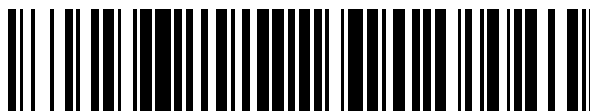


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 571**

51 Int. Cl.:

H01B 7/20

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2005** **E 05855678 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2013** **EP 1834341**

54 Título: **Cable de corriente eléctrica con capas poliméricas expandidas**

30 Prioridad:

27.12.2004 US 20196

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

14.03.2014

73 Titular/es:

**PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
VIALE SARCA 222
20126 MILANO, IT**

72 Inventor/es:

**CUSSON, DANIEL;
CINQUEMANI, PAUL;
VEGGETTI, P.;
FRIGERIO, M. y
BAREGGI, A.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 448 571 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 corriente eléctrica con capas poliméricas expandidas

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere en general a cables de alimentación eléctrica que tienen un peso y un coste de material reducidos. Más específicamente, se refiere a cables multipolares de baja y media tensión que tienen materiales expandidos en una o más capas de la funda.

Antecedentes

- 10 Un cable de energía eléctrica eficaz debe satisfacer varias necesidades estructurales competitivas. Por un lado, un cable de alimentación debe ser de peso ligero, fácil de manejar, y barato de producir. Por otra parte, un cable debe ser de construcción sólida, presentar buenas propiedades de retardo de fuego (si es necesario), y ser lo suficientemente rígido como para soportar los rigores de los elementos y los esfuerzos ejercidos sobre el mismo durante la instalación. La maximización de cualquiera de estas características, sin embargo, a menudo tiene un impacto perjudicial sobre al menos uno de los demás. Por otra parte, las características no funcionales, tales como el acabado de la superficie del cable terminado, a menudo juegan un factor en el nivel de aceptación de un cable de alimentación. En consecuencia, los cables de alimentación existentes, tales como el cable representado en las figuras 1 y 2, típicamente buscan un compromiso entre estas necesidades.

- 20 La figura 1 es una vista en sección transversal de un cable convencional ejemplar. El cable contiene tres "núcleos", siendo cada núcleo una estructura semifinita que comprende un elemento conductor 105 y al menos una capa de aislamiento eléctrico 120 colocada en una posición radialmente externa al elemento conductor 105. Al considerar un cable para la alimentación eléctrica de media tensión, el núcleo también puede comprender una cubierta semiconductor interna 115 situada en una posición radialmente externa al elemento conductor, una cubierta semiconductor externa ubicada en una posición radialmente externa a la capa de aislamiento eléctrico 125, y una pantalla de metal en una posición radialmente externa a la cubierta semiconductor externa (no se muestra).

- 25 Para los propósitos de la presente descripción, el término "cable multipolar" significa un cable provisto de al menos un par de núcleos, tal como se definieron anteriormente. Con más detalle, si el cable multipolar tiene un número de núcleos igual a dos, el cable técnicamente se denomina un "cable bipolar", y si el número de núcleos es de tres el cable se conoce como un "cable tripolar." El cable convencional de la figura 1 es un cable tripolar.

- 30 Los núcleos, junto con los cables de tierra 110, se unen entre sí para formar un denominado "elemento montado". Preferiblemente, la unión se lleva a cabo mediante el bobinado en forma helicoidal de los núcleos y los cables de tierra juntos, con un paso predeterminado. Como resultado de la unión y del bobinado de los núcleos, el elemento montado tiene una pluralidad de áreas intersticiales 130, que se definen por los espacios entre los núcleos y los cables de tierra. En otras palabras, la unión y el bobinado de los núcleos y su forma circular dan lugar a una pluralidad de vacíos entre ellos.

- 35 El proceso de producción de un cable multipolar convencional comprende la etapa de llenar las áreas intersticiales 130 para conferir una forma circular al elemento montado. Las áreas intersticiales, que también se conocen como "áreas de estrella", generalmente se llenan con un material de relleno de tipo convencional (por ejemplo, un material polimérico aplicado por extrusión). La forma circular resultante proporciona un cuerpo sólido con una apariencia y una sensación simétricas.

- 40 El cable se finaliza mediante la aplicación de al menos otra capa, la naturaleza de la cual, así como el número de capas, depende del tipo de cable multipolar a obtener. En el cable convencional de la figura 1, una capa de cinta con aglutinante 135 puede ser proporcionada en una posición radialmente externa al elemento montado, y una capa de funda interior polimérica 140 se proporciona en una posición radialmente externa a la cinta con aglutinante. Esta capa de funda interior 140 está hecha típicamente de un material polimérico y se extrude sobre la cinta aglutinante. Dada la sección transversal circular del elemento montado, la capa de funda interior 140 asume la forma del material aglutinante o del material de relleno, es decir, el interior de la funda también se convierte en circular en sección transversal. Por último, se proporciona una armadura metálica 145 en una posición radialmente externa a la capa de funda interior 140, y todo el cable está revestido de una funda exterior polimérica 150.

- 50 La figura 2 es una vista en perspectiva longitudinal del cable convencional de la figura 1. La misma numeración se ha utilizado que en la figura 1 para mostrar la correlación entre los dibujos. La figura 2 ilustra la concentricidad proporcionada por el material de relleno 130 en los vacíos alrededor y entre los elementos conductores 105.

- 55 Este tipo de cable convencional, históricamente se ha empleado en aplicaciones de cables de potencia industriales y comerciales (por ejemplo, instalación de bandejas portacables, canaletas y escaleras) como un reemplazo para el cable encerrado en un conducto de metal y ciertas clasificaciones de áreas peligrosas según la definición de los códigos y autoridades locales. Para entornos peligrosos combustibles, la funda exterior del cable a menudo comprende polímeros retardantes del fuego. Estos cables cumplen con las pruebas de resistencia a la llama reguladas a nivel nacional, como se definen en las normas IEEE-1202 ("Standard for IEEE Standard for Flame

Testing of Cables for Use in Cable Tray in Industrial and Commercial Occupancies"), UL-1685 ("Standard for Vertical Tray Fire Propagation and Smoke Release Test for Electrical and Optical Fiber Cables"), CSA std. C22.2 FT-4 (prueba de la llama vertical) y IEC 332-3 (prueba de propagación de la combustión de alta energía, de bandeja vertical) especificaciones. Por ejemplo, para satisfacer los requisitos de CSA Std. C22.2 FT-4, el cable se somete a un quemador montado a 20° desde la horizontal con el quemador hacia arriba. Para pasar la prueba, el cable sólo puede carbonizar a menos de 1,5 m del quemador. Los otros estándares requieren someter el cable a pruebas retardantes de fuego similares.

Por un número de razones (por ejemplo, reducción de peso), los materiales poliméricos expandidos se han utilizado para los materiales de relleno y de enfundado convencionales. Los materiales poliméricos expandidos son polímeros que tienen una densidad reducida ya que el gas ha sido introducido en el polímero, mientras que está en un estado plastificado o fundido. Este gas, que puede introducirse química o físicamente, produce burbujas dentro del material, lo que resulta en vacíos. Un material que contiene estos vacíos generalmente exhibe propiedades deseables, tales como la reducción de peso y la capacidad de proporcionar más amortiguación uniforme que un material sin los vacíos. La adición de una gran cantidad de gas da como resultado en un material mucho más ligero, pero la adición de demasiado gas puede impactar negativamente en el acabado de la superficie del polímero y reducir un poco de la elasticidad del material.

