

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 991 509**

51 Int. Cl.:

H01B 3/04 (2006.01)

H01B 7/02 (2006.01)

H01B 3/46 (2006.01)

H01B 7/29 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2021** **E 21190714 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2024** **EP 3955265**

54 Título: **Cable resistente al fuego con disposición de doble capa de aislamiento**

30 Prioridad:

11.08.2020 US 202016990250

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
03.12.2024

73 Titular/es:

PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT

72 Inventor/es:

FALLAHMOHAMMADI, EHSAN y
ANDERSON, CLINT NICHOLAUS

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 991 509 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Cable resistente al fuego con disposición de doble capa de aislamiento

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente solicitud se refiere a cables resistentes al fuego. Más específicamente, la presente solicitud se refiere a cables para la transmisión o distribución de energía de bajo voltaje y/o para la transmisión de datos, que están dotados de propiedades de resistencia al fuego e incluyen dos capas de aislamiento que facilitan la capacidad del cable para mantener la integridad del circuito a altas temperaturas.

Antecedentes de la invención

[0002] Los cables, en general, incluyen uno o más recubrimientos que rodean los elementos conductores para proporcionar a los cables características, tales como aislamiento eléctrico y durabilidad mejorada. Los recubrimientos, en general, en forma de aislamiento y revestimiento, pueden exhibir propiedades adecuadas para el uso previsto del cable y cumplir con los requisitos para ser certificados según las normas nacionales e internacionales. Los cables resistentes al fuego, por ejemplo, deben pasar pruebas para demostrar la capacidad operativa en presencia de fuego durante al menos una duración específica para cumplir con los requisitos de ciertas normas.

[0003] En general, un cable destinado a ser resistente al fuego está provisto de uno o más recubrimientos fabricados de materiales capaces de actuar como una barrera para evitar o limitar la exposición del núcleo del cable al calor que, en caso de incendio, por ejemplo, puede quemar el aislamiento del cable y/o comprometer el rendimiento del conductor eléctrico. Por ejemplo, un recubrimiento resistente al fuego puede estar fabricado de un material inorgánico, tal como mica o fibra de vidrio, o de un material que se ceramifica cuando se calienta.

[0004] Según la experiencia del solicitante, algunos cables que se pretendían que fueran resistentes al fuego no han superado dichas pruebas, ya que los subproductos de la combustión han podido penetrar la capa de aislamiento y provocar un cortocircuito, la producción de cenizas en un tubo metálico eléctrico ("EMT", Electrical Metal Tubing) circundante ha bloqueado el flujo de aire para impedir la finalización de la ceramificación de la capa de aislamiento y se ha producido un agrietamiento del aislamiento causado por la expansión del conductor. Se ha propuesto evitar los problemas descritos anteriormente proporcionando un cable con una doble capa de aislamiento capaz de mantener la integridad del circuito durante una prueba de combustión de dos horas a temperaturas superiores a 1000 °C.

[0005] La Publicación de patente japonesa n.º JPH11176249 de Haruyama et al. ("Haruyama") describe un cable eléctrico ignífugo que incluye un conductor, una capa ignífuga y un aislante alojado en un tubo de metal corrugado. Haruyama revela que la capa ignífuga puede ser un elastómero de silicona cerámico, que opcionalmente contiene polvo de mica y/o se utiliza con una cinta de mica de vidrio, y que el aislante puede estar formado por una resina o caucho de silicona sin átomos de carbono.

[0006] La Patente estadounidense n.º 10.453.588 de Blair et al. ("Blair") describe un cable eléctrico que incluye un conductor y un par de cintas de mica que rodean el conductor. Blair describe una primera capa de aislamiento formada por un compuesto a base de silicona y, opcionalmente, una carga mineral retardante de llama. Blair describe además una segunda capa de aislamiento formada por una poliolefina y/o un copolímero de etileno y, opcionalmente, una carga inorgánica retardante de llama sin halógenos. Blair también divulga el uso de una cubierta exterior de baja emisión de humos y sin halógenos (LSOH).

[0007] La publicación de patente de EE. UU. N.º 2016/0329129 de Osborne, Jr. et al. ("Osborne") describe un cable eléctrico que incluye un conductor metálico; un revestimiento de polímero resistente al fuego, que puede ser una envoltura de mica; y una capa de aislamiento, que puede estar formada por un compuesto de silicona. Osborne divulga que el aislamiento puede proporcionarse en dos capas y que una capa puede ser ceramificable mientras que la otra no lo es. Blair también divulga el uso de una cubierta de polietileno resistente al fuego. El documento WO2017130016 A1 también describe un cable resistente al fuego con un aislamiento de doble capa.

55 **Características de la invención**

[0008] Por consiguiente, una realización de ejemplo de la presente invención da a conocer un cable resistente al fuego que comprende al menos un conductor; al menos una capa de mica que rodea y está en contacto directo con dicho al menos un conductor; una primera capa de aislamiento que rodea y está en contacto directo con dicha al menos una capa de mica, en el que la primera capa de aislamiento está formada de una composición a base de un caucho de silicona ceramificable retardante de llama; y una segunda capa de aislamiento que rodea la primera capa de aislamiento, en el que la segunda capa de aislamiento está formada de una composición a base de un caucho de silicona ceramificable retardante de llama que comprende al menos un material de refuerzo.

