

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 343**

51 Int. Cl.:

H01B 7/295 (2006.01)

H01B 3/12 (2006.01)

H01B 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2004 PCT/AU2004/000410**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.10.2004 WO04088676**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2004 E 04724492 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 1609158**

54 Título: **Diseño de cable y artículo con comportamiento frente al fuego**

30 Prioridad:

31.03.2003 AU 2003901872
21.10.2003 AU 2003905779

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.03.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ALEXANDER, GRAEME;
CHENG, YI-BING;
BURFORD, ROBERT PAUL;
MANSOURI, JALEH;
WOOD, CHRISTOPHER;
BARBER, KENNETH WILLIS;
RODRIGO, PULAHINGE DON DAYANANDA y
IVANOV, IVAN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 658 343 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

Diseño de cable y artículo con comportamiento frente al fuego.

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a cables eléctricos y artículos que tienen al menos una capa de formación de cerámica, que aísla o protege un sustrato de metal y, en particular, al diseño y fabricación de dichos cables y artículos y su uso.

Antecedentes de la invención

10 Existen numerosas situaciones en las que es deseable diseñar un producto que contenga un sustrato de metal y sea resistente al fuego. Por ejemplo, cables con comportamiento frente al fuego se requieren para continuar haciendo funcionar y proporcionando integridad de circuito cuando están sujetos al fuego. Con el fin de cumplir con algunos de los estándares, los cables deben, normalmente, mantener la integridad del circuito eléctrico cuando se calientan a una temperatura específica (p.ej., 650, 750, 950, 1050°C) en una manera establecida durante un tiempo específico (p.ej., 15 minutos, 30 minutos, 60 minutos, 2 horas). En algunos casos, los cables están sujetos a choques mecánicos regulares antes, durante y después de la etapa de calentamiento. Con frecuencia, también están sujetos a chorros de agua o agua pulverizada, ya sea en las últimas etapas del ciclo de calentamiento o después de la etapa de calentamiento con el fin de medir su comportamiento con respecto a otros factores que probablemente se experimentan en un fuego.

20 Dichos requisitos para los cables con comportamiento frente al fuego se han cumplido previamente mediante la envoltura del conductor de cable con cinta fabricada de fibras de vidrio y tratada con mica. Dichas cintas se envuelven alrededor del conductor durante la producción y luego al menos una capa aislante se aplica posteriormente. Tras exponerse a temperaturas en aumento, las capas aislantes exteriores se degradan y disminuyen, pero las fibras de vidrio mantienen la mica en el lugar. Se ha descubierto que dichas cintas son efectivas para mantener la integridad del circuito en incendios, pero debido a las etapas de fabricación adicionales son bastante costosas de producir. Además, el proceso de envolver la cinta alrededor del cable es relativamente lento en comparación con otras etapas de la producción del cable y, por consiguiente, envolver la cinta retrasa la producción general del cable además de añadir costes. Se han llevado a cabo intentos de reducir los costes evitando el uso de la cinta y extruyendo un recubrimiento de cable que consiste en una composición polimérica flexible que forma una cerámica de aislamiento cuando se expone al fuego para proveer la integridad continua del circuito.

30 Dichas composiciones de formación de cerámica son conocidas en la técnica anterior. Por ejemplo, los documentos US 4,269,753 y US 4,269,757 describen recubrimientos de composiciones de formación de cerámica que se aplican directamente a una longitud corta de un cable de cobre. Cuando el cable recubierto se expone durante 30 minutos al aire, a 850°C, se dice que los recubrimientos forman una sustancia de cerámica fuerte y dura sin grietas y sin separarse del cable de cobre. El documento US 6,387,512 muestra la aplicación de un recubrimiento de formación de cerámica a un conductor eléctrico y la retención de la integridad del circuito cuando se calienta durante 2 horas a 930°C con un potencial aplicado de 500 voltios. La Solicitud Internacional No. PCT/AU2003/00968 en nombre de Polymers Australia Pty Ltd describe una composición de formación de cerámica basada en polímero de silicón apropiada para cables y otras aplicaciones que forma un material cerámico independiente cuando se calienta a una temperatura elevada. La Solicitud Internacional No. PCT/AU2003/01383 también en nombre de Polymers Australia Pty Ltd describe una composición de formación de cerámica independiente apropiada para cables y otras aplicaciones que muestra poca o ninguna contracción cuando se expone a la clase de temperaturas elevadas asociadas al fuego.

El documento EP-0 559 382 describe un cable de comunicación con baja propagación de la llama y baja generación de humo mientras mantiene la integridad del circuito a través de una composición retardante del fuego.

45 Mientras las composiciones de formación de cerámica de la técnica anterior pueden, en teoría, proveer el aislamiento eléctrico y/o térmico requerido, las otras propiedades físicas de las composiciones de formación de cerámica, tanto antes como después de la exposición a temperaturas elevadas, hacen que la aplicación práctica de dichos materiales, en particular en aplicaciones de cables, sea difícil de implementar con compromisos que necesitan realizarse para alojar las propiedades físicas menos que ideales. Idealmente, la capa de formación de cerámica debe poder alojar el desequilibrio entre los coeficientes térmicos de expansión del sustrato de metal y la composición de formación de cerámica durante las temperaturas en aumento experimentadas durante un fuego y las temperaturas en descenso después del fuego, tener propiedades mecánicas adecuadas antes, durante y después de la exposición a temperaturas elevadas, mantener su integridad estructural y, cuando fuera necesario, proveer una barrera contra el agua adecuada, en particular durante y después de la exposición a temperaturas elevadas.

55 Por lo tanto, es un objeto de la invención proveer un cable con comportamiento frente al fuego o artículo con comportamiento frente al fuego a partir de un material de formación de cerámica en un sustrato de metal que supere uno o más de los problemas prácticos asociados al uso de materiales de formación de cerámica.

Compendio de la invención

5 Según un aspecto, la invención provee un cable que comprende al menos un conductor, una capa de aislamiento que forma una cerámica cuando se expone a una temperatura elevada y al menos una capa transformable al calor que mejora las propiedades físicas de la capa de formación de cerámica de aislamiento cuando se expone a una temperatura elevada, dicho aspecto definiéndose en la reivindicación 1.

10 El solicitante ha descubierto que mediante la provisión de al menos una capa transformable al calor adicional, las deficiencias en las propiedades de la capa de formación de cerámica, durante y después de la exposición a una temperatura elevada pueden alojarse por dicha capa de transformación del calor adicional. La provisión de dicha al menos una capa adicional mejora las propiedades generales del cable cuando el cable se expone a las temperaturas elevadas que se experimentarían normalmente en un incendio.

En una forma preferida de la invención, la al menos una capa transformable al calor se coextruye en el conductor con la capa de aislamiento. La al menos una capa transformable al calor puede mejorar, compensar o superar los problemas asociados al material de formación de cerámica cuando se usa en un diseño de cable.

15 La capa de aislamiento puede formarse a partir de una variedad de composiciones. Preferiblemente, la capa de aislamiento se forma a partir de una composición que forma una cerámica cuando se expone a una temperatura elevada, a saber el tipo de temperatura que se encuentra en una situación de fuego. La composición de formación de cerámica puede basarse en polímero de no silicona, basarse en polímero de silicona o incluir una composición de base que comprende una mezcla de polímeros de silicona y no silicona. Las composiciones pueden incluir una variedad de componentes inorgánicos capaces de producir una cerámica mediante la reacción a una temperatura elevada. Las composiciones pueden también contener aditivos funcionales adicionales como, por ejemplo, retardantes de la llama, etc.

20 La capa de aislamiento es, preferiblemente, una composición de formación de cerámica que forma una capa de cerámica independiente ante la exposición a las temperaturas normalmente experimentadas durante un incendio. La capa de aislamiento puede ser una composición resistente al fuego que comprende un polímero de silicona, 5-30% en peso de mica y 0,3-8% en peso de aditivo de vidrio según el peso total de la composición. Es preferible que la capa de formación de cerámica muestre poco o ningún cambio dimensional durante y después de la exposición a temperaturas elevadas. Un material de formación de cerámica apropiado puede ser una composición que contiene un polímero orgánico, un relleno de mineral de silicato y un agente fundente o precursor que resulta en un agente fundente en una cantidad de 1-15% en peso del residuo resultante.

30 Según un segundo aspecto de la invención, se provee un método para producir un cable que comprende las etapas de extruir una capa de aislamiento en un conductor, la capa de aislamiento forma una cerámica independiente cuando se expone a una temperatura elevada, y extruir al menos una capa auxiliar que es transformable durante la exposición a las temperaturas asociadas al fuego para mejorar las propiedades físicas de la capa de formación de cerámica. Preferiblemente, la al menos una capa auxiliar se coextruye con la capa de aislamiento.

35 Preferiblemente, las propiedades mejoradas por la capa auxiliar son al menos una de:

- i) la resistencia mecánica de las capas combinadas después de la exposición al fuego;
- ii) la integridad estructural de la capa de formación de cerámica después de la exposición al fuego;
- iii) la resistencia al ingreso de agua de la capa combinada después de la exposición al fuego; y
- iv) la resistencia eléctrica o térmica de las capas combinadas durante y después de la exposición al fuego.

40 En un aspecto adicional de la invención, se provee un método para diseñar un cable que comprende las etapas de seleccionar una capa de aislamiento para la extrusión en un conductor, la capa de aislamiento forma una capa de cerámica independiente cuando se expone a las temperaturas elevadas experimentadas durante un incendio, determinar las propiedades de la capa de formación de cerámica antes, durante y después de la exposición al fuego y seleccionar un material para una capa secundaria que mejora las propiedades físicas de la capa de formación de cerámica y extruir la capa de formación de cerámica y la al menos una capa auxiliar en un conductor. Preferiblemente, la capa de formación de cerámica y al menos una capa auxiliar se coextruyen en el conductor.

Las propiedades para las que la al menos una capa auxiliar puede elegirse para mejorar en la capa de formación de cerámica son:

- i) la resistencia mecánica de las capas combinadas después de la exposición a una temperatura elevada;
- 50 ii) el mantenimiento de la integridad estructural de la capa de formación de cerámica después de la exposición a una temperatura elevada;
- iii) la resistencia al ingreso de agua en el conductor después de la exposición a una temperatura elevada; y

iv) la resistencia eléctrica o térmica de las capas combinadas durante y después de la exposición al fuego.

