de poliimida comprende una capa de poliimida recubierta por cada una de sus caras por un revestimiento de copolímero de etileno propileno fluorado (FEP).

35 Los revestimientos de FEP permiten obtener la adhesión entre los recubrimientos y/o los enrollamientos respectivamente de la o de las cinta(s) de poliimida por una parte, y la adhesión de la segunda capa con la tercera capa por otra parte.

Según este modo de realización, la segunda capa se trata térmicamente a una temperatura superior a la temperatura de fusión de las capas de FEP.

40 La tercera capa puede igualmente ser tratada térmicamente a una temperatura superior a los 340°C permitiendo así el sinterizado del PTFE y la adhesión entre los recubrimientos y/o los enrollamientos respectivamente de la o de las cinta(s) de PTFE.

Ventajosamente, el tratamiento térmico de la segunda capa puede ser realizado simultáneamente con el tratamiento térmico de la tercera capa.

En otro modo de realización, el cable eléctrico comprende además una capa exterior (superficial) apta para ser marcada.

A título de ejemplo particularmente ventajoso, la tercera capa comprende además la indicada capa exterior, siendo esta última de preferencia una cinta de PTFE que comprende pigmentos blancos de dióxido de titanio.

5 Otro objeto de la presente invención es un conjunto eléctrico que comprende al menos un cable eléctrico tal como el definido anteriormente.

De preferencia, el conjunto reagrupa varios cables eléctrico según la presente invención, formando los indicados cables eléctricos un conjunto recubierto por un forro de protección del tipo de protección mecánica bien conocido por el experto en la materia.

10 A título de ejemplo, el forro de protección comprende uno o varios trenzados metálicos de cobre o de acero.

El indicado forro de protección puede igualmente recubrirse por un trenzado de material textil resistente a la abrasión y no propagador de la llama, por ejemplo del tipo poliamida aromática.

15 Otras características y ventajas de la presente invención aparecerán a la luz de los ejemplos que siguen en referencia a la figura única adjunta, siendo los indicados ejemplos y figura dados a título ilustrativo y en modo alguno limitativo.

La figura 1 representa de forma esquemática una estructura, en perspectiva, de un cable eléctrico 1 conforme a la presente invención.

20 Este cable eléctrico 1 comprende un conductor eléctrico 2, por ejemplo de cobre o en aleación de cobre recubierto con una capa de níquel, cuya masa comprende al menos un 27% de níquel, generalmente del tipo de hebras múltiples.

El mencionado conductor eléctrico 2 está rodeado por una primera capa 3, comprendiendo la indicada primera capa 3 al menos un enrollamiento de una cinta de mica, de preferencia un único enrollamiento de una cinta de mica.

25 La cinta de mica está típicamente compuesta por partículas (o laminillas) de mica depositadas por mediación de un aglutinante polimérico sobre un soporte del tipo de fibras de vidrio generalmente tejidas pero que pueden ser no tejidas.

La mica puede ser del tipo muscovita o flogopita, y a título de ejemplo, el aglutinante polimérico puede ser del tipo resina de silicona, poliimida, poliamida-imida o cualquier otro tipo de polímero termoestable.

30 Seguidamente, la primera capa 3 es rodeada por una segunda capa 4, comprendiendo la indicada segunda capa 4 al menos un enrollamiento de una cinta de poliimida, de preferencia un único enrollamiento de una cinta de poliimida.

Finalmente, la segunda capa 4 es rodeada por una tercera capa 5, comprendiendo la indicada tercera capa 5 al menos un enrollamiento de una cinta de PTFE, estando de preferencia la cinta de PTFE exenta de pigmentos.

35 La capa exterior (superficial) de la tercera capa 5 puede ventajosamente comprender una capa de PTFE pigmentada, siendo el pigmento por ejemplo dióxido de titanio, con el fin de permitir el marcado por láser UV de la superficie de esta capa exterior.

Típicamente, los enrollamientos sucesivos de las cintas se encuentran en sentido invertido para evitar el desencintado en la fabricación de dicho cable.

De preferencia, el porcentaje de recubrimiento de cada cinta de mica sobre si misma y de cada cinta de poliimida sobre si misma es de como máximo el 49% (coeficiente de recubrimiento Kr como máximo 0,49).

40 Este porcentaje de recubrimiento permite ventajosamente garantizar una relación R (masa lineal de PTFE sobre la suma de las masas lineales de aglutinante polimérico y de poliimida) optimizada y adaptada a la sección del conductor eléctrico (alma eléctrica), o en otras palabras limitar las masas lineales de las primera y segunda capas, y permite así mejorar la resistencia a la propagación de arco eléctrico del cable eléctrico.

45 En la fabricación del cable eléctrico según la presente invención, la colocación de las segunda y tercera capas puede comprender una etapa de tratamiento térmico.

Después de la colocación (o encintado) de la primera capa, el conductor eléctrico así aislado se trata térmicamente en un horno a una temperatura de al menos 400°C. Es la etapa de degradación térmica de la cinta de mica, particularmente de su aglutinante polimérico.