[0009] La presente invención también puede dar a conocer un procedimiento para formar un cable resistente al fuego que comprende proporcionar al menos un conductor; rodear dicho al menos un conductor con al menos una capa de

mica; extrudir una primera capa de aislamiento alrededor de dicha al menos una capa de mica, estando formada la primera capa de aislamiento de una composición a base de un caucho de silicona ceramificable retardante de llama curado; y extrudir una segunda capa de aislamiento alrededor de la primera capa de aislamiento, estando formada la segunda capa de aislamiento de una composición a base de un caucho de silicona ceramificable retardante de llama curado que comprende al menos un material de refuerzo, en el que la etapa de extrudir la primera capa y la etapa de extrudir la segunda capa se llevan a cabo de manera simultánea.

[0010] Otros objetos, ventajas y características salientes de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, que, tomada en conjunto con los dibujos adjuntos, divulga realizaciones de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

[0011] Se obtendrá fácilmente un entendimiento más completo de la presente invención y muchas de las ventajas que conlleva la misma a medida que la misma se entienda mejor mediante referencia a la siguiente descripción detallada cuando se considera en relación con el dibujo adjunto, en el que:

La Figura 1 representa una vista isométrica de un cable resistente al fuego que tiene un conductor, una capa de mica, una primera capa de aislamiento, una segunda capa de aislamiento y una capa de revestimiento según una realización.

Descripción detallada de las realizaciones de ejemplos

[0012] Para los fines de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, excepto cuando se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades, cantidades, porcentajes, etc., deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximo y mínimo descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en los mismos, que puede o no estar específicamente enumerado en el presente documento.

[0013] La presente divulgación, en al menos uno de los aspectos mencionados, puede implementarse de acuerdo con una o más de las presentes realizaciones, opcionalmente combinadas entre sí.

[0014] Para los fines de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, las palabras "un" o "una" deben interpretarse de manera que incluyan uno o al menos uno y el singular también incluye el plural a menos que sea obvio que se quiere decir lo contrario. Esto se hace simplemente por conveniencia y para dar un sentido general a la descripción.

[0015] Tal como se describirá en el presente documento, se divulgan configuraciones de cable resistentes al fuego que incluyen al menos un conductor, al menos una capa de mica y doble capa de aislamiento que comprenden una primera capa de aislamiento y una segunda capa de aislamiento. Dichas configuraciones de cable pueden incluir además una capa de revestimiento. Generalmente, cada una de la doble capa de aislamiento puede estar formada de una composición a base de un caucho de silicona ceramificable retardante de llama curado, donde la segunda capa, o capa exterior, de aislamiento puede incluir además al menos un material de refuerzo. Dichas configuraciones de cable pueden mantener la integridad del circuito durante una prueba de combustión de dos horas a 1000 °C o más cuando se prueban de acuerdo con la norma Underwriters Laboratory ("UL") 2196 (2012). Dichos cables también pueden cumplir con los requisitos de acuerdo con la norma UL 44. Las configuraciones de cable pueden ser para la transmisión o distribución de energía de bajo voltaje y/o para la transmisión de datos. En ciertas realizaciones, "bajo voltaje" se refiere a un voltaje de hasta 1 kV.

[0016] En la figura 1 se muestra un cable resistente al fuego ilustrativo. El cable resistente al fuego en la Figura 1 incluye un conductor eléctrico 12, una capa de mica 14, una primera capa de aislamiento 16, una segunda capa de aislamiento 18 y una capa de revestimiento 20. Tal como se puede entender, son posibles las variaciones.

[0017] Por ejemplo, los cables resistentes al fuego pueden incluir un conductor eléctrico en forma de una pluralidad de cables eléctricamente conductores (por ejemplo, trenzados o en forma de un haz como en la Figura 1) o de una única varilla conductora de electricidad. El conductor, o elemento conductor, del cable, puede incluir, en general, cualquier material conductor de electricidad adecuado. En ciertas realizaciones, los metales adecuados, generalmente conductores de electricidad, pueden incluir aluminio, cobre y aleaciones o compuestos de los mismos. Se entenderá que el cable en ciertas realizaciones puede comprender además un conductor de fase o un conductor neutro. En ciertas realizaciones, el conductor puede tener un tamaño para fines específicos. Por ejemplo, un conductor puede variar desde un conductor de 0,33 mm² (22 AWG) hasta un cable de 21,2 mm² (4 AWG) en ciertas realizaciones. En ciertas realizaciones, dicho al menos un conductor puede tener un tamaño de 8,36 mm² (8 AWG).

[0018] En ciertas realizaciones, un cable resistente al fuego incluye al menos una capa de mica (por ejemplo, 14) que rodea un conductor (por ejemplo, 12). Por ejemplo, en algunas realizaciones, el cable resistente al fuego puede comprender una capa de mica; en algunas realizaciones, el cable resistente al fuego puede comprender dos capas de mica; en algunas realizaciones, el cable resistente al fuego puede comprender cuatro capas de mica; y en otras realizaciones, el cable resistente al fuego puede comprender más de cuatro capas de mica. Por

ejemplo, en una realización, el cable resistente al fuego puede comprender cuatro capas de mica que rodean al conductor.

[0019] Dicha al menos una capa de mica se puede aplicar helicoidalmente directamente a una superficie del conductor eléctrico. En ciertas realizaciones, dicha al menos una capa de mica se puede aplicar de manera que haya una superposición entre devanados adyacentes. En algunas realizaciones, los devanados adyacentes pueden tener una superposición del 5 % o más; en algunas realizaciones, los devanados pueden tener una superposición del 10 % o más; en algunas realizaciones, los devanados pueden tener una superposición del 15 % o más; en algunas realizaciones, los devanados pueden tener una superposición del 20 % o más; en algunas realizaciones, los devanados pueden tener una superposición del 25 % o más; y en algunas realizaciones, los devanados pueden tener una superposición del 30 % o más. Por ejemplo, en una realización, el cable resistente al fuego puede comprender al menos una capa de mica aplicada helicoidalmente con una superposición del 25 %.

