

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 658 220**

51 Int. Cl.:

H01B 13/14 (2006.01)

H01B 13/24 (2006.01)

H01B 7/18 (2006.01)

H01B 3/44 (2006.01)

H01B 7/295 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.09.2013 PCT/IB2013/002426**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2015 WO15040448**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.09.2013 E 13798726 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.11.2017 EP 3050064**

54 Título: **Cable de alimentación ligero y flexible resistente a impactos y procedimiento de producción del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.03.2018

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

72 Inventor/es:
TRUONG, RYAN;
CINQUEMANI, PAUL;
MAUNDER, ANDREW y
AVERILL, CHRIS

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 658 220 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 de alimentación ligero y flexible resistente a impactos y procedimiento de producción del mismo

Antecedentes de la invención**1. Campo de la invención**

5 La presente divulgación se refiere a cables de alimentación multipolares, particularmente para el transporte o distribución de energía eléctrica de baja, media o alta tensión, que tiene propiedades resistentes a los impactos y, a un procedimiento para producir los mismos.

Más particularmente, la presente divulgación se refiere a cables de alimentación multipolares resistentes a impactos que comprenden una pluralidad de núcleos trenzados para formar un elemento ensamblado con zonas intersticiales entre los núcleos; un relleno polimérico que rellena las zonas intersticiales; y un resistente a impactos, una capa polimérica expandida radialmente externa y en contacto con el relleno polimérico expandido.

2. Antecedentes

15 Dentro del ámbito de la presente divulgación, "baja tensión" generalmente significa una tensión inferior a aproximadamente 1 kV, "media tensión" significa una tensión entre 1 kV y 35 kV, "alta tensión" significa una tensión superior a 35 kV.

Los cables eléctricos generalmente comprenden uno o más conductores, individualmente recubiertos con aislante y, opcionalmente, materiales poliméricos semiconductores y, una o más capas de revestimiento protectoras, que también se pueden realizar de materiales poliméricos.

20 Los impactos accidentales sobre un cable, que pueden tener lugar, por ejemplo, durante su transporte, colocación y operación, pueden provocar daño estructural al cable, incluyendo la deformación o desprendimiento de capas aislantes y/o semiconductoras y similares. Este daño puede provocar variaciones en el gradiente eléctrico del revestimiento aislante, con una disminución consiguiente en la capacidad aislante del revestimiento.

25 Los cables comercialmente disponibles, por ejemplo, aquellos para transmisión o distribución de potencia de baja, media o alta tensión, proporcionan una armadura o escudo metálico capaz de resistir dichos impactos. Esta armadura/escudo puede estar en forma de cintas o cables (generalmente realizados de acero) o, alternativamente, en forma de una funda metálica (generalmente realizada de plomo o aluminio). Esta armadura con o sin un revestimiento adhesivo, a su vez, a menudo se recubre con una funda polimérica externa. Un ejemplo de una tal estructura de cable se describe en la Patente de Estados Unidos N° 5.153.381.

30 Los solicitantes han observado que la presencia de la armadura o escudo anteriormente mencionado, sin embargo, tiene un cierto número de inconvenientes. Por ejemplo, la aplicación de dicha armadura/escudo incluye una o más fases adicionales en el procesamiento del cable. Además, la presencia de la armadura metálica aumenta el peso del cable considerablemente. Además, la armadura/escudo metálico puede plantear problemas medioambientales ya que, si se necesita reemplazar, no es fácil desechar un cable construido de esta manera.

35 Para fabricar cables más ligeros de peso y flexibles, materiales poliméricos expandidos han sustituido la armadura/escudos metálicos a la vez que mantienen el impacto y, al menos hasta cierto grado, la resistencia al fuego y a los químicos. Por ejemplo, un relleno intersticial sólido superpuesto con una capa polimérica expandida puede proporcionar resistencia a los impactos excelente, tal como se describe en la Patente de Estados Unidos N° 7.601.915. Sin embargo, la flexibilidad y el peso de los cables se sacrifica.

40 Como alternativa, un material polimérico expandido puede llenar el volumen intersticial entre y superponerse a los elementos de núcleo presentes en la estructura interna del cable. La Patente de Estados Unidos N° 6.501.027 describe un cable de alimentación que comprende un relleno polimérico expandido en el volumen intersticial entre los núcleos con un revestimiento de funda externo. El relleno polimérico expandido se obtiene a partir de material polimérico que tiene, antes de la expansión, un módulo de flexión superior a 200 MPa. El polímero normalmente se expande durante la fase de extrusión; esta expansión puede tener lugar químicamente, por medio de un compuesto capaz de generar un gas o, puede tener lugar físicamente, por medio de inyección de gas a alta presión directamente en el cilindro de extrusión. La funda externa, que es una capa polimérica no expandida, posteriormente se extrude sobre el relleno polimérico expandido.

45 La Patente de Estados Unidos N° 7.132.604 describe un cable con un peso reducido y una cantidad reducida de material extruido para la funda externa y que comprende un relleno de material polimérico y un material de revestimiento expandido que rodea el relleno. El material de funda expandido puede ser cualquier material que tenga una resistencia a la tracción entre 10,0 MPa y 50,0 MPa. La tasa de expansión del material de funda puede ser desde 5 % hasta 50 %. El material de relleno puede ser un material basado en cloruro de polivinilo, caucho, EPDM (Terpolímero de Etileno y Propileno) o POE (Elastómero de Poliolefina). El relleno se puede realizar de material expandido. La tasa de expansión del relleno puede ser desde 10 % hasta 80 %.