El material expandido se extruye para formar su forma deseada. Después que el material sale de la boquilla de extrusión, se estira y se enfría. El grado de estiramiento se define por la relación de estiramiento. Más específicamente, la relación de estiramiento se calcula como la relación entre el área de sección transversal del material a medida que sale de la matriz de extrusión respecto al área de sección transversal del material después del enfriamiento. Los solicitantes han reconocido que el control de la relación de estiramiento puede ayudar a lograr un grado relativamente alto de expansión mientras que se mantienen también la resistencia requerida y la consecución de un acabado superficial liso.

Varias publicaciones describen los cables de alimentación que incluyen materiales expandidos. Por ejemplo, el documento WO 02/45100 A1 da a conocer un cable convencional modificado usando un material expandido como material de relleno entre las áreas intersticiales creadas en el elemento montado. El uso de material expandido como material de relleno da como resultado un cable que es más ligero que el cable convencional y proporciona una mejor resistencia al impacto. Pero debido a la expansión algo impredecible del relleno descrito en esa publicación, se requiere una capa de contención para lograr un cable sustancialmente circular. Esta capa requiere un procesamiento adicional, que se suma al coste total del cable.

La publicación de solicitud de patente US 2003/0079903 A1 divulga un cable donde tanto la cubierta exterior como las áreas intersticiales rellenas pueden contener material expandido. Este cable es supuestamente más ligero que el cable del documento WO 02/45100 A1. La patente US 6.501.027 B1 y la publicación de la solicitud de patente US 2003/0141097 A1 divulgan cables multipolares con una capa de material polimérico expandido en la funda exterior. El documento US 5015800-B describe el preámbulo de la reivindicación 1.

Aunque estos documentos abordan el uso de materiales expandidos en particular en las fundas exteriores de cables de energía eléctrica, los solicitantes han observado que la estructura interior del cable ofrece oportunidades para reducir el peso del cable, mientras se mantienen las características estructurales requeridas. Además, los solicitantes han reconocido que cuando se utiliza una protección de metal en la estructura del cable, tal como una armadura metálica, en particular en diseños de cables multipolares, el uso de una capa de material expandido dentro de la protección de metal proporciona una protección adicional. Por ejemplo, en el caso en que un impacto provoque una deformación permanente de la protección de metal, una capa expandida interior puede proteger lo que de otro modo podría dar lugar a una compresión del aislamiento de uno o más de los núcleos cerrados dentro de la protección de metal, lo que resulta en una reducida capacidad de resistencia a la tensión eléctrica cuando el cable está bajo carga. Además, los solicitantes han reconocido que el equilibrio entre el grado de expansión y la relación de reducción del proceso de fabricación de materiales expandidos puede conducir a cables de alimentación más ligeros con resistencia al impacto y acabado cosmético satisfactorios.

Sumario

De conformidad con los principios de la invención, un cable comprende al menos dos núcleos, y los núcleos están trenzados juntos para formar un elemento montado. Una capa de funda interior, que comprende un material polimérico expandido, rodea y sustancialmente adopta la forma de la periferia del elemento montado. Una sección transversal de la capa de funda interior y el elemento montado es no circular. El cable también comprende una armadura metálica que tiene una sección transversal sustancialmente circular que rodea y está parcialmente en contacto con la capa de funda interior. El cable comprende además una cubierta polimérica que rodea la armadura metálica y forma el exterior del cable.

Típicamente, la porción de la capa de funda interna situada en una posición de puente entre dos conductores trenzados es cóncava en una dirección hacia el eje del cable. Esta construcción resulta en intersticios internos entre los conductores trenzados en el lado axial de la capa interior de la funda, e intersticios exteriores entre la capa interior de la funda y la armadura metálica. Los intersticios exteriores están típicamente desprovistos de material de

relleno. Preferiblemente, el material polimérico de la cubierta interior tiene un grado de expansión desde aproximadamente 2% hasta aproximadamente 50%, aunque se pueden obtener grados de expansión más altos, y se ha formado por extrusión con una relación de reducción preferiblemente desde aproximadamente 1,1:1 hasta aproximadamente 2,4:1, más preferiblemente desde aproximadamente 1,4:1 hasta aproximadamente 1,9:1.

- 5 También de acuerdo con los principios de la invención, un procedimiento de fabricación de un cable eléctrico comprende proporcionar al menos dos núcleos para formar un elemento montado. El procedimiento comprende, además, la expansión de un material polimérico con un agente de formación de espuma, preferentemente de tipo exotérmico, y extrudir el material polimérico expandido en una capa alrededor del elemento montado utilizando una relación de reducción predeterminada, preferiblemente de aproximadamente 1,1:1 a aproximadamente 2,4:1, más
- 10 preferiblemente de aproximadamente 1,4:1 a aproximadamente 1,9:1, y colapsarlo sobre el elemento montado. Una armadura metálica se aplica alrededor del material polimérico expandido, la armadura es sustancialmente circular y la creación de una pluralidad de vacíos entre la armadura y el material polimérico expandido. El procedimiento comprende además la extrusión de una funda exterior en la armadura metálica.

- 15 Típicamente, el material polimérico se expande en el rango desde aproximadamente 2% hasta aproximadamente 50%. El procedimiento también puede comprender la formación de espuma del material de la funda exterior antes de la extrusión de la funda exterior en la armadura metálica.

Ha de entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son únicamente ejemplares y explicativas, y no son restrictivas de la invención como se reivindica.

Breve descripción de los dibujos

- 20 Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen una parte de esta especificación, ilustran varias formas de realización de la invención, y junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

La figura 1 es un diagrama en sección transversal de un cable tripolar convencional.

La figura 2 es un diagrama en perspectiva longitudinal del cable tripolar convencional de la figura 1.

- 25 La figura 3A es un diagrama de sección transversal de un cable tripolar consistente con los principios de la invención.

La figura 3B es un diagrama en sección transversal de un cable bipolar consistente con los principios de la invención.

La figura 3C es un diagrama en sección transversal de un cable cuatripolar consistente con los principios de la invención.

- 30 La figura 4 es un diagrama en perspectiva longitudinal del cable tripolar de la figura 3A.

Las figuras 5A y 5B representan los materiales poliméricos expandidos ampliados.

La figura 6 es un diagrama de flujo de proceso de un procedimiento de fabricación de un cable consistente con los principios de la invención.

Descripción detallada

- 35 Se hará referencia ahora en detalle a realizaciones consistentes con los principios de la invención, ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos que se acompañan. Siempre que sea posible, los mismos números de referencia se utilizarán en todos los dibujos para referirse a las partes iguales o similares.

- 40 Un cable consistente con los principios de la invención comprende múltiples núcleos, el trenzado de los cuales se traduce en varios vacíos intersticiales entre los núcleos. El cable se monta sin llenar los vacíos intersticiales, o si se utiliza relleno, el relleno no proporciona al elemento montado una sección transversal sustancialmente circular. Una funda polimérica interior que comprende un material expandido rodea el elemento montado y sustancialmente adopta la forma de la periferia de los núcleos trenzados. Por lo tanto, se aplica alrededor de la funda interior para formar una estructura mecánicamente rígida. Esta armadura metálica contacta parcialmente con la funda interior no circular para formar un segundo conjunto de vacíos intersticiales. Estos vacíos se dejan sin llenar. Finalmente, se
- 45 aplica una cubierta exterior polimérica sobre la armadura metálica.

- La figura 3A es un diagrama de sección transversal de un cable tripolar del tipo que se acaba de describir. El cable 300 incluye tres núcleos que tienen un elemento conductor 305, una protección semiconductor del conductor 315 dispuesta en una posición radialmente externa al conductor 305, una capa de aislamiento 320 dispuesta en una posición radialmente externa a la protección semiconductor del conductor 315, y una protección semiconductor aislante 325 dispuesta en una posición radialmente externa a la capa de aislamiento 320.
- 50

Una funda polimérica interior 330 que ha sido expandida se extrude a través de los múltiples núcleos. La funda 330

une los conductores y proporciona una capa de amortiguación mejorada. Sin rellenos, la capa expandida 330 toma sustancialmente la forma de los conductores trenzados subyacentes. Los intersticios o vacíos pueden permanecer axialmente en el interior de la capa interior de la funda 330 entre los núcleos.