[0020] Según ciertas realizaciones, se pueden aplicar dos o más capas de aislamiento sobre dicha al menos una capa de mica. En ciertas realizaciones, y tal como se muestra en la Figura 1, una primera capa de aislamiento 16 puede rodear y contactar directamente con dicha al menos una capa de mica (por ejemplo, 14). Además, en algunas realizaciones, la primera capa de aislamiento puede estar en contacto directo con una capa de mica subyacente. La primera capa de aislamiento puede estar formada de una composición a base de un caucho de silicona retardante de llama curado, sin material de refuerzo. En ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento puede comprender del 90 % al 99,9 %, en peso, del caucho de silicona ceramificable; y en ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento puede comprender del 95 % al 99,5 %, en peso, del caucho de silicona ceramificable.

[0021] Además del caucho de silicona ceramificable, la primera capa de aislamiento puede incluir además aditivos retardantes de llama para mejorar las propiedades retardantes de llama de la misma. En ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento puede comprender del 0,05 % al 1,0 %, en peso, de los aditivos retardantes de llama; y en ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento puede comprender del 0,5 % al 0,8 %, en peso, de los aditivos retardantes de llama. Entre los ejemplos adecuados de aditivos retardantes de llama se pueden incluir aditivos que contienen fósforo, tales como fósforo rojo o un éster de ácido fosforoso, y compuestos a base de hidróxido metálico, tales como hidróxido de aluminio y magnesio o sulfato hidróxido de magnesio hidratado.

[0022] En una realización, la primera capa de aislamiento que incluye un aditivo retardante de llama puede comprender además un compatibilizador para mejorar la adhesión interfacial entre el caucho de silicona y el aditivo retardante de llama. Entre los ejemplos adecuados de compatibilizadores adecuados para el caucho de silicona ceramificable de la lata se incluyen siloxanos, tales como organosiloxanos o poliorganosiloxanos. En ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento puede comprender del 0,05 % al 1,0 %, en peso, del compatibilizador; y en ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento puede comprender del 0,5 % al 0,8 %, en peso, del compatibilizador.

[0023] La primera capa de aislamiento también puede incluir al menos un agente de reticulación. En ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento puede comprender del 0,1 % al 1,0 %, en peso, de los agentes de reticulación; y en ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento puede comprender del 0,3 % al 0,5 %, en peso, de dicho al menos un agente de reticulación. Entre los ejemplos adecuados de agentes de reticulación se pueden incluir agentes de reticulación de peróxido, tales como, por ejemplo, α,α' -bis(terc-butilperoxi)disopropilbenceno, di(terc-butilperoxiisopropil)benceno, peróxido de dicumilo y peróxido de terc-butilcumilo. También se pueden utilizar mezclas de múltiples agentes de reticulación de peróxido, incluyendo, por ejemplo, una mezcla de peróxido de 1,1-dimetil-1-metil-1-feniletilo, peróxido de bis(1-metil-1-feniletilo) y peróxido de [1,3 (o 1,4)-fenilenbis(1-metiletiliden)]bis(1,1-dimetiletilo).

[0024] La Tabla 1 proporciona una formulación de ejemplo para una primera capa de aislamiento para un cable resistente al fuego de ejemplo, antes del curado. Se enumeran los porcentajes en peso de cada componente para la primera capa de aislamiento de ejemplo.

Tabla 1. Ejemplo de primera capa

Componente	Cantidad (% en peso)
Caucho de silicona	98,55
Aditivo retardante de llama + compatibilizador	1,05
Agente de reticulación de peróxido	0,40

[0025] Tal como se muestra en la Figura 1, una segunda capa de aislamiento 18 puede rodear y contactar directamente con la primera capa de aislamiento 16. Además, la segunda capa de aislamiento puede estar en contacto directo con la primera capa de aislamiento subyacente. Al igual que la primera capa de aislamiento, la segunda capa de aislamiento puede estar formada de una composición a base de un caucho de silicona ceramificable curado. El caucho de silicona ceramificable utilizado para formar cada una de la doble capa de aislamiento de la presente divulgación puede curarse con calor o humedad. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, la segunda capa de aislamiento puede comprender del 85,0 % al 97,0 %, en peso, del caucho de silicona ceramificable; y en ciertas realizaciones, la segunda capa de aislamiento puede comprender del 88 % al 95 %, en peso, del caucho de silicona ceramificable. Se entenderá

que los cauchos de silicona ceramificables adecuados para la primera capa de aislamiento también pueden ser adecuados para el aislamiento de la segunda capa.

[0026] La segunda capa de aislamiento también puede incluir aditivos retardantes de llama para mejorar las propiedades retardantes de llama de la misma. Se entenderá además que los aditivos retardantes de llama adecuados para la primera capa de aislamiento, y las cantidades especificadas para los mismos, también pueden ser adecuadas para el aislamiento de la segunda capa. Lo mismo se aplica al compatibilizador descrito en relación con la primera capa de aislamiento.

[0027] La segunda capa de aislamiento también puede incluir al menos un agente de reticulación. En ciertas realizaciones, la segunda capa de aislamiento puede comprender del 0,1 % al 1,0 %, en peso, de los agentes de reticulación; y en ciertas realizaciones, la segunda capa de aislamiento puede comprender del 0,4 % al 0,7 %, en peso, de los agentes de reticulación. Se entenderá que los agentes de reticulación adecuados para la primera capa de aislamiento también pueden ser adecuados para el aislamiento de la segunda capa.