Mientras los aspectos de más arriba de la invención se describirán en general con referencia a cables, diseño del cable y fabricación del cable, las personas con experiencia en la técnica apreciarán que la invención es igualmente aplicable al diseño de artículos con comportamiento frente al fuego para otras aplicaciones donde el producto comprende un sustrato de metal y al menos una capa de formación de cerámica protectora o recubrimiento y se requiere que el artículo se comporte durante y después de la exposición al fuego. Ejemplos específicos de situaciones prácticas donde la presente invención puede aplicarse incluyen, pero sin limitación, sellos para la protección contra el fuego que están en contacto con sustratos de metal; rellenos de espacios (a saber, aplicaciones de mástique para penetraciones); protección contra el fuego para puertas de metal, mamparos, suelos y otras estructuras en buques marinos, trenes, aviones, camiones y automóviles; fraccionamiento del fuego, pantallas, techos, revestimientos de paredes en edificios; cerramientos de metal para equipo eléctrico dentro de edificios o al aire libre; marco de acero estructural para edificios de varios pisos para aislar el marco y permitir que mantenga la potencia para soportar la carga requerida durante un tiempo aumentado; recubrimientos para conductos de edificios; barreras contra el fuego para áreas de almacenamiento de material inflamable como, por ejemplo, depósitos de combustible y municiones, refinerías y plantas de procesamiento químico; y protección de vehículos militares, incluidos barcos, contra los efectos de cargas incendiarias.

Por lo tanto, en otros aspectos de la invención, se incluyen artículos con comportamiento frente al fuego, métodos para producir artículos con comportamiento frente al fuego y métodos para diseñar artículos con comportamiento frente al fuego. Los artículos comprenden un sustrato de metal, una capa de aislamiento o protectora que forma una cerámica cuando se expone a una temperatura elevada y al menos una capa transformable al calor que mejora las propiedades físicas de la capa de formación de cerámica de aislamiento o protectora cuando se expone a una temperatura elevada, dichos artículos definiéndose en la reivindicación 29.

Cuando se diseña un cable o artículo con comportamiento frente al fuego que comprende al menos una capa de formación de cerámica y un sustrato de metal, las deficiencias de la combinación cuando se expone al fuego se determinan para su aplicación y una o más capas transformables al calor se seleccionan para superar dichas deficiencias. Por lo tanto, las propiedades de la única o más capas auxiliares o transformables al calor mejoran las propiedades de la capa de formación de cerámica en la aplicación prevista.

Un problema que puede surgir con el uso de los materiales de formación de cerámica que forman una cerámica después de la exposición a temperaturas elevadas es la resistencia del material cerámico durante y después de la exposición al fuego.

Por consiguiente, en una realización preferida de la invención, la al menos una capa transformable al calor es una capa de resistencia, preferiblemente coextruida en la capa de formación de cerámica. Con el fin de proveer las características de resistencia requeridas al menos durante y después de la exposición a una temperatura elevada, la al menos una capa transformable al calor puede comprender una segunda capa de formación de cerámica. Los requisitos mínimos para dicha capa son que forme una cerámica que sea más fuerte que la formada por la capa de formación de cerámica de aislamiento o protectora, que la cerámica resultante sea independiente y que no experimente una reducción apreciable en las dimensiones cuando se convierte en una cerámica. Dicha capa puede funcionar como una capa de aislamiento adicional o como una capa de revestimiento en la aplicación de cable. Dicha segunda capa de formación de cerámica comprende, preferiblemente, un polímero orgánico, un relleno inorgánico que es, preferiblemente, un silicato mineral y fosfato inorgánico. Más preferiblemente, la segunda capa de formación de cerámica también contiene hidróxido de aluminio. El fosfato inorgánico preferido es el polifosfato de amonio. Dicha capa no está, preferiblemente, en contacto con el conductor de metal o sustrato de metal para minimizar la probabilidad de que el fosfato inorgánico afecte las propiedades de aislamiento del cable o experimente reacciones adversas con el sustrato de metal.

Un problema que puede surgir con el uso de materiales que forman una cerámica después de la exposición a temperaturas elevadas, p.ej. materiales de aislamiento de cable, es que la resistencia operacional normal del material, a saber antes del fuego, puede ser menor que la deseable para la aplicación prevista. Por consiguiente, la al menos una capa transformable al calor puede ser una capa de resistencia operacional (a saber, una capa que tiene propiedades mecánicas superiores bajo condiciones de funcionamiento normales), preferiblemente coextruida en la capa de formación de cerámica. El uso primario de dichas capas es proveer al cable el nivel de robustez requerido para posicionar y asegurar los cables en una instalación y para permitir que el aislamiento compuesto cumpla con los Estándares requeridos. Debido a la naturaleza de los materiales que se usan en la capa de resistencia operacional, no se requiere que dichas capas asistan al cable durante o después de la exposición a las temperaturas elevadas normalmente experimentadas en un incendio. La capa de resistencia operacional puede continuar proporcionando resistencia durante o después de la exposición a dichas temperaturas elevadas si también es una segunda capa de formación de cerámica. Según se describe más adelante, la capa de resistencia operacional puede también ser una capa de formación de esmalte.

El grosor mínimo de la segunda capa de formación de cerámica se determina por el grosor del conductor y de la capa de aislamiento de formación de cerámica, con conductores y capas de aislamiento más gruesas que requieren capas más gruesas para la segunda capa para mantener la integridad estructural.

- Se cree que el fosfato inorgánico en la segunda capa de formación de cerámica se descompone a una temperatura en o por debajo de la temperatura de descomposición de los otros componentes para el ácido fosfórico. En el caso de polifosfato de amonio, el amoníaco también es un producto de descomposición. El ácido fosfórico deshidrata cualquier material orgánico en sus alrededores y forma un carbón vegetal carbonáceo que se convierte en una cerámica en una etapa posterior, mientras el amoníaco contribuye a formar un nivel deseable de porosidad.
- La composición de formación de cerámica de la segunda capa de formación de cerámica preferida comprende:
- al menos 15% en peso según el peso total de la composición de una composición de base de polímero que comprende al menos 50% en peso de un polímero orgánico;
 - 20-40% en peso de un fosfato inorgánico, preferiblemente, polifosfato de amonio según el peso total de la composición, y
 - al menos 15% en peso de un relleno refractario inorgánico, preferiblemente un relleno de mineral de silicato, según el peso total de la composición.
- La segunda capa de formación de cerámica puede además comprender 10-20% en peso de rellenos inorgánicos adicionales o aditivos que incluyen al menos uno seleccionado del grupo de hidróxidos u óxidos de magnesio o aluminio.
- El relleno o aditivo adicional preferido es el hidróxido de aluminio, preferiblemente en la cantidad de 10-20% en peso.
- La segunda capa de formación de cerámica también se requiere para formar una cerámica porosa más fuerte e independiente (que normalmente tiene una porosidad de entre 20% vol. a 80% vol.) cuando se expone a temperaturas con resistencia al fuego y al menos 40% de su composición total serán rellenos inorgánicos.
- Un polímero orgánico es uno que tiene un polímero orgánico como la principal cadena del polímero. Por ejemplo, los polímeros de silicona no se consideran polímeros orgánicos; sin embargo, pueden mezclarse de forma útil con los polímeros orgánicos, como el componente menor, y proveer, de manera beneficiosa, una fuente de dióxido de silicona (que ayuda en la formación de la cerámica) con un tamaño de partícula fina cuando se descomponen térmicamente. El polímero orgánico puede ser de cualquier tipo, por ejemplo un polímero termoplástico, un elastómero termoplástico, un elastómero reticulado o goma, un polímero termoestable. El polímero orgánico puede estar presente en la forma de una composición de precursores que incluye reagentes, prepolímeros y/o oligómeros a los que se puede reaccionar de forma conjunta para formar al menos un polímero orgánico de los tipos mencionados más arriba.
- El componente de polímero orgánico puede comprender una mezcla o combinación de dos o más polímeros orgánicos diferentes.
- Preferiblemente, el polímero orgánico puede alojar los altos niveles de aditivos inorgánicos requeridos para formar la cerámica como, por ejemplo, el polifosfato de amonio, hidróxido de aluminio y relleno de mineral de silicato, mientras retiene el buen procesamiento y las propiedades mecánicas. Es deseable, según la presente invención, incluir en las composiciones resistentes al fuego, altos niveles de relleno inorgánico como, por ejemplo, composiciones que tienden a sufrir pérdida de peso reducida ante la exposición al fuego cuando se comparan con composiciones que tienen contenido de relleno más bajo. Por lo tanto, es menos probable que las composiciones cargadas con concentraciones relativamente altas de polifosfato de amonio, hidróxido de aluminio y relleno de mineral de silicato se contraigan y agrieten cuando se ceramifican por la acción del calor.
- También es ventajoso que el polímero orgánico elegido no fluya o se funda antes de su descomposición cuando se expone a las temperaturas elevadas que se encuentran en una situación de fuego. Los polímeros más preferidos incluyen unos que se reticulan después de que la composición resistente al fuego se ha formado, o unos que son termoplásticos pero tienen altos puntos de fundición y/o se descomponen para formar una cerámica cerca de sus puntos de fundición; sin embargo, los polímeros que no tienen dichas propiedades también pueden usarse. Los polímeros orgánicos apropiados se encuentran comercialmente disponibles o pueden realizarse mediante la aplicación o adaptación de técnicas conocidas. Ejemplos de polímeros orgánicos apropiados que pueden usarse se proveen más abajo pero se apreciará que la selección de un polímero orgánico particular también sufrirá el impacto de factores como los componentes adicionales que se incluirán en la composición resistente al fuego, la manera en la cual la composición se preparará y aplicará, y el uso previsto de la composición.
- Como se indica, los polímeros orgánicos que son apropiados para su uso con la presente invención incluyen polímeros termoplásticos, polímeros termoestables y elastómeros (termoplásticos). Dichos polímeros pueden comprender homopolímeros y copolímeros de poliolefinas.
- Los polímeros orgánicos que son particularmente apropiados para su uso en recubrimientos para cables son los polímeros basados en olefina reticulada y los termoplásticos comercialmente disponibles, copolímeros y terpolímeros de cualquier densidad. Las personas con experiencia en la técnica conocerán los comonomeros de

interés. De particular interés son los polietilenos reticulables y termoplásticos comercialmente disponibles con densidades de 890 a 960 kg/litro, copolímeros de etilenos de dicha clase con acrílico, vinilo y otros monómeros de olefina, terpolímeros de etileno, propileno y monómeros de dieno, los así llamados vulcanizados termoplásticos donde un componente se reticula mientras la fase continua es termoplástica y variantes de este donde todos los polímeros son termoplásticos o reticulados por peróxido, radiación o los así llamados procesos de silano.

El polímero orgánico está presente en la composición de base de polímero en una cantidad de al menos 50% en peso. Ello facilita la carga de la composición de base de polímero con los componentes adicionales sin perjuicio para la procesabilidad de la composición general. Según puede observarse, la composición de base de polímero puede incluir un polímero de silicona. Sin embargo, en el presente caso, el polímero orgánico estará normalmente presente en la composición de base de polímero en un exceso significativo cuando se compara con el polímero de silicona. Por consiguiente, en la composición de base de polímero la relación de peso del polímero orgánico con el polímero de silicona puede ser de 5:1 a 2:1, por ejemplo de 4:1 a 3:1. En términos de porcentaje de peso, si estuviera presente, el polímero de silicona puede, en general, estar presente en una cantidad de 2 a 15% en peso según el peso total de la composición resistente al fuego formulada. Cuando se usa una combinación de polímeros orgánicos y de silicona, altas concentraciones de polímero de silicona pueden presentar problemas de procesamiento y ello debe tenerse en cuenta cuando se formulan las composiciones según la presente invención.