La Patente de Estados Unidos N° 7.465.880 nos enseña que aplicar un material polimérico expansible en las zonas intersticiales de un cable multipolar es una operación compleja que requiere cuidado especial. Una aplicación incorrecta de tal material dentro de las zonas intersticiales del elemento ensamblado dará como resultado la aparición de irregularidades estructurales inaceptables del cable. El material polimérico, que se aplica a las zonas intersticiales por extrusión, se expande más en la parte de la zona intersticial que tiene más espacio disponible para expandirse y, la sección transversal resultante del cable terminado parcialmente tiene un perfil de perímetro externo que es sustancialmente trilobulado.

Para superar la expansión no uniforme y no circular del relleno polimérico, la Patente de Estados Unidos N° 7.465.880 nos enseña a depositar el relleno realizado de material polimérico expansible por coextrusión con una capa de contención de material polimérico no expansible. Una resistencia mecánica óptima contra impactos accidentales se confiere para el cable de la Patente de Estados Unidos N° 7.465.880 disponiendo una capa de material polimérico expandido en una posición radialmente externa a la capa de contención.

La Publicación de Solicitud de Patente de Estados Unidos N° 2010/0252299 describe un cable que comprende un núcleo conductor, un relleno de material polimérico y una capa de armadura. Un agente espumoso puede configurarse para crear vacíos en el relleno. Después de ser extruido sobre el núcleo conductor, el relleno puede tener una fuerza de compresión aplicada a su exterior por una armadura. La armadura se configura para exprimir los huecos en el relleno.

Sumario de la invención

Los Solicitantes percibieron una necesidad de un cable de alimentación multipolar ligero y flexible, particularmente un cable de alimentación multipolar ignífugo con resistencia a impactos adecuada, sin embargo, sin una capa de contención. El uso de una capa de contención puede requerir, además, una capa de polímero expandido adicional para proporcionar la resistencia al impacto, añadiendo así el gasto, complejidad y dimensiones aumentadas del cable resultante.

Sin embargo, Los Solicitantes se enfrentaron al problema de fabricar un cable que tiene un relleno polimérico expandido para los intersticios y una capa resistente al impacto expandida radialmente externa a y en contacto con el relleno polimérico expandido. En particular, los Solicitantes se enfrentaron a problemas en la coextrusión de estas dos partes del cable expandido en que la expansión del relleno polimérico para los intersticios debería ser lo más uniforme posible para evitar irregularidades en la forma y en la superficie que no se pueden contrarrestar por la capa resistente a impactos, lo que no tendría un papel de capa de contención a medida que se expande.

La composición polimérica del relleno para los intersticios debería ser diferente a la de la capa resistente a impactos. Mientras que ambas estructuras deberían dotarse de una resistencia mecánica significativa, el relleno para los intersticios tiene un papel importante en la provisión de flexibilidad al cable; por consiguiente, su composición polimérica debería ser menos rígida que la de la capa resistente a impactos que debería soportar la tensión más importante en caso de choque mecánico. Además, cuando las dos capas se fabrican del mismo material, surgen problemas en la interfaz de las mismas debido a una unión no deseada entre las capas.

Los Solicitantes han descubierto que, mediante la selección adecuada de los materiales poliméricos expansibles, el relleno para los intersticios entre y sobre los elementos de núcleo pueden coextruirse con la capa resistente a impactos, a la vez que mantiene la concetricidad del cable y la resistencia a impactos durante la expansión.

De este modo, un aspecto de la presente divulgación proporciona un cable de alimentación multipolar resistente a impactos de acuerdo con la reivindicación 1.

En otro aspecto, la presente divulgación proporciona un procedimiento para producir un cable de alimentación resistente a impactos de acuerdo con la reivindicación 12.

Un equilibrio de la dureza Shore D, se ha descubierto que módulo de flexión y las propiedades LOI para el polímero del relleno polimérico expandido es eficaz para proporcionar al cable con propiedades ventajosas. La dureza Shore D superior y el módulo de flexión mejoran la resistencia al impacto del cable en general. Sin embargo, si la resistencia al impacto es demasiado alta, el cable será demasiado rígido, no tan flexible como se desea. Expandiendo el polímero, el cable es más flexible. Como se usa en el presente documento y en las reivindicaciones, la dureza Shore D, el módulo de flexión y LOI se refieren a propiedades del polímero antes de expandirse. Como se usa en el presente documento y, a menos que se especifique lo contrario, el término "LOI" se refiere al índice de oxígeno limitado, es decir, la concentración mínima de oxígeno, expresado como un porcentaje que soportará la combustión de un polímero. Como se usa en el presente documento y en las reivindicaciones, la dureza Shore D, el módulo de flexión y el LOI se refieren a propiedades como se determinan por ASTM D2240, ASTM D790 y ASTM D2863, respectivamente.

Como se usa en el presente documento, una zona intersticial es el volumen incluido entre dos núcleos trenzados y el cilindro que envuelve los núcleos trenzados.

Como se usa en el presente documento, como capa resistente a impacto se da a entender una capa de cable que

proporciona al cable capacidad de no sufrir o sufrir de manera insignificante daños bajo impacto de manera que el rendimiento del cable no se ve afectado o disminuido.

5 Los solicitantes han descubierto que mediante el uso de microesferas térmicamente expansibles como un agente espumante para al menos el relleno polimérico para los intersticios, el relleno puede coextruirse con una capa polimérica expansible a la vez que mantiene su concéntrica y resistencia a impactos durante la expansión.

10 De este modo, al menos el relleno polimérico para los intersticios contiene microesferas expandidas. Aún en otra forma de realización, el agente espumante añadido al segundo material de polímero comprende microesferas térmicamente expansibles y la capa resistente a impactos para el cable también comprende microesferas expansibles. El uso de microesferas permite un mejor control de la expansión y, como consecuencia, una mejor circularidad del cable final.