[0028] En ciertas realizaciones, la segunda capa de aislamiento puede incluir además al menos un material de refuerzo. Por ejemplo, los materiales de refuerzo adecuados pueden incluir mica; fibras inorgánicas, tales como fibras de vidrio; dióxido de silicio y óxido de titanio. En ciertas realizaciones, la segunda capa de aislamiento puede comprender de 1 % a 10 %, en peso, del material de refuerzo; y en ciertas realizaciones, la segunda capa de aislamiento puede comprender de 3 % a 8 %, en peso, del material de refuerzo. En algunas realizaciones, el material de refuerzo puede tener un tamaño micrométrico.

[0029] La Tabla 2 muestra una formulación de ejemplo de una segunda capa de aislamiento, antes del curado. Se enumeran los porcentajes en peso de cada componente para la primera capa de aislamiento de ejemplo.

Tabla 2. Ejemplo de segunda capa

Componente	Cantidad (% en peso)
Caucho de silicona	92,1
Aditivo retardante de llama + compatibilizador	1,06
Agente de reticulación de peróxido	0,55
Fibra de vidrio E	1,77
Mica moscovita	3,93
Aceite de silicona hidrogenado	0,55

[0030] El solicitante ha descubierto inesperadamente que la disposición doble de las capas de aislamiento descritas en el presente documento puede permitir que el cable mantenga la integridad del circuito durante una prueba de combustión de dos horas a una temperatura de al menos 1000 °C cuando se prueba de acuerdo con la norma UL 2196 (2012). La primera capa de aislamiento se puede colocar radialmente hacia adentro de la segunda capa de aislamiento debido a sus propiedades eléctricas superiores. Por ejemplo, la Tabla 3 muestra que cuando se comparan las respectivas eficacias individuales del ejemplo de la primera capa de la Tabla 1 y el ejemplo de la segunda capa de la Tabla 2, con respecto a la resistividad volumétrica, el ejemplo de la primera capa supera al ejemplo de la segunda capa. Además, la segunda capa de aislamiento se puede colocar radialmente hacia afuera de la primera capa de aislamiento debido a sus propiedades físicas superiores. Sin querer limitarnos a la teoría, se cree que, cuando se utilizan juntas, las capas pueden funcionar independientemente una de la otra y reducir la probabilidad de que se abran fisuras en los mismos puntos en las respectivas capas de aislamiento, lo que permite mantener la integridad del circuito a altas temperaturas.

Tabla 3. Comparación de la resistividad volumétrica para los ejemplos de primera y segunda capa

Temperatura (°C)	Resistividad volumétrica (Ohm·m)	
	Ejemplo de primera capa	Ejemplo de segunda capa
Temperatura ambiente	3.030.303.030	1.479.500.891
450	909.091	369.875.223
750	303.030	1.849.376
870	151.515	369.875
900	60.606	18.494
950	9.091	1.849
970	3.030	1.295
1010*	909	925

*La medición puede no ser fiable a esta temperatura debido a las limitaciones del instrumento.

[0031] La primera y la segunda capas de aislamiento pueden tener cualquier grosor adecuado que permita que el cable resistente al fuego mantenga suficientemente la integridad del circuito y cumpla con las normas deseadas como se describió anteriormente. En ciertas realizaciones, cada una de las primera y segunda capas de aislamiento puede tener un grosor de 15 milésimas de pulgada (0,4 mm) a 35 milésimas de pulgada (0,9 mm). Además, tanto la primera capa de aislamiento como la segunda capa de aislamiento pueden estar reticuladas.

[0032] Tal como se muestra en la Figura 1, una capa de revestimiento 20 puede rodear la segunda capa de aislamiento 18. Además, la capa de revestimiento puede estar en contacto directo con la segunda capa de aislamiento subyacente. La capa de revestimiento puede estar formada por una composición de revestimiento LSOH. Por ejemplo, en ciertas realizaciones, la composición de revestimiento LSOH puede comprender un material polimérico seleccionado de una poliolefina, tal como polietileno (por ejemplo, polietileno lineal de baja densidad ("LLDPE"), polietileno de baja densidad ("LDPE"), polietileno de densidad media ("MDPE"), polietileno de alta densidad ("HDPE")), polipropileno y etileno vinil acetato ("EVA"), y mezclas de los mismos. En ciertas realizaciones, la composición de revestimiento puede comprender de 35 % a 80 %, en peso, del material polimérico; y en ciertas realizaciones, la composición de revestimiento puede comprender del 40 % al 70 %, en peso, del material polimérico. En ciertas realizaciones, el material polimérico puede reticularse mediante reticulación con peróxido y/o silano u otros procedimientos conocidos.

[0033] La composición de revestimiento también puede incluir una carga retardante de llama inorgánica libre de halógenos. En ciertas realizaciones, la carga retardante de llama inorgánica libre de halógenos puede comprender al menos uno de hidróxido de aluminio o hidróxido de magnesio, ambos de origen sintético (precipitado) o natural (brucita). En ciertas realizaciones, la composición de revestimiento puede comprender del 30 % al 70 %, en peso, de la carga retardante de llama inorgánica libre de halógenos; en ciertas realizaciones, la composición de revestimiento puede comprender del 50 % al 70 %, en peso, de la carga retardante de llama inorgánica libre de halógenos; y en ciertas realizaciones, la composición de revestimiento puede comprender del 55 % al 65 %, en peso, de la carga retardante de llama inorgánica libre de halógenos.