El límite superior para la cantidad de composición de base de polímero en la composición resistente al fuego tiende a sufrir la influencia de las propiedades deseadas de la composición formulada. Si la cantidad de la composición de base de polímero supera alrededor del 60% en peso de la composición total, es improbable que un residuo cohesivo y fuerte se forme durante una situación de fuego. Por consiguiente, la composición de base de polímero forma, en general, del 15 al 60%, preferiblemente del 20 al 50%, en peso de la composición resistente al fuego formulada.

Las composiciones según la presente realización de la presente invención también incluyen un relleno de mineral de silicato como un componente esencial. Dichos rellenos normalmente incluyen aluminosilicatos (p.ej. caolinita, montmorillonita, pirofilita -comúnmente conocidas como arcillas), aluminosilicatos alcalinos (p.ej. mica, feldespato, espodumena, petalita), silicatos de magnesio (p.ej. talco) y silicatos de calcio (p.ej. wollastonita). Pueden usarse mezclas de dos o más rellenos de minerales de silicato diferentes. Dichos rellenos se encuentran comercialmente disponibles. El dióxido de silicio (sílice) no es un relleno de mineral de silicato en el contexto de la presente invención.

Las composiciones de formación de cerámica de la segunda capa incluyen al menos 15% en peso, preferiblemente al menos 25% en peso, de relleno de mineral de silicato. La cantidad máxima de dicho componente tiende a establecerse por la procesabilidad de la composición.

Además de los rellenos de silicato minerales, puede añadirse una amplia variedad de otros rellenos inorgánicos. Los rellenos inorgánicos preferidos son hidróxidos de magnesio y aluminio o sus óxidos.

Asimismo, las fibras inorgánicas que no se funden a 1000°C pueden incorporarse, incluidas las fibras de aluminosilicatos. Ello puede llevar a una reducción en los cambios dimensionales a una temperatura elevada y/o propiedades mecánicas mejoradas de la cerámica resultante.

Normalmente, después de la exposición a temperaturas elevadas (hasta 1000°C), el residuo restante constituirá, en general, al menos el 40%, preferiblemente al menos el 55% y más preferiblemente al menos el 70%, en peso de la composición antes de la pirólisis. Cantidades más altas de residuo se prefieren dado que ello puede mejorar la resistencia de la cerámica a todas las temperaturas.

Con el fin de mejorar la resistencia eléctrica o térmica de la capa de formación de cerámica durante y después de la exposición al fuego la al menos una capa transformable al calor puede ser una capa funcional en el uso operacional normal del cable o artículo (a saber, antes del fuego) que forma una cerámica independiente más débil que la formada por la capa de aislamiento o protectora. Por ejemplo, el uso de una capa de revestimiento de dicho tipo en un diseño de cable tiene beneficios con respecto al uso de una capa de revestimiento convencional dado que aumentará el grosor y, por lo tanto, las propiedades aislantes eléctricas, del recubrimiento de cerámica residual permanecerán después de que el cable se haya expuesto al fuego.

Un problema específico con la aplicación de una composición de formación de cerámica en un conductor de metal en un diseño de cable es que durante la exposición a temperaturas elevadas y durante el posterior enfriamiento, el conductor metálico se expandirá y contraerá a una velocidad diferente de la cerámica que se forma durante el proceso de calentamiento. Por consiguiente, incluso si la cerámica muestra buena retención de forma durante la formación, dicha diferencia en la expansión térmica y contracción hace que la cerámica con frecuencia frágil se agriete y puede llevar al desalojo de parte del recubrimiento cerámico aislante, y así exponer el conductor y comprometer la integridad del circuito. Dicho agrietamiento de la capa cerámica tiende a ser más pronunciado durante la etapa de enfriamiento. El problema se acentúa cuando la cerámica se adhiere fuertemente a la superficie del conductor, o capa de óxido formada en la superficie del conductor (durante el fuego). Por ejemplo, con conductores de cobre, dicha diferencia en la expansión térmica puede llevar a la fractura de la interfaz de óxido cuproso/óxido cúprico y al desalojo de partes de cerámica adheridas al óxido cúprico. Mientras dicho problema se ha

descrito con particular referencia a los conductores metálicos usados en aplicaciones de cable, será aparente para las personas con experiencia en la técnica que dicho problema surgirá en cualquier situación en la que un sustrato de metal se recubre con el tipo de composición resistente al fuego descrita debido a los diferentes coeficientes de expansión térmica del sustrato de metal y la cerámica formada cuando la composición se expone a temperaturas elevadas. El alcance del problema dependerá de la magnitud de las diferencias en el coeficiente de expansión térmica de la cerámica y metal y la resistencia de la unión formada en la interfaz.

Por lo tanto, en otra realización de la invención se trata el problema del desequilibrio entre los coeficientes de expansión térmica de un sustrato de metal que se protege contra el fuego y el material de cerámica que ofrece protección al sustrato.

En la presente realización de la invención, la al menos una capa transformable al calor es una capa sacrificial provista en el sustrato de metal, la capa formándose en una composición que comprende un polímero orgánico y un relleno inorgánico, en donde la capa sacrificial se descompone a o por debajo de la temperatura elevada, lo cual resulta en la formación de una capa de relleno inorgánico entre el sustrato y la cerámica de modo que la adhesión de la cerámica al sustrato se minimiza o evita.

El uso de la capa sacrificial de esta manera asegura que el sustrato de metal y la cerámica formada permanezcan separados entre sí por una capa que minimiza o evita la adhesión de la cerámica al sustrato. El hecho de que el relleno inorgánico al menos no sea adherente al sustrato de metal o cerámica resulta en una tendencia reducida de la cerámica al agrietamiento y desalajo durante el enfriamiento, porque alivia el estrés que resulta de las diferencias en los coeficientes de expansión térmica entre el sustrato y la cerámica.

El relleno inorgánico que permanece después de la descomposición de la capa sacrificial permite al sustrato y a la cerámica formada expandirse y contraerse de manera independiente. En las aplicaciones de cable eléctrico, dos consecuencias de la formación reducida de grietas resultante en la capa de cerámica son que la exposición del conductor desnudo se reduce y que hay trayectos reducidos para el ingreso de agua. Por consiguiente, la inclusión de una capa sacrificial en el diseño mejora la resistencia a fallos del circuito mediante el cortocircuito eléctrico durante la exposición al fuego y ante la exposición al agua. En el presente caso, el relleno inorgánico usado tiene, preferiblemente, una alta resistencia eléctrica y así además ayuda a la integridad del circuito. En todos los casos, la naturaleza pulverulenta y baja densidad del relleno residual provee, de manera beneficiosa, una barrera a la transferencia de calor, a saber, el relleno residual es térmicamente aislante.

La capa sacrificial se forma, normalmente, a partir de una composición que comprende un polímero orgánico y un relleno inorgánico. Aquí, la expresión "polímero orgánico" abarca una variedad de polímeros que satisfacen los siguientes criterios. En primer lugar, el polímero orgánico debe ser uno que pueda descomponerse a una temperatura normalmente presente en una situación de fuego para dejar poco o ningún residuo sólido. El polímero orgánico se descompone a o por debajo de la temperatura a la cual se forma la cerámica en la capa de formación de cerámica. En segundo lugar, el polímero orgánico debe poder cargarse con niveles apropiados del relleno inorgánico (normalmente en el rango de 25-75% del peso de la composición total y, preferiblemente, más del 50%) mientras retiene la buena procesabilidad. La procesabilidad de la composición de la capa sacrificial es importante, en particular si la composición se extruirá como es el caso en las aplicaciones de cable. Es importante que el polímero orgánico pueda alojar niveles suficientemente altos de aditivos inorgánicos de modo que una capa sustancialmente continua de relleno inorgánico permanezca en la superficie de sustrato después de la descomposición térmica de la capa sacrificial. Se requiere que el relleno inorgánico separe el sustrato y la cerámica formada como se describe más arriba y, si el aditivo inorgánico insuficiente está presente en el polímero orgánico, el aditivo no puede cumplir con su rol previsto de evitar el contacto directo entre el sustrato y la cerámica formada. El mismo problema puede surgir si el relleno inorgánico no se dispersa de manera homogénea en el polímero orgánico. Cierta grado de contacto entre el sustrato y la cerámica puede tolerarse en ciertas aplicaciones más que en otras. Las aplicaciones de cable eléctrico requieren una capa continua de relleno inorgánico entre el conductor y la cerámica.

También es importante que el polímero no sea reactivo hacia el relleno inorgánico a una temperatura elevada dado que ello puede producir productos de reacción que se adhieren al sustrato y/o cerámica. Los polímeros orgánicos apropiados se encuentran comercialmente disponibles o pueden realizarse mediante la aplicación o adaptación de técnicas conocidas. Ejemplos de polímeros orgánicos apropiados que pueden usarse se proveen más abajo.

Los polímeros termoplásticos útiles pueden seleccionarse de homopolímeros de olefinas así como de copolímeros de una o más olefinas. Ejemplos específicos de polímeros apropiados incluyen homopolímeros de etileno, propileno, 1-buteno, isobutileno, hexeno, 1,4-metilpentano-1, 1-penteno, 1-octano, 1-nonileno y 1-decileno. Dichas poliolefinas pueden prepararse usando catalizadores de peróxido, Ziegler-Natta o metaloceno, como se conoce en la técnica. También pueden emplearse copolímeros de dos o más de dichas olefinas. Las olefinas también pueden copolimerizar con otras especies de monómeros como, por ejemplo, vinilo o compuestos de dieno. Ejemplos específicos de copolímeros que pueden usarse incluyen copolímeros basados en etileno como, por ejemplo, copolímeros de etileno-propileno (por ejemplo, EPDM), copolímeros de etileno-1-buteno, copolímeros de etileno-1-hexeno, copolímeros de etileno-1-octileno, copolímeros de etileno-1-buteno, y copolímeros de etileno con dos o más de las olefinas mencionadas más arriba.

La poliolefina termoplástica puede ser también una mezcla de dos o más de los homopolímeros o copolímeros mencionados más arriba. Por ejemplo, la mezcla puede ser una mezcla uniforme de uno de los sistemas de más arriba con uno o más de polipropileno, polietileno de baja densidad y alta presión, polietileno de alta densidad, 1-polibuteno y copolímeros de olefina que contienen monómeros polares como, por ejemplo, copolímeros de ácido de etileno/acrílico, copolímeros de etileno/acrilato de metilo, copolímeros de etileno/acrilato de etilo, copolímeros de etileno/acrilato de butilo, copolímeros de etileno/acetato de vinilo, terpolímeros de etileno/acrílico ácido/acrilato de etilo, y terpolímeros de etileno/acrílico ácido/acetato de vinilo.