A título de ejemplo, este tratamiento térmico se realiza durante un tiempo t superior a al menos un 30% en el tiempo t_0 necesario para el desgasificado de la indicada cinta.

El tiempo t_0 necesario para el desgasificado está generalmente determinado experimentalmente y el desgasificado se realiza típicamente a una temperatura de aproximadamente 340°C.

Más particularmente, t_0 es determinado a partir del momento en que las capas depositadas por encima de la capa a desgasificar no «forman ampollas» ya bajo el efecto de los gases que se liberan cuando se tratan térmicamente («cocción») las capas superiores a una temperatura de al menos 340°C.

Así, el desgasificado permite limitar los compuestos volátiles residuales en la primera capa, pudiendo estos compuestos crear defectos de aislamiento en etapas ulteriores de tratamiento térmico como por ejemplo el tratamiento térmico de las segunda y tercera capas.

Por otro lado, de forma particularmente ventajosa, este tratamiento térmico permite igualmente facilitar la obtención de una resistencia suficiente (superior al 75%) en la propagación de arco eléctrico del cable eléctrico cuando la temperatura es de al menos 400°C.

A título de ejemplo no limitativo, un conductor eléctrico de una sección de 0,6 mm², aislado con una primera capa que comprende un solo enrollamiento de una cinta de mica se pasa por un horno de 8 metros de largo con seis zonas de calentamiento de longitud idéntica, presentando las seis zonas de calentamiento respectivamente las temperaturas sucesivas: 340°C – 400°C – 400°C – 450°C – 450°C – 450°C.

El tiempo necesario para el desgasificado de la cinta de mica es típicamente de 40 segundos (t_0), o sea una velocidad de paso por el horno de 8 metros de longitud de 12 metros por minuto.

Tomando al menos un 30% de t_0 , se obtiene como mínimo un tiempo t de aproximadamente 1 minuto, o sea una velocidad de paso por el horno de 8 metros por minuto.

Así, durante un minuto (t) en el horno descrito anteriormente, la cinta de mica alcanza al menos la temperatura de 400°C.

Con un paso por el indicado horno durante 40 segundos (t_0), la cinta de mica solo puede alcanzar una temperatura del orden de los 340°C.

Después de la colocación (o encintado) de la segunda capa, cuando la cinta de poliimida comprende una capa de poliimida recubierta por cada una de estas caras con una capa de un copolímero de etileno propileno fluorado (FEP), el conductor eléctrico así aislado puede ser tratado térmicamente en un horno a una temperatura superior a la temperatura de fusión de las capas externas de FEP de la cinta de poliimida.

Típicamente, esta temperatura de fusión es superior a los 260°C. Es la etapa de termosoldadura de la segunda capa.

Después de la colocación (o encintado) de la tercera capa, el conductor eléctrico así aislado puede ser tratado térmicamente en un horno a una temperatura superior a la temperatura de fusión del PTFE, a saber a una temperatura de 342°C para obtener el sinterizado del PTFE.

De forma particularmente preferida, las etapas de encintado de las segunda y tercera capas se realizan una a continuación de la otra y son seguidas de una única etapa de tratamiento térmico de las segunda y tercera capas a una temperatura superior a los 340°C, más particularmente igual a los 342°C.

Las segunda y tercera capas son así simultáneamente tratadas térmicamente.

Por esta única etapa de tratamiento térmico que comprende la etapa de termosoldadura de la poliimida y la etapa de sinterizado del PTFE, se asegura la adhesión de todos los espesores de cintas respectivamente de las segunda y tercera capas entre si (recubrimientos y enrollamientos) así como la adhesión entre la segunda y la tercera capas.

Por último, el cable eléctrico puede comprender ventajosamente una capa exterior que permite el marcado, de preferencia el marcado por láser UV, del cable eléctrico según la presente invención.

Esta capa exterior puede rodear la tercera capa, pero la misma puede estar comprendida en la tercera capa como tal, o en otras palabras la capa exterior es igualmente un enrollamiento de una cinta de PTFE, siendo este último no obstante marcable mediante láser UV.

5 Típicamente, es una cinta de PTFE pigmentado, que comprende de preferencia pigmentos blancos de dióxido de titanio en una cantidad como máximo del 5% en peso de dicha cinta de PTFE.

Es preferible no sobrepasar este valor del 5%, incluso minimizarlo, pues la presencia de pigmentos de dióxido de titanio puede ser nefasta respecto a la resistencia en la propagación del arco eléctrico.

10 Con el fin de mostrar las ventajas de los cables eléctricos según la presente invención, las Tablas 1a y 1b dadas a continuación detallan diferentes estructuras de cables eléctricos cuya resistencia a la propagación de arco eléctrico en seco así como la relación R de masa lineal del PTFE sobre la suma de las masas lineales del aglutinante polimérico y de la poliimida han sido estudiados.

