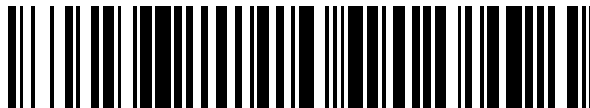


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 929 621**

51 Int. Cl.:

H01B 7/04 (2006.01)

H01B 7/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2016 PCT/EP2016/073197**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2018 WO18059685**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2016 E 16779029 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2022 EP 3520121**

54 Título: **Cable con elementos de tracción ligeros**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.11.2022

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

72 Inventor/es:
CONSONNI, ENRICO MARIA;
MIRAMONTI, GIANNI;
DE RAI, LUCA GIORGIO MARIA y
VEGETTI, PAOLO

74 Agente/Representante:
PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 929 621 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 con elementos de tracción ligeros

5 ANTECEDENTES

[0001] La presente invención se refiere al campo de los cables. Estos cables pueden emplearse, por ejemplo, para aplicaciones submarinas y, más en particular, para aplicaciones submarinas en aguas profundas. En particular, la presente invención se refiere a un cable con una armadura que comprende elementos de tracción ligeros para proporcionar resistencia a la tracción a un cable o similar.

TÉCNICA ANTERIOR

[0002] Los cables ópticos, cables de alimentación, cables umbilicales o similares para aplicaciones submarinas son bien conocidos en la técnica.

[0003] A efectos de la presente invención, a menos que se especifique lo contrario, los términos "cable submarino", "cable para aplicaciones submarinas" (o cualquier lenguaje similar) o simplemente "cable" incluirán un elemento flexible alargado configurado para transportar señales de energía y/o de telecomunicaciones y/o uno o más fluidos. A efectos de la presente invención, a menos que se especifique lo contrario, el término "cable" incluirá, por ejemplo, cable de alimentación, cable óptico, cable umbilical o cualquier combinación de estos.

[0004] La presente invención no se limita a cables para aplicación submarina y se puede aplicar a otros campos donde la resistencia a la tracción y el peso ligero son de importancia. De hecho, el peso ligero es deseable en cualquier cable, pero es particularmente deseable en cables suspendidos como los de ascensores, pozos o aplicaciones mineras.

[0005] Durante la instalación y el funcionamiento, los cables deberían soportar cargas de alta resistencia a la tracción. Por ejemplo, un cable submarino cuelga de la embarcación de instalación desde la superficie del agua hasta el fondo del mar durante muchos cientos de metros con el consecuente esfuerzo de tracción sustancial.

[0006] Además, el sistema de desenrollado de la embarcación de instalación debe ser proporcional al peso del cable a desplegar. Cuanto más pesado sea el cable, más fuerte debe ser la fuerza de agarre del sistema de desenrollado. A medida que aumenta la fuerza de agarre, también tiene que aumentar la resistencia a la compresión del cable. La falla por aplastamiento causada por el agarre es un modo de falla conocido.

[0007] Se sabe que proporciona resistencia a la tracción mediante el uso de miembros de tracción de acero colocados axialmente o, preferentemente, en una disposición trenzada alrededor de la estructura de cable para formar una armadura, como se muestra, por ejemplo, en el documento WO 2010/075873.

[0008] Se han propuesto elementos de tracción hechos de material polimérico. Los elementos de tracción poliméricos son atractivos ya que son más ligeros que los elementos de tracción metálicos con resistencia a la tracción análoga.

[0009] El documento US 2012/0279750 describe un cable de alimentación de alta tensión para aplicaciones en aguas ultraprofundas (al menos 3000 metros bajo el nivel del mar). El cable comprende un paquete de armadura que comprende alambres de acero, pero también puede contener materiales compuestos que consisten en fibra de aramida, fibra de carbono o similar. El paquete de armadura se aplica con un ángulo de cableado inferior al ángulo de cableado en el haz central de las tres fases de potencia, estando controlados entre sí el ángulo de cableado en el haz central y el paquete de armadura. El cable comprende un elemento central longitudinal que consiste en un material elástico, y elementos longitudinales colocados entre los conductores aislados y que consisten en material polimérico. El elemento elástico central funcionará como lecho blando para los conductores aislados y permitirá que dichos conductores se muevan hacia el centro debido a las fuerzas radiales aplicadas desde el paquete de armadura y la carga de tracción axial en los propios conductores aislados. Los elementos de polímero colocados entre los conductores aislados transfieren las fuerzas radiales del paquete de armadura en un área grande y, debido a esto, dichos conductores aislados en sí no se deforman significativamente.