Como puede observarse, el polímero orgánico elegido dependerá, en parte, del uso previsto de la composición. Por ejemplo, en ciertas aplicaciones, se requiere cierto grado de flexibilidad de la composición (como, por ejemplo, en recubrimientos de cables eléctricos) y el polímero orgánico necesitará elegirse, por consiguiente, según sus propiedades cuando se carga con el relleno inorgánico. Se ha descubierto que los polietilenos y elastómeros de etileno propileno son particularmente útiles para composiciones para recubrimientos de cables. También al seleccionar el polímero orgánico debe tenerse en cuenta cualquier gas nocivo o tóxico que pueda producirse en la descomposición del polímero. La generación de dichos gases puede ser más tolerable en ciertas aplicaciones que en otras.

Después de la descomposición del polímero orgánico, el recubrimiento del relleno inorgánico permanecerá en el sustrato. Como se ha observado, para ciertas aplicaciones (p.ej. cables eléctricos) es deseable que dicho recubrimiento sea continuo y mecánicamente débil. La función del aditivo inorgánico es minimizar o prevenir la adhesión entre el sustrato y la cerámica formada a una temperatura elevada. Teniendo esto presente, es importante que el relleno inorgánico no sea reactivo (consigo mismo, el sustrato y la composición de formación de cerámica) a temperaturas que probablemente se encuentran en una situación de fuego. Las reacciones que implican al relleno inorgánico pueden llevar a la formación de productos que afectan el rol previsto del relleno inorgánico.

El relleno inorgánico usado en la presente realización puede ser cualquier material inorgánico que pueda dispersarse de manera homogénea en el polímero orgánico y que será inerte a las temperaturas que probablemente se encuentren en una situación de fuego. El uso del relleno inorgánico es central para la presente invención. El uso de un polímero orgánico solo como la capa sacrificial no evitará la adhesión entre el sustrato y la cerámica formada. En el presente caso, el polímero simplemente se descompondrá dejando poco o ningún residuo. La cerámica estará entonces en contacto directo con el sustrato, lo cual resultará en los problemas descritos más arriba.

De manera deseable, el relleno inorgánico tiene una alta temperatura de fundición, por ejemplo más de 1000°C y, preferiblemente, más de 1500°C. Es probable que el coste del aditivo también sea un factor. Ejemplos de aditivos inorgánicos apropiados incluyen óxidos de metal, hidróxidos de metal, talco y arcillas. De manera específica, así como el talco y las arcillas que pueden usarse, puede hacerse mención de la alúmina, hidróxido de aluminio, óxido de magnesio, hidróxido de magnesio, silicato de calcio y circonita. Pueden usarse combinaciones de dos o más rellenos inorgánicos siempre que la combinación sea inerte al tipo de temperaturas que probablemente se encuentren en una situación de fuego. Más preferiblemente, el relleno inorgánico para el uso en aplicaciones de cables es el hidróxido de magnesio dado que confiere, de manera beneficiosa, una conductividad eléctrica muy baja.

La capa sacrificial puede incluir uno o más componentes funcionales adicionales siempre que estos no interfieran con el rol previsto del relleno inorgánico. Dichos componentes adicionales incluyen materiales retardantes de la llama y materiales que reducen la conductividad térmica y/o eléctrica. La capa sacrificial puede también ser una capa de resistencia operacional.

La composición usada para la capa sacrificial puede prepararse simplemente mezclando los componentes individuales. Puede usarse cualquier aparato de mezclado convencional. Si la composición tiene una viscosidad relativamente baja, puede procesarse mediante el uso del equipo de dispersión, por ejemplo del tipo usado en la industria de la pintura. Materiales útiles para las aplicaciones de cable son de una viscosidad más alta (peso molecular más alto) y pueden procesarse usando un molino de dos rodillos, mezcladores internos, extrusoras de doble tornillo y similares. Si el polímero orgánico se reticulará, se requerirá cierto calentamiento del polímero en presencia de un agente de reticulación apropiado. Pueden usarse agentes de reticulación convencionales.

Ejemplos específicos de situaciones prácticas más allá de las aplicaciones de cables donde la presente realización de la invención puede aplicarse incluyen, pero sin limitación, revestimientos de cortafuegos y para transbordadores, trenes y otros vehículos, fraccionamiento del fuego, pantallas, techos y revestimientos, recubrimientos para conductos de edificios; rellenos de espacios (a saber, aplicaciones de mástique para penetraciones); protección contra fuego estructural [aislar el marco de metal estructural de un edificio para permitir mantener su resistencia de carga requerida (o limitar la temperatura central) durante un período fijo].

La presente realización de la presente invención es especialmente útil para el recubrimiento de conductores, a saber, en aplicaciones de cables eléctricos. La invención es, por lo tanto, apropiada para la fabricación de cables eléctricos que pueden proveer integridad del circuito en caso de incendio. En el diseño de dichos cables, la composición para la capa sacrificial y capa de formación de cerámica puede extruirse directamente en los conductores. Dicha extrusión puede llevarse a cabo de manera convencional mediante el uso de equipo convencional. El grosor de la capa sacrificial será, normalmente, de 0,2 a 2 mm, por ejemplo de 0,4 a 1,5 mm. El

5 grosor de la capa de formación de cerámica dependerá de los requisitos del estándar particular para el tamaño del conductor y tensión de funcionamiento. Normalmente, el aislamiento tendrá un grosor de 0,6 a 3 mm. Por ejemplo, para un conductor de 35 mm² con una capacidad de 0.6/1kV según los Estándares Australianos se requerirá un grosor de aislamiento de aproximadamente 1,2 mm. En aplicaciones diferentes a las de cable, el grosor apropiado de las capas sacrificial y de formación de cerámica puede determinarse mediante pruebas experimentales.

10 En otra realización preferida de la invención, la al menos una capa de transformación de calor es una capa de formación de esmalte que comprende un componente que después de la exposición a la temperatura elevada y enfriamiento forma una capa de esmalte que es sustancialmente impermeable. La capa de formación de esmalte se provee de manera adyacente a y en contacto físico directo con la capa de aislamiento o protectora que forma una cerámica. También se ha descubierto que el esmalte formado después de la exposición a temperaturas elevadas puede mejorar la integridad estructural y resistencia de la capa de cerámica formada. Por lo tanto, la capa de formación de esmalte puede servir también como una capa de resistencia operacional. En la presente realización de la invención, un componente de formación de esmalte distinto forma una capa de esmalte que actúa como una barrera para el agua que puede estar presente en los alrededores. Por ejemplo, en un diseño de cable la presente capa de esmalte evita el acceso de agua al conductor siendo sustancialmente impermeable. La capa de esmalte puede incluir defectos menores como, por ejemplo, discontinuidades, poros y grietas. Estos se encuentran, preferiblemente, a un nivel tal que el agua que puede atravesar el esmalte es insignificante. Preferiblemente, la capa de esmalte es coherente y continua de modo que el agua no puede atravesar la capa.

20 La capa de formación de esmalte incluye un componente que puede formar una capa impermeable después del calentamiento al tipo de temperaturas elevadas encontradas en un incendio seguido del enfriamiento. El enfriamiento puede tener lugar naturalmente o como resultado de medidas específicas tomadas para extinguir el fuego como, por ejemplo, rociado de agua. Pueden emplearse uno o más componentes de formación de esmalte. En términos generales, la capa de esmalte puede formarse mediante el reblandecimiento/fundición y la coalescencia de componentes de formación de esmalte para formar un esmalte continuo y coherente. El esmalte se solidifica en el enfriamiento. Se desprende, de dicha explicación, que los componentes de formación de esmalte deben reblandecerse/fundirse a temperaturas elevadas de modo que las partículas de los componentes individuales pueden amalgamarse para formar la capa de esmalte. Idealmente, los componentes de formación de esmalte forman un líquido que tiene una viscosidad apropiada y que puede fluir (en una medida limitada) con el fin de lograr la formación de la capa de esmalte. Aunque no es esencial, la reacción química entre los componentes de formación de esmalte puede ser responsable al menos en parte de la formación de la capa de esmalte. Otros aditivos pueden estar presentes como, por ejemplo, extendedores refractarios.

35 Por motivos obvios, el efecto de la capa de esmalte no se observaría si las composiciones de formación de esmalte consistieran en componentes que no experimentan la coalescencia y/o reacción necesaria al tipo de temperaturas asociadas a una situación de fuego. Es deseable que la capa de formación de esmalte incluya uno o más componentes de formación de esmalte que pueden formar un esmalte apropiado a temperaturas tan bajas como 500°C. Dado que el cobre se funde a 1080°C, no es necesario que las composiciones de formación de esmalte usadas en aplicaciones de cable incluyan componentes de formación de esmalte que se "activan" a temperaturas más altas que esta.

40 Como puede notarse, es deseable que el componente de formación de esmalte forme un líquido al tipo de temperaturas encontradas en una situación de fuego. A dichas temperaturas, la viscosidad del componente líquido puede ser importante. Si la viscosidad es demasiado baja, es probable que el líquido fluya demasiado rápidamente y esto puede causar el empobrecimiento del esmalte en ciertas áreas y la acumulación en otras. Ello puede llevar a la formación de defectos. Si el esmalte conduce electricidad y es de viscosidad baja, ello también puede causar problemas de conductividad eléctrica en los cables. Por ejemplo, cuando la capa de formación de esmalte se provee en una capa de aislamiento de formación de cerámica, el esmalte formado puede fluir a través de poros y/o grietas presentes en la capa (cerámica) de aislamiento y establecer un trayecto conductor del conductor a la superficie externa de la capa de formación de cerámica. Por otro lado, si el líquido es demasiado viscoso y tiene una alta tensión superficial a temperaturas elevadas, la formación de una capa coherente y continua de esmalte que tiene propiedades de humectación y adherentes apropiadas puede inhibirse. Cuando se provee en una capa de formación de cerámica, es deseable que el esmalte se humedezca y adhiera bien a la capa de cerámica formada a una temperatura elevada. Esto puede ser importante para lograr el beneficio de resistencia mencionado anteriormente. El esmalte líquido formado durante el calentamiento preferiblemente tiene una baja conductividad eléctrica, una baja tensión superficial y una viscosidad moderadamente alta a temperaturas elevadas y, por consiguiente, el componente de formación de esmalte puede seleccionarse.