Las Tablas 1a y 1b presentan de alto en bajo la sucesión de las diferentes cintas de las primera, segunda y tercera capas que constituyen el cable eléctrico (o hilo eléctrico aislado).

15 Las primera, segunda y tercera capas de los cables eléctricos DW24A a DW14C referenciados en las Tablas 1a y 1b han sido tratadas térmicamente conforme al procedimiento de fabricación descrito anteriormente, salvo la primera capa del cable eléctrico DW20A.

Los detalles del tratamiento de la primera capa, los coeficientes de recubrimiento Kr así como los espesores de las diferentes cintas se mencionan igualmente en las Tablas 1a y 1b.

El origen de los diferentes constituyentes de las Tablas 1a y 1b es el siguiente.

20 La cinta de mica es una cinta Cablesam 366 20-80, comercializada por la Sociedad Von Roll-Isola, con un espesor del orden de 0,1 mm.

Esta cinta comprende partículas de mica flogopita y una cantidad del 13% en peso de aglutinante polimérico del tipo de resina silicona, o en otras palabras comprende 17 g/m² de resina de silicona para una masa total de la cinta de mica de 130 g/m².

25 La cinta de poliimida (o cinta poliimida con adhesivo fluorado) es una cinta de poliimida 616, comercializada por la Sociedad DuPont de Nemours. Estas cintas de poliimida comprenden una película de poliimida de 0,025 mm de espesor revestida por cada una de sus caras por una capa de resina FEP de 0,0015 a 0,0025 mm de espesor. La cantidad de poliimida es igual al 76,5% en peso de dicha cinta.

30 La cinta de PTFE no sinterizada y no marcable con láser UV así como la cinta de PTFE no sinterizada y marcable por UV de color blanco son comercializadas particularmente por la Sociedad Plastic Omnium 3P.

Tabla 1a

| Cable eléctrico | | DW24A | DW20A | DW20B | DW20C | DW20D |
|--|--|---|---|--------|--------|--------|
| Conductor eléctrico | | Cable trenzado (multihebras) de 19 hilos de cobre de 0,12 mm de diámetro cada uno | Cable trenzado (multihebras) de 19 hilos de cobre de 0,20 mm de diámetro cada uno | | | |
| Sección del conductor eléctrico (mm ²) | | 0,25 | 0,6 | | | |
| Primera capa | 1 Cinta de Mica de espesor 0,1 mm que ha experimentado un tratamiento térmico a más de 400°C | Kr=53% | - | Kr=37% | Kr=37% | Kr=37% |
| | 1 Cinta de Mica de espesor 0,1 mm que ha experimentado un tratamiento térmico a más de 400°C | Kr=26% | - | - | - | - |
| | 1 Cinta de Mica de espesor 0,1 mm que ha experimentado un tratamiento térmico a más de 340°C | - | Kr=37% | - | - | - |

| | | | | | | |
|-----------------------------------|---|--|--|---|---|---|
| Segunda capa | 1 Cinta de poliimida con un espesor de 0,030 mm | Kr=30% | | | | |
| Tercera capa | 1 Cinta PTFE | 1 cinta PTFE UV de espesor 0,064 mm Kr = 53% | 1 cinta PTFE no UV con espesor de 0,076mm Kr=53% | 1 cinta PTFE no UV con espesor de 0,076 mm Kr=53% | 1 cinta PTFE no UV con espesor de 0,064 mm Kr=53% | 1 cinta PTFE no UV con espesor 0,076 mm Kr=53% |
| | 1 Cinta PTFE | - | 1 cinta PTFE UV con espesor 0,064 mm Kr=53% | 1 cinta PTFE UV con espesor de 0,064 mm Kr=53% | 1 cinta PTFE no UV con espesor 0,064 mm Kr=53% | 1 cinta PTFE no UV con espesor de 0,076 mm Kr=53% |
| | 1 cinta PTFE | - | - | - | 1 cinta PTFE UV con espesor de 0,064 mm Kr=53% | 1 cinta PTFE UV con espesor de 0,076 mm Kr=53% |
| Peso del cable eléctrico (g/m) | | 4,9 | 8,9 | 8,9 | 9,9 | 10,8 |
| Diámetro del cable eléctrico (mm) | | 1,59 a 1,68 | 1,80 a 1,84 | 1,80 a 1,84 | 2,00 a 2,05 | 2,12 a 2,17 |