15 Ventajosamente, el material de polímero para el relleno de las zonas intersticiales (primer material de polímero) se selecciona de entre cloruro de polivinilo (PVC), fluoruro de polivinilideno (PVDF), vulcanizados termoplásticos (TPV), polipropileno ignífugo y olefinas termoplásticas (TPO). Las TPO adecuadas para la presente divulgación incluyen, pero no se limitan a, polipropileno poco cristalino (que tiene una entalpía de fusión inferior a 40 J/g) y polímero de alfa-olefina. En una forma de realización, el material de polímero para el relleno de las zonas intersticiales se selecciona de entre cloruro de polivinilo y fluoruro de polivinilideno.

20 Como se usa en el presente documento y, a menos que se especifique lo contrario, el término "vulcanizados termoplásticos" o TPV se refiere a una clase de elastómero termoplástico (TPE) que contiene una fase de caucho reticulado dispersa dentro de una fase de polímero termoplástico. En una forma de realización, el TPV adecuado para el relleno del cable de la invención contiene una cantidad de fase de caucho reticulado de desde 10 % en peso hasta 60 % en peso con respecto al peso del polímero.

Como se usa en el presente documento y, a menos que se especifique lo contrario, el término "elastómero termoplástico" o TPE se refiere a una clase de copolímeros o mezcla física de polímeros (normalmente un plástico y un caucho) que consiste en materiales con tanto propiedades termoplásticas como elastoméricas.

25 El material de polímero del relleno intersticial puede alcanzar un grado de expansión de 15-200 %, tal como de 25-100 %. Un grado de expansión limitado del material polimérico del relleno intersticial es conductor para mantener la circularidad del cable, a la vez que dota al cable de flexibilidad buscada y de peso reducido.

30 En una forma de realización, el material de polímero expandido del relleno intersticial se extiende más allá y se superpone a la pluralidad de núcleos de las zonas intersticiales, de tal manera que un anillo anular rodea la pluralidad de núcleos y de zonas intersticiales. Esta expansión del relleno intersticial sobre el núcleo (también denominada como capa anular) puede tener un espesor de aproximadamente 1 mm hasta aproximadamente 6 mm. Se puede contemplar un espesor superior de este anillo anular dependiendo del tamaño del cable.

35 Ventajosamente, el material de polímero para la capa resistente a impactos (segundo material polimérico) se selecciona de entre fluoruro de polivinilideno (PVDF), polipropileno ignífugo (PP) y polietileno (PE). En una forma de realización, el material de polímero para la capa resistente a impactos se selecciona de entre fluoruro de polivinilideno y polipropileno. En particular, PVC y PVDF son polímeros ignífugos. El polipropileno y el polietileno se imparten con propiedades ignífugas mediante la adición de compuestos ignífugos orgánicos, por ejemplo, ignífugos bromados tales como éter de decabromodifenilo, propileno de dibromoestireno, hexabromociclododecano o tetrabromobisfenol A.

40 En al menos una forma de realización, una o más cuerdas de apertura se disponen en las zonas intersticiales. La una o más cuerdas de apertura se pueden fabricar de un material seleccionado de entre, por ejemplo, fibra, vidrio e hilo de aramida.

Breve descripción de los dibujos

De ilustrarán a continuación detalles adicionales, en los dibujos adjuntos, en los que:

45 la figura 1 muestra, en sección transversal, una forma de realización de un cable de acuerdo con la presente divulgación;
la figura 2 muestra, en sección transversal, otra forma de realización de un cable de acuerdo con la presente divulgación.

Descripción detallada

50 Los cables de alimentación de la presente divulgación son cables multipolares. Para los fines de la presente descripción, el término "cable multipolar" significa un cable provisto de al menos un par de "núcleos". Por ejemplo, si el cable multipolar tiene tres núcleos, el cable se conoce como un "cable tripolar".

Como se usa en el presente documento y, a menos que se especifique lo contrario, el término "núcleo" se refiere a un elemento conductor (típicamente fabricado de cobre o aluminio en forma de alambres o varillas), un aislante

eléctrico y, opcionalmente, al menos una capa semiconductor, normalmente provista en una posición radial externa con respecto a la capa aislante eléctrica. Una segunda (interna) capa semiconductor puede estar presente y normalmente proveerse entre la capa aislante eléctrica y el elemento conductor. Una pantalla metálica, en forma de cables o trenzas o cintas de metal conductor pueden formarse en la capa del núcleo más externa.

5 La figura 1 ilustra una vista esquematizada de una sección transversal de un cable tripolar de acuerdo con una forma de realización de la presente divulgación. Este cable (10) contiene tres núcleos (1) y tres zonas (2) intersticiales. Cada núcleo (1) comprende un elemento (3) conductor, una capa (4a) semiconductor interna, una capa (5) aislante eléctrica, que puede ser reticulada o no y, una capa (4b) semiconductor externa.

10 Los tres núcleos (1) se trenzan juntos para formar zonas (2) intersticiales definidas como los espacios entre los núcleos (1) y el cilindro que envuelve tales núcleos. El perfil perimetral externo de la sección transversal de los núcleos trenzados es, en el caso presente, trilobulado, ya que hay tres núcleos.

Un relleno (6) polimérico expandido llena las zonas (2) intersticiales y interdispuestas entre los núcleos (1). El relleno (6) polimérico expandido se extiende más allá y se superpone a los núcleos (1) trenzados y a las zonas (2) intersticiales como se define por la región (6a) anular.