55 Pueden existir ventajas asociadas al uso de una mezcla de dos o más componentes de formación de esmalte. Por ejemplo, se ha observado que un componente de punto de fusión relativamente bajo puede absorberse en una capa de formación de cerámica subyacente a una temperatura alta. Dicho efecto puede reducirse mezclando el componente de fundición relativamente bajo con el componente de formación de esmalte que se funde a una temperatura más alta. El uso de mezclas de componentes de formación de esmalte puede también aumentar el rango de temperaturas en el cual puede formarse una capa de esmalte apropiada.

Teniendo en cuenta los diferentes factores descritos más arriba, el componente de formación de esmalte puede seleccionarse de:

5 a) combinaciones de dos o más materiales que reaccionan/se combinan para formar un vidrio fundido a una temperatura elevada. Algunos ejemplos típicos de dichas combinaciones incluyen silicatos (como, por ejemplo, mica y feldespato), fosfatos, boratos y/o sus precursores mezclados con óxidos alcalinos, óxidos de tierras alcalinas, ciertos óxidos de metal de transición (p.ej. óxido de zinc) y/o sus precursores. Por "precursores" se entiende cualquier compuesto que produzca el material (en forma de compuesto) al calentarse.

10 b) Vidrios, o mezclas de vidrios, que se reblandecen/funden a temperaturas elevadas. Para aplicaciones de cables, es deseable que el vidrio tenga una conductividad eléctrica baja a temperaturas elevadas. Por lo tanto, el vidrio tiene preferiblemente un bajo contenido de metal alcalino.

c) Combinaciones de (a) y (b).

d) Combinaciones de (c) con hasta 75% de un relleno refractario como, por ejemplo, pero sin limitación, alúmina, circonita, rutilo, magnesita y cal.

15 Es posible, pero no esencial, que la capa de formación de esmalte incluya componentes adicionales y esto dependerá de la manera en la cual la capa se provee como parte del diseño general. En una realización, la capa de formación de esmalte consiste solamente en el componente que puede formar el esmalte. En la presente realización, en un diseño de cable el componente puede aplicarse directamente a la superficie del conductor (y cubrirse por la capa de formación de cerámica) y/o a una capa que cubre el conductor, normalmente la capa de formación de cerámica, del cable que se fabrica.

20 El componente puede aplicarse por una técnica de deposición electrostática en la cual un sustrato que se recubrirá (a saber, el conductor u otra capa de cable) se conecta a tierra y el componente se carga electrostáticamente. Las fuerzas electrostáticas hacen que el componente se vea atraído hacia y alojado en la superficie del sustrato. En la práctica, la aplicación de la capa de formación de esmalte tiene lugar como parte de un proceso continuo de formación de un cable acabado. Si la capa de formación de esmalte contiene una resina, las lámparas de salida elevada IR u otras fuentes de calentamiento pueden usarse para fundir la resina de modo que fluye y forma un recubrimiento suave. Dicho recubrimiento puede, posteriormente, reticularse mediante la continuación de aplicación de calor o mediante sistemas de curado UV. Ello puede también llevarse a cabo en el curso de la aplicación de capas extrudidas al cable en un funcionamiento continuo.

30 La cantidad y distribución del componente de formación de esmalte es tal que permite a una capa de esmalte formarse, la cual es sustancialmente impermeable. El tamaño de partícula, longitud de fibra, relación de aspecto o diámetro de fibra, según sea el caso, del componente de formación de esmalte influirán en esto. Cuando se usan las partículas del componente de formación de esmalte, el tamaño de partícula promedio es de 200 micrones o menos, preferiblemente 50 micrones o menos y, más preferiblemente, 20 micrones o menos. La composición de formación de esmalte puede comprender un componente de formación de esmalte disperso de manera homogénea en una portadora apropiada. La composición puede formarse por técnicas de mezclado conocidas. La portadora pretende permitir la aplicación de la composición en una capa esencialmente uniforme. Una característica importante de la portadora es que tiene la capacidad de cargarse con una cantidad suficiente del componente de formación de esmalte de modo que un esmalte apropiado puede formarse a una temperatura elevada, mientras retiene la procesabilidad apropiada para permitir que la composición se aplique, por ejemplo como una capa de un cable. Por consiguiente, la portadora debe tener propiedades reológicas satisfactorias. De manera deseable, la portadora también tiene la capacidad de humedecer tanto los componentes dispersos en ella como el sustrato al cual se aplicará la composición de formación de esmalte, y desarrolla una alta resistencia cuando se enfría o cura (según la naturaleza de la portadora). También es importante que la portadora no incluya algo que interfiera con la formación de esmalte a una temperatura elevada. Idealmente, la portadora es una que se descompone térmicamente a dicha temperatura y no deja residuo. La presencia de residuo puede llevar a discontinuidades y defectos en la capa de esmalte y puede causar problemas de conductividad si el residuo es eléctricamente conductor. También es preferible que el calentamiento o descomposición de la portadora no lleven a la generación de cantidades excesivas de subproductos gaseosos. Además, la portadora preferiblemente se descompone a temperaturas por debajo de la temperatura a la cual comienza la formación del esmalte.

50 En las aplicaciones de cables, la portadora puede ser un polímero termoplástico que se usa, de forma convencional, para proveer una capa de un cable como, por ejemplo, una capa de revestimiento. En el presente caso, la portadora se carga con una cantidad apropiada de componente de formación de esmalte y se extruye en una manera convencional para formar una capa de formación de esmalte. Se prefiere que la portadora usada se establezca para proveer una capa no pegajosa tan rápidamente como sea posible dado que la capa de formación de esmalte en general se aplica como parte de un proceso continuo que implica la aplicación (normalmente, mediante extrusión) de una capa adicional en la capa de formación de esmalte. La aplicación de dicha metodología particular es menos útil si el polímero de portadora no se quema de forma limpia a una temperatura elevada.

En un proceso en el que se requiere el curado rápido, se prefiere que la portadora pueda curarse mediante calor o curarse mediante radiación. Por consiguiente, el componente de portadora de la composición de formación de esmalte puede seleccionarse de homopolímeros y copolímeros de acrilatos alcalinos, metacrilatos alcalinos, poliuretanos de bajo peso molecular que son funcionales con dobles enlaces de acrílico (a los que se hace referencia como acrilatos de uretano) y resinas de silicona que pueden curarse mediante radiación UV seguida de humedad atmosférica como sistema de curado secundario. Otra clase de resinas curables con radiación para su uso como el componente de portadora es el poliéster con funcionalidades de acrilato.

En las aplicaciones de cables, la reología de la composición de formación de esmalte debe ser tal que permita que la composición se extruya mediante técnicas convencionales para formar una capa suave y continua. La viscosidad de la portadora usada y la carga de formación de esmalte y componentes, posiblemente adicionales, serán significativas aquí. Puramente a modo de ilustración, la resina de portadora puede tener una viscosidad en el rango de 15-1500 cP a 25°C, más preferiblemente de 30-400 cP a 25°C.

A modo de una alternativa adicional, el componente de formación de esmalte puede proveerse en la superficie exterior del cable haciendo contacto con este último con un lodo del componente de formación de esmalte disperso de manera homogénea en un medio apropiado. El lodo puede aplicarse mediante inmersión o cepillado. Preferiblemente, para lograr la fijación rápida en la posición de la capa de formación de esmalte, el medio en el cual se dispersa el componente de formación de esmalte tiene un secado rápido o es volátil. El lodo también puede contener una composición de geopolímero que normalmente consiste en un aluminosilicato disuelto en una solución de silicato de metal alcalino como, por ejemplo, un silicato de potasio. Al calentarse, el geopolímero forma un vidrio. Además, también es posible hacer uso de la tecnología sol-gel para cubrir una capa de superficie de composición de formación de vidrio en la presente realización.

La relación de peso del componente de formación de esmalte con la portadora/medio normalmente se encuentra dentro del rango de 0.9:1 a 1.2:1. Es importante que dicha relación se mantenga tan alta como sea posible para facilitar la formación de una capa de esmalte continua.

Una vez aplicada y adecuadamente fijada, la capa de formación de esmalte se cubre, normalmente, por al menos una capa adicional del cable. Dicha capa puede aplicarse mediante extrusión corriente abajo del sitio en el cual la aplicación del componente de formación de esmalte tiene lugar. Por ejemplo, la capa de formación de esmalte puede proveerse en una capa de aislamiento en contacto directo con el conductor y una capa de polímero de revestimiento extruida en la capa de formación de esmalte inmediatamente después de su aplicación. La provisión de una capa en la capa de formación de esmalte puede también ayudar a fijar esta última en la posición. Una capa resistente a los cortes también puede proveerse entre la capa de formación de esmalte y la capa de revestimiento. Dicha capa resistente a los cortes puede extruirse en la capa de formación de esmalte y la capa de revestimiento entonces extruida en la capa resistente a los cortes.

Dependiendo de la fracción del componente de formación de esmalte en la composición de recubrimiento, la capa de formación de esmalte normalmente tiene un grosor de 500 micrones o menos, preferiblemente 250 micrones o menos y, más preferiblemente, 100 micrones o menos. En aras de la economía, se prefiere usar la cantidad mínima (y, por consiguiente, grosor) del componente de formación de esmalte con el fin de lograr el resultado deseado, según se describe más arriba. Normalmente, el grosor de la capa de formación de esmalte solo es una fracción del grosor de la capa de formación de cerámica que se usa. Por ejemplo, el grosor de la capa de formación de esmalte es, en general, 50% o menos que el grosor de la capa de formación de cerámica. En la práctica, la capa de formación de cerámica puede ser, digamos, de 0,8 mm y la capa de formación de esmalte, de 0,4 mm de grosor. Una persona con experiencia en la técnica puede, por supuesto, modificar dichos grosores relativos con el fin de optimizar el efecto de cada capa.

Los componentes de formación de esmalte apropiados, portadoras y medios para su uso en la práctica de la presente invención se encuentran comercialmente disponibles.

La presente invención también provee un proceso de fabricación de un cable eléctrico o artículo de protección contra el fuego mediante las técnicas descritas en la presente memoria.

Descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista en perspectiva de un cable que tiene una capa de aislamiento de formación de cerámica según la invención;

la Figura 2 es una vista en perspectiva de un cable multiconductor en el cual las composiciones de la invención se usan como un revestimiento;

la Figura 3 muestra un diseño posible para un artículo con comportamiento frente al fuego 1; y

la Figura 4 muestra una sección transversal en la posición II en la Figura 3.

Las composiciones de la presente invención son especialmente útiles en el recubrimiento de conductores. Las composiciones son, por lo tanto, apropiadas para la fabricación de cables eléctricos que pueden proveer integridad de circuito en caso de incendio.

5 Las Figuras 1 y 2 muestran cables de un solo conductor y multiconductores 1, 10 respectivamente que tienen una capa de aislamiento 2, o capas 12 y tienen capas transformables al calor 4, 14 adicionales. En ambos diseños de cable, la posición de la capa de aislamiento y capa transformable al calor pueden intercambiarse dependiendo del rol de la capa adicional.