[0034] Al igual que con la primera y segunda capas de aislamiento, la composición de revestimiento puede incluir agentes de reticulación. Por ejemplo, la composición de revestimiento puede incluir agentes de reticulación de peróxido, tal como se describe en este documento. Además, la composición de revestimiento descrita en este documento puede incluir agentes de acoplamiento de silano. En general, los ejemplos de agentes de acoplamiento de silano adecuados pueden incluir uno o más de un vinil silano monomérico, un vinil silano oligomérico, un vinil silano polimérico y un compuesto de organosilano. Entre los ejemplos de compuestos de organosilano adecuados se pueden incluir γ -metacriloxipropiltrimetoxisilano, metiltrietoxisilano, metiltris(2-metoxietoxi)silano, dimetildietoxisilano, viniltris(2-metoxietoxi)silano, viniltrietoxisilano, viniltrietoxisilano, octiltrietoxisilano, isobutiltrietoxisilano, isobutiltrietoxisilano, propiltrietoxisilano, vinil triacetoxi silano y mezclas o polímeros de los mismos.

[0035] La composición de revestimiento también puede incluir un antioxidante. De acuerdo con ciertas realizaciones, los antioxidantes adecuados para su inclusión en la composición pueden incluir, por ejemplo, antioxidantes de amina, tales como 4,4'-diocitildifenilamina, N,N'-difenil-p-fenilendiamina y polímeros de 2,2,4-trimetil-1,2-dihidroquinolina; antioxidantes fenólicos, tales como bis[3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato] de tiodietileno, 4,4'-tiobis(2-terc-butil-5-metilfenol), 2,2'-tiobis(4-metil-6-terc-butilfenol), ácido benzenopropanoico, ácido 3,5-bis(1,1-dimetiletil)-4-hidroxi benzenopropanoico, ésteres de 3,5-bis(1,1-dimetiletil)-4-hidroxi-alquilo C13-15 lineales y ramificados, éster de alquilo ramificado de C₇₋₉ de ácido 3,5-di-terc-butil-4-hidroxihidrocínámico, 2,4-dimetil-6-t-butilfenol-tetrakis{metilen-3-(3',5'-diterc-butil-4'-hidroxifenol)propionato}metano o -tetrakis{metilen-3-(3',5'-diterc-butil-4'-hidrocínámico}metano, 1,1,3-tris(2-metil-4-hidroxil-5-butilfenil)butano, 2,5-diterc-amilhidroquinona, 1,3,5-trimetil-2,4,6-tris-(3,5-diterc-butil-4-hidroxibencil)benzeno, 1,3,5-tris(3,5-diterc-butil-4-hidroxibencil)isocianurato, 2,2-metilen-bis-(4-metil-6-terc-butilfenol), 6,6'-di-terc-butil-2,2'-tio-di-p-cresol o 2,2'-tiobis(4-metil-6-terc-butilfenol), 2,2-etilenbis(4,6-di-t-butilfenol), bis{3-(3-terc-butil-4-hidroxi-5-metilfenil)propionato} de trietilenglicol, 1,3,5-tris(4-terc-butil-3-hidroxi-2,6-dimetilbencil)-1,3,5-triazina-2,4,6-(1H,3H,5H)triona, 2,2-metilenbis[6-(1-metilciclohexil)-p-cresol]; antioxidantes fenólicos estéricamente impedidos, tales como tetrakis[3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenil)propionato] de pentaeritritol; antioxidantes de fosfito hidrolíticamente estables, tales como tris(2,4-diterc-butilfenil)fosfito; toluimidazol y/o antioxidantes de azufre, tales como bis(2-metil-4-(3-n-alquiltiopropionilo)-5-terc-butilfenil)sulfuro, 2-mercaptobencimidazol y sus sales de cinc, pentaeritritol-tetrakis(3-lauril-tiopropionato), y combinaciones de los mismos. Los antioxidantes se pueden incluir en composiciones en concentraciones de 5 partes en peso o menos de la composición en ciertas realizaciones; y de 1 parte a 3 partes en peso, en ciertas realizaciones. Como se puede entender, en ciertas realizaciones, se puede utilizar una mezcla de múltiples antioxidantes.

[0036] La Tabla 4 muestra una formulación de ejemplo de una composición de revestimiento. Se enumeran los porcentajes en peso de cada componente para una composición de revestimiento de ejemplo.

Tabla 4. Ejemplo de composición de revestimiento

Componente	(% en peso)
EVA (28 % VA)	37
Hidróxido de magnesio precipitado	61
Agentes de reticulación	~3
Agente de acoplamiento de silano	
Antioxidante fenólico	

[0037] La capa de revestimiento descrita en el presente documento puede servir como una barrera de llama adicional a la disposición doble de las capas de aislamiento para, entre otras cosas, ayudar aún más a permitir que se mantenga

la integridad del circuito a altas temperaturas. Además, además de mejorar la protección mecánica del cable, la capa de revestimiento puede facilitar la capacidad del cable para cumplir con los requisitos de prueba eléctrica en húmedo, tal como pasar pruebas de penetración de agua. En ciertas realizaciones, la capa de revestimiento puede tener un grosor de 10 milésimas de pulgada (0,25 mm) a 35 milésimas de pulgada (0,9 mm); y en ciertas realizaciones, la capa de revestimiento puede tener un grosor de 15 milésimas de pulgada (0,4 mm) a 25 milésimas de pulgada (0,6 mm).