15 Como alternativa, como se muestra en la figura 2, el relleno (6) polimérico solo llena las zonas (2) intersticiales interdispuestas entre los núcleos (1) trenzados. No forma ninguna capa anular importante que se superpone a las zonas (2) intersticiales y a los núcleos (1) trenzados.

20 Con el fin de conferir un cable multipolar con una sección transversal sustancialmente circular de manera adecuada, el relleno polimérico expandido se expande para llenar y, opcionalmente, se superpone a las zonas intersticiales y a los núcleos.

El relleno (6, 6a) polimérico expandido se rodea por y está en contacto con una capa (7) resistente al impacto expandida.

25 Como se usa en el presente documento y, a menos que se especifique lo contrario, el término "expandido/a" se refiere a un polímero cuando el porcentaje de volumen "vacío" es normalmente superior al 10 % del volumen total de dicho polímero. Como se usa en el presente documento y, a menos que se especifique lo contrario, el término "vacío" se refiere al espacio no ocupado por el polímero sino por gas o aire. Un polímero no expandido se denomina también como "sólido".

30 Como se usa en el presente documento y, a menos que se especifique lo contrario, el término "grado de expansión" se refiere al porcentaje de espacio libre en un polímero expandido. El grado de expansión de un polímero expandido se puede definir de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$G = (d_0/d_e - 1) \times 100$$

en el que d_0 indica la densidad del polímero sin expandir y d_e representa la densidad aparente medida de polímero expandido.

35 El relleno (6) de polímero expandido y la capa (7) resistente a impactos se seleccionaron para cumplir los requisitos anteriormente tratados. El cable (10) carece de una capa de contención sólida en contacto con el relleno (6) polimérico expandido y es capaz de proporcionar al relleno una circularidad deseada.

40 El cable (10) de las figuras 1 y 2 se proveen adicionalmente de un metal opcional (por ejemplo, aluminio o cobre) o una capa (8) compuesta de metal/polímero (por ejemplo, aluminio/polietileno) con bordes superpuestos (no mostrado) y un revestimiento adhesivo (no mostrado). La capa (8) puede actuar como una barrera de agua o humedad, tiene un espesor típicamente de a partir de 0,01 mm hasta 1 mm y tiene rendimiento insignificante o nulo como capa resistente a impactos.

Un revestimiento (9) polimérico, típicamente realizada de PE, PVC o polietileno clorado opcionalmente agregada con aditivos anti UV, se provee, tal como por extrusión, como la capa del cable más externa. El revestimiento polimérico tiene un espesor típicamente de desde 1,0 mm hasta 3,0 mm o más, dependiendo del tamaño del cable.

45 Opcionalmente, el cable (10) puede comprender adicionalmente una barrera química (no ilustrada) en forma de una capa polimérica provista en una posición radialmente interna con respecto al revestimiento (9) y en posición radialmente externa con respecto a la capa (7) resistente a impactos expandida. Por ejemplo, la barrera química puede ser como se desvela en la Patente de Estados Unidos N° 7.601.915. La barrera puede comprender, al menos, una poliamida y copolímeros de la misma, tal como una mezcla de poliamida/poliolofina o TPE, y tener un espesor
50 ejemplar de 0,5 mm hasta 1,3 mm. En al menos una forma de realización, cuando la capa resistente al impacto se fabrica de PVDF, también puede funcionar como capa de barrera química sin cambiar el espesor, proporcionado así un cable con diámetro reducido. En otra forma de realización, la capa de barrera química es una poliamida.

La expansión para formar el relleno de polímero expandido y la capa resistente a impactos tiene lugar durante la

extrusión, más específicamente, antes de que el material pase a través de la matriz de extrusión. La expansión de la capa resistente a impactos puede ser por agentes químicos, por ejemplo, a través de la adición a la composición polimérica de un agente de expansión adecuado, que es capaz de producir un gas bajo unas condiciones de temperatura y presión específicas. Ejemplos de agentes de expansión adecuados son: azodicarbamida, paratolueno sulfonilhidrazida, mezclas de ácidos orgánicos (ácido cítrico, por ejemplo) con carbonatos y/o bicarbonatos (bicarbonato sódico, por ejemplo), y similares.

En otra forma de realización, la expansión para formar la capa resistente a impactos extendida puede tener lugar debido a las microesferas que pueden seleccionarse de microesferas térmicamente expansibles. La expansión del relleno de polímero se lleva a cabo mediante microesferas térmicamente expansibles. Las microesferas térmicamente expansibles son partículas que comprenden una carcasa (típicamente termoplástica) y un disolvente orgánico con bajo punto de ebullición encapsulado en la misma. Con el aumento de temperatura, el disolvente orgánico se vaporiza en un gas que se expande para producir altas presiones internas. Al mismo tiempo, el material de la carcasa se reblandece con el calor, por lo que la partícula completa se expande bajo la presión interna para formar grandes burbujas. Las microesferas tienen una estabilidad de forma relativa y no se retraen después del enfriamiento. Un ejemplo adecuado de una microesfera térmicamente expansible es el producto comercial vendido bajo el nombre de Expancel® de Eka Chemicals.

El material de polímero se expande sustancialmente por completo mientras todavía está en la cruceta de la extrusora y no tiene lugar una expansión significativa del material después de que salga de la matriz de extrusión. Esto permite una expansión controlada con una sección transversal circular.

El uso de microesferas térmicamente expansibles como agente espumante se descubrió que era particularmente adecuado para expandir el relleno polimérico, mientras que la elección del agente espumante para la capa resistente a impactos es menos crítica. En una forma de realización, las microesferas térmicamente expansibles se usan tanto en el relleno polimérico como en la capa resistente a impactos.