10 En el diseño de dichos cables, las capas pueden extruirse directamente en los conductores y la capa o capas adicionales pueden extruirse en una capa o capas de aislamiento. De manera alternativa, pueden usarse como un relleno intersticial en cables multifilares, como rellenos extruidos individuales añadidos a un conjunto para acabar el conjunto, como una capa interna anterior a la aplicación de la armadura de cable o cinta.

15 En la práctica, la composición normalmente se extruirá en la superficie de un conductor. Dicha extrusión puede llevarse a cabo de manera convencional mediante el uso de equipo convencional. Según se menciona más arriba, el grosor de la capa de aislamiento dependerá de los requisitos del estándar particular para el tamaño de conductor y tensión de funcionamiento. Normalmente, el aislamiento tendrá un grosor de 0,6 a 3 mm. Por ejemplo, para un conductor de 35 mm² con una capacidad de 0.6/1 kV según los Estándares Australianos requerirá un grosor de aislamiento de aproximadamente 1,2 mm. Como puede observarse, los cables y artículos con comportamiento frente al fuego pueden producirse para proveer dos o más capas transformables al calor complementarias que exhiben excelentes propiedades térmicas y de aislamiento eléctrico a temperaturas elevadas. La invención permite fabricar un cable de diseño elegantemente simple dado que no existe entonces necesidad de incluir, como una etapa de fabricación separada, una capa distinta para conferir aislamiento eléctrico, resistencia o propiedades resistentes al agua. El cable puede incluir otras capas como, por ejemplo, capa resistente a los cortes y/o capa de revestimiento. Sin embargo, el cable no requiere una capa adicional prevista para mantener el aislamiento eléctrico a una temperatura elevada.

20 En las realizaciones que se muestran en las Figuras 3 y 4, el sustrato de metal 12 tiene un recubrimiento protector 16 que comprende al menos una capa de formación de cerámica 20 y al menos una capa transformable al calor. Ejemplos de capas transformables al calor podrían ser una capa sacrificial 17 con una capa de esmalte 18 o una capa que forma una cerámica más fuerte 18 o una combinación de una capa de esmalte 18 y una capa que forma una cerámica más fuerte 19.

30 La realización de la presente invención se ilustra en los siguientes Ejemplos no restrictivos.

Ejemplo 1

35 Una composición se ha realizado según un polímero EP de Composición A que contenía polifosfato de amonio y otros minerales según se describe en la presente memoria descriptiva. Se ha descubierto que tiene una ligera expansión (2%) después de la exposición a 1000°C. También se ha descubierto que tiene una piel densa en comparación con otras composiciones de formación de cerámica y resistente al agua después de la exposición al fuego. En comparación con la Composición B de formación de cerámica que no contenía polifosfato de amonio, presentaba una resistencia más alta en un factor de 7.5 medida por una prueba de mezcla de tres puntos descrita en PCT/AU/2003/00183.

40 Las muestras de cable se han llevado a cabo usando la presente composición y tiempo probados para la resistencia eléctrica, pero se ha descubierto que es menos eléctricamente resistente que la Composición B de formación de cerámica en un factor de 10.

Los beneficios provistos por dicha capa en la potencia y resistencia al agua se han utilizado mediante su aplicación como una capa externa solamente en la capa de formación de cerámica de la Composición B.

Composición A

	peso %
Polímero EP	18
Polímero EVA	4,5
Polifosfato de Amonio	27
Talco	25

ES 2 658 343 T3

Trihidrato de Alúmina	15
Otros Aditivos (Estabilizadores, Coagente, Aceite Parafínico)	8
Peróxido	2,5
TOTAL	100

Composición B

	peso %
Polímero EP	19
Polímero EVA	5
Arcilla	10
Talco	10
Mica	20
Trihidrato de Alúmina	10
Carbonato de Calcio	10
Polímero de Silicona	5
Otros Aditivos (Estabilizadores, Coagente, Aceite Parafínico)	8,4
Peróxido	2,6
TOTAL	100

5 Un conductor de 1,5 mm², fabricado de 7 cables de cobre plano de 0,5 mm, en un haz, se ha aislado con un grosor de pared de 0,5 mm de composición ceramificable B. Una segunda capa de la composición detallada en la Composición A se ha extruido directamente en esta para proveer un grosor de pared de compuesto de 1,0 mm. Dicho conductor aislado se ha montado con otras tres longitudes del mismo conductor aislado mediante el cableado.

10 Los conductores aislados y cableados se revistieron luego con un compuesto termoplástico libre de halógeno, que emite poco humo, de baja toxicidad, comercialmente disponible, y forma así un cable acabado. Dicho cable se ha sometido luego a la prueba de integridad de circuito de AS/NZS3013:1995.

El cable se conecta a una fuente de alimentación de 240 voltios que forma un circuito mediante una carga especificada y luego se sujeta a una prueba de horno de 2 horas de duración con una temperatura final de 1050°C, y luego a un chorro de agua durante 3 minutos.

15 Los cables fabricados según se describe, con las composiciones que se muestran, han podido mantener la integridad de circuito y, por consiguiente, satisfacer los requisitos de dicha prueba.

Un cable comparativo se ha producido y sujetado a la misma prueba usando solamente material aislante de la Composición A y se ha descubierto que funciona de manera no satisfactoria.

Ejemplo 2

20 Tres secciones de 200 mm del conductor de cobre de 35 mm² se han usado para realizar diferentes prototipos de diseños de cable. Las composiciones que pueden extruirse examinadas como capas sacrificiales han sido la Composición C (una goma de propileno etileno fuertemente rellena de hidróxido de aluminio predominantemente y

que contiene peróxido) y la Composición D (un polímero de silicona que contiene peróxido para la reticulación térmicamente inducida). La Composición E (polímero de silicona/mica/fibra de vidrio/peróxido 73:20:5:2), que forma un material de cerámica cuando se calienta a temperaturas elevadas, ha sido la capa exterior en los tres prototipos. Los prototipos se han preparado mediante el moldeado y curado simultáneos de las composiciones en las secciones de cable. Los diseños y grosores de capa se muestran en la Tabla 1.

5

TABLA 1

Prototipo	Capa sacrificial Composición (grosor, mm)	Capa externa (Capa de formación de cerámica) Composición (grosor, mm)
1	Nil	E(1)
2C	C(1)	E(1)
2D	D(1)	E(1)

Los tres cables de prototipo se han calentado en un horno a 1000°C con aire durante 30 minutos. Luego se han retirado del horno y se ha permitido que se enfríen a temperatura ambiente, su comportamiento durante el enfriamiento siendo monitoreado.

10

El cable de prototipo 1, que no tenía ninguna capa entre el conductor y las composiciones de formación de cerámica, no ha mostrado agrietamiento visible de la capa de cerámica cuando se ha retirado del horno. Sin embargo, durante el enfriamiento, el aislamiento cerámico se ha agrietado gradualmente y las secciones han quebrado el cable.

El cable de prototipo 2C (según la presente invención) no ha mostrado ningún agrietamiento visible de la capa de cerámica cuando se ha retirado del horno e incluso después de 15 minutos de enfriamiento no ha ocurrido ningún agrietamiento o pérdida de aislamiento.

15

El cable de prototipo 2D, con la capa intermedia de polímero de silicona, mostraba cierto agrietamiento circunferencial cuando se lo retiró del horno y después de 8 minutos de enfriamiento ha ocurrido un agrietamiento significativo y una gran sección de aislamiento del medio del cable ha quebrado el conductor.

La inspección visual y microscópica de los cables después de la prueba ha mostrado que la capa de cerámica en el prototipo 1 se ha adherido fuertemente a la capa de óxido en el conductor de cobre. El desequilibrio de expansión térmica entre el conductor y la cerámica ha resultado en la desintegración de la capa de cerámica durante el enfriamiento con piezas de cerámica desalojadas adosadas a una capa fina de óxido de cobre que se había delaminado de la superficie del conductor. Para el prototipo 2C, se ha observado un residuo pulverulento continuo entre el conductor y la capa de cerámica externa. Dicho residuo parecía no haber reaccionado con o haberse adherido al conductor o aislamiento ceramificado. Por consiguiente, ha evitado de manera eficaz la formación de adhesión entre el conductor y el aislamiento. Por el contrario, la capa intermedia en el prototipo 2D parecía dura y vítrea y se había adherido al conductor y a la capa de cerámica.

20

25

Ejemplo 3

Un conductor trenzado de cobre recocido plano fabricado de 19 cables de 1,67 mm² se ha aislado eléctricamente de manera simultánea con una capa sacrificial basada en un polímero EP y una capa de formación de cerámica basada en elastómero de silicona de la composición E para un grosor de pared general de 1,2 mm. Un cable similar se ha fabricado con solo la capa de formación de cerámica basada en elastómero de silicona y sin la capa sacrificial.

30

Al exponer dichas muestras al fuego a 1000°C, se ha observado que una cobertura total del conductor se ha mantenido en ambos casos.

35

Sin embargo, mientras las muestras se enfriaban, el conductor en la muestra que no tenía una capa sacrificial comenzó a interrumpir la capa de formación de cerámica, debido a las interacciones entre los óxidos de cobre de diferente valencia.

Ello no ha ocurrido con la muestra fabricada con la capa sacrificial.

40

Ejemplo 4

Una composición basada en el polímero EP se ha fabricado con 62% de hidróxido de magnesio para su uso como una capa sacrificial interna de alta resistencia eléctrica. Se esperaba que $Mg(OH)_2$ se convirtiera en un polvo de MgO cuando se expusiera a 1000°C, y dejara una masa pulverulenta que no se ceramificó.

- 5 Las muestras de cable fabricadas con dicho material incluyeron conductores de cobre recocido plano de 35 mm² y 1,5 mm². La prueba en un horno de hasta 1050°C ha resultado en la conversión esperada de $Mg(OH)_2$ en MgO y una capa pulverulenta en el conductor, mantenida en el lugar por la capa de formación de cerámica exterior de la composición J (provista en la Tabla 3). En comparación con otros materiales de capa interior, se ha descubierto que dicha capa provee una resistividad eléctrica más alta a 1000°C en un factor de 2.