Tabla 1b

| Cable eléctrico | | DW14A | DW14B | DW14C |
|--|--|---|--|--|
| Conductor eléctrico | | Cable trenzado (multihebras) de 37 hilos de cobre de 0,25 mm de diámetro cada uno | | |
| Sección del conductor eléctrico (mm ²) | | 1,8 | | |
| Primera capa | 1 Cinta de Mica de espesor 0,1 mm que ha experimentado un tratamiento térmico a más de 400°C | Kr=49% | Kr=35% | Kr=49% |
| | 1 Cinta de Mica de espesor 0,1 mm que ha experimentado un tratamiento térmico a más de 400°C | - | Kr=30% | - |
| | 1 Cinta de Mica de espesor 0,1 mm que ha experimentado un tratamiento térmico a más de 340°C | - | - | - |
| Segunda capa | 1 Cinta de poliimida con un espesor de 0,030 mm | Kr = 30% | | |
| Tercera capa | 1 Cinta PTFE | 1 Cinta PTFE no UV con un espesor de 0,100 mm Kr = 53% | 1 Cinta PTFE no UV con un espesor de 0,100 mm Kr = 53% | 1 Cinta PTFE no UV con un espesor de 0,100 mm Kr = 53% |
| | 1 Cinta PTFE | 1 Cinta PTFE UV con un espesor de 0,076 mm Kr = 53% | 1 Cinta PTFE no UV con un espesor de 0,100 mm Kr = 53% | 1 Cinta PTFE no UV con un espesor de 0,100 mm Kr = 53% |
| | 1 Cinta PTFE | - | 1 Cinta PTFE UV con un espesor de 0,076 mm Kr = 53% | 1 Cinta PTFE no UV con un espesor de 0,076 mm Kr = 53% |
| Peso del cable eléctrico (g/m) | | 23,4 | 28,3 | 26 |
| Diámetro del cable eléctrico (mm) | | 2,72 a 2,80 | 3,3 a 3,43 | 3,10 a 3,18 |

Las Tablas 2a y 2b dadas a continuación presentan la relación R de la masa lineal de PTFE sobre la suma de las masas lineales de resina de silicona y de poliimida así como la resistencia a la propagación del arco eléctrico en seco de los diferentes cables eléctricos de las Tablas 1a y 1b.

Tabla 2a

| Cable eléctrico | DW24A | DW20A | DW20B | DW20C | DW20D |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| Dañado colateral | 13% | 44% | 20% | 16% | 4% |
| Resistencia a la propagación del arco eléctrico | 87% | 56% | 80% | 84% | 96% |
| Relación R | 3,44 | 8,1 | 8,1 | 11,9 | 14,9 |

Tabla 2b

| Cable eléctrico | DW14A | DW14B | DW14C |
|---|-------|-------|-------|
| Dañado colateral | 67% | 20% | 12% |
| Resistencia a la propagación del arco eléctrico | 33% | 80% | 88% |
| Relación R | 9,1 | 13 | 15,5 |

La relación R de la masa lineal de PTFE sobre la suma de las masas lineales de aglutinante polimérico y de poliimida se calcula a partir de las masas iniciales respectivas:

- 5 - de PTFE procedente de la o de las cintas de PTFE (tercera capa),
 - de aglutinante polimérico procedente de la o de las cintas de mica (primera capa), y
 - de poliimida procedente de la o de las cintas de poliimida (segunda capa).

Los espesores, las composiciones y las construcciones de estas cintas así como los coeficientes de recubrimiento Kr son bien entendido tomadas en cuenta en el cálculo de la relación R.

- 10 Más particularmente, la masa de cada una de las capas de PTFE (cinta(s) de PTFE), de aglutinante polimérico (cinta(s) de mica), y de poliimida (cinta(s) de poliimida) se obtiene calculando la superficie ocupada por cada una de las capas y multiplicándola por la densidad de cada capa, respectivamente.

Así, se tienen las ecuaciones siguientes:

Masa de PTFE:

- 15 Masa de PTFE = (superficies ocupadas por la(s) cinta(s) de PTFE no sinterizadas) x
 (densidad = 1,62)

La masa de PTFE se calcula antes de la operación de cocción llamada de «sinterizado» que conduce a una contracción del 25% del espesor radial de PTFE no sinterizado.

Masa de aglutinante polimérico:

- 20 Masa de la o de las cinta(s) de mica = (superficies ocupadas por la(s) cinta(s) de
 mica) x (densidad = 1,30)

La masa de aglutinante polimérico se deduce de la masa de la o de las cinta(s) de mica multiplicando ésta por el contenido de la cinta de mica en aglutinante polimérico, contenido que es indicado por el proveedor.

Masa de aglutinante polimérico = (masa de la o de las cinta(s) de mica) x (contenido en

- 25 aglutinante polimérico (%)) de la o de las cintas de mica)

Masa de poliimida:

La masa de poliimida se calcula multiplicando la masa de la cinta de poliimida que comprende en cada superficie una capa de adhesivo fluorado (FEP), y multiplicando esta masa por el contenido en poliimida de dicha cinta.

Masa de poliimida = (superficie ocupada por la cinta de poliimida) x (densidad = 1,50)

- 30 x (contenido en poliimida (%)) de la cinta de poliimida con adhesivo fluorado = 76,5%)

Por último, la superficie ocupada por una capa se calcula substrayendo de la superficie del círculo de diámetro igual al diámetro exterior (De) de la indicada capa, la superficie del círculo de diámetro igual al diámetro interior (Di) de la indicada capa según la fórmula siguiente:

$$\text{Superficie ocupada por una capa} = \frac{\pi}{4} \times (D_{\text{e}}^2 - D_{\text{i}}^2)$$

- 35 Para la primera capa de aislamiento, el diámetro interior es igual al diámetro del conductor.

