

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 796 335**

51 Int. Cl.:

H01B 7/295 (2006.01)

H01B 3/04 (2006.01)

H01B 3/36 (2006.01)

H01B 3/46 (2006.01)

H01B 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.01.2016 PCT/IB2016/000198**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.08.2017 WO17130016**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.01.2016 E 16712446 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3408853**

54 Título: **Sistema de cable resistente al fuego**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.11.2020

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

72 Inventor/es:
BLAIR, RONALD;
CONSTANTINE, WALTER y
WATERMAN, KENDALL

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 796 335 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

Sistema de cable resistente al fuego

5 Campo técnico

[0001] La presente divulgación se refiere en general a un sistema de cable resistente al fuego que comprende un cable resistente al fuego y un conducto donde se despliega el cable.

10 Antecedentes

[0002] Muchos cables, en particular los cables para la transmisión y/o distribución de potencia, pueden ser susceptibles a fallos en una emergencia relacionada con incendios. Muchos cables no están diseñados para mantener el funcionamiento a temperaturas altas o que aumentan rápidamente, como sucede en un incendio.

15

[0003] La resistencia al fuego de un cable eléctrico puede ser evaluada y certificada por normas nacionales e internacionales. Estas normas en general implican someter a prueba el cable eléctrico para probar su capacidad de funcionar en presencia no solo de fuego durante un período de tiempo determinado, sino también de agua que posiblemente procedente de rociadores o mangueras.

20

[0004] Los cables resistentes al fuego pueden evaluarse para cumplir con las normas desarrolladas por la compañía de certificación estadounidense conocida como Underwriters Laboratories (UL), como la Norma UL 2196, 2012 ("UL-2196"). Para obtener la certificación, los cables se prueban en condiciones de incendio. Durante la prueba, los cables se instalan en conductos, por ejemplo, el sistema de tubos utilizado para la protección y/o encaminamiento del cable, y los conductos se montan en un muro cortafuegos, por ejemplo, un muro que restringe la propagación del fuego, ya sea verticalmente u horizontalmente según la prueba en particular. Los conductos pueden contener múltiples cables, y los cables pueden rellenar el conducto respectivo a no más del 40 % según la NFPA (Asociación Nacional de Protección contra Fuego) 70: Código Eléctrico Nacional (NEC). Los cables se prueban a la tensión nominal máxima asignada del cable o a la tensión de utilización del cable, y permanecen activados durante toda la prueba. Se prescriben condiciones de aumento de temperatura y fuego. Después de la prueba, los cables se desactivan y el muro se limpia con una manguera para determinar la integridad estructural del sistema instalado. Después de que el chorro de la manguera se detiene y normalmente después del secado, los cables se vuelven a activar para evaluar la integridad eléctrica de los cables.

[0005] Los sistemas de cable/conducto que pasan la prueba se certifican en una configuración dada. Por ejemplo, si un conducto con un relleno de conducto del 14 % pasa la prueba, pero no pasa la prueba con un relleno de conducto del 32 %, solo se certifica el conducto con el relleno de conducto del 14 %. Sin embargo, cuando un sistema de cable/conducto pasa la prueba con un relleno de conducto dado, también se certifica para rellenos de conducto inferiores.

40

[0006] Para pasar las pruebas, el conducto debe ser resistente al fuego. Típicamente, los conductos resistentes al fuego están hechos de acero o de resinas reforzadas con fibra de vidrio específicamente diseñadas.

[0007] La certificación según UL-2196 puede incluir una prueba de una hora o una prueba de dos horas. En 2012, la investigación llevada a cabo por UL mostró que algunos productos y sistemas similares a los previamente certificados según UL-2196 ya no podían pasar la prueba del muro cortafuegos de dos horas sistemáticamente. UL inició un programa provisional con pautas revisadas más estrictas para la certificación.

45

[0008] Un procedimiento para mejorar el rendimiento de un cable a alta temperatura incluye proporcionar al cable una cubierta extruida formada por uno o más materiales resistentes al calor. Las cubiertas extruidas pueden incorporar rellenos para aumentar la resistencia al calor.

50

[0009] Otro procedimiento para mejorar el rendimiento a alta temperatura de un cable incluye proporcionar el cable con cinta de mica, como se define a continuación, hecha con fibras de vidrio en un lado de la cinta de mica y escamas de mica en el lado opuesto de la cinta de mica. La cinta de mica se envuelve alrededor de un conductor durante la producción, y una o más capas exteriores se aplican sobre la capa de la cinta de mica. Al exponerse a temperaturas crecientes, las capas exteriores pueden degradarse y caerse, pero las fibras de vidrio pueden mantener las escamas de mica en su lugar.

55

[0010] Los fabricantes de cintas de mica típicamente indican a los usuarios que apliquen la cinta de mica con el lado de la mica orientada hacia el conductor. Por ejemplo, el folleto de Cogebi Inc. para Firox® P describe una cinta hecha de papel de mica de flogopita unido a una tela de vidrio de grado eléctrico como tela de soporte e impregnada con un elastómero de silicona resistente a alta temperatura. El folleto describe que la cinta se aplica sobre un conductor con el lado de la mica hacia el conductor para actuar como aislamiento eléctrico en caso de incendio.