Ejemplo 5

- 10 En el presente Ejemplo, una composición de formación de esmalte se ha fabricado mezclando exhaustivamente 46 partes en peso de una resina de acrílico UV curable comercialmente disponible (recubrimiento TRA 15C) que tiene una viscosidad de 1175 cPs a 25°C con 10 partes en peso de una mica moscovita fina que tiene un tamaño de partícula medio de aproximadamente 40 µm y 44 partes en peso de frita de vidrio "F" que tiene un punto de reblandecimiento de 525°C (composición provista en la Tabla 2) para producir una mezcla homogénea. La
- 15 composición de formación de esmalte se ha aplicado entonces en una capa de formación de cerámica de la composición J de una muestra de cable y también en una lámina del mismo material de aislamiento de formación de cerámica de dimensiones 25 mm x 15 mm x 2 mm mediante el uso de un cepillo suave. El curado UV de la capa de formación de esmalte se ha llevado a cabo usando una lámpara F-600 (120 W/cm, 365 nm) con aire a una velocidad de transportador de 2 m/min. Las muestras se han curado después de una transferencia a la unidad de irradiación.
- 20 El grosor de la capa de formación de esmalte se encontraba en el rango de 100-600 micrones. Las muestras recubiertas se expusieron entonces al fuego en un horno de mufla a 1000°C durante 30 minutos. En la inspección visual, las muestras expuestas al fuego no presentaban defectos/grietas significativas. Se ha descubierto que la capa de formación de esmalte ha formado un esmalte cerámico continuo en la capa de formación de cerámica después del fuego. Dicha capa de esmalte era impermeable según se ha revelado por la retención de una gota de
- 25 agua en el esmalte durante más de un minuto sin penetrar en la capa de formación de cerámica de debajo.

Ejemplo 6

El reemplazo de 9 - 23 partes en peso de frita de vidrio en la composición de formación de esmalte descrita en el Ejemplo 5 de más arriba por borato de zinc u óxido bórico ha mejorado además la impermeabilidad de la capa de esmalte.

30 Ejemplo 7

- En el presente Ejemplo, una composición de formación de esmalte se ha fabricado mezclando exhaustivamente 40 partes en peso de una solución acuosa de alcohol de polivinilo que contiene 90% de agua con 30 partes en peso de frita de vidrio "F" que tiene un punto de reblandecimiento de 525°C y 30 partes en peso de frita de vidrio "G" que
- 35 tiene un punto de reblandecimiento de 800°C y una composición provista en la Tabla 2 para producir una mezcla homogénea. La composición de formación de esmalte se ha aplicado entonces en la capa de formación de cerámica de la composición K (provista en la Tabla 3) de una muestra de cable mediante el uso de un cepillo suave. Se ha permitido que la composición se seque con aire durante dos horas. El grosor de la capa de formación de esmalte se encontraba en el rango de 150-300 micrones. La muestra recubierta se expuso entonces al fuego en un horno de mufla a 1000°C durante 30 minutos. En la inspección visual, las muestras expuestas al fuego no presentaban
- 40 defectos/grietas significativas. La capa de formación de esmalte ha formado un esmalte cerámico continuo en la capa de formación de cerámica después del fuego. Dicha capa de esmalte era impermeable según se ha revelado por la retención de una gota de agua en el esmalte durante más de un minuto sin penetrar en la capa de formación de cerámica de debajo.

Ejemplo 8

- 45 El reemplazo de 10 partes en peso de frita de vidrio "G" en la composición de formación de esmalte descrita en el Ejemplo 7 de más arriba por una mica moscovita fina que tiene un tamaño de partícula medio de aproximadamente 40 µm ha resultado en una capa de esmalte que es uniforme e impermeable.

Ejemplo 9

- 50 En el presente Ejemplo, la composición de formación de esmalte consiste en frita de vidrio "H" (composición provista en la Tabla 2) que tiene un punto de reblandecimiento de 525°C. El polvo de frita de vidrio se ha aplicado en la capa de formación de cerámica de la composición K de muestras de cable tirando de los cables a través de una base vibratoria de polvo de frita de vidrio. Dicho método de aplicación puede no ser práctico a escala comercial pero el resultado final es esencialmente igual al que se lograría por el método de deposición electrostática descrito más arriba. Las muestras de cable recubierto y no recubierto y muestras de cable de otra forma idénticos se han
- 55 expuesto luego al fuego en un horno de gas a 1050°C durante 2 horas seguido de rociado con agua durante 3 minutos según el Estándar Australiano AS3013 que implica agua rociada a una distancia de 2,5 m a 3,0 m a una velocidad de 12,5 l/min. Se ha descubierto que los cables recubiertos según la presente invención mostraban una

ES 2 658 343 T3

resistencia al agua muy superior a la del cable de comparación sin la capa de formación de esmalte. Este último, de hecho, ha sufrido un cortocircuito de 1 minuto mientras el cable con la capa de formación de esmalte duró todo el período de 3 minutos de rociado de agua. Se cree que ello demuestra, de forma clara, la eficacia de la capa de formación de esmalte al reducir la penetración de agua en la capa de formación de cerámica después de la exposición a altas temperaturas.

5

TABLA 2

Composiciones de fritas de vidrio provistas en porcentaje en peso de óxidos constituyentes

Frita de vidrio	SiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	ZnO	V ₂ O ₅	Otro
F	37,7	14,6	10,6	16,0	1,3	1,2	1,0	3,0	-	-	14,5
G	39,2	2,9	2,2	-	-	5,5	5,3	-	36,2	-	8,7
H	13,5	18,2	10,8	19,3	1,8	-	-	-	-	8,7	7,7

Ejemplo 10

- 10 Las composiciones se han llevado a cabo usando altos niveles de frita de vidrio F en diferentes polímeros de portadora, incluidos polímeros EP y de acrílico UV curables. Dichas composiciones se han aplicado como capas finas (0,2-0,4 mm) en la composición de formación de cerámica K que se había extruido en conductores de cobre recocido plano de 1,5 mm² (en haz 7/0,5mm). Se ha descubierto que, mientras puede proveerse una capa de esmalte apropiada, los materiales en dicha capa han causado una reducción inaceptable de la resistencia eléctrica del aislamiento ceramificado a 1000°C, volviéndolos inapropiados para las aplicaciones de cable.
- 15

Tabla 3

	Composición (% peso)	
	J	K
Polímero EP	22,4	22
Arcilla	-	24
Talco	31	14
Mica	29,1	20
Frita de vidrio F	-	2
Polímero de Silicona	5,8	6,0
Otros Aditivos (Estabilizadores, Coagente, Aceite Parafínico)	9,4	9
Peróxido	2,3	3
TOTAL	100	100

REIVINDICACIONES

1. Un cable que comprende:
- (a) al menos un conductor;
- 5 (b) una capa de aislamiento que forma una cerámica cuando se expone a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego, y que comprende:
- (i) una composición de base de polímero seleccionada del grupo que consiste en composiciones de base de polímero de silicona, composiciones de base de polímero de no silicona y mezclas de composiciones de base de polímero de silicona y no silicona, en donde, dichas composiciones de base de polímero de no silicona y dichas mezclas de composiciones de base de polímero de silicona y no silicona comprenden al menos 50% en peso de la composición de base de polímero total de polímero de no silicona orgánico; y
- 10 (ii) un relleno de mineral de silicato; y
- (c) al menos una capa adicional transformable al calor que forma una cerámica cuando se expone a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego en donde dicha al menos una capa adicional transformable al calor comprende:
- 15 (i) al menos 15% en peso de una composición de base de polímero que comprende al menos 50% en peso de un polímero orgánico, según el peso total de dicha al menos una capa adicional transformable al calor;
- (ii) al menos 15% en peso de relleno de mineral de silicato según el peso total de dicha al menos una capa adicional transformable al calor; y
- 20 (iii) 20-40% en peso de polifosfato de amonio según el peso total de dicha al menos una capa adicional transformable al calor.
2. El cable de la reivindicación 1, en donde dicha al menos una capa adicional transformable al calor comprende al menos 40% en peso de relleno inorgánico.
3. El cable de la reivindicación 1 o 2, en donde dicha al menos una capa adicional transformable al calor se extruye con la capa de aislamiento en el conductor.
- 25 4. El cable de la reivindicación 3, en donde la cerámica formada por dicha al menos una capa adicional transformable al calor es más fuerte que la formada por la capa de aislamiento.
5. El cable de la reivindicación 1, en donde dicha al menos una capa adicional transformable al calor además comprende un relleno inorgánico adicional y aditivos seleccionados del grupo que consiste en óxidos e hidróxidos de magnesio y aluminio.
- 30 6. El cable de la reivindicación 5, en donde el relleno inorgánico adicional es hidróxido de aluminio.
7. El cable de la reivindicación 1, en donde dicha al menos una capa adicional transformable al calor es una capa sacrificial provista en el conductor de metal.
8. El cable de la reivindicación 1, en donde la capa de aislamiento comprende una composición de formación de cerámica que se basa en un polímero de no silicona, en un polímero de silicona o que incluye una composición de base que comprende una mezcla de polímeros de silicona y no silicona.
- 35 9. El cable de la reivindicación 8, en donde la capa de aislamiento se selecciona de:
- (i) una composición resistente al fuego que comprende un polímero de silicona, 5-30% en peso de mica y 0,3 a 8% en peso de aditivo de vidrio según el peso total de la composición; o
- 40 (ii) una composición resistente al fuego que comprende un polímero orgánico, un relleno de mineral de silicato y un agente fundente, o precursor que resulta en un agente fundente en una cantidad de 1 a 15% en peso del residuo que resulta de la exposición a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego.
10. El cable de la reivindicación 7, en donde la capa sacrificial comprende al menos 50% en peso de relleno inorgánico.
- 45 11. El cable de la reivindicación 7, en donde el polímero orgánico en la capa sacrificial se descompone a o por debajo de la temperatura a la cual la capa de formación de cerámica forma una cerámica.
12. El cable de la reivindicación 7, en donde el grosor de la capa sacrificial es de 0,2-2 mm.
13. El cable de la reivindicación 9, en donde el relleno inorgánico es hidróxido de magnesio.