De acuerdo con la presente divulgación, el polímero adecuado para el relleno intersticial tiene una dureza Shore D que oscila entre 30 y 70, un módulo de flexión (a 23 °C de acuerdo con ASTM D 790) que oscila entre 50 MPa hasta 1500 MPa, y un índice de oxígeno limitante (LOI) que oscila entre aproximadamente 25 % a 95 %. Como las propiedades del polímero puede diferir cuando está o no expandido, las propiedades del material polimérico se miden antes de la expansión.

Ejemplos de polímero adecuado para el relleno intersticial incluyen, pero no se limitan a los polímeros termoplásticos seleccionados, por ejemplo, desde vulcanizados termoplásticos (TPV), olefinas termoplásticas (TPO), polipropileno ignífugo, cloruro de polivinilo (PVC), fluoruro de polivinilideno (PVDF) y combinaciones de los mismos. El polipropileno ignífugo comprende compuestos orgánicos ignífugos halogenados (por ejemplo, bromados) añadidos, como ya se ha mencionado anteriormente. El poliuretano termoplástico y los elastómeros de poliéster termoplásticos son adecuados como material expansible para el relleno intersticial y capa resistente a impactos del cable de la invención. El poliuretano termoplástico y, algunos elastómeros de poliéster termoplástico mostraron resistencia al fuego débil, mientras que otros elastómeros de poliéster termoplásticos se encontraron muy difíciles de expandir adecuadamente.

Un ejemplo no limitante de un TPV es Santoprene™ disponible de Exxon Mobil. Los ejemplos no limitantes de TPO incluyen polímeros que están disponibles de DuPont, polímeros Heraflex® TPC-ET disponibles de RadiciPlastics.

Como se usa en el presente documento y, a menos que se especifique lo contrario, el término "capa de contención" se refiere a una capa no expandida, ya sea polimérica o no, que funciona para retener la concetricidad del relleno polimérico expandido que rodea los núcleos de un cable multipolar. Sin limitarse a una teoría particular, las capas expandidas son incapaces de mantener la concetricidad de un relleno polimérico expandido.

En al menos una forma de realización, el polímero adecuado para el relleno intersticial alcanza un grado de expansión que oscila de 15% a 200 %, por ejemplo, de 25 % a 100 %. El relleno polimérico expandido se expande para llenar las zonas intersticiales y, opcionalmente, para superponer y proteger la pluralidad de núcleos. En al menos una forma de realización, el relleno se superpone a la pluralidad de núcleos y las zonas intersticiales con un espesor de aproximadamente 0,5 mm a aproximadamente 6 mm, produciendo una sección transversal sustancialmente circular.

De acuerdo con la presente divulgación, la capa resistente a impactos no es una capa de contención sino una capa polimérica expandida. El polímero adecuado para la capa resistente a impactos tiene un módulo de flexión superior al del polímero en el relleno intersticial. El módulo de flexión de la capa resistente a impactos puede oscilar desde 500 a 2500 MPa.

Ejemplos del polímero en la capa resistente a impactos incluyen, pero no se limitan a, fluoruro de polivinilideno (PVDF), polipropileno (PP), tal como copolímero de etileno-propileno y, polietileno (PE), y mezclas de los mismos. En una forma de realización, el polímero es un copolímero de etileno-propileno.

Un ejemplo no limitante de polietileno (PE) es de PE de baja densidad (LDPE), PE de densidad media (MDPE), PE

de alta densidad PE (HDPE), PE de densidad baja lineal (LLDPE), polietileno de densidad ultrabaja (ULDPE).

En al menos una forma de realización, el polímero adecuado para la capa resistente a impactos alcanza un grado de expansión que oscila de 20% a 200 %, por ejemplo, de 20 % a 50 %.

- 5 En al menos una forma de realización, el relleno polimérico expandido y la capa resistente a impactos se realizan de diferentes materiales poliméricos. En particular, el material para la capa resistente a impactos expandida tiene un módulo de flexión superior al del material para el relleno intersticial.

Los cables de acuerdo con la presente divulgación pueden producirse por procedimientos bien conocidos de fabricación de cables multipolares. El relleno polimérico y la capa resistente a impactos se proveen para rodear los núcleos del cable trenzados por coextrusión o por extrusión en tándem.

- 10 Preferentemente, la coextrusión del relleno intersticial y los materiales de la capa resistente a impactos -que tienen diferentes temperaturas de procesamiento- se lleva a cabo en una cruceta de extrusión individual mediante extrusión a presión para el relleno intersticial y extrusión en manguito para la capa resistente a impactos.

Se dan ejemplos ilustrativos no limitantes en el presente documento a continuación con el fin de describir la presente divulgación en mayor detalle.

15 **Ejemplos**

Preparación de Cables con Relleno Expandido

- 20 Una serie de cables tripolares de acuerdo con la presente divulgación, así como comparativas, se construyeron. Estos cables se identifican en el siguiente texto mediante las letras A a R y se detallan en la Tabla 1. Para cada cable A a R, se aisló un núcleo triplexado con polietileno reticulado (XLPE). La construcción del cable se especifica en la Tabla 1.

- 25 Los cables comparativos E y F se prepararon basándose en diseños de cable conocidos. El cable E no tiene relleno, solo una capa resistente a impactos en forma de armadura metálica (cinta Mylar rodeada por una armadura de aluminio soldada) rodeada por un revestimiento de PVC, extruido sobre el núcleo del cable para completar la construcción. El cable F tiene un relleno de PVC sólido extruido sobre el núcleo triplexado. Mientras que el Cable F tiene una capa resistente a impactos en forma de una armadura de aluminio corrugado y un revestimiento de PVC global, extruido sobre el núcleo del cable para completar la construcción.