60

65

5 **[0011]** Además, el folleto de Von Roll Switzerland Ltd para Cablosam® 366.21-30 describe una cinta flexible de moscovita de Samica® impregnada con una resina de silicona y reforzada con vidrio tejido. El vidrio tejido forma una superficie de respaldo. El folleto describe que las cintas se aplican sobre el hilo de alambre desnudo siempre con el vidrio tejido al exterior después de la aplicación. Por lo tanto, el folleto describe que la cinta se aplica al conductor con el lado de la mica orientada hacia el conductor.

10 **[0012]** La publicación europea EP 1 798 737 (EP '737) describe un cable eléctrico que incluye una pluralidad de hilos conductores de electricidad, en cada uno de los cuales se aplica una capa que comprende una tira de fibra de vidrio con una capa de mica pegada sobre el mismo. El documento EP '737 aplica una única capa de mica y no describe qué lado de la capa con la tira de fibra de vidrio y la capa de mica orientada hacia los hilos conductores.

15 **[0013]** La publicación internacional PCT WO 96/02920 (WO '920) describe un cable que incluye dos capas de cinta de mica revestida con tela de vidrio aplicada sobre un hilo conductor. El documento WO '920 describe que las capas de cintas de mica se aplican con la tela de vidrio en el exterior de la capa y, por lo tanto, que el lado de la mica orientada hacia el conductor.

20 **[0014]** La publicación europea EP 1 619 694 (EP '694) describe un cable que incluye un conductor sobre el cual se aplican dos capas de cinta que incluyen tela de vidrio recubierta adhesivamente en un lado con mica. El documento EP '694 describe que cada capa se aplica con el lado de la mica orientada hacia el conductor.

25 **[0015]** La publicación francesa FR 2 573 910 (FR '910) describe una capa aislante para cables eléctricos con características dieléctricas y aislantes en un amplio intervalo de temperaturas. Esta capa comprende una o más capas de mica obtenidas envolviendo helicoidalmente una o más cintas hechas de una tela de vidrio impregnada con un adhesivo que sostiene partículas de mica. La superficie de mica con las partículas de mica se proporciona preferentemente orientada hacia la estructura a proteger. El proceso de fabricación permite envolver helicoidalmente una primera cinta de mica alrededor del elemento a proteger colocando la superficie con partículas de mica orientada hacia el elemento a proteger; y una segunda cinta de mica se superpone sobre la primera con la cara cubierta con partículas de mica giradas hacia dentro, pero con una dirección de rotación opuesta a la de la primera cinta. Todas las cintas de mica utilizadas tienen las respectivas superficies orientadas hacia los conductores.

30 **[0016]** El documento WO 2006/005426 A1 describe un hilo aislado resistente al fuego que comprende un conductor envuelto con cinta de mica, una capa de politetrafluoroetileno sinterizado (PTFE) que recubre la(s) capa(s) de mica y una capa reticulada de poli(etileno-co-tetrafluoroetileno) (ETFE) que recubre la capa de PTFE.

35 **[0017]** El solicitante se enfrentó al problema de proporcionar un cable resistente al fuego adecuado para cumplir con las normas nacionales e internacionales y que comprende un número limitado de capas de mica.

40 **[0018]** El número de capas de cinta de mica puede afectar el peso y el tamaño del cable, y también el coste y el tiempo para fabricar el cable, por lo tanto, se busca un número limitado de capas de mica.

RESUMEN

45 **[0019]** El solicitante ha descubierto que es posible no solo proporcionar un cable resistente al fuego compatible con un número limitado de cintas de mica, sino también mejorar el rendimiento de resistencia al fuego del cable mediante el uso de cintas de mica envueltas alrededor del conductor del cable con las respectivas superficies de mica orientadas entre sí, cuando el cable se despliega en un conducto hecho de resina reforzada con fibra de vidrio adecuada.

50 **[0020]** Sin desear limitarse a una teoría, el solicitante percibió que cuando la cinta de mica se aplica con las respectivas superficies de mica orientadas hacia el conductor, las partículas de mica pueden desprenderse durante la fabricación y/o el despliegue del cable, lo que debilita el rendimiento de la barrera contra incendios de la cinta de mica.

55 **[0021]** El solicitante observó que un conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio es menos conductor térmica y eléctricamente que un conducto metálico (acero).

60 **[0022]** Al proporcionar un sistema de cable con un único par, o un par, de cintas de mica de manera que las superficies de mica respectivas están orientadas entre sí en una configuración denominada "emparedado de mica", y al desplegar un cable que figura en un conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio, el solicitante descubrió que el cable presenta una excelente resistencia al fuego e integridad estructural bajo altas temperaturas, y las cintas de mica proporcionan protección eficaz para que el conductor mantenga el rendimiento de integridad de su circuito eléctrico. El sistema de cable se ha encontrado adecuado para obtener la certificación según el programa provisional de UL-2196.

[0023] En un aspecto, la presente divulgación está dirigida a un sistema de cable resistente al fuego que comprende un cable eléctrico alojado en un conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio. El cable

eléctrico comprende un conductor y tiene un par de cintas de mica que solo rodean al conductor. El par de cintas de mica está formado por una primera cinta de mica y una segunda cinta de mica envuelta alrededor de la primera cinta de mica, ambas cintas incluyen una capa de mica unida a una capa de respaldo. La capa de mica de la primera cinta de mica está orientada hacia, y entra en contacto con, la capa de mica de la segunda cinta de mica. El cable eléctrico incluye además al menos una capa aislante que rodea la segunda cinta de mica. El conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio está hecho de un material que comprende fibras de un vidrio seleccionado entre vidrio E y vidrio E-CR y una resina.