- 5 Fuera de la capa interior de la funda 330, rodean el cable una armadura metálica 340 y una cubierta exterior 350. Ambas capas alcanzan secciones transversales sustancialmente circulares, dejando vacíos entre la capa de funda interior 330 y la armadura metálica 340.

- 10 Volviendo al elemento montado, el elemento conductor 305, el cable de tierra 310, la protección del conductor semiconductor 315, la capa de aislamiento 320, y la protección de aislamiento semiconductor 325 se pueden seleccionar a partir de materiales conocidos por aquellos de experiencia ordinaria en la técnica. Por ejemplo, un experto normal en la materia reconocerá que la capa de aislamiento 320 puede comprender una composición polimérica reticulada o no reticulada con propiedades de aislamiento eléctrico conocidas en la técnica. Ejemplos de dichas composiciones de aislamiento para cables de baja y media tensión son: polietileno reticulado, caucho de etileno propileno, cloruro de polivinilo, polietileno, copolímeros de etileno, acetatos de etileno vinilo, cauchos sintéticos y naturales.

- 15 Un experto también reconocerá que el elemento conductor 305 puede comprender cables de energía/telecomunicaciones mezclados, que incluyen un núcleo de fibra óptica, además de o en lugar de los cables eléctricos. Por lo tanto, el término "elemento conductor" significa un conductor del tipo de metal o de tipo eléctrico/óptico mixto.

- 20 Los núcleos y el cable de tierra 310 se trenzan juntos de una manera convencional. En este ejemplo, se bobinan helicoidalmente juntos para formar un elemento montado. El bobinado helicoidal de los conductores da lugar a la formación de varias áreas intersticiales 335, que se refiere aquí como intersticios internos, que opcionalmente pueden estar llenos de material expandido o no expandido. Si se emplean materiales de relleno en los intersticios interiores 335, que están presentes principalmente para satisfacer las normas reglamentarias, no para proporcionar una sección transversal sustancialmente circular para el elemento montado como en un cable convencional. Cuando se emplean materiales de relleno en los intersticios interiores 335, se habla entonces de la "capa de relleno".

- 25 Una capa de funda interior 330 está dispuesta en una posición radialmente externa al elemento montado. Como se ilustra en la figura 3A-3C, esta capa de funda interior 330 tiene sustancialmente la forma de la periferia de los núcleos trenzados. Se compone de un material polimérico expandido, que es producido por la expansión (también conocida como formación de espuma) de un material polimérico conocido para lograr una reducción de la densidad deseada. El material polimérico expandido de la capa de funda interior puede ser seleccionado entre el grupo que comprende: poliolefinas, copolímeros de diferentes olefinas, copolímeros de olefina/éster insaturados, poliésteres, policarbonatos, polisulfonas, resinas fenólicas, resinas ureicas, y mezclas de los mismos. Ejemplos de polímeros preferidos son: cloruros de polivinilo (PVC), acetatos de etileno vinilo (EVA), polietileno (categorizado como de baja densidad, de baja densidad lineal, de densidad media y de alta densidad), polipropileno, y polietilenos clorados.

- 35 El polímero seleccionado se amplió por lo general durante la fase de extrusión. Esta expansión puede tener lugar ya sea químicamente, por medio de la adición de una mezcla madre de formación de espuma adecuada (es decir, una que sea capaz de generar un gas bajo condiciones de temperatura y condiciones de presión definidas), o puede tener lugar físicamente (es decir, por medio de inyección de gas a alta presión directamente en el cilindro de extrusión). Ejemplos de expansores químicos adecuados son azodicarbonamida, mezclas de ácidos orgánicos (por ejemplo ácido cítrico) con carbonatos y/o bicarbonatos (por ejemplo bicarbonato de sodio). Ejemplos de gases que se inyectan a alta presión en el cilindro de extrusión son el nitrógeno, dióxido de carbono, aire e hidrocarburos de bajo punto de ebullición tales como propano y butano.

- 40 El material polimérico expandido contiene un porcentaje predeterminado de los vacíos dentro del material. Los vacíos son espacios que no están ocupados por el material polimérico, sino por gas o aire. En general, el porcentaje de vacíos en un polímero expandido se expresa mediante el denominado "grado de expansión" (G), definido de la siguiente manera:

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

- 45 En la que d_0 indica la densidad del polímero no expandido y d_e representa la densidad aparente medida del polímero expandido. Es deseable obtener el mayor grado de expansión que sea posible sin dejar de lograr las propiedades de cable deseadas. Un mayor grado de expansión se traducirá en costes de material reducidos y puede mejorar la resistencia al impacto del cable. Los solicitantes han encontrado que los grados adecuados de expansión están generalmente en el intervalo desde aproximadamente 2% hasta aproximadamente 50%, aunque se pueden obtener grados de expansión más altos.

- 55 Debido a que no se emplea una capa de contención para una cubierta polimérica expansible, se debe utilizar una tecnología de formación de espuma que proporcione un grado fiable de expansión. La tecnología de formación de espuma seleccionada debe ser capaz de lograr las dimensiones del cable consistentes y condiciones uniformes de

la superficie de la funda polimérica. Se sabe que varios elementos afectan la consistencia de formación de espuma. Ellos son: 1) la velocidad de adición de la mezcla madre de formación de espuma; 2) el tipo de estructura celular espumada alcanzado dentro de la pared polimérica; 3) la velocidad de extrusión, y 4) la temperatura del agua del canal de refrigeración después de la extrusión. Los expertos en la materia pueden determinar los parámetros para lograr el resultado deseado.

En una realización preferida, se utiliza una estructura de formación de espuma de célula cerrada debido a que tiende a proporcionar un incremento en el número de vacíos con una mayor uniformidad en el tamaño de los vacíos. Los solicitantes han encontrado que el uso de dichos agentes de formación de espuma ha mejorado la consistencia de formación de espuma, el control del diámetro, y el acabado de la superficie resultante de la piel exterior de la funda polimérica. Las figuras 5A y 5B ilustran la incompatibilidad potencial que resulta si el proceso de formación de espuma no obtiene una estructura de espuma de célula cerrada. La funda expandida de la figura 5A contiene relativamente células uniformes, cerradas, proporcionando una superficie suave a la funda. En contraste, la funda expandida de la figura 5B contiene células no uniformes, grandes y rotas que resultan en un mal control del diámetro y una superficie áspera de la funda externa.

Otro aspecto de la obtención de un buen control del diámetro es el uso de un agente de formación de espuma de fase diluida debido a los bajos niveles de formación de espuma del agente empleado. La dilución del agente espumante ayuda a conseguir una dispersión adecuada y una formación de espuma uniforme, en particular cuando no se utiliza una capa de contención. Un agente espumante preferido es un material a base de azodicarbonamida conocido como mezcla madre "HOSTATRON PV SYSTEM 22167", que es un agente de formación de espuma exotérmica comercializado por Clariant (Winchester, VA). Otros agentes espumantes encontrados para proporcionar resultados aceptables son Clariant "HOSTATRON PVA0050243ZN" y Clariant "HOSTATRON PVA0050267/15".