[0010] El documento US 4.059.951 describe un cable electromecánico que tiene miembros de deformación no metálicos con revestimiento individual. El revestimiento está hecho preferentemente de un material plástico conformable, y la parte que soporta deformación del miembro de tensión compuesto es preferentemente un haz de hilos o fibras de aramida o similares. La capa circunferencial externa de los miembros de deformación se tuerce helicoidalmente hacia la izquierda en un ángulo de alrededor de 18 grados, mientras que la capa circunferencial interna de los miembros de deformación se tuerce helicoidalmente hacia la derecha en un ángulo de alrededor de 18 grados. Con el fin de permitir un movimiento de deslizamiento longitudinal de la parte que soporta deformación dentro del revestimiento, es esencial que o bien la parte que soporta deformación del miembro compuesto (es decir, hilos o fibras)

tenga una superficie externa muy resbaladiza, o de lo contrario es necesario que el haz de fibras o similares se lubriquen en la superficie externa del haz.

5 **[0011]** El documento US 7.285.726 describe un cable submarino eléctrico con una vaina libre de metal. La vaina está hecha de material polimérico semiconductor con un número de elementos de armadura de material dieléctrico, que están incrustados en la vaina. Los elementos de armadura consisten en fibras de poliaramida o fibras de polietileno altamente orientado. Estos haces de dichas fibras están comprendidos por una vaina de un material polimérico que preferentemente es semiconductor.

10 **[0012]** El documento US4874219A se refiere a un cable resistente a los animales.

[0013] El documento US 2013048373A1 se refiere a un umbilical para su uso en la producción en alta mar de hidrocarburos y, en particular, a un umbilical de alimentación para su uso en aplicaciones en aguas profundas. El documento US2014318858A1 describe un cable electromecánico de baja resistencia de alta potencia.

15 **[0014]** El documento US2007044992A1 describe un cable submarino eléctrico con un conductor eléctrico, un aislamiento y una vaina.

20 **[0015]** Thomas Worzyk "SubmarinePower cable - design, installation, repair, environmental aspects", 11 de diciembre de 2009, revela las características de los cables de alimentación submarinos.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

25 **[0016]** El solicitante ha abordado el problema de proporcionar un cable configurado para instalaciones que ejercen un esfuerzo de tracción considerable sobre el cable y, más en general, el deseo de tener un cable más ligero que se sienta en instalaciones verticales.

30 **[0017]** En el caso de los cables submarinos, se buscan instalaciones a grandes profundidades, por ejemplo, a profundidades de unos 3000 m o más.

35 **[0018]** En particular, el solicitante se ha enfrentado al problema de proporcionar un cable submarino con una armadura hecha de elementos de tracción poliméricos que brindan un alargamiento limitado del cable desde las primeras etapas de instalación, permitiendo así el despliegue del cable incluso a grandes profundidades. Dicha armadura debería estar dotada de una resistencia adecuada a la compresión (aplastamiento) y propiedades de flexión adecuadas para el transporte y el despliegue.

40 **[0019]** El solicitante ha investigado diversos diseños y disposiciones de elementos de tracción poliméricos. El solicitante ha percibido que la capacidad de un cable para resistir a altos esfuerzos de tracción aumenta cuando la armadura que los comprende tiene una reacción a la aplicación de esfuerzo de tracción más rápida que las de los otros elementos del cable, en particular la de los conductores del cable.

45 **[0020]** El solicitante ha descubierto que, cuando los elementos de tracción poliméricos de la armadura están dispuestos según una baja pérdida de cableado, se puede lograr dicha reacción más rápida con respecto a los componentes del cable dispuestos radialmente hacia fuera o radialmente hacia dentro.

[0021] En la presente descripción y reivindicaciones, la expresión "longitud de cableado" indicará la distancia longitudinal en la que un elemento trenzado dispuesto en una trayectoria helicoidal completa un giro circunferencial, estando medida dicha longitud a lo largo del eje de hélice.

50 **[0022]** En la presente descripción y reivindicaciones, la expresión "pérdida de cableado" indicará una diferencia porcentual entre la longitud de cableado de un elemento trenzado y la longitud de trayectoria real del elemento trenzado a lo largo de su hélice.

55 **[0023]** El solicitante experimentó que, en el caso de la armadura de elemento de acero, una baja pérdida de cableado aumenta la estabilidad de tensión del cable, pero da lugar a una mayor rigidez a la flexión que dificulta el enrollado y la deposición del cable si no, en algunos casos, imposible de manejar.

60 **[0024]** El solicitante constató que una armadura hecha de elementos de tracción poliméricos enrollados con una pérdida de cableado del 1,5 % como máximo proporciona al cable una estabilidad a la tracción adecuada para el despliegue del cable incluso a profundidades de mar de 3000 m o más, mientras que las características de flexión del cable siguen siendo aceptables. Además, el solicitante constató que una armadura polimérica enrollada con una pérdida de cableado tan baja, cuando está bajo tensión, ejerce una fuerza radial insignificante en la estructura del cable subyacente de modo que no se necesitan elementos o capas de amortiguación.

65 **[0025]** Según un primer aspecto, la presente invención proporciona un cable según la reivindicación 1.

[0026] El cable puede ser un cable óptico, un cable de alimentación o un cable umbilical. Preferentemente, el cable es para aplicaciones submarinas.

5 **[0027]** Ventajosamente, las fibras de alta resistencia a la tracción comprenden fibras que tienen un módulo de Young entre 50 GPa y 200 GPa.