[0024] En la presente descripción y reivindicaciones, por "cinta de mica" se entiende una cinta que comprende una capa de escamas de mica unidas a una capa de respaldo. La capa de mica está formada típicamente por uno o más tipos de escamas de mica (por ejemplo, moscovita y/o flogopita), dispuestas para formar un papel u hoja de mica. La capa de mica en general está impregnada o recubierta con un agente aglutinante (por ejemplo, resina de silicona o elastómero, resina acrílica y/o resina epoxi). La capa de respaldo está formada por una tela de soporte (por ejemplo, vidrio tejido o no tejido). La capa de mica en general está unida a la capa de respaldo por el mismo agente aglutinante.

[0025] En la presente descripción y reivindicaciones, un "vidrio E" es el establecido por ASTM D578/D578M (2011), por ejemplo, un vidrio de aluminosilicato con menos del 1 % p/p de óxidos alcalinos y que opcionalmente contiene boro.

[0026] En la presente descripción y reivindicaciones, un "vidrio E-CR" es el establecido por ASTM D578/D578M (2011), por ejemplo, un vidrio de resistencia eléctrica/química hecho de silicato de aluminio y cal con menos del 1 % p/p de óxidos alcalinos.

[0027] La resina del conducto es preferentemente una resina fenólica.

[0028] En la presente descripción y reivindicaciones, la "capa aislante" se usa en el presente documento para referirse a una capa de cobertura hecha de un material que tiene propiedades de aislamiento eléctrico, por ejemplo, que tiene una resistencia dieléctrica de al menos 5 kV/mm, preferentemente mayor de 10 kV/mm.

[0029] El sistema resistente al fuego puede comprender uno o más cables eléctricos como se describe anteriormente dentro de un conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio.

[0030] El sistema de cables puede tener un relleno de conducto (el porcentaje de una sección del conducto que se rellena con el/los cable/s) hasta un 25 % para cables con clasificación vertical de 2 horas y hasta un 35 % para cables con clasificación horizontal de 2 horas.

[0031] En la presente descripción y reivindicaciones, como "clasificación vertical" se entiende un sistema de cable que pasa una prueba de resistencia al fuego en condiciones de tendido vertical, y como "clasificación horizontal" se entiende un sistema de cable que pasa una prueba de resistencia al fuego en condiciones de tendido horizontal.

[0032] Para el propósito de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, excepto donde se indique lo contrario, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes, y así sucesivamente, deben entenderse como modificadas, en todos los casos, por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en el mismo, que puede o no enumerarse específicamente en esta invención.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0033]

La Fig. 1 es una vista en corte transversal de un cable eléctrico, congruente con determinadas realizaciones descritas.

La Fig. 2 es una vista de un sistema de cable resistente al fuego congruente con determinadas realizaciones descritas.

DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

[0034] A continuación, se hará referencia en detalle a las realizaciones ejemplares presentes, un ejemplo de las cuales se ilustran en las figuras adjuntas. Sin embargo, la presente divulgación puede materializarse de muchas formas diferentes y no debería interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en esta invención.

[0035] Con referencia ahora a la Fig. 1, un cable eléctrico 10 tiene un eje longitudinal 12. El cable eléctrico 10 incluye, en orden desde el interior al exterior, un conductor eléctrico 20, un par de cintas de mica 30, y una o más capas proporcionadas secuencialmente en posición radial externa con respecto al par de cintas de mica 30a. Dicha(s)

ES 2 796 335 T3

capa(s) externa(s) incluyen una primera capa aislante 40 y una segunda capa aislante 50. En algunas aplicaciones, puede estar presente un recubrimiento exterior (no se ilustra) que rodea y, opcionalmente, que entra en contacto con, la segunda capa aislante 50.

5 **[0036]** El conductor 20 está hecho de un metal conductor de electricidad, preferentemente cobre o aleación de cobre. Aunque se muestra en la Fig. 1 como un elemento único, el conductor 20 puede ser sólido o estar hecho de alambres trenzados. Por ejemplo, el conductor 20 puede ser cobre suave desnudo comprimido de 7 hilos 8 AWG (calibre americano de alambres) (8,36 mm²) según las normas identificadas por ASTM International como conductores de cobre con hilos concéntricos ASTM B8 Clase B. El conductor 20 también puede variar en tamaño desde
10 aproximadamente 2 mm² (14 AWG) hasta aproximadamente 500 mm² (1000 kcmil).

[0037] El par de cintas de mica 30 se enrolla alrededor del conductor 20. El par de cintas de mica 30 incluye una primera cinta de mica 32 y una segunda cinta de mica 34. La primera cinta de mica 32 está dispuesta alrededor del conductor 20 de manera que la primera cinta de mica 32 entra en contacto con, y se aplica directamente sobre, el
15 conductor 20. La segunda cinta de mica 34 está dispuesta alrededor de la primera cinta de mica 32 de manera que la segunda cinta de mica 34 entra en contacto con, y se aplica directamente, sobre la primera cinta de mica 32.

[0038] Cada una de la primera cinta de mica 32 y la segunda cinta de mica 34 están formadas por una capa de mica unida a una capa de respaldo.
20

[0039] La primera cinta de mica 32 se enrolla sobre el conductor 20 de manera que la capa de respaldo de la primera cinta de mica 32 está orientada hacia, y entra en contacto con, el conductor 20, y la capa de mica de la primera cinta de mica 32 está orientada lejos del conductor 20. Por lo tanto, la capa de respaldo de la primera cinta de mica 32 está orientada radialmente hacia dentro hacia el eje 12 del cable 10, y la capa de mica de la primera cinta de mica
25 32 está orientada radialmente hacia fuera lejos del eje 12 del cable 10.