La elección de si usar un agente de espumado endotérmico, exotérmico, o híbrido químico dependerá de la selección del material de base para el compuesto de revestimiento y la compatibilidad con el mismo, los perfiles y los procesos de extrusión, la cantidad deseada de formación de espuma, el tamaño y estructura de la célula, así como otras consideraciones de diseño particulares del cable que se produce. En general, dadas cantidades similares de principio activo, los agentes espumantes químicos exotérmicos reducirán la densidad al máximo y producirán una espuma con células más uniformes y más grandes. Los agentes espumantes endotérmicos producen espumas con una estructura celular más fina. Este es un resultado, al menos en parte, de la liberación de menos gas del agente espumante endotérmico y de que tiene una tasa de mejor nucleación controlada de liberaciones de gas que un agente de formación de espuma exotérmico. Mientras que una capa de formación de espuma exotérmica se emplea en una realización preferida, otros agentes espumantes pueden dar lugar a estructuras celulares satisfactorias. Se prefiere una estructura de células cerradas con el fin de no proporcionar canales para la migración de agua, y para proporcionar una buena resistencia mecánica y una textura superficial uniforme de la funda expandida.

Los solicitantes han observado que la relación de reducción ("DDR") alcanzada durante la extrusión de protectores impacta en la calidad de la superficie de la funda expandida. La relación de reducción se define por la siguiente ecuación:

$$DDR = \frac{D_2^2 - D_1^2}{d_2^2 - d_1^2}$$

En la que D_2 es el diámetro de orificio del troquel, D_1 es el diámetro exterior de la punta de guía, d_2 es el diámetro exterior de la cubierta del cable, y d_1 es el diámetro interior de la cubierta del cable.

La relación de estiramiento adecuada para lograr un acabado de superficie deseado puede determinarse experimentalmente, y puede variar dependiendo del polímero utilizado, la naturaleza del agente espumante, y la cantidad del agente espumante. Utilizando PVC JC-513-GO y HOSTATRON PV SYSTEM 22167 como una combinación ejemplar, la Tabla 1 muestra el impacto que la relación de estiramiento tiene sobre la calidad de la superficie del cable semiacabado. Excepto como se indica en la tabla, todas las condiciones de producción (por ejemplo, la velocidad de línea o velocidad de alimentación) se mantuvieron constantes.

Tabla 1

Muestra	Hostatron (%)	Diámetro total(mm)	DDR	Densidad (g/cm ³)	Reducción de la densidad (%)	Calidad superficie
1	0	4,1	1,6	1,393	0,0	Lisa
2	0	3,5	2,2	1,393	0,0	Lisa
3	0,8	4,1	1,6	0,953	31,6	No tan lisa, pero todavía aceptable
4	0,8	3,85	1,8	0,860	38,3	Áspera
5	0,8	3,7	2,0	0,899	35,5	Muy áspera
6	0,8	3,6	2,1	0,978	29,8	Muy áspera
7	0,5	4,2	1,5	1,301	6,6	Lisa
8	0,5	3,8	1,9	1,220	12,4	Lisa
9	0,5	3,6	2,1	1,202	13,7	No tan lisa, pero todavía aceptable

5 Como se apreciará, un acabado superficial aceptable depende de la aplicación prevista para el cable. Por otra parte, la aceptabilidad del acabado de la superficie es determinada típicamente por un experto ordinario en la materia, a menudo por el tacto o la inspección visual. Aunque existen técnicas para la medición de la suavidad de la superficie de los materiales y se pueden emplear para medir la suavidad de una funda expandida de acuerdo con la presente invención, las técnicas generalmente se emplean para materiales en los que la suavidad es tan crítica que no puede ser determinada por observación visual o por el tacto.

10 Como ilustra la tabla, se puede obtener un acabado superficial aceptable para una funda interior de un cable de energía eléctrica que hace uso de PVC JC-513-GO y HOSTATRON PV SYSTEM 22167 con una relación de estiramiento de 1,5:1 a 1,9:1. Se prefiere la relación de aproximadamente 1,6:1 a aproximadamente 1,8:1, porque una superficie de la funda aceptable se puede conseguir mientras se logra una reducción de densidad relativamente alta. Por ejemplo, la muestra 3 tiene una reducción de la densidad de 31,6% con un DDR de 1,6:1, sin dejar de
15 lograr un acabado cosmético aceptable. La reducción de la alta densidad de la muestra 3 resultada en un cable más ligero que, por ejemplo, la muestra 7, que tiene una reducción de la densidad de 6,6%.

Debido a que la capa de funda interior 330 toma la forma de los núcleos trenzados, como se muestra en las figuras 3A-3C, el elemento montado adquiere una forma irregular. En el cable tripolar a modo de ejemplo de la figura 3A, la cubierta interior tiene una forma semejante a un triángulo. En un cable con cuatro conductores, como en la figura 3C, la funda interna toma una forma parecida a un diamante. Para diseños de cable por encima de cuatro conductores, la conformación final variará y dependerá del número real de conductores. Esta capa de funda interior proporciona una capa de amortiguación mejorada entre los núcleos y las capas exteriores del cable. La capa de la funda interior ampliada proporciona una amortiguación más uniforme que el revestimiento convencional, sobre todo en los puntos de tensión mecánica alta.

25 Una armadura metálica sustancialmente circular 340 se proporciona en una posición radialmente externa a la capa de funda interior 330. La armadura metálica 340 es normalmente en forma de cintas de metal aplicadas helicoidalmente formadas con ranuras entrelazadas. Se aplica sobre el elemento montado para formar una estructura mecánicamente resistente. La armadura metálica 340 en contacto con la capa de funda interior en el mismo número de puntos que los núcleos que hay en el cable. Por lo tanto, como se ilustra, en un cable tripolar, la armadura metálica 340 contacta con el interior de la funda 330 en tres puntos. En una configuración de cuatro
30 núcleos, la armadura metálica contacta la capa de funda interior en cuatro puntos. La armadura metálica comprende preferiblemente aluminio, pero otros materiales adecuados son conocidos por los expertos normales en la materia, tales como el acero.

Las formas respectivas de la capa de funda interior 330 y la armadura metálica 340 dan lugar a vacíos intersticiales 345, que se refieren aquí como intersticios exteriores. Estos intersticios exteriores se dejan sin llenar, proporcionando un cable que es más ligero que un cable similar cuyos vacíos intersticiales están llenos de un material de relleno. Debido a que el cable es más ligero que los cables similares, es más fácil de transportar, y en consecuencia resulta en una reducción de los costos de transporte. También es más fácil de manejar durante la instalación, y generalmente requiere una fuerza de tracción inferior a aplicar durante la instalación. Por lo tanto, el
40 cable puede resultar en menores costos de instalación y una mayor simplicidad en las operaciones de instalación.

La presencia de la capa de la funda expandida 330 entre los núcleos y la armadura metálica 340, gracias a la

relativamente alta deformabilidad de dicha capa de envoltura expandida 330, también contribuye a aumentar la resistencia al impacto del cable, donde la deformación causada por un impacto en la armadura metálica 340 no se transmite directamente al aislamiento 320 de los núcleos. Esto tiene la ventaja de que, por ejemplo, una deformación permanente de la armadura metálica 340 se absorbería en gran medida en el espesor de la capa de funda expandida 330, sin ser transferido al aislamiento de uno de los núcleos, cuyo espesor, por lo tanto, no disminuye. Como la operación de cable de seguridad se asocia directamente con el espesor del aislamiento de los núcleos, la fiabilidad del cable se mejora aún más también en la presencia de la armadura metálica que rodea los núcleos.