Tabla 1 - Construcción de Cable

Cable	Núcleo Aislado	Relleno	Capa Resistente a Impactos	Capa Metálica	Barrera Química	Revestimiento
A	3x5,3 mm ² + 0,8 mm XLPE	PVC + 3 % fE 1,1 mm superpuesto G=75 %	PVDF ¹ + 3 % fE 1 mm G=32 %	-	sí	PVC 1,6 mm
B	3x107 mm ² + 2 mm XLPE	PVC + 2 % fE 2,5 mm superpuesto G=75 %	PP + 0,65 % fH 1,7 mm G=33 %	-	-	PVC 2,8 mm
C	3x107 mm ² + 2 mm XLPE	PVC + 2 % fE 4,1 mm superpuesto G=75 %	PP + 0,8 % fH 1,7 mm G=33 %	-	PA 1,2 mm	PVC 2,8 mm
D	3x107 mm ² + 2 mm XLPE	PVC + 3 % fE 2,5 mm superpuesto G=75 %	PP + 0,8 % fH 1,7 mm G=33 %	Polylam	PA 1,2 mm	PVC 2,8 mm
E*	3x5,3 mm ² + 0,8 mm XLPE	-	-	Armadura soldada de Al	-	PVC 1,6 mm
F*	3x5,3 mm ² + 0,8 mm XLPE	PVC (sólido)	-	Armadura de Al corrugado	-	PVC 1,6 mm
M	3x5,3 mm ² + 0,8 mm XLPE	TPV+3 % fE 2 mm superpuesto G=66 %	PVDF ² 0,8 % fE 1,3 mm G=31 %	-	sí	PVC 1,6 mm
N	3x5,3 mm ² + 0,8 mm XLPE	PVC + 3 % fE 1,2 mm superpuesto G=75 %	PP + 1,5 % fE 1 mm G=37 %	-	- PA 0,7 mm	PVC 1,7 mm
O	3x5,3 mm ² + 0,8 mm XLPE	PVC + 3 % fE 1,1 mm superpuesto G=75 %	PP + 1,5 % fE 1 mm G=37 %	-	TPE 0,6 mm	PVC 1,6 mm
P	3x5,3 mm ² + 0,8 mm XLPE	PVC + 3 % fE 1,1 mm superpuesto G=75 %	PP + 1,5 % fE 1,2 mm G=37 %	-	PVDF 0,7 mm	PVC 1,7 mm
Q	3x5,3 mm ² + 0,8 mm XLPE	PVC + 3 % fE + piel (0,13 mm) 1 mm superpuesto G=75 %	PVDF ¹ + 3 % fE 1,1 mm G=32 %	-	sí	PVC 1,5 mm

(continuación)

Cable	Núcleo Aislado	Relleno	Capa Resistente a Impactos	Capa Metálica	Barrera Química	Revestimiento
S*	3x107 mm ² + 2 mm XLPE	TPE + 7 % fE + piel (0,7 mm) 3,4 mm superpuesto G=254 %	PP + 0,65 % fH 1,7 mm G=33 %	-	-	PVC 2,8 mm
<p>* Cables comparativos G= grado de expansión PVC (relleno) = cloruro de polivinilo (Shore D = 40, Módulo de flexión @ 23 °C =70 MPa, LOI = 28,5 %) TPV = vulcanizados termoplásticos (Shore D = 32, Módulos de Flexión @ 23 °C = 152 MPa, LOI = 27 %) PVDF¹ = fluoruro de polivinilideno (Shore D = 54, Módulo de Flexión @ 23 °C = 356 MPa; LOI = 42 %) PVDF² = fluoruro de polivinilideno (Shore D = 46, Módulo de Flexión @ 23 °C = 607 MPa; LOI = 42 %) PP = polipropileno (Shore D = 55, Módulo de Flexión @ 23 °C = 475 MPa LOI = 42 %) TPE = polietileno termoplástico (Shore D = 44; Módulo de Flexión @ 23 °C = 145 MPa; LOI= 26 %) fE = agente espumante de microesferas (AkzoNobel Expancel®) fH = agente espumante de ácido cítrico Polylam = laminado de aluminio/polietileno como barrera antihumedad (no imparte ninguna resistencia a impactos) skinP= piel de cloruro de polivinilo skinH= piel de polietileno termoplástico PA = Poliamida PVC (revestimiento) = cloruro de polivinilo</p>						

En los cables A, M y Q, la capa de resistencia al impacto también realiza la función de barrera química.

La piel presente en el cable Q y S es una capa coextruida con relleno para proporcionar una mejor superficie sobre el relleno. La piel no proporciona una función de contención.

- 5 La coextrusión del relleno/capa resistente a impactos del cable S comparativo fue problemática debida a las dificultades para controlar la dimensión, especialmente en términos de circularidad de la sección transversal y, en la obtención de una superficie lisa. También, el cable no pasó la prueba de resistencia al impacto.

Con el fin de evaluar los cables multipolares preparados en la Tabla 1, se llevaron a cabo pruebas de impacto, fuego, flexibilidad y aplastamiento.

- 10 Pruebas de impacto. El efecto de los impactos en los cables se evaluó por una prueba de impacto basada en la norma IEC61901 (Primera edición, 2005-07). Los efectos de un impacto a diversas fuerzas (J) se evaluaron por medio de la medición de la profundidad del daño (mm). Los cables se sometieron a niveles de impacto de 25 J a 70 J o condiciones más severas (desde 150 J a 300 J) dependiendo de su uso pretendido. La profundidad de daño da una indicación del grado de protección provisto por la capa resistente al impacto expandida. Las Tablas 2a y 2b establecen los valores para los diversos niveles de energía analizados, la profundidad de daño (mm) medida para las muestras A-F y M-Q.