El diámetro exterior de la capa es igual a la suma del diámetro interior y de 2 veces el espesor radial (ER) de la capa, a saber:

$$D_{\text{e}} = D_{\text{i}} + 2 \times ER.$$

El espesor radial (ER) de una capa encintada se facilita por la ecuación siguiente:

Espesor de la cinta en mm

$$ER = \frac{1}{1 - (recubrimiento\ Kr\ de\ la\ cinta\ en\ %)}$$

- 5 A título de ejemplo, el cálculo de la relación R respecto al cable eléctrico DW20D se detalla a continuación, siendo el método de cálculo idéntico para los demás tipos de cables eléctricos DW descritos en las tablas 1a y 1b.

Diferentes normas respecto a los indicados cables eléctricos DW, bien conocidos por el experto en la materia, precisan el diámetro del conductor eléctrico en función de su sección, del número de hilos conductores así como del diámetro de cada uno de los indicados hilos, y del grado de compactado de los indicados hilos conductores.

- 10 A título de ejemplo, según la norma EN 2346-005, el diámetro del conductor eléctrico de los cables eléctricos referenciados en las tablas 1a y 1b se detalla en la tabla 3 dada a continuación.

Tabla 3

| Cable eléctrico | Sección del conductor eléctrico (mm ²) | Número de hilos conductores | Diámetro de cada hilo conductor (mm) | Diámetro máximo del conductor eléctrico (mm) |
|-----------------|--|-----------------------------|--------------------------------------|--|
| DW24 | 0,25 | 19 | 0,12 | 0,62 |
| DW20 | 0,60 | 19 | 0,20 | 1,04 |
| DW14 | 2,0 | 37 | 0,25 | 1,82 |

Otro ejemplo de dicho diámetro, conforme a la norma NF EN4434, se detalla en la tabla 4 dada a continuación.

15

Tabla 4

| Cable eléctrico | Sección del conductor eléctrico (mm ²) | Número de hilos conductores | Diámetro de cada hilo conductor (mm) | Diámetro mínimo del conductor eléctrico (mm) | Diámetro máximo del conductor eléctrico (mm) |
|-----------------|--|-----------------------------|--------------------------------------|--|--|
| DW24 | 0,25 | 19 | 0,12 | 0,555 | 0,585 |
| DW20 | 0,60 | 19 | 0,20 | 0,94 | 0,97 |
| DW14 | 2,0 | 37 | 0,25 | 1,69 | 1,73 |

Los diámetros de los conductores DW24, DW20 y DW14 de las tablas 1a y 1b son los mencionados respectivamente en la columna «Diámetro máximo del conductor eléctrico» de la tabla 4 según la norma EN 4434, siendo los indicados diámetros facilitados a título ilustrativo y en modo alguno limitativo.

20

Diámetro del conductor : 0,97 mm

La primera capa:

| | | |
|----|---|------------------------|
| | Espesor de la cinta de mica = | 0,100 mm |
| | Recubrimiento Kr de la cinta de mica = | 37% |
| | Densidad de la cinta de mica = | 1,30 |
| 25 | Contenido en aglutinante polimérico de la cinta de mica = | 13% |
| | Diámetro interior de la capa de mica = | 0,97 mm |
| | Superficie del círculo de diámetro 0,97 mm = | 0,7390 mm ² |
| | Espesor radial de la cinta de mica = | 0,1587 mm |
| | | = 0,100/(1 - 0,37) |
| 30 | Diámetro exterior de la capa de mica = | 1,2875 mm |
| | | = 0,97 + 2 x 0,1587 |

| | | |
|---|--|------------------------|
| | Superficie del círculo de diámetro 1,2875 mm = | 1,3018 mm ² |
| | Superficie de la capa de cinta de mica = | 0,5629 mm ² |
| | | = 1,3018 – 0,7390 |
| | Masa de la capa de cinta de mica = | 0,731 |
| 5 | | = 0,5629 x 1,30 |
| | Masa de aglutinante polimérico de la cinta de mica = | 0,0951 |
| | | = 0,7319 x 0,13 |

La segunda capa:

| | | |
|----|---|------------------------|
| | Espesor de la cinta de poliimida con adhesivo fluorado = | 0,030 mm |
| 10 | Recubrimiento Kr de la cinta de poliimida con adhesivo fluorado | = 30% |
| | Densidad de la cinta de poliimida con adhesivo fluorado = | 1,53 |
| | Contenido en poliimida de la cinta de poliimida con adhesivo fluorado = | 76,5% |
| | Diámetro interior de la capa de poliimida con adhesivo fluorado = | 1,2875 mm |
| | Superficie del círculo de diámetro 1,2875 mm = | 1,3018 mm ² |
| 15 | Espesor radial de la cinta de poliimida con adhesivo fluorado = | 0,0435 mm |
| | | = 0,03048/(1 – 0,30) |
| | Diámetro exterior de la capa de poliimida con adhesivo fluorado = | 1,3745 mm |
| | | = 1,2875 + 2 x 0,0435 |
| | Superficie del círculo de diámetro 1,3745 mm = | 1,4839 mm ² |
| 20 | Superficie de la capa de cinta de poliimida con adhesivo fluorado = | 0,1821 mm ² |
| | | = 1,4839 – 1,3018 |
| | Masa de la capa de cinta de poliimida con adhesivo fluorado = | 0,2786 |
| | | = 0,1821 x 1,53 |
| | Masa de poliimida de la cinta de poliimida con adhesivo fluorado = | 0,2131 |
| 25 | | = 0,2786 x 0,765 |