14. El cable de la reivindicación 1, en donde dicha al menos una capa adicional transformable al calor es una capa de formación de esmalte que comprende un componente que, después de la exposición a una temperatura elevada experimentada en un fuego, se enfría para formar una capa de esmalte que es sustancialmente impermeable.
- 5 15. El cable de la reivindicación 14, en donde la capa de formación de esmalte comprende dos o más componentes de formación de esmalte.
16. El cable de la reivindicación 14, en donde los componentes de formación de esmalte se seleccionan del grupo que consiste en combinaciones de dos o más materiales que reaccionan o se combinan para formar un vidrio fundido a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego, vidrios o mezclas de vidrios que se reblandecen o funden a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego.
- 10 17. El cable de la reivindicación 14, en donde la composición que constituye la capa de formación de esmalte además comprende un componente de portadora que permite coextruir la capa de formación de esmalte en el conductor con la capa que forma una cerámica a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego.
18. El cable de la reivindicación 17, en donde la relación de peso de los componentes de la capa de formación de esmalte y el componente de portadora se encuentra en el rango de 0.9 : 1 a 1.2 : 1.
- 15 19. El cable de la reivindicación 1, en donde dicha al menos una capa adicional transformable al calor es una capa de revestimiento que forma una cerámica independiente a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego.
20. Un método de producción de un cable según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el método comprende las etapas de:
- extruir dicha capa de aislamiento en dicho conductor, y
- 20 - extruir dicha capa adicional transformable al calor.
21. Un método según la reivindicación 20, en donde la capa de aislamiento se selecciona de:
- (i) una composición resistente al fuego que comprende polímero de silicona, 5-30% en peso de mica y 0,3 a 8% en peso de aditivo de vidrio según el peso total de la composición; o
 - (ii) una composición resistente al fuego que comprende polímero orgánico, un relleno de mineral de silicato y un agente fundente, o precursor que resulta en un agente fundente en una cantidad de 1 a 15% en peso del residuo que resulta de la exposición a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego.
- 25 22. El método de la reivindicación 20, en donde dicha al menos una capa auxiliar de formación de cerámica además comprende rellenos adicionales y aditivos seleccionados del grupo que consiste en óxidos e hidróxidos de magnesio y aluminio.
- 30 23. El método de la reivindicación 22, en donde el relleno adicional o aditivo es hidróxido de aluminio.
24. El método de la reivindicación 20, en donde dicha al menos una capa auxiliar comprende al menos 50% en peso de relleno inorgánico.
25. El método de la reivindicación 24, en donde el relleno inorgánico es hidróxido de magnesio.
26. El método de la reivindicación 20, en donde el grosor de dicha al menos una capa auxiliar es de 0,2-2 mm.
- 35 27. El método de la reivindicación 20, en donde la al menos una capa auxiliar es una capa de formación de esmalte que, después de la exposición a una temperatura elevada experimentada en un fuego, se enfría para formar una capa de esmalte que es sustancialmente impermeable.
28. El método de la reivindicación 27, en donde la capa de formación de esmalte comprende al menos un componente de formación de esmalte y un componente de portadora, la relación de peso del al menos un componente de formación de esmalte y componente de portadora se encuentra en el rango de 0.9 : 1 a 1.2 : 1.
- 40 29. Un artículo con comportamiento frente al fuego que comprende:
- (a) un sustrato de metal;
 - (b) una capa protectora que forma una cerámica cuando se expone a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego, y que comprende:
- (i) una composición de base de polímero seleccionada del grupo que consiste en composiciones de base de polímero de silicona, composiciones de base de polímero de no silicona y mezclas de composiciones de base de polímero de silicona y no silicona, en donde dichas composiciones de base de polímero de no silicona y dichas

mezclas de composiciones de base de polímero de silicona y no silicona comprenden al menos 50% en peso de la composición de base de polímero total de polímero de no silicona orgánico; y

(ii) un relleno de mineral de silicato; y

5 (c) al menos una capa adicional transformable al calor que forma una cerámica cuando se expone a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego en donde dicha al menos una capa adicional transformable al calor comprende:

(i) al menos 15% en peso de una composición de base de polímero que comprende al menos 50% en peso de un polímero orgánico, según el peso total de dicha al menos una capa adicional transformable al calor;

10 (ii) al menos 15% en peso de relleno de mineral de silicato según el peso total de dicha al menos una capa adicional transformable al calor; y

(iii) 20-40% en peso de polifosfato de amonio según el peso total de dicha al menos una capa adicional transformable al calor.

30. El artículo de la reivindicación 29, en donde la capa protectora se selecciona de:

15 (i) una composición resistente al fuego que comprende polímero de silicona, 5-30% en peso de mica y 0,3 a 8% en peso de aditivo de vidrio según el peso total de la composición; o

(ii) una composición resistente al fuego que comprende polímero orgánico, un relleno de mineral de silicato y un agente fundente, o precursor que resulta en un agente fundente en una cantidad de 1 a 15% en peso del residuo que resulta de la exposición a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego.

20 31. El artículo de la reivindicación 29, en donde dicha al menos una capa transformable al calor además comprende rellenos adicionales y aditivos seleccionados del grupo que consiste en óxidos e hidróxidos de aluminio y magnesio.

32. El artículo de la reivindicación 31, en donde el relleno adicional o aditivo es hidróxido de aluminio.

33. El artículo de la reivindicación 29, en donde la al menos una capa transformable al calor es una capa sacrificial provista en el sustrato de metal.

25 34. El artículo de la reivindicación 33, en donde la capa sacrificial se descompone a o por debajo de las temperaturas elevadas experimentadas en un fuego, lo cual resulta en la formación de una capa del relleno inorgánico entre el sustrato de metal y la cerámica.

35. El artículo de la reivindicación 34, en donde la capa sacrificial comprende al menos 50% en peso de relleno inorgánico.

30 36. El artículo de la reivindicación 29, en donde la al menos una capa transformable al calor es una capa de formación de esmalte que comprende un componente que, después de la exposición a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego, se enfría para formar una capa de esmalte que es sustancialmente impermeable.

35 37. El artículo de la reivindicación 36, en donde los componentes de la capa de formación de esmalte se seleccionan del grupo que consiste en combinaciones de dos o más materiales que reaccionan o se combinan para formar un vidrio fundido a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego, vidrios o mezclas de vidrios que se reblandecen o funden a temperaturas elevadas experimentadas en un fuego.

38. El artículo de la reivindicación 36, en donde la composición que constituye la capa de formación de esmalte además comprende un componente de portadora que permite aplicar la capa de formación de esmalte a la capa que forma una cerámica a temperaturas elevadas asociadas a un fuego.

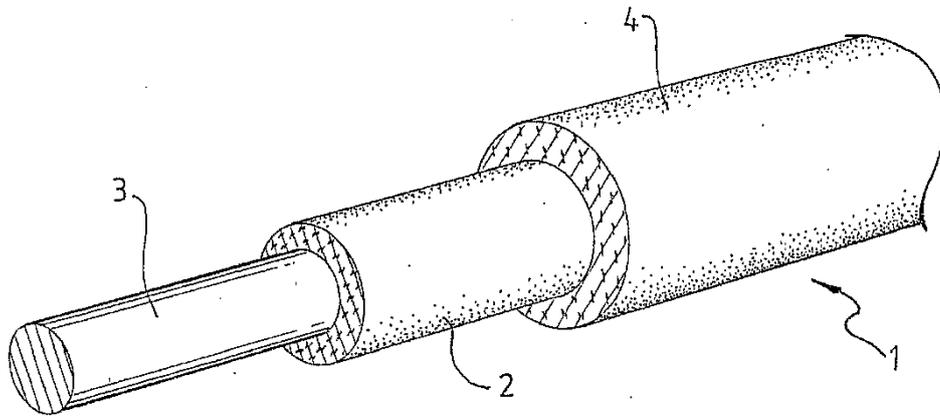


Fig. 1

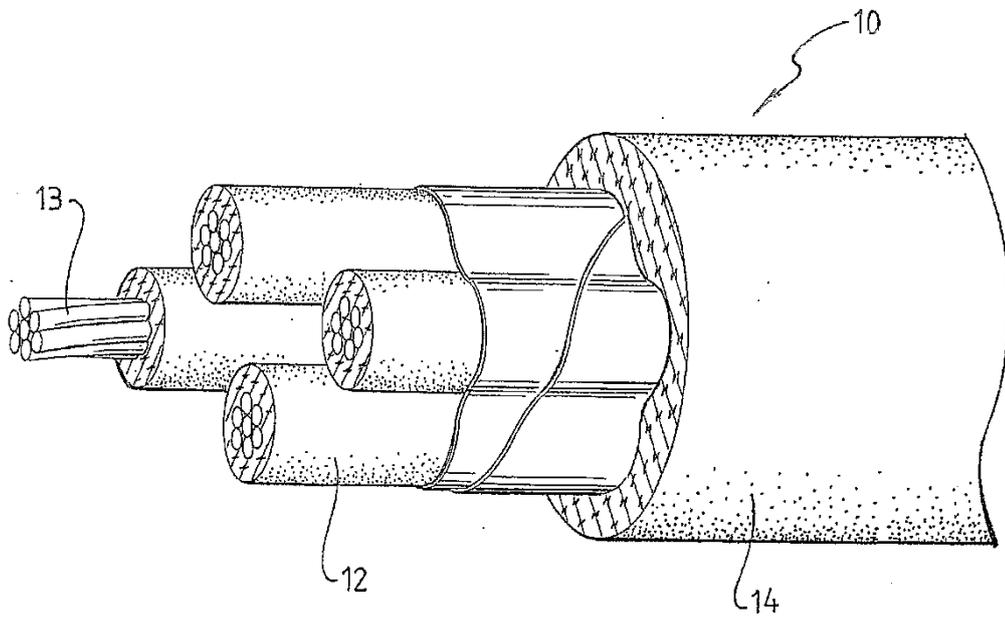


Fig. 2

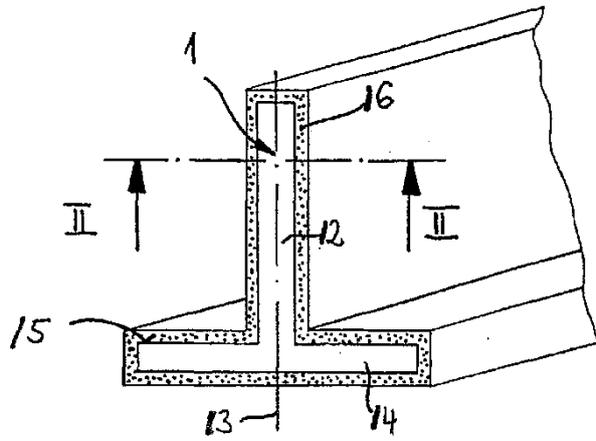


Fig 3

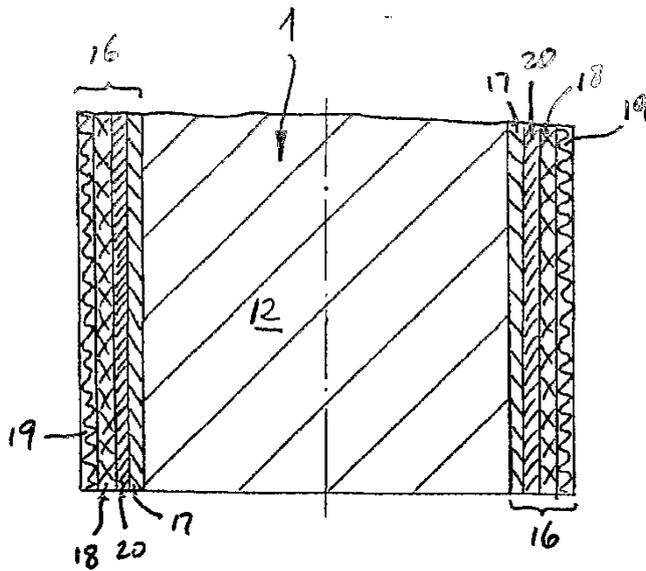


Fig 4