[0040] La segunda cinta de mica 34 se enrolla sobre la primera cinta de mica 32 de manera que la capa de mica de la segunda cinta de mica 34 está orientada hacia, y entra en contacto con, la capa de mica de la primera cinta de mica 32, y la capa de respaldo de la segunda cinta de mica 34 está orientada lejos del conductor 20 y la primera
30 cinta de mica 32. Por lo tanto, la capa de mica de la segunda cinta de mica 34 está orientada radialmente hacia dentro hacia el eje 12 del cable 10, y la capa de respaldo de la segunda cinta de mica 34 está orientada radialmente hacia fuera lejos del eje 12 del cable 10.

[0041] En realizaciones en las que el conductor 20 está hecho de alambres trenzados, la primera cinta de mica 32 se enrolla preferentemente en una dirección del enrollado opuesta a la dirección de los hilos de los cables del conductor 20. Ventajosamente, la segunda cinta de mica 34 se enrolla en una dirección del enrollado opuesta a la dirección de enrollado de la primera cinta de mica 32. La dirección opuesta del enrollado de las cintas de mica primera y segunda 32 y 34 ayuda a mantener el par de torsión en el conductor 20 minimizado de modo que se pueda minimizar la torsión del conductor 20 durante la exposición al fuego.
40

[0042] Por ejemplo, la primera cinta de mica 32 puede tener una dirección del enrollado o trenzado hacia la derecha (RHL), y el conductor 20 (o al menos una capa exterior de los alambres contenidos en la misma) y la segunda cinta de mica 34 pueden tener una dirección del enrollado o trenzado hacia la izquierda (LHL), o viceversa. Este trenzado de las cintas de mica minimiza el efecto de torsión debido al enrollado de las cintas de mica.
45

[0043] De forma alternativa, tanto la primera cinta de mica 32 como la segunda cinta de mica 34 pueden tener, por ejemplo, un RHL, y el conductor 20 puede tener un LHL. Con esta configuración del enrollado, las cintas de mica primera y segunda 32 y 34 ejercen una resistencia unida al par de torsión, opuesta a la torsión debida al enrollado del conductor 20.
50

[0044] La primera cinta de mica 32 y la segunda cinta de mica 34 están enrolladas en un ángulo de 30° a 60°, preferentemente de aproximadamente 45°. Además, la primera cinta de mica 32 y la segunda cinta de mica 34 tienen un porcentaje de superposición (por ejemplo, el porcentaje de la anchura de la cinta de mica que se superpone sobre sí mismo durante el enrollado) de manera que no se forman espacios en el enrollado de las cintas de mica durante la
55 fabricación y el despliegue del cable 10. El porcentaje de superposición puede ser, por ejemplo, del 25 %.

[0045] La capa de mica de una o más de las cintas de mica 32, 34 tiene preferentemente dimensiones (espesor y anchura) de manera que las cintas se pueden aplicar alrededor del conductor 20 minimizando las arrugas y los pliegues tanto como sea posible. Las arrugas y los pliegues pueden hacer que las cintas de mica sean vulnerables al
60 daño. Por ejemplo, la capa de mica de una o ambas cintas de mica 32, 34 tiene un espesor nominal de 0,005 pulgadas (0,127 mm) y una anchura nominal de aproximadamente 0,5 pulgadas (12,7 mm). El término "espesor" usado en esta invención se refiere a la dimensión de la cinta de mica que se extiende radialmente con respecto al eje 12 del cable 10 cuando la cinta de mica se aplica al cable 10. El término "anchura" usado en esta invención se refiere a la dimensión de la cinta de mica ortogonal al espesor y a la dirección de aplicación de la cinta de mica.
65

[0046] Las capas proporcionadas secuencialmente en posición radial externa con respecto al par de cintas de mica 30, por ejemplo, la primera capa aislante 40 y/o la segunda capa aislante 50, se extruyen preferentemente sobre el par de cintas de mica 30. La primera capa aislante 40 y/o la segunda capa aislante 50 pueden estar formadas por compuestos que emiten menos humo y poco o nada de halógeno cuando se exponen a altas fuentes de calor, por ejemplo, compuestos con bajo contenido de humo y cero halógeno (LS0H), y que tienen propiedades ignífugas de baja toxicidad.

[0047] En la realización que se muestra en la Fig. 1, la primera capa aislante 40 rodea la segunda cinta de mica 34 de manera que la primera capa aislante 40 entra en contacto con, y se aplica directamente sobre, la segunda cinta de mica 34. La primera capa aislante 40 tiene un espesor nominal seleccionado según los requisitos de las normas nacionales o internacionales, en general según el tamaño del conductor. El espesor de la primera capa aislante 40 puede ser, por ejemplo, de al menos 0,045 pulgadas (1,143 mm).

[0048] La primera capa aislante 40 puede estar formada por un compuesto a base de silicona, tal como un caucho a base de silicona. El caucho a base de silicona puede formar una matriz que incorpora al menos un relleno mineral ignífugo, por ejemplo, para proteger el material de la primera capa aislante 40 durante la fabricación y la instalación de los cables dentro del conducto. Los rellenos minerales se pueden incorporar al compuesto a base de silicona mediante el uso de un aglutinante, como el silano, y el compuesto a base de silicona se puede curar con un catalizador de curado, como el peróxido.