Tabla 2a: Resultados de la Prueba de Resistencia al Impacto

Cable	Niveles de Energía					
	25J	30J	40J	50J	60J	70J
A	0,63	0,67	0,88	0,96	0,86	0,98
E*	0,53	0,76	0,91	1,18	1,18	1,26
F*	0,61	0,42	0,85	1,06	1,24	1,25
M	0,21	0,29	0,27	0,61	0,49	0,64
N	0,59	0,70	0,63	0,85	1,03	0,91
O	0,60	0,60	0,70	0,75	0,85	1,04
P	0,59	0,57	0,80	0,69	1,02	0,84
Q	0,41	0,59	0,84	0,72	0,94	0,84

Tabla 2b: Resultados de la Prueba de Resistencia al Impacto

Cable	Niveles de Energía			
	150J	200J	250J	300J
B	1,27	1,64	0,87	1,42
C	0,56	1,18	1,02	1,11
D	0,44	0,60	1,31	1,45

Estas pruebas muestran que los cables de acuerdo con la invención resistieron al impacto en una manera al menos comparable a la del cable E y F blindado.

5 Otras pruebas: La flexibilidad y los efectos del fuego y de aplastamiento sobre ciertos cables multipolares también se evaluaron. La prueba de fuego es una prueba apta/no apta que sigue la norma IEEE-1202 para 60 pulgadas (aproximadamente 1,5 m) de longitud. La prueba de flexibilidad es una prueba de flexión de tres puntos, registrada en un módulo secante 1 % de acuerdo con ASTM D-790. La prueba de aplastamiento aplica el procedimiento de UL-1569 con la configuración 5340 N (1200 lbf) como cara mínima y, la tabla registra el diámetro máximo de carga de los cables. La Tabla 3 da los valores para estos resultados.

10

Tabla 3: Resultados de la Prueba de Fuego, Flexibilidad, Aplastamiento

Cable			
	Fuego	Flexibilidad (MPa)	Aplastamiento (N)
A	Apto	91,0	5430
E*	-	338,0	14100
M	Apto	114,0	6400
Q	Apto	101,0	5750

Las pruebas muestran que los cables de la invención se comportaron favorablemente cuando se compararon con los cables de la técnica anterior. Su resistencia al aplastamiento es de acuerdo con los requisitos estándar y va junto con una flexibilidad notablemente mejorada y con la capacidad de resistir el fuego.

15 Los cables de la invención proporcionan una solución para un cable que es ligero de peso, flexible, resistente al impacto, resistente al aplastamiento, resistente al fuego y resistente a los químicos.

REIVINDICACIONES

1. Un cable de alimentación multipolar resistente a impactos que comprende,
 - a) una pluralidad de núcleos (1), cada núcleo que comprende al menos un elemento (3) conductor y una capa (5) de aislamiento eléctrico en una posición radialmente externa a el al menos un elemento (3) conductor, trenzándose los núcleos (1) juntos para formar un elemento ensamblado que proporciona una pluralidad de zonas (2) intersticiales;
 - b) un relleno (6) polimérico expandido que rellena las zonas (2) intersticiales y que comprende un primer material de polímero con una dureza Shore D que oscila de 30 a 70, un módulo de flexión de 50 MPa a 1500 MPa a 23 °C y un LOI de 27 a 95 % antes de la expansión, conteniendo el relleno (6) de polímero expandido microesferas expandidas;
 - c) una capa (7) resistente al impacto en una posición radialmente externa a y en contacto con el relleno (6) polimérico expandido, en el que la capa (7) resistente al impacto comprende un segundo material de polímero expandido que difiere del primer material de polímero expandido para el relleno (6) polimérico expandido y tiene, antes de la expansión, un módulo de flexión superior que le del primer material de polímero para el relleno (6) polimérico expandido; y
 - d) un revestimiento (9) polimérico sólido que rodea la capa (7) resistente al impacto.
2. El cable de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el relleno (6) polimérico expandido comprende el primer material de polímero seleccionado de vulcanizados termoplásticos (TPV), olefinas termoplásticas (TPO), polipropileno ignífugo, cloruro de polivinilo (PVC), fluoruro de polivinilideno (PVDF) y combinaciones de los mismos.
3. El cable de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el relleno (6) polimérico expandido tiene un grado de expansión que oscila desde 15 % hasta 200 %.
4. El cable de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el relleno (6) polimérico expandido tiene un grado de expansión que oscila desde 25 % hasta 100 %.
5. El cable de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa (7) resistente al impacto comprende el segundo material de polímero seleccionado de entre fluoruro de polivinilideno (PVDF), polipropileno (PP), polietileno (PE) y mezclas de los mismos.
6. El cable de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa (7) resistente al impacto tiene un grado de expansión que oscila desde 20 % hasta 200 %.
7. El cable de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la capa (7) resistente al impacto tiene un grado de expansión que oscila desde 20 % hasta 50 %.
8. El cable de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa (7) resistente al impacto contiene microesferas expandidas.
9. El cable de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, una capa de barrera química.
10. El cable de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el relleno (6) polimérico expandido llena las zonas (2) intersticiales y forma una capa (6a) anular que se superpone a las zonas (2) intersticiales y a los núcleos (1) trenzados.
11. El cable de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la capa (6a) anular tiene un espesor de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 6 mm.
12. Procedimiento de producción de un cable de alimentación multipolar resistente al impacto que comprende una pluralidad de núcleos (1), cada núcleo que comprende al menos un elemento (3) conductor y una capa (5) de aislamiento eléctrico en una posición radialmente externa a el al menos un elemento (3) conductor, trenzándose los núcleos (1) juntos para formar un elemento ensamblado que proporciona una pluralidad de zonas (2) intersticiales; un relleno (6) polimérico expandido que llena las zonas intersticiales (2); una capa (7) resistente al impacto en una posición radialmente externa a y en contacto con el relleno (6) polimérico expandido; y un revestimiento (9) polimérico sólido que rodea la capa (7) resistente al impacto, que comprende el procesamiento
 - a) proporcionar en una extrusora un primer material de polímero con una dureza Shore D que oscila de 30 a 70, un módulo de flexión de 50 MPa a 1500 MPa a 23 °C y un LOI de 27 a 95 % para producir el relleno (6) polimérico expandido;
 - b) proporcionar en una extrusora un segundo material de polímero para producir la capa (7) resistente al impacto, teniendo dicho segundo material de polímero un módulo de flexión superior al del primer material de polímero;
 - c) añadir un agente espumante al primer y al segundo material de polímero, siendo el agente espumante al menos para el primer material de polímero microesfera térmicamente expandible;
 - d) activar el agente espumante del primer y del segundo material de polímero para expandir el primer y el segundo material de polímero relevante;