La tercera capa:

| | | |
|----|---|------------------------|
| | Espesor de la primera cinta de PTFE no sinterizada = | 0,076 mm |
| | Recubrimiento Kr de la primera cinta de PTFE no sinterizada = | 53% |
| | Densidad de la primera cinta de PTFE no sinterizada = | 1,62 |
| 30 | Diámetro interior de la capa de la primera cinta de PTFE no sinterizada = | 1,3745 mm |
| | Superficie del círculo de diámetro 1,5362 mm = | 1,4839 mm ² |
| | Espesor radial de la primera cinta de PTFE no sinterizada = | 0,1617 mm |
| | | = 0,076/(1 – 0,53) |
| | Diámetro exterior de la capa de la primera cinta de PTFE no sinterizada = | 1,6980 mm |

ES 2 576 640 T3

| | | |
|----|---|------------------------|
| | | = 1,3745 + 2 x 0,1617 |
| | Superficie del círculo de diámetro 1,6980 mm = | 2,2643 mm ² |
| | Superficie de la capa de la primera cinta de PTFE no sinterizada = | 0,7804 mm ² |
| | | = 1,8536 – 1,4839 |
| 5 | Masa de la capa de la primera cinta de PTFE no sinterizada = | 1,2643 |
| | | = 0,7804 x 1,62 |
| | Espesor de la segunda cinta de PTFE no sinterizada | 0,076 mm |
| | Recubrimiento Kr de la segunda cinta PTFE no sinterizada = | 53 % |
| | Densidad de la segunda cinta de PTFE no sinterizada = | 1,62 |
| 10 | Diámetro interior de la capa de la segunda cinta de PTFE no sinterizada = | 1,6980 mm |
| | Superficie del círculo de diámetro 1,6980 mm = | 2,2643 mm ² |
| | Espesor radial de la segunda cinta de PTFE no sinterizada = | 0,1617 mm |
| | | = 0,076/(1 – 0,53) |
| | Diámetro exterior de la capa de la segunda cinta de PTFE no sinterizada = | 2,0214 mm |
| 15 | | = 1,6980 + 2 x 0,1617 |
| | Superficie del círculo de diámetro 2,0214 mm = | 3,2090 mm ² |
| | Superficie de la capa de la segunda cinta de PTFE no sinterizada = | 0,9447 mm ² |
| | | = 3,2090 – 2,2643 |
| | Masa de la capa de la segunda cinta de PTFE no sinterizada = | 1,5304 |
| 20 | | = 0,9447 x 1,62 |
| | Espesor de la tercera cinta de PTFE no sinterizada = | 0,076 mm |
| | Recubrimiento Kr de la tercera cinta de PTFE no sinterizada = | 53% |
| | Densidad de la tercera cinta de PTFE no sinterizada = | 1,62 |
| | Diámetro interior de la capa de la tercera cinta de PTFE no sinterizada = | 2,0214 mm |
| 25 | Superficie del círculo de diámetro 2,0214 mm = | 3,2090 mm ² |
| | Espesor radial de la tercera cinta de PTFE no sinterizada = | 0,1617 mm |
| | | = 0,076/(1 – 0,53) |
| | Diámetro exterior de la capa de la tercera cinta de PTFE no sinterizada = | 2,3448 mm |
| | | = 2,0214 + 2 x 0,1617 |
| 30 | Superficie del círculo de diámetro 2,3448 mm = | 4,3180 mm ² |
| | Superficie de la capa de la tercera cinta de PTFE no sinterizada | 1,1090 mm ² |
| | | = 4,3180 – 3,2090 |
| | Masa de la capa de la tercera cinta de PTFE no sinterizada = | 1,7966 |
| | | = 1,1090 x 1,62 |

Masa total de PTFE 1,2643 + 1,5304 + 1,7966

4,5913

Relación R para el cable eléctrico DW20D

$$R = 4,5913 / (0,0951 + 0,2131) = 14,9$$

Cada cable eléctrico de las Tablas 1a y 1b experimentó el ensayo de resistencia a la propagación de arco eléctrico en seco según el método de ensayo de la norma NF EN 3475-604.

Este ensayo permitió producir, de un modo controlado, los efectos de fallos que son representativos de lo que puede suceder en su utilización cuando un haz de cables eléctricos está dañado por desgaste de forma que arcos eléctricos se desencadenan entre los cables eléctricos y/o entre cables eléctricos y la estructura conductora.