[0038] Tal como se puede entender, la disposición doble de las capas de aislamiento y la capa de revestimiento descritas en el presente documento puede incluir opcionalmente además componentes adicionales. Por ejemplo, cada capa de aislamiento o capa de revestimiento puede incluir además agentes de reticulación, tal como se describe en el presente documento; antioxidantes, tal como se describe en el presente documento; colorantes; auxiliares de procesamiento; y estabilizadores en varias realizaciones. Tal como se puede entender, cualquiera de los componentes adicionales se puede añadir directamente a las composiciones que forman las respectivas capas de aislamiento o capa de revestimiento descritas en el presente documento o se pueden introducir utilizando un "masterbatch". En general, cualquier componente adicional se puede incluir en un 1 % a un 10 %, en peso, de las respectivas capas de aislamiento o capa de revestimiento.

[0039] Se puede incluir un agente auxiliar de procesamiento para mejorar la procesabilidad de una composición. El aceite de procesamiento puede ser generalmente un lubricante, tal como polietileno de peso molecular ultrabajo (por ejemplo, cera de polietileno), ácido esteárico, siliconas, aminas antiestáticas, amidas orgánicas, etanolamidas, aminas grasas de mono- y diglicéridos, aminas grasas etoxiladas, ácidos grasos, estearato de cinc, ácidos esteáricos, ácidos palmíticos, estearato de calcio, sulfato de cinc, aceite de olefina oligomérica o combinaciones de los mismos. En ciertas realizaciones, se puede incluir un lubricante de 1 parte a 3 partes, en peso, de la composición.

[0040] Según ciertas realizaciones, las composiciones descritas en este documento pueden incluir al menos uno de un estabilizador de rayos ultravioleta ("UV"), un estabilizador de luz, un estabilizador de calor y cualquier otro estabilizador adecuado.

[0041] Los estabilizadores de rayos UV adecuados se pueden seleccionar, por ejemplo, entre compuestos que incluyen: benzofenonas, triazinas, benzoxazinonas, benzotriazoles, benzoatos, formamidas, cinamatos/propanoatos, propanodionas aromáticas, benzimidazoles, cetonas cicloalifáticas, formalimidas, cianoacrilatos, benzopiranonas, salicilatos y combinaciones de los mismos.

[0042] Los estabilizadores de luz de amina impedida ("HALS") se pueden utilizar como estabilizadores de luz según ciertas realizaciones. Los HALS pueden incluir, por ejemplo, bis(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidil)sebacato; bis(1,2,2,6,6-tetrametil-4-piperidil)sebacato con 1,2,2,6,6-tetrametil-4-piperidilsebacato de metilo; 1,6-hexanodiamina, polímero de N,N'-bis(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidil) con 2,4,6-tricloro-1,3,5-triazina; productos de reacción con N-butil-2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinamina; ácido decanodioico; éster de bis(2,2,6,6-tetrametil-1-(octiloxi)-4-piperidilo); productos de reacción con hidroperóxido de 1,1-dimetiletilo y octano; derivados de triazina; ácido butanodioico; éster dimetilico, polímero con 4-hidroxi-2,2,6,6-tetrametil-1-piperidina etanol; 1,3,5-triazina-2,4,6-triamina, N,N''-[1,2-etano-diil-bis[[4,6-bis-[butil-(1,2,2,6,6-pentametil-4-piperadinil)amino]-1,3,5-triazina-2-il]imino]-3,1-propanodil]]bis-[N',N''-dibutil-N',N''-bis(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidilo); sebacato de bis(1,2,2,6,6-pentametil-4-piperidinilo); poli[[6-[(1,1,3,3-tetrametilbutil)amino]-1,3,5-triazina-2,4-diilo][2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil]imino]-1,6-hexanodil][(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil)imino]; ácido bencenopropanoico; ésteres de 3,5-bis(1,1-dimetil-etil)-4-hidroxi- alquilos C7-C9 ramificados; y propionato de isotridecilo-3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenilo).

[0043] Los estabilizadores térmicos adecuados pueden incluir 3,3'-tiodipropionato de 4,6-bis(octiltiometil)-o-cresol dioctadecilo; poli[[6-[(1,1,3,3-tetrametilbutil)amino]-1,3,5-triazina-2,4-diil]-[2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil]imino]-1,6-hexanodil][(2,2,6,6-tetrametil-4-piperidinil)imino]; ácido bencenopropanoico; ésteres de 3,5-bis(1,1-dimetil-etil)-4-hidroxi- alquilo C7-C9 ramificado; y propionato de isotridecil-3-(3,5-di-terc-butil-4-hidroxifenilo).

[0044] Tal como se puede entender, en ciertas realizaciones, las capas descritas en el presente documento se pueden preparar mezclando los componentes descritos anteriormente en un equipo de masticación (mezclador) convencional, por ejemplo, un molino para caucho, un mezclador Brabender, un mezclador Banbury, una amasadora Buss Ko, un mezclador continuo Farrel o un mezclador continuo de doble husillo. En ciertos ejemplos, algunos de los componentes se pueden premezclar antes de la adición de otros. El tiempo de mezcla se puede seleccionar para garantizar una mezcla homogénea.