[0049] A temperaturas más altas experimentadas durante las condiciones de incendio, por ejemplo, a temperaturas superiores o iguales a aproximadamente 600 °C, el compuesto a base de silicona puede formar cenizas de dióxido de silicio. A estas temperaturas más altas, la ceniza de dióxido de silicio formada por la primera capa aislante 40 y las cintas de mica del par 30 pueden unirse y formar una mezcla eutéctica continua que sirve como dieléctrico para el cable 10 para permitir que el cable 10 continúe funcionando.

[0050] De forma alternativa, el compuesto a base de silicona puede ser un polímero ceramizable que ceramifica a temperaturas más altas experimentadas durante condiciones de incendio, por ejemplo, a temperaturas de aproximadamente 600 °C a 900 °C. A estas temperaturas más altas, el polímero ceramizable cambia de un material flexible similar al caucho a un material más sólido, similar a la cerámica.

[0051] La segunda capa aislante 50 rodea la primera capa aislante 40 de manera que la segunda capa aislante 50 entra en contacto con, y se aplica directamente sobre, la primera capa aislante 40. La segunda capa aislante 50 puede tener un espesor nominal según lo prescrito por las normas nacionales o internacionales pertinentes.

[0052] La segunda capa aislante 50 puede estar formada de un polímero termoplástico o de un polímero termoendurecible. Por ejemplo, la segunda capa aislante 50 puede estar formada por una poliolefina, un copolímero de etileno (por ejemplo, etileno-acetato de vinilo (EVA) o etileno lineal de baja densidad (LLDPE)), y/o una mezcla de los mismos. Ejemplos de polímeros o mezclas poliméricas adecuadas para la segunda capa aislante 50 se describen en los documentos US6495760, US6552112, US6924031, US8097809, EP0893801 y EP0893802.

[0053] El polímero de la segunda capa aislante 50 se añade con un relleno ignífugo inorgánico no halógeno, tal como hidróxido de magnesio y/o hidróxido de aluminio en una cantidad adecuada para conferir propiedades ignífugas a la segunda capa aislante 50 (por ejemplo, del 30 % en peso al 70 % en peso de relleno inorgánico ignífugo con respecto al peso total de la mezcla polimérica).

[0054] El cable 10 construido como se describe anteriormente se puede usar en diversas condiciones, como las condiciones especificadas para un cable tipo RHW-2 en el Código Eléctrico Nacional® (NEC®). El cable 10 puede tener una tensión de funcionamiento de 400 a 600 voltios y puede ser resistente al fuego de 400 a 600 voltios.

[0055] Uno o más de los cables 10 pueden desplegarse en un conducto 100 según la Figura 2, donde se ilustran tres cables 10. La sección transversal del conducto 100 es circular, aunque se pueden contemplar otras formas.

[0056] En el sistema de cable resistente al fuego, los accesorios típicamente asociados al conducto también están hechos preferentemente de una resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio.

[0057] El relleno del conducto, es decir, el porcentaje de la sección hueca del conducto que se rellena con el cable 10, puede ser de hasta el 25 % para cables con clasificación vertical de 2 horas y hasta el 35 % para cables con clasificación horizontal de 2 horas, pero se entiende que el relleno del conducto también puede ser menor que estos valores. Para un conducto que incluye cuatro de los cables 10 con un relleno del 17 %, el diámetro nominal del conducto puede ser de aproximadamente 1,5 pulgadas (38,10 mm), el diámetro exterior del conducto puede ser de aproximadamente 1,74 pulgadas (44,20 mm), y el diámetro interno del conducto puede ser de aproximadamente 1,61 pulgadas (40,89 mm). Para un conducto que incluye cuatro cables 10 de tamaño 8AWG con un relleno del 27 %, el diámetro nominal del conducto puede ser de aproximadamente 1,0 pulgadas (25,4 mm), el diámetro externo del conducto puede ser de aproximadamente 1,683 pulgadas (42,75 mm) y el diámetro interno del conducto puede tener

ES 2 796 335 T3

aproximadamente 1,183 pulgadas (30,05 mm). Se entiende que los diámetros pueden ser mayores o menores que estos valores.

[0058] El cable es adecuado para pasar estrictas pruebas de resistencia al fuego que desafían la capacidad del cable de transportar corriente en presencia de fuego y agua.

[0059] Si bien los fabricantes de cinta de mica típicamente recomiendan que la superficie de mica de la cinta de mica esté orientada hacia, y/o esté en contacto con, el conductor, el solicitante ha descubierto lo contrario que es más eficaz para mejorar la resistencia al fuego emparedar juntas las capas de mica de dos cintas de mica adyacentes.

10 Emparedar las capas de mica podría asegurar la integridad de las capas de mica que, junto con el despliegue en un conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio, permite que el cable resista temperaturas más altas, mejorando así la resistencia al fuego del cable y, por lo tanto, protegiendo el rendimiento eléctrico del conductor eléctrico.

15 **[0060]** El sistema comprende un cable que incluye un par de cintas de mica, y una construcción de este tipo puede ser suficiente para que diversos tamaños del cable pasen las pruebas del muro cortafuegos cuando se prueban tanto en la configuración vertical como horizontal, cuando el cable se despliega en un conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio.