Una funda exterior 350 está dispuesta en una posición radialmente externa a la armadura metálica 340. La funda exterior 350, conjuntamente con la armadura metálica 340, sirve para proporcionar al cable resistencia mecánica contra impactos accidentales. Si la funda exterior comprende un material no expandido, el mismo se puede seleccionar, por ejemplo, a partir del grupo que comprende: polietileno de baja densidad (LDPE) (densidad = 0,910 a 0,926 g/cm³); copolímeros de etileno con α -olefinas; polipropileno (PP); cauchos de etileno- α -olefina, en particular cauchos de etileno/propileno (EPR), cauchos de etileno/propileno/dieno (EPDM); caucho natural; cauchos de butilo, y mezclas de los mismos. También puede comprender un material expandido, tales como los descritos para la capa de funda interior 330. Típicamente, la funda exterior se puede espumar en un grado menor que el interior de la funda porque menos formación de espuma generalmente da como resultado un acabado más suave que es estéticamente más atractivo. La cubierta exterior puede comprender también capas de material expandido y no expandido que son coextruidas.

La figura 4 es una vista en perspectiva longitudinal del cable de la figura 3A. Se utiliza la misma numeración que en la figura 3A para representar partes similares.

Otras medidas son conocidas para los expertos en la materia que será capaz de evaluar la disposición más adecuada sobre la base de, por ejemplo, los costes, la forma en que se va a colocar el cable (por ejemplo, elevado, en conductos, enterrado directamente debajo de la tierra, dentro de los edificios, por debajo del mar, etc.), y la temperatura de funcionamiento del cable (incluyendo las variaciones de temperatura máxima y mínima, y en el entorno de la instalación). Por ejemplo, cuando la producción de un cable TECK90 de tipo CSA, que está clasificado a -40°C, un material polimérico con plomo, tal como PVC JG-513-GO producido por Poly One puede ser utilizado como un material de revestimiento. Alternativamente, puede utilizarse un material sin plomo, tal como JGK-511-L producido por Poly One. Otras modificaciones se pueden hacer en función del estándar o estándares que se desee que el cable satisfaga (por ejemplo, IEEE-1202, UL-1685, CSA Std. C22.2 FT-4, y/o IEC 332-3).

La figura 6 es un diagrama de flujo de proceso de alto nivel de un procedimiento de fabricación de un cable consistente con los principios de la invención. Se proporcionan al menos dos núcleos de una manera conocida (etapa 610). Cada núcleo del cable se obtiene desenrollando un elemento conductor de una bobina de alimentación adecuada y aplicando una capa de aislamiento eléctrico al mismo, generalmente por extrusión. Al final de la etapa de extrusión, el material de la capa de aislamiento es preferentemente reticulado de acuerdo con técnicas conocidas, por ejemplo mediante el uso de peróxidos o silanos. Alternativamente, el material de la capa de aislamiento puede ser del tipo termoplástico que no está reticulado, a fin de garantizar que el material es reciclable. Una vez completado, cada núcleo se almacena en una primera bobina de recogida.

El elemento montado, que en la realización del cable que se muestra en la figura 3A comprende tres núcleos separados y un cable de tierra, es fabricado a continuación. El elemento montado se obtiene mediante el uso de una máquina de cableado, que bobina y gira simultáneamente los núcleos almacenados en bobinas de recogida separadas para torcerlos juntos helicoidalmente según un paso predeterminado. Una vez obtenido, el elemento montado se almacena en una segunda bobina de recogida.

La capa de relleno opcional puede entonces ser relleno fibroso o aplicarse por extrusión. En mayor detalle, el elemento montado se desenrolla desde la segunda bobina de recogida de acuerdo con cualquier técnica conocida, por ejemplo mediante el uso de un cabrestante de tracción diseñado para proporcionar el elemento montado de forma continua y regularmente a un dispositivo de extrusión (línea de enfundado). La acción de tracción debe ser constante en el tiempo de manera que el elemento montado se puede mover hacia adelante a una velocidad predeterminada a fin de asegurar una extrusión uniforme del relleno mencionado anteriormente.

El material para la capa de funda interior se expande y se extrude sobre el elemento montado (etapa 630). Cada composición polimérica puede incorporar una etapa de mezcla previa de la base polimérica con otros componentes (materiales de relleno, aditivos, u otros), siendo la etapa de mezcla previa realizada en el equipo aguas arriba del procedimiento de extrusión (por ejemplo, un mezclador interno del rotor tangencial tipo (Banbury) o con rotores interpenetrantes, o en un mezclador continuo del tipo Ko-Kneader (Buss) o del tipo que tiene dos tornillos co-rotativos o contra-rotativos).

Cada composición polimérica se entrega generalmente a la extrusora en forma de gránulos y está plastificada (es decir, convertida en el estado fundido) a través de la entrada de calor (a través de la carcasa de la extrusora) y la acción mecánica de un tornillo, que trabaja el material polimérico y lo entrega a la cruceta extrusora donde se aplica al núcleo subyacente. El cilindro a menudo se divide en varias secciones, conocidas como "áreas", cada una de las cuales tiene un control independiente de la temperatura. Las áreas más alejadas de la matriz de extrusión (es decir,

el extremo de salida de la extrusora) típicamente se fijan a una temperatura más baja que las que están más cerca de la boquilla de extrusión. Por lo tanto, como el material se mueve a través de la extrusora se somete a mayores temperaturas gradualmente a medida que alcanza la boquilla de extrusión. La expansión de la funda interior (y opcionalmente el material de relleno, si se utiliza alguno) se realiza durante la operación de extrusión utilizando los productos y parámetros discutidos anteriormente.

Si se utiliza un material de relleno, el elemento montado se entrega preferentemente a los medios de extrusión provista de un cabezal de extrusión de doble capa, comprendiendo el equipo dos extrusoras separadas fluyen hacia un cabezal de extrusión común a fin de depositar, respectivamente, el material de relleno y la capa interior de la funda en el elemento montado por coextrusión. El cabezal de extrusión de doble capa comprende una boquilla macho, una boquilla intermedia, y una boquilla hembra. Las boquillas están dispuestas en la secuencia que acabamos de discutir, concéntricamente superpuestas entre sí y extendiéndose radialmente desde el eje del elemento montado. La capa de funda interior 330 se extrude en una posición radialmente externa a la capa de relleno 335 a través de un conducto situado entre la matriz intermedia y la boquilla hembra. Por lo tanto, al mismo tiempo que se desenrolla el elemento montado, la composición polimérica expandible utilizada en la capa de funda interior 330 y la composición polimérica expandida o no expandida utilizada en la capa de relleno 335 se alimentan por separado a la entrada de cada extrusora en una manera conocida, por ejemplo mediante el uso de dos tolvas separadas.

El conjunto de cable semiacabado obtenido de esta manera se somete generalmente a un ciclo de enfriamiento. El enfriamiento se consigue preferiblemente moviendo el conjunto de cable semiacabado en un canal de enfriamiento que contiene un fluido adecuado, típicamente agua de pozo/agua de río o de un bucle cerrado de refrigeración del sistema de agua. La temperatura del agua puede ser de entre 2°C y 30°C, pero se mantiene preferiblemente entre 10°C y 20°C. Durante la extrusión y en cierta medida durante el enfriamiento, la capa de funda interior 330 se colapsa para tomar sustancialmente la forma de la periferia del elemento montado. Aguas abajo desde el ciclo de enfriamiento, el conjunto se somete generalmente a un secado, por ejemplo por medio de sopladores de aire, y se recoge en una tercera bobina de recogida.

Para obtener el cable que se ilustra en la figura 3A, el proceso de producción comprende además una línea donde el conjunto de cable semiacabado se desenrolla de la tercera bobina de recogida, y se aplica una capa de armadura de metal en una forma conocida, tal como colocando una armadura de cinta de aluminio entrelazada alrededor de la funda interior (etapa 640). El conjunto de cable se alimenta a continuación a un equipo de extrusión diseñado para aplicar la funda exterior 350 (etapa 650). Si la cubierta exterior 350 está hecha de un material expandido, que puede ser expandido de la misma manera como se discutió para la capa de funda interior 330, aunque generalmente en un grado menor que el interior de la funda. Al igual que la capa de funda interior 330, la funda exterior 350 se somete a una etapa de enfriamiento adecuado. El cable terminado se enrolla en una bobina de recogida final.