[0045] Las capas de aislamiento descritas en el presente documento pueden extraerse alrededor de un conductor para formar un cable resistente al fuego que tiene propiedades ventajosas. En el presente procedimiento, se puede proporcionar al menos un conductor, y dicho al menos un conductor puede estar rodeado por al menos una capa de mica (por ejemplo, en forma de cinta). En un procedimiento de extrusión típico, un conductor opcionalmente calentado con al menos una capa de mica enrollada sobre el mismo puede avanzarse a través de una matriz de extrusión calentada para aplicar una o más capas de una composición deseada fundida alrededor de dicha al menos una capa de mica. En ciertas realizaciones, dichas capas, que incluyen capas de aislamiento y una capa de revestimiento, pueden aplicarse mediante etapas de extrusión consecutivas en las que se agrega una capa en cada etapa. Al salir de la matriz, el conductor con dicha una o más composiciones aplicadas puede pasarse a través de una sección de

vulcanización opcionalmente calentada, o una sección de vulcanización continua y, a continuación, una sección de enfriamiento, generalmente un baño de enfriamiento alargado, para enfriarse. En ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento y la segunda capa de aislamiento pueden coextruirse entre sí. En ciertas realizaciones, la primera capa de aislamiento, la segunda capa de aislamiento y la capa de revestimiento se extruyen simultáneamente mediante coextrusión triple. Después de la extrusión con una matriz de extrusión en tándem, se pueden curar opcionalmente múltiples capas en una sola etapa de curado.

Ejemplos

[0046] Las Tablas 5 y 6 proporcionan resultados para una prueba de combustión de dos horas según la norma UL 2196 (2012). Con respecto a la Tabla 5, el Ejemplo de la invención 1 incluye un cable con cuatro capas de mica y dos capas de aislamiento, en el que la primera capa de aislamiento es el Ejemplo de Primera Capa mencionado anteriormente (ver Tabla 1), que tiene un grosor de 0,635 mm (25 milésimas de pulgada), y la segunda capa de aislamiento del Ejemplo de Segunda Capa mencionado anteriormente (ver Tabla 2), que tiene un grosor de 0,635 mm (25 milésimas de pulgada), en el que las capas rodean 2 cables en un conducto de 19,05 mm (0,75"). El Ejemplo de la invención 2 es el mismo que el Ejemplo de la invención 1, excepto que la primera capa de aislamiento tiene un grosor de 0,889 mm (35 milésimas de pulgada) mientras que la segunda capa de aislamiento tiene un grosor de 0,381 mm (15 milésimas de pulgada).

Tabla 5

		Ejemplo de la invención 1	Ejemplo de la invención 2
Circuito	Temperatura a la rotura (°C)	Tiempo de la rotura (min)*	
#1-1	1010	150	150
#1-2	1010	143	150
#2-1	1010	129	128
#2-2	1010	129	128
#3-1	1010	144	150
#3-2	1010	150	132
Promedio		140,8	139,7
*Los tiempos de rotura indicados como "150" mantuvieron la integridad hasta que el experimento finalizó a los 150 minutos.			

[0047] Con respecto a la Tabla 6, el Ejemplo Comparativo 1 incluye un cable con cuatro capas de mica y una única capa de aislamiento, teniendo el Ejemplo de Primera Capa mencionado anteriormente un grosor de 1,143 mm (45 milésimas de pulgada), y una capa de revestimiento, formada a partir del Ejemplo de Composición de Revestimiento mencionado anteriormente (véase la Tabla 4) que tiene un grosor de 0,381 mm (15 milésimas de pulgada), en el que las capas rodean 3 cables en un conducto de 19,05 mm (0,75"). El Ejemplo Comparativo 2 es el mismo que el Ejemplo Comparativo 1.

Tabla 6

Circuito	Ejemplo comparativo 1		Ejemplo comparativo 2	
	Temperatura a la rotura (°C)	Tiempo de la rotura (min)*	Temperatura a la rotura (°C)	Tiempo de la rotura (min)*
#1-1	1010	126	1008	115
#1-2	1008	110	1010	132
#1-3	1008	111	1007	111
#2-1	1000	103	1008	112
#2-2	980	97	1008	114
#2-3	1009	114	1010	119
#3-1	1008	109	1003	106
#3-2	1000	105	1009	116
#3-3	1010	125	1002	106
Promedio	1003,7	111,1	7,2	114,6

[0048] Tal como se muestra en las Tablas 5 y 6, los Ejemplos de la invención 1 y 2 superan a los Ejemplos Comparativos 1 y 2. Por ejemplo, todos los circuitos ejecutados para cada uno de los Ejemplos de la invención 1 y 2 mantuvieron la integridad durante al menos dos horas (120 minutos) a 1000 °C o más. Sin embargo, para cada uno de los Ejemplos Comparativos 1 y 2, solo un circuito ejecutado de nueve mantuvo la integridad durante al menos dos horas (120 minutos) a 1000 °C o más. El tiempo promedio de rotura para el Ejemplo Comparativo 1 fue de 111,1 minutos a una temperatura promedio de rotura de 1003,7 °C, mientras que el tiempo promedio de rotura para el Ejemplo Comparativo 2 fue de 114,6 minutos a una temperatura promedio de rotura de 1007,2 °C. La disposición de

aislamiento de doble capa claramente superó a una disposición de aislamiento de una sola capa, de grosor casi similar, que también incluía una capa de revestimiento.