20 **[0061]** Ejemplo: Un número de sistemas de cable/conductor según la divulgación y los sistemas comparativos de cable/conductor tienen las características de construcción según la Tabla 1.

Tabla 1

Sistema	1	2	3	4	1A	1B	2A	2B	2C
Cable									
Tamaño del conductor	750MCM (380 mm ²)	8AWG 8,36 mm ²	500 KCM (253,35 mm ²)	250 KCM (126,67 mm ²)	750MCM (380 mm ²)	750MCM (380 mm ²)	8AWG (8,36 mm ²)	8AWG 8,36 mm ²	8AWG 8,36 mm ²
Número de Cintas de Mica	2 (1 par)	2 (1 par)	2 (1 par)	2 (1 par)	4 (2 pares)	2 (1 par)	4 (2 pares)	2 (1 par)	2 (1 par)
Superposición de cinta de mica	25 %	25 %	25 %	25 %	25 %	25 %	25 %	25 %	25 %
Orientación de la mica	arriba/abajo	arriba/abajo	arriba/abajo	arriba/abajo	arriba/abajo (x2)	arriba/abajo (x2)	arriba/abajo (x2)	arriba/abajo	abajo/abajo
Dirección de enrollado de la Cinta de Mica	arriba=RHL abajo=LHL	arriba=RHL abajo=RHL	arriba=RHL abajo=RHL	arriba=RHL abajo=RHL	arriba=RHL abajo=LHL	arriba=RHL abajo=LHL	arriba=RHL abajo=LHL	arriba=RHL abajo=RHL	abajo=RHL abajo=RHL
Conducto	FRE	FRE	FRE	FRE	EMT	EMT	EMT	EMT	EMT
n.º de cables en el conducto	2	4	2	3	2	2	4	4	4

FRE=conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio (muro extragrueso Breathsaver® de FRE Composites®)
EMIT=conducto de acero libre de zinc (de Allied Tube y Conduit®)

[0062] Los sistemas denominados alfanuméricamente son comparativos. La "orientación de la mica" se refiere a las direcciones a las que están orientadas las capas de mica de las cintas de mica. Por ejemplo, "arriba/abajo" significa que hay un par de cintas de mica que incluyen una cinta de mica con la capa de mica orientada hacia arriba (lejos del conductor) y una cinta de mica con la capa de mica orientada hacia abajo (hacia el conductor) de manera que las capas de mica están emparedadas juntas. "Arriba/abajo (x2)" significa que hay dos pares de cintas de mica con cada par que tiene la orientación "arriba/abajo". "Abajo/abajo" significa que hay un par de cintas de mica, y la capa de mica de cada cinta de mica está orientada hacia abajo (hacia el conductor).

[0063] La "dirección de enrollado de la cinta de mica" se refiere a la dirección de enrollado de las cintas de mica. "Arriba=RHL" significa que la cinta de mica con la capa de mica orientada hacia arriba tiene RHL, "abajo=LHL" significa que la cinta de mica con la capa de mica orientada hacia abajo tiene LHL y "abajo=RHL" significa que la cinta de mica con la capa de mica orientada hacia abajo tiene RHL.

[0064] Todos los cables de la Tabla 1 eran de tipo RHW-2 con una tensión de funcionamiento de 600 voltios y una resistencia al fuego de 480 voltios incluye cobre suave desnudo comprimido de 7 hilos 8 AWG (8,36 mm)² según los conductores de cobre de hilo trenzado concéntrico de la clase B de ASTM B8. Se aplican capas de cinta de mica (Cablosam® 366.21-30 de Von Roll Switzerland Ltd) con un espesor nominal de aproximadamente 0,005 pulgadas (0,127 mm) y una anchura nominal de aproximadamente 0,5 pulgadas (12,7 mm) en la parte superior del conductor.

[0065] Todos los cables de la Tabla 1 tenían una capa aislante de aislamiento de silicio ignífugo de baja toxicidad LS0H aplicado sobre la(s) cinta(s) de mica, y una capa ignífuga polimérica de poliolefina ignífuga de baja toxicidad LS0H (UNIGARDTM RE HFDA-6525 de The Dow Chemical Company) aplicada sobre la capa aislante.

[0066] Los sistemas de la Tabla 1 se probaron según la prueba UL-2196 horizontal de 2 horas y vertical de 2 horas a partir de la Tabla 2. La Tabla 2 también informa del resultado de dichas pruebas.

Tabla 2

Sistema	1		2		3		4		1A		1B		2A		2B		2C
Posición del conducto	V	H	V	H	V	H	V	H	V	H		H	V	H	V	H	V
Relleno del conducto (%)	21	28	16	27	20	27	14	33	19	32	18	30	17	40	14	134	21
+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-

[0067] La "posición del conducto" se refiere a la orientación de montaje del conducto en el muro cortafuegos, es decir, vertical ("V") u horizontal ("H").

[0068] Los signos positivo (+) y negativo (-) indican, respectivamente, que el sistema ha pasado o no ha pasado la prueba.

[0069] Como se muestra en la Tabla 2, todos los sistemas de cable según las características descritas pasaron la prueba de fuego de 2 horas tanto en condiciones verticales como horizontales, lo que demuestra la resistencia al fuego de un cable que tiene un único par de cinta de mica en configuración de "emparedado" alojado en un conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio.