Los expertos en la materia reconocerán que varias variaciones de este proceso se pueden utilizar para obtener un cable consistente con los principios de la invención. Por ejemplo, varias etapas del proceso se pueden realizar en paralelo al mismo tiempo. Estas variaciones son conocidas para ser consideradas dentro del ámbito de aplicación de los principios de la invención.

Se produjeron cables empleando compuesto Polyvinyl Chloride Jacketing JG-513-GO producido por Poly One y agente espumante HOSTATRON SYSTEM PV 22167. Se diseñaron herramientas de extrusión para proporcionar una relación de reducción ("DDR") de 1,5:1. Los solicitantes han descubierto que un DDR demasiado alto repercute negativamente en la calidad general de la funda de acabado expandido. Para este compuesto de enfundado se ha encontrado que un DDR de aproximadamente 1,4:1 a aproximadamente 1,9:1 que es bastante adecuado, siendo preferible un DDR de entre aproximadamente 1,6:1 y aproximadamente 1,8:1. Se utiliza un perfil de temperatura como sigue: 170°C (Área de cilindro 1)/175°C (Área de cilindro 2)/175°C (Área de cilindro 3)/180°C (Área de cilindro 4)/180°C (cabezal)/180 ° C (boquilla). La punta se ajustó a ras o ligeramente rebajada de la cara de la boquilla. Se aplicó también un ligero vacío para controlar la estanqueidad de la funda sobre el elemento montado de conductores múltiples. La presión de fusión osciló entre 4,08 y 5,44 MPa.

Los resultados de las pruebas de la Tabla 2 se obtuvieron medidos desde la capa de funda interior expansible. El interior de la funda fue producido por el procedimiento descrito anteriormente utilizando una velocidad de adición de 0,2% de mezcla madre espumante HOSTATRON SYSTEM PV 22167 que resulta en una reducción de la densidad de aproximadamente 10%.

Tabla 2

	Valores de prueba reales	Requisito CSA C22.2 No. 131 Spec'n
Tracción (MPa), mínima	12,65	10,4
Alargamiento (%), mínimo	239,00	100,0
Tracción de envejecimiento (% ret.), mínima	108,00	75,0
Elongación de envejecimiento (% ret.), mínima	75,00	65,0
Tracción de petróleo de envejecimiento (% ret.), mínima	100,00	75,0
Alargamiento de aceite de envejecimiento (% ret.), mínima	95,00	75,0
Deformación, máxima	31,60	35,0

5 Aunque las realizaciones preferidas de la invención se han descrito e ilustrado anteriormente, debe entenderse que estos son ejemplares de la invención y no deben ser considerados como limitativos. Adiciones, omisiones, sustituciones y otras modificaciones pueden hacerse sin apartarse del espíritu o alcance de la presente invención. Por consiguiente, la invención no se considerará como limitada por la descripción anterior, y sólo está limitada por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un cable (300) que comprende:
 - 5 al menos dos núcleos, estando los al menos dos núcleos trenzados juntos para formar un elemento montado;
 - una capa interior de la funda (330) que comprende un material polimérico circundante y teniendo sustancialmente la forma de la periferia del elemento montado, siendo una sección transversal de la capa de funda interior y el elemento montado no circular;
 - 10 una armadura metálica (340) que tiene una sección transversal sustancialmente circular que rodea y en contacto con la capa interior de la funda (330); y
 - una funda exterior polimérica (350) que rodea la armadura metálica (340) y que forma el exterior del cable, **caracterizado porque** el material polimérico es un material polimérico expandido y en que la armadura metálica contacta parcialmente con la capa interior de la funda.
2. El cable de la reivindicación 1, en el que el cable tiene dos núcleos y siendo la sección transversal del elemento montado y la capa de funda interior sustancialmente en forma oblonga.
3. El cable de la reivindicación 1, en el que el cable tiene tres núcleos y la sección transversal del elemento montado y la capa de funda interior es sustancialmente de forma triangular.
4. El cable de la reivindicación 1, en el que el cable tiene cuatro núcleos y la sección transversal del elemento montado y la capa de funda interior es sustancialmente en forma de diamante.
- 20 5. El cable de la reivindicación 1, en el que la capa interior de la funda en una posición de puente entre dos conductores trenzados es cóncava en una dirección hacia el eje del cable.
6. El cable de la reivindicación 1, que comprende además intersticios interiores entre los conductores trenzados en un lado axial de la capa de funda interior.
7. El cable de la reivindicación 1, que comprende además intersticios exteriores entre la capa de funda interna y la armadura metálica, estando los intersticios exteriores sustancialmente desprovistos de material de relleno.
- 25 8. El cable de la reivindicación 7, en el que el número de intersticios exteriores es igual al número de núcleos en el cable.
9. El cable de la reivindicación 6, que comprende además un material de relleno dentro de al menos uno de los intersticios interiores.
- 30 10. El cable de la reivindicación 9, en el que el material de relleno comprende material fibroso o extruido.
11. El cable de la reivindicación 1, en el que la capa de funda interior está formada por extrusión con una relación de estiramiento de aproximadamente 1,4:1 hasta aproximadamente 1,9:1.
12. El cable de la reivindicación 1, en el que el material polimérico expandido de la capa de funda interior comprende al menos un material seleccionado del grupo que consiste en cloruros de polivinilo (PVC), acetatos de etileno vinilo (EVA), polietileno de baja densidad, polietileno lineal de baja densidad, polietileno de media densidad, polietileno de alta densidad, polipropileno, y polietileno clorado.
- 35 13. El cable de la reivindicación 1, en el que el material polimérico expandido de la capa de funda interior tiene un grado de expansión en el intervalo de aproximadamente 2% hasta aproximadamente 50%.
14. El cable de la reivindicación 13, en el que el material polimérico expandido de la capa de funda interior tiene un grado de expansión en el intervalo de aproximadamente 10% hasta aproximadamente 12%.
- 40 15. El cable de la reivindicación 11, en el que el material polimérico expandido de la capa de funda interior está formado por extrusión con una relación de estiramiento de aproximadamente 1,6:1 hasta aproximadamente 1,8:1 y tiene un grado de expansión en el intervalo de aproximadamente 30% hasta aproximadamente 35 %.
16. El cable de la reivindicación 1, en el que el material polimérico de revestimiento exterior comprende un material expandido.
- 45 17. Un procedimiento de fabricación de un cable eléctrico que comprende:
 - proporcionar al menos dos núcleos para formar un elemento montado;

expandir un material polimérico con un agente de formación de espuma exotérmica;

extrudir el material polimérico expandido en una capa alrededor del elemento montado, el material expandido que tiene una relación de estiramiento de aproximadamente 1,4:1 hasta aproximadamente 1,9:1 y que colapsa en el elemento montado;

- 5 aplicar una armadura metálica alrededor del material polimérico expandido, la armadura es sustancialmente circular y crear una pluralidad de vacíos entre la armadura y el material polimérico expandido;

extrudir de una funda exterior en la armadura metálica.

18. El procedimiento de la reivindicación 17, en el que el agente de formación de espuma exotérmica es un agente de formación de espuma de fase diluida.

- 10 19. El procedimiento de la reivindicación 17, en el que el agente de formación de espuma de fase diluida es un material a base de azodicarbonamida.

20. El procedimiento de la reivindicación 17, en el que el material polimérico expandido de la capa de funda interior tiene un grado de expansión en el intervalo de aproximadamente 2% hasta aproximadamente 50%.