REIVINDICACIONES

1. Cable resistente al fuego que comprende:
al menos un conductor;
- 5 al menos una capa de mica que rodea y está en contacto directo con dicho al menos un conductor;
una primera capa de aislamiento que rodea y está en contacto directo con dicha al menos una capa de mica, en el que la primera capa de aislamiento está formada de una composición a base de un caucho de silicona ceramificable retardante de llama; y
una segunda capa de aislamiento que rodea la primera capa de aislamiento, en el que la segunda capa de aislamiento
- 10 está formada de una composición a base de un caucho de silicona ceramificable retardante de llama que comprende al menos un material de refuerzo.
2. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 1, que comprende además una capa de revestimiento que rodea la segunda capa de aislamiento.
- 15 3. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 2, en el que la capa de revestimiento está en contacto directo con la segunda capa de aislamiento.
4. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 2, en el que la capa de revestimiento está formada a partir de una
- 20 composición de revestimiento libre de halógenos y con baja emisión de humo.
5. Cable resistente al fuego según la reivindicación 4, en el que la composición de revestimiento comprende un material polimérico que comprende al menos uno de polietileno y etileno vinil acetato ("EVA").
- 25 6. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 5, en el que la composición del revestimiento comprende, además, del 40 % al 80 %, en peso, de una carga retardante de llama inorgánico libre de halógenos.
7. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 1, en el que dicha al menos una capa de mica comprende dos
- 30 capas de mica, de modo que cuando se aplican a dicho al menos un conductor, los devanados adyacentes de las capas de mica tienen una superposición de aproximadamente el 25 % o más.
8. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 1, en el que la segunda capa de aislamiento está en contacto directo con la primera capa de aislamiento.
- 35 9. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 1, en el que la primera capa de aislamiento y la segunda capa de aislamiento están reticuladas.
10. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 1, en el que la primera capa de aislamiento y la segunda capa de aislamiento tienen cada una un grosor de de 15 milésimas de pulgada (0,4 mm) a 35 milésimas de pulgada (0,9
- 40 mm).
11. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 1, en el que dicho al menos un material de refuerzo se selecciona del grupo que consiste en mica, fibras, óxido de silicio y óxido de titanio.
- 45 12. Cable resistente al fuego, según la reivindicación 2, que mantiene la integridad del circuito durante una prueba de combustión de dos horas a una temperatura de al menos 1000 °C o más cuando se prueba de acuerdo con la norma Underwriters Laboratory ("UL") 2196 (2012).
13. Procedimiento para formar un cable resistente al fuego que comprende
- 50 proporcionar al menos un conductor;
rodear dicho al menos un conductor con al menos una capa de mica;
extrudir una primera capa de aislamiento alrededor de dicha al menos una capa de mica, estando formada la primera capa de aislamiento de una composición a base de un caucho de silicona ceramificable retardante de llama curado; y
extrudir una segunda capa de aislamiento alrededor de la primera capa de aislamiento, estando formada la segunda
- 55 capa de aislamiento de un caucho de silicona ceramificable retardante de llama curado que comprende al menos un material de refuerzo,
en el que extrudir la primera capa y extrudir la segunda capa se llevan a cabo de manera simultánea;
curar la primera y la segunda capas.
- 60 14. Procedimiento, según la reivindicación 13, que comprende además extruir una capa de revestimiento alrededor de la segunda capa de aislamiento, en el que la primera capa de aislamiento, la segunda capa de aislamiento y la capa de revestimiento se extruyen simultáneamente mediante triple extrusión curando la primera y la segunda capas.

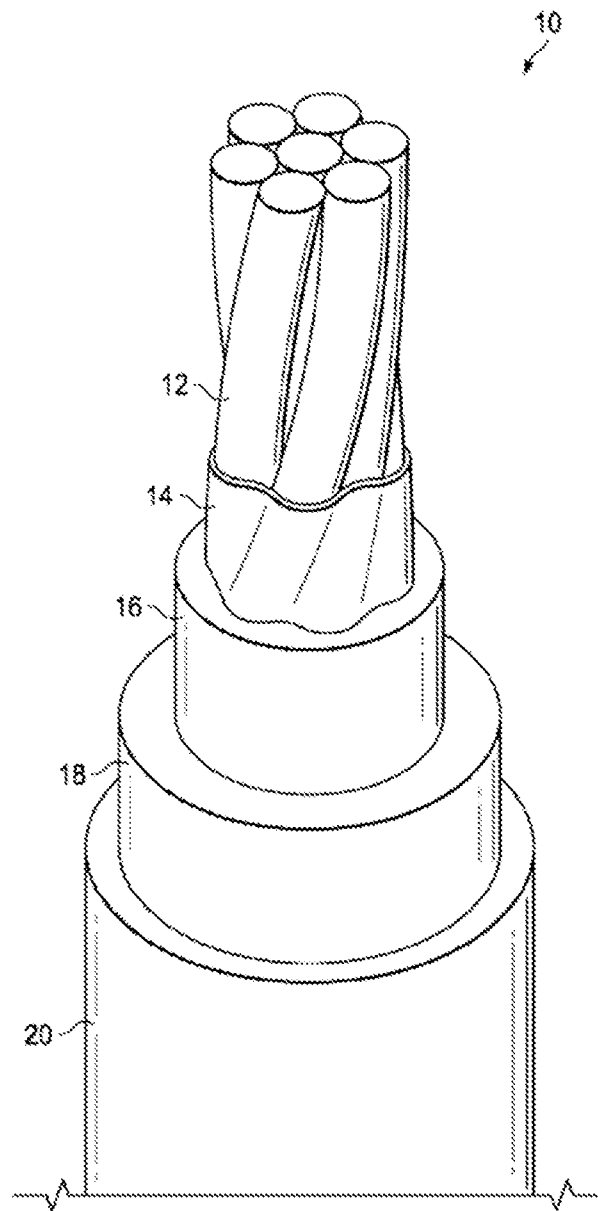


FIG. 1