[0070] Cuando se usa un conducto de metal (acero) para alojar el cable eléctrico, solo los cables con dos pares de cinta de mica en configuración de "emparedado" pasan la prueba de fuego de 2 horas tanto en condiciones verticales como horizontales.

[0071] En particular, el Sistema 1A, que tenía el mismo tamaño de conductor del Sistema 1, pero dos pares de cintas de mica y un conducto hecho de acero, pasó las pruebas horizontales de 2 horas y la vertical de 2 horas en virtud de dichas cintas de mica adicionales. Cabe destacar que el relleno del conducto de la prueba vertical es más bajo que el del Sistema 1, por lo tanto, dicho sistema con un cable con cuatro cintas de mica en un conducto de acero puede certificarse para menos rellenos de conducto.

[0072] El Sistema 1B, que tiene el mismo tamaño de conductor y número de cintas de mica que el Sistema 1, pero un conducto de acero, pasó solamente la prueba horizontal de 2 horas, pero en la configuración vertical duró solo 1 hora, por consiguiente, dicho sistema con un conducto de acero no puede tener una clasificación vertical de 2 horas.

[0073] El Sistema 2A que tiene el mismo tamaño de conductor que el Sistema 2, pero dos cintas de mica adicionales y un conducto hecho de acero, pasó las pruebas horizontales de 2 horas y vertical de 2 horas en virtud de dichas cintas de mica adicionales. Cabe destacar que el relleno del conducto de la prueba vertical es más bajo que el

ES 2 796 335 T3

del Sistema 2, por lo tanto, dicho sistema con un cable con cuatro cintas de mica en un conducto de acero puede certificarse para menos rellenos de conducto.

[0074] El Sistema 2B, que tiene el mismo tamaño de conductor y número de cintas de mica que el Sistema 2, pero un conducto hecho de acero, pasó solamente la prueba horizontal de 2 horas, pero en la configuración vertical duró solo 1 hora, por consiguiente, dicho sistema con un conducto de acero no puede tener una clasificación vertical de 2 horas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de cable resistente al fuego que comprende un cable eléctrico alojado en un conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio, en el que el cable eléctrico comprende un conductor y tiene un par de cintas de mica que rodean al conductor, el par de cintas de mica que está formado por una primera cinta de mica y una segunda cinta de mica enrollada alrededor de la primera cinta de mica, cada una de las cintas de mica primera y segunda incluye una capa de mica unida a una capa de respaldo, y la capa de mica de la primera cinta de mica está orientada hacia, y entra en contacto con, la capa de mica de la segunda cinta de mica; y en el que el conducto de resina termoendurecible reforzada con fibra de vidrio está hecho de un material que comprende fibras de un vidrio seleccionado entre vidrio E y vidrio E-CR y una resina.
2. Sistema resistente al fuego de la reivindicación 1, en el que el cable eléctrico comprende además al menos una capa aislante que rodea el par de cintas de mica.
3. Sistema resistente al fuego de la reivindicación 1, en el que la primera cinta de mica se enrolla en una dirección de enrollado que es opuesta a una dirección de enrollado de la segunda cinta de mica,
4. Sistema resistente al fuego de la reivindicación 2, en el que el cable eléctrico comprende además una primera capa aislante y una segunda capa aislante.
5. Sistema resistente al fuego de la reivindicación 4, en el que la primera capa aislante está formada por un compuesto a base de silicona.
6. Sistema resistente al fuego de la reivindicación 5, en el que el compuesto a base de silicona incluye un caucho a base de silicona que forma una matriz con un relleno mineral ignífugo incorporado en la matriz.
7. Sistema resistente al fuego de la reivindicación 5, en el que la segunda capa aislante está hecha de un polímero ignífugo.
8. Sistema resistente al fuego de la reivindicación 1, en el que la resina del conducto es una resina fenólica.