e) coextruir el primer y el segundo material de polímero expandido para formar el relleno (6) polimérico que llena las zonas (2) intersticiales y la capa (7) resistente al impacto; y f) extruir un revestimiento (9) polimérico sólido alrededor de la capa (7) resistente al impacto.

5 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el agente espumante para el segundo material polimérico comprende microesferas térmicamente expansibles.

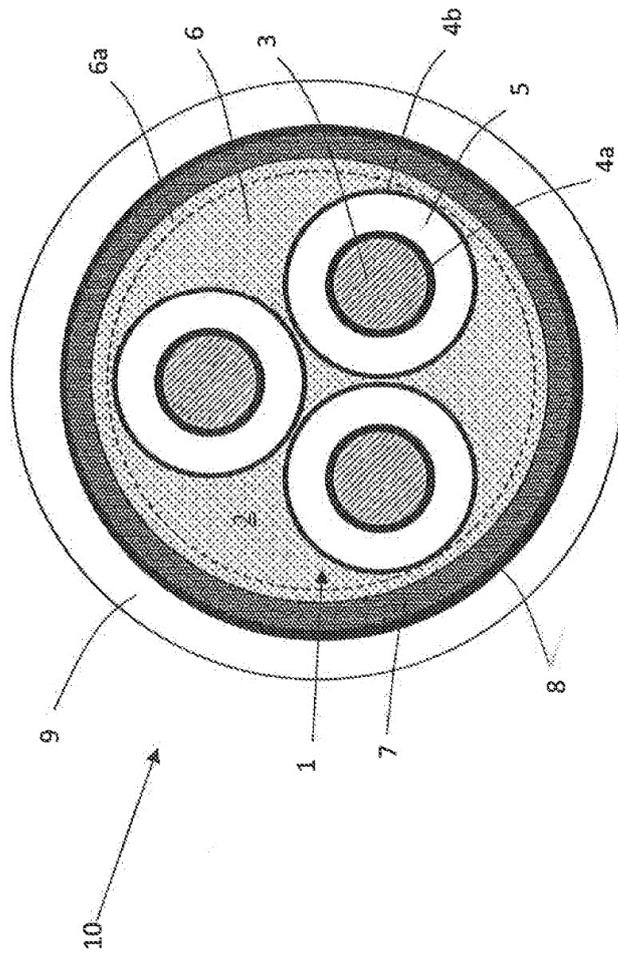


Figura 1

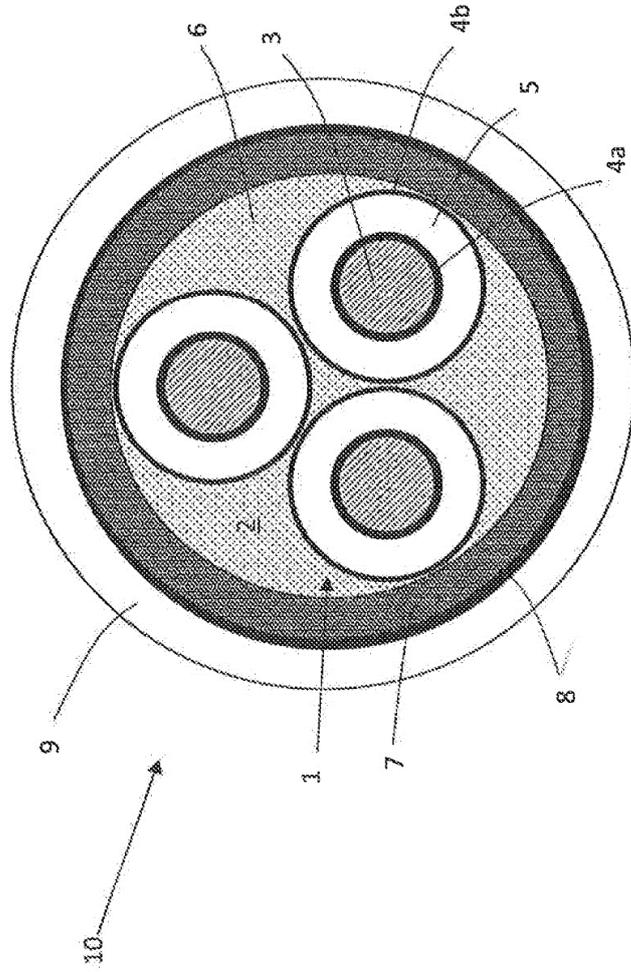


Figura 2