Este ensayo consistió en someter sucesivamente 18 haces de 7 cables eléctricos cada uno (con una longitud de 0,5 m) a 6 intensidades diferentes de corriente de cortocircuito, 3 de los 18 haces se sometieron a ensayo a una misma intensidad para la reproductibilidad del ensayo.

Por cada haz de 7 cables, dos cables eléctricos se dañaron voluntariamente y pusieron en cortocircuito, o sea un total de $18 \times 5 = 90$ cables eléctricos para los cuales se midió el dañado colateral.

Para cumplir con la exigencia de la norma EN 2346-005, es preciso que menos un 25% (dañado colateral) de estos 90 cables eléctricos estén dañados o idénticamente que la resistencia a la propagación del arco sea al menos de un 75% (resistencia propagación de arco eléctrico = 100 – dañado colateral).

El daño colateral es la relación entre el número de cables eléctricos dañados por el arco eléctrico y el número total de cables eléctricos que no han sido voluntariamente dañados sometidos al ensayo.

Así, de los 90 cables eléctricos, es necesario que al menos 67 cables eléctricos resistan a la propagación de arco eléctrico en seco.

Para ello, el daño colateral de la capa exterior de 5 cables eléctricos es primeramente controlado de forma visual.

Luego, los 5 cables colaterales del haz se sometieron a un ensayo de comportamiento en tensión en el agua según el método de la norma EN 3475-302, durante un tiempo y a un valor de tensión eléctrica alternativo definidos por la norma EN 2346-005.

Los resultados de las Tablas 2a y 2b demuestran claramente que los cables eléctricos según la invención (DW24A, DW20B, DW20C, DW20D, DW14B DW14C) presentan una resistencia a la propagación de arco eléctrico de al menos un 75%, incluso mismo de al menos un 90% según las prescripciones de la norma NF EN 3475-604.

Resultados idénticos fueron igualmente obtenidos con un cable eléctrico de construcción idéntica al cable DW20B, pero con una sección de conductor eléctrico de $0,34 \text{ mm}^2$ (DW22) para una relación R superior o igual a 4.

Se observó así que la temperatura más elevada del tratamiento térmico de la primera capa de los cables eléctricos según la presente invención favorece la obtención de una bastante mejor resistencia a la propagación de arco eléctrico.

Por ejemplo, se obtuvo un 80% en resistencia a la propagación de arco eléctrico para DW20B, contrariamente al cable eléctrico DW20A con el cual se obtuvo un 56%.

Otros ensayos respecto a la resistencia al fuego fueron igualmente realizados según los métodos de las normas NF EN 3475-408 y prEN 3475-417.

Aparece claramente que los cables eléctricos según la presente invención presentan una resistencia al fuego superior a las exigencias requeridas por la norma EN 2346-005, a saber la resistencia de aislamiento del cable eléctrico a la llama durante 15 minutos (según NF EN 3475-408) o durante 5 minutos (según prEN 3475-417) debe ser superior a 10 000 Ohms.

Por ejemplo, el ensayo de resistencia al fuego NF EN 3475-408 realizado en el cable eléctrico DW20D de la Tabla 1a proporciona una resistencia de aislamiento comprendida entre 64 000 y 242 000 ohms.

Por ejemplo, el ensayo de resistencia al fuego prEN 3475-417 realizado en el cable eléctrico DW20D de la Tabla 1a según diferentes configuraciones de conjunto eléctrico proporciona una resistencia de aislamiento comprendida entre 54 000 y 2 300 000 ohms.

Paralelamente, se deduce con ello que el tratamiento térmico de la primera capa según la presente invención no es nefasto para el comportamiento al fuego de dicho cable.

La presente invención no se limita a los ejemplos de cables eléctricos que acaban de describirse y se refiere en general a todos los cables eléctricos que se puedan considerar a partir de las indicaciones generales proporcionadas en la exposición de la invención.

5

REIVINDICACIONES

1. Cable eléctrico que comprende:

- 5 - un conductor eléctrico rodeado por una primera capa que comprende al menos un enrollamiento de una cinta de mica, estando la indicada cinta de mica compuesta por partículas de mica depositadas por mediación de un aglutinante polimérico sobre un soporte,
- una segunda capa que comprende al menos un enrollamiento de una cinta de poliimida, y
- una tercera capa que comprende al menos un enrollamiento de una cinta de politetrafluoretileno (PTFE),

siendo la primera capa tratada térmicamente a una temperatura de al menos 400°C, y

10 la relación R de la masa lineal de PTFE sobre la suma de las masas lineales del aglutinante polimérico y de la poliimida es tal que:

- R es superior o igual a 2 cuando la sección del conductor eléctrico es como máximo igual a 0,2 mm², de preferencia comprendida entre 0,1 y 0,2 mm²,
- R es superior o igual a 4 cuando la sección del conductor eléctrico es estrictamente superior a 0,2 mm² y estrictamente inferior a 0,6 mm²,
- R es superior o igual a 6 cuando la sección del conductor eléctrico es igual a 0,6 mm²,
- R es superior o igual a 12 cuando la sección del conductor eléctrico es estrictamente superior a 0,6 mm², de preferencia como máximo 3 mm²,

calculándose la relación R a partir de las masas iniciales respectivas:

- de PTFE procedente de la o de las cintas de PTFE (tercera capa),

- 20 ◦ de aglutinante polimérico procedente de la o de las cintas de mica (primera capa), y

- de poliimida procedente de la o de las cintas de poliimida (segunda capa),

estando las masas de PTFE, de aglutinante polimérico y de poliimida definidas como sigue:

- la masa de PTFE = (superficies ocupadas por la(s) cinta(s) de PTFE no sinterizadas) x (densidad del PTFE),

- 25 ◦ la masa de aglutinante polimérico = (masa de la o de las cinta(s) de mica) x (contenido en aglutinante polimérico (%) de la o de las cintas de mica), con masa de la o de las cinta(s) de mica = (superficies ocupadas por la(s) cinta(s) de mica) x (densidad de la mica), y

- la masa de poliimida = (superficie ocupada por la cinta de poliimida) x (densidad de la poliimida) x (contenido en poliimida (%) de la cinta de poliimida).

30 2. Cable eléctrico según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el tratamiento térmico de la primera capa se realiza durante un tiempo t superior en al menos el 30% al tiempo t₀ necesario para el desgasificado de la primera capa, de preferencia el indicado tiempo t es de al menos 1 minuto.

35 3. Cable eléctrico según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** la cinta de mica comprende como máximo una cantidad del 20% en peso de aglutinante polimérico, de preferencia la cinta de mica comprende una cantidad del 13% en peso de aglutinante polimérico.

40 4. Cable eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el aglutinante polimérico es una resina de silicona.

5. Cable eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el porcentaje de recubrimiento de una cinta de mica sobre si misma durante su enrollamiento y/o de una cinta de poliimida sobre si misma en su enrollamiento es de como máximo un 49%.

6. Cable eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la segunda capa comprende un solo enrollamiento de una cinta de poliimida.

7. Cable eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la tercera capa comprende al menos dos enrollamientos de una cinta de PTFE.
8. Cable eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las partículas de mica son del tipo flogopita.
- 5 9. Cable eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la cinta de poliimida comprende una capa de poliimida recubierta por cada una de sus caras por un revestimiento de copolímero de etileno propileno fluorado (FEP).
- 10 10. Cable eléctrico según la reivindicación 9, **caracterizado por que** la segunda capa se trata térmicamente a una temperatura superior a la temperatura de fusión de las capas de FEP.
- 10 11. Cable eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la tercera capa se trata térmicamente a una temperatura superior a los 340°C.
12. Cable eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** cumple con las exigencias de la norma EN 2346-005 respecto a la resistencia a la propagación de arco eléctrico para el ensayo de propagación del arco NF EN 3475-604 y las exigencias de las normas NF EN 3475-408 y prEN 3475-417.
- 15 13. Conjunto de cables eléctricos que comprende al menos un cable eléctrico tal como se ha definido según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

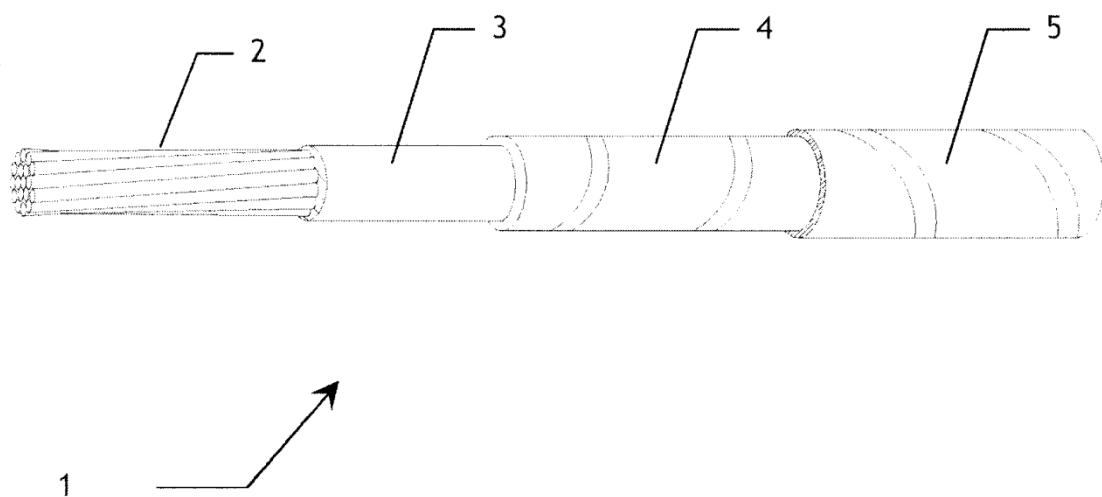


FIG. 1