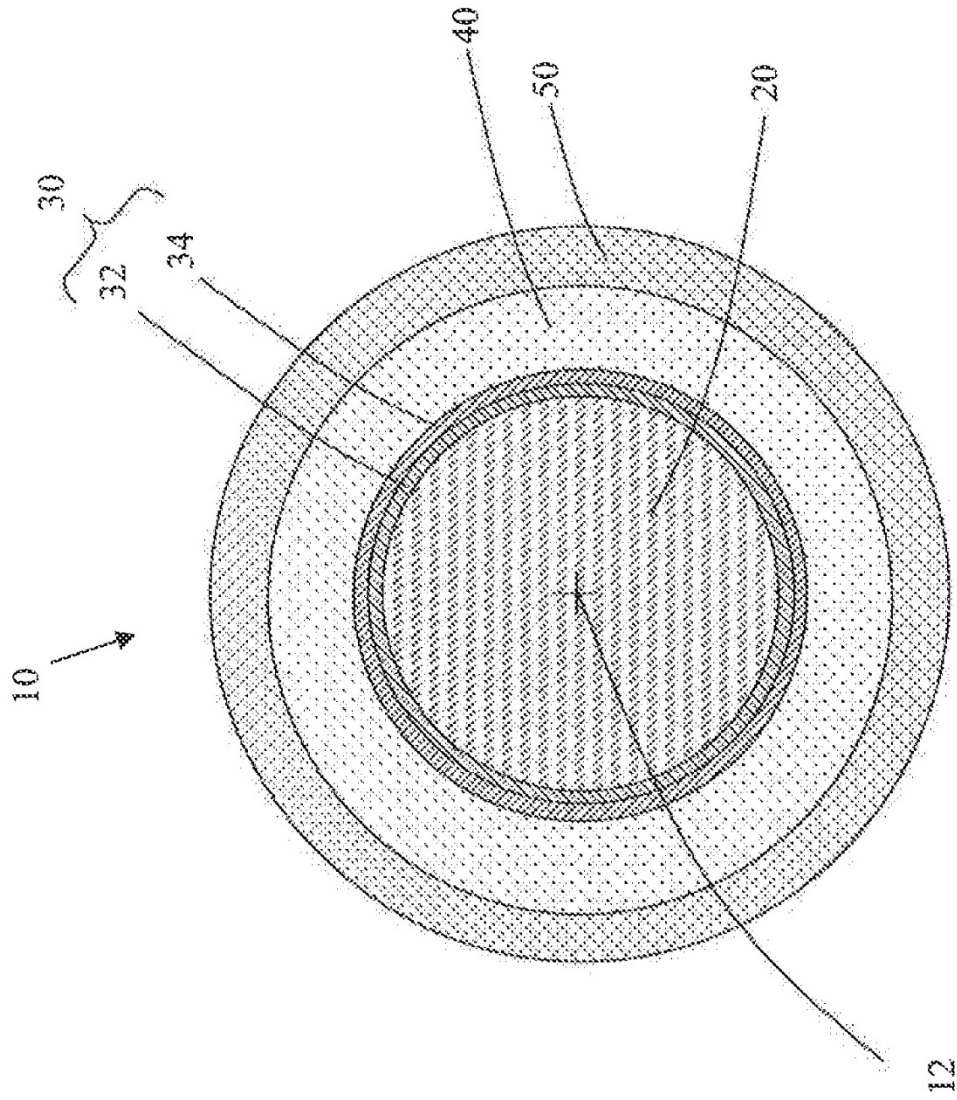


Figura 1

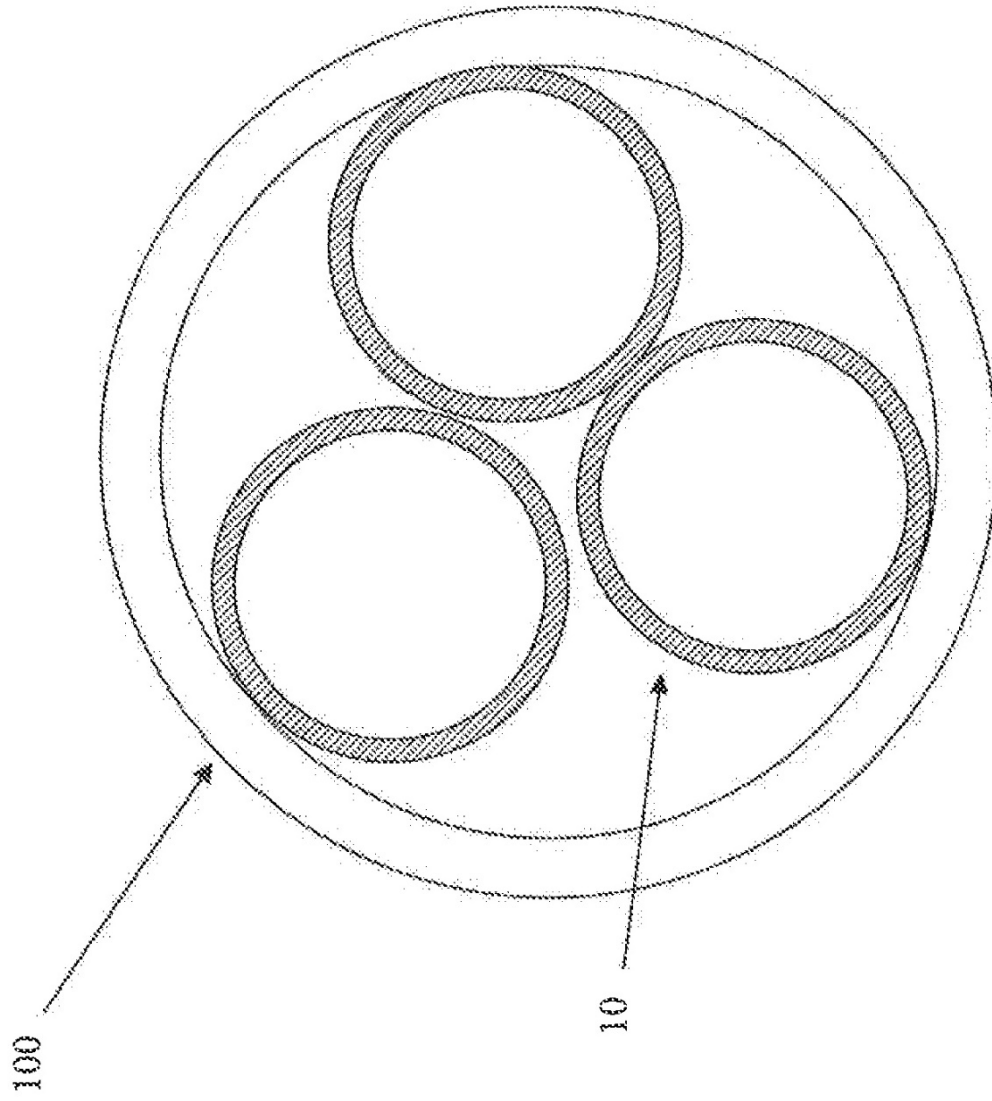


Figura 2