- 15 21. El procedimiento de la reivindicación 20, en el que el material polimérico se expande en el intervalo de aproximadamente 10% hasta aproximadamente 12%.

22. El procedimiento de la reivindicación 20, en el que el material polimérico se expande en el intervalo de aproximadamente 30% hasta aproximadamente 35% y se extrude con una relación de estiramiento de aproximadamente 1,6:1 hasta aproximadamente 1,8:1.

- 20 23. El procedimiento de la reivindicación 17, en el que el elemento montado incluye intersticios interiores y que comprende además la extrusión de material de relleno en al menos un intersticio interior.

24. El procedimiento de la reivindicación 17, en el que el material polimérico expandido comprende al menos un material seleccionado del grupo que consiste en cloruros de polivinilo (PVC), acetatos de etileno vinilo (EVA), polietileno de baja densidad, polietileno lineal de baja densidad, polietileno de media densidad, polietileno de alta densidad, polipropileno, y polietileno clorado.

- 25 25. El procedimiento de la reivindicación 17, que comprende además la conformación con espuma un material que comprende la cubierta exterior antes de la extrusión de la funda exterior sobre la armadura metálica.

TÉCNICA ANTERIOR

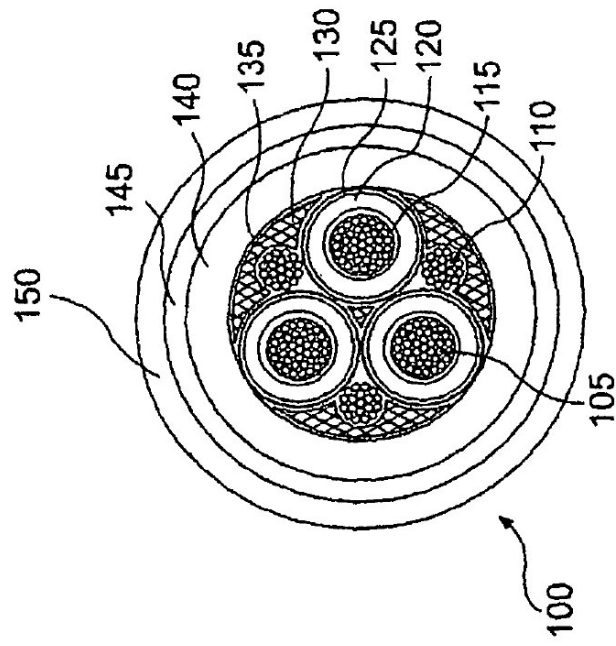


FIG. 1

TÉCNICA ANTERIOR

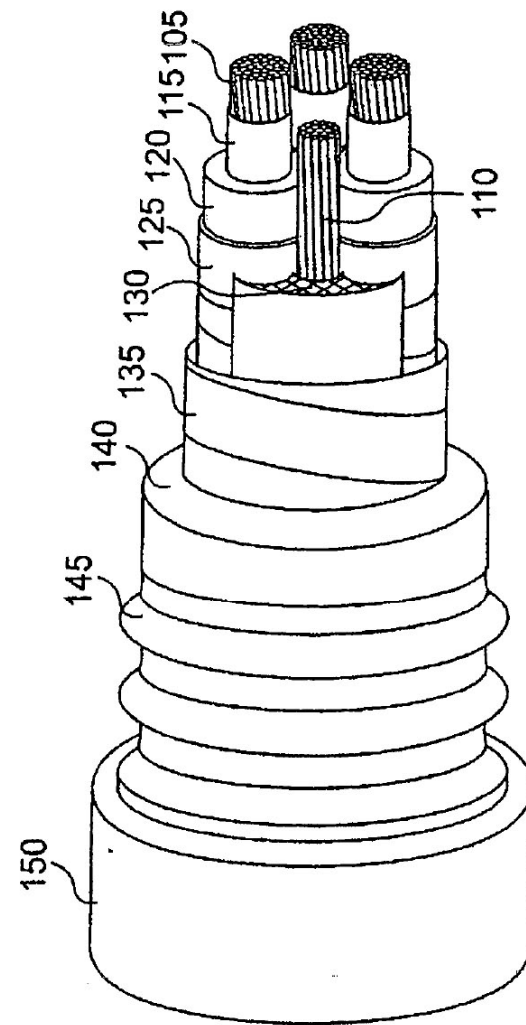


FIG. 2

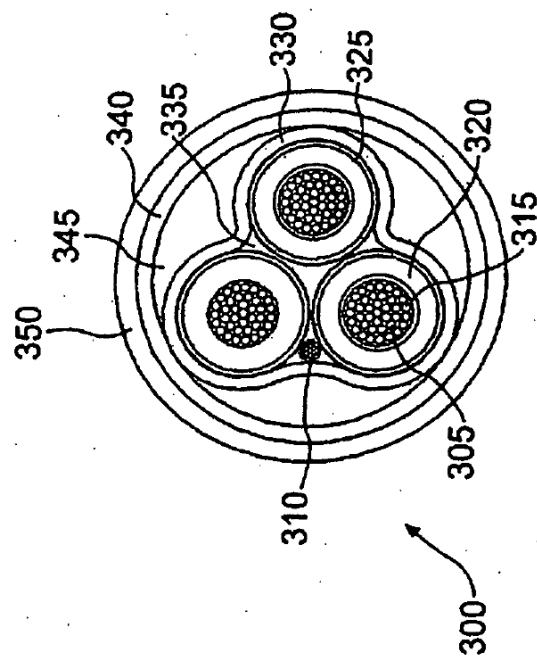


FIG. 3A

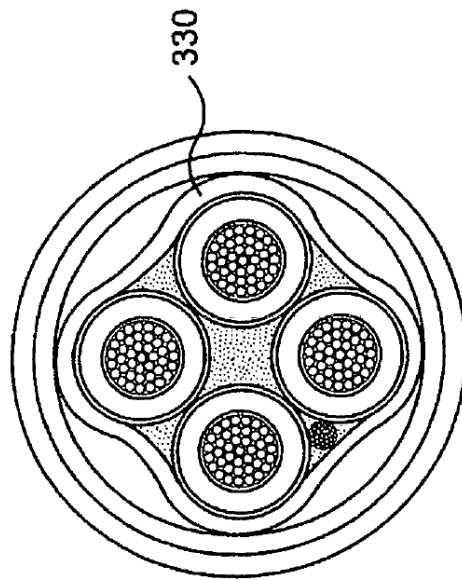


FIG. 3C

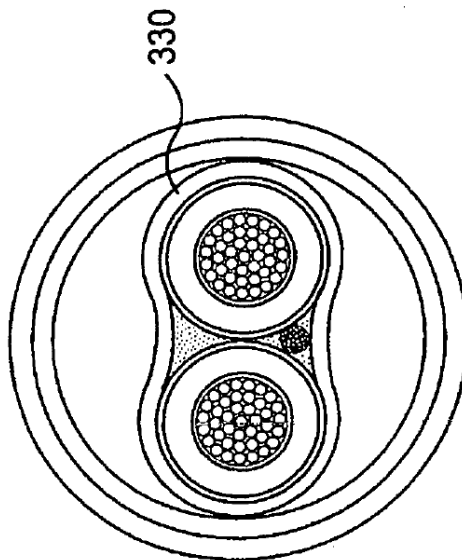


FIG. 3B

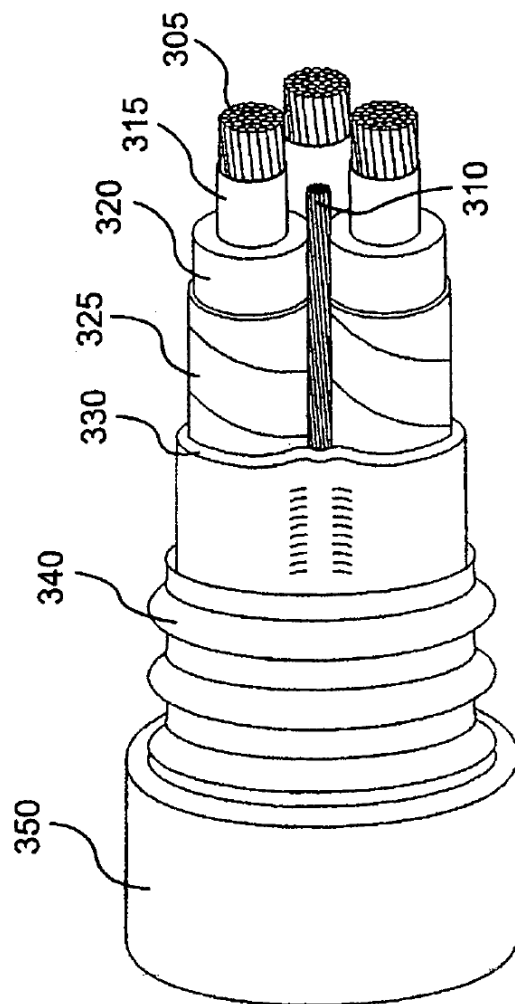


FIG. 4

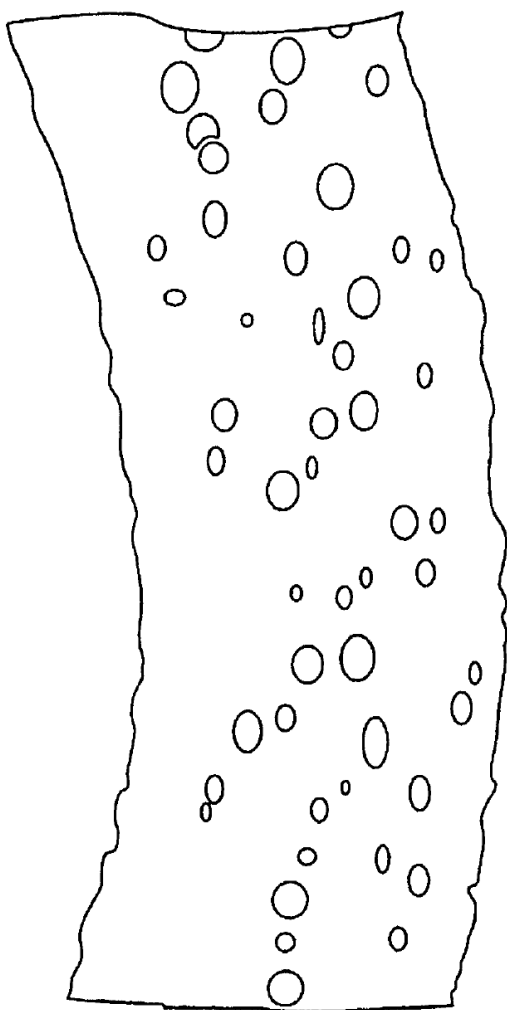


FIG. 5A

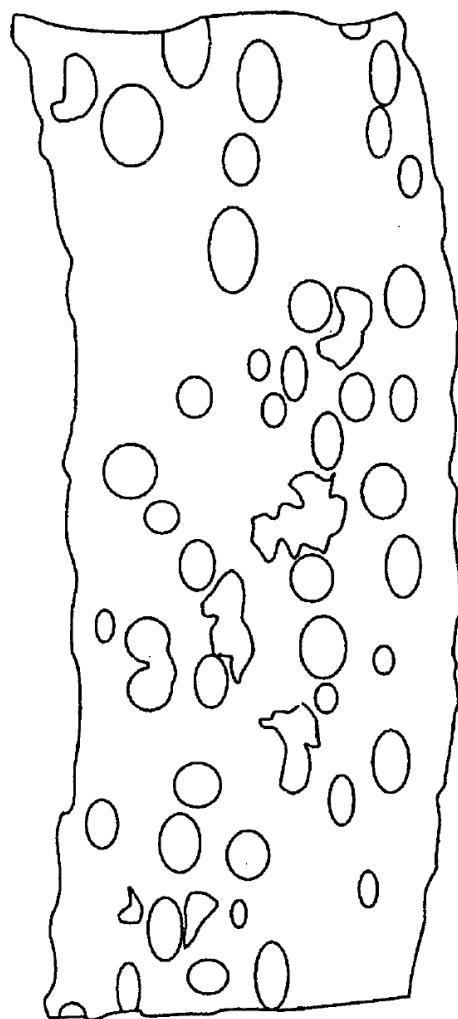


FIG. 5B

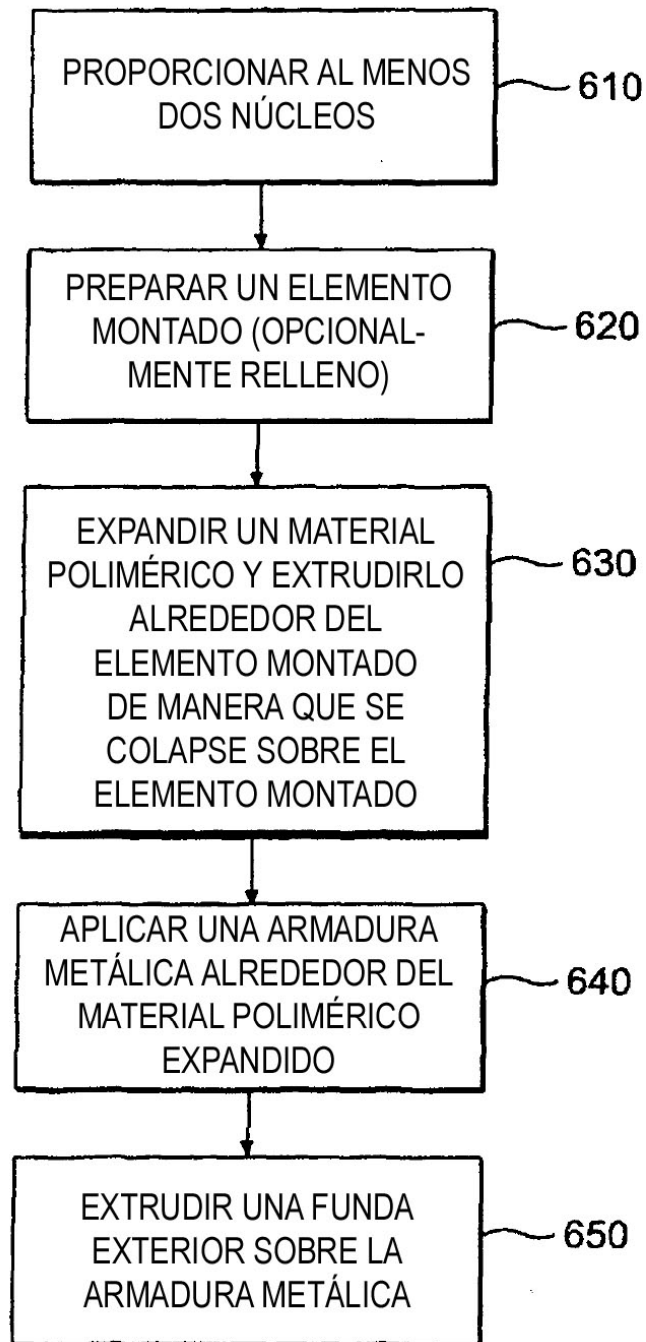


FIG. 6