[0028] Preferentemente, los elementos de tracción poliméricos alargados están dispuestos con una pérdida de cableado del 1,0% como máximo, más preferentemente del 0,4 % al 0,9 %.

10

[0029] En el caso de que el cable de la invención comprenda una pluralidad de núcleos de cable trenzados entre sí, la pérdida de cableado (y, por consiguiente, la longitud de cableado y el ángulo de cableado) de los elementos de tracción poliméricos alargados de la invención es independiente de la pérdida de cableado de los núcleos de cable trenzado.

15

[0030] La armadura de tracción del cable de la invención puede comprender una capa de elementos de tracción poliméricos alargados. En algunas realizaciones, los elementos de tracción poliméricos alargados se proporcionan en una sola capa, en otras se proporcionan en una construcción de dos capas, tal como se mostrará a continuación.

20

[0031] El solicitante ha descubierto que, cuando los elementos de tracción poliméricos alargados comprenden fibras firmemente dispuestas en el revestimiento, se puede mejorar la resistencia a la tracción. Ventajosamente, el revestimiento del elemento de tracción polimérico alargado de la invención aloja un haz de fibras de alta resistencia a la tracción con una compactación (porcentaje de volumen de fibra de alta resistencia a la tracción con respecto al espacio vacío entre las fibras ópticas) del 55 % al 90 %, preferentemente del 60 % al 80 %.

25

[0032] En realizaciones de la invención, el revestimiento aloja dos haces en contacto directo entre sí.

[0033] En las realizaciones de la presente invención, las fibras de alta resistencia a la tracción dentro del revestimiento tienen una densidad de 0,9 a 3 g/cm³.

30

[0034] Según un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un procedimiento para fabricar un cable según la reivindicación 10.

[0035] Preferentemente, el cable de la invención carece de vaina polimérica extruida en posición externa exterior con respecto a la armadura de tracción. La armadura de tracción puede estar protegida por una capa de forro hecha de hilos enrollados (diseño semihúmedo)

35

BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

40 **[0036]** La presente invención se volverá completamente clara al leer la siguiente descripción detallada, que se leerá haciendo referencia a los dibujos adjuntos, donde:

- las figuras 1a y 1b son vistas esquemáticas de dos elementos de tracción poliméricos según realizaciones de la presente invención;

45 - la figura 2 es una representación esquemática del ángulo de la hélice α , la longitud de cableado L y la longitud de la hélice πd ;

- la figura 3 es un gráfico que muestra la relación entre la pérdida de cableado y el ángulo de la hélice;

- la figura 4 es una vista axonométrica del cable de alimentación de núcleo único con armadura;

- la figura 5 es una vista axonométrica de un cable de alimentación de tres núcleos con armadura; y

50 - la figura 6 es una sección transversal de un cable umbilical con armadura.

DESCRIPCIÓN DE LOS EJEMPLOS

[0037] A los efectos de la presente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, se usan las palabras "un" o "una" para describir elementos y componentes de la invención. Esto se hace meramente por conveniencia y para dar una idea general de la invención. En esta descripción y las reivindicaciones deberían leerse de tal modo que incluyan uno o al menos uno, y el singular también incluya el plural, a menos que sea obvio que se entienda lo contrario.

55

[0038] La presente invención se refiere a un elemento de tracción polimérico ligero alargado para un cable, a un cable que soporta esfuerzos de alta resistencia a la tracción que comprende dicho miembro de tracción alargado y un procedimiento de fabricación de dicho cable. Más específicamente, el elemento de tracción polimérico alargado está configurado para ensamblarse en una armadura de cualquiera de un cable óptico, un cable de alimentación, un cable umbilical (o similar), en particular, pero no solo, para aplicaciones submarinas. La presente invención también incluye un cable óptico, un cable de alimentación, un cable umbilical (o similar) en particular, pero no solo, para

65

- 5 **[0039]** Según una realización, como se muestra en la figura 1a, el elemento de tracción polimérico alargado 11 según la presente invención comprende un haz 13 de fibras de alta resistencia y un revestimiento 12 que retiene de forma compacta dicho haz 13. En otras realizaciones, como se muestra en la figura 1b, un único revestimiento 12 está configurado para retener dos haces 13 de fibras alojadas adyacentes y en contacto directo entre sí. En la siguiente descripción, esta configuración de dos haces también se denomina "haz doble".
- 10 **[0040]** El revestimiento 12 es preferentemente un tubo extruido hecho de polietileno (PE), polipropileno (PP) o un material similar.
- [0041]** El revestimiento puede tener un espesor de pared entre 0,3 mm y 1,8 mm, preferentemente entre 0,5 mm y 1,5 mm.
- 15 **[0042]** El haz 13 de fibras comprende ventajosamente fibras de alta resistencia a la tracción unidireccionales, que se extienden sustancialmente a lo largo de un eje longitudinal del elemento de tracción polimérico alargado.
- [0043]** El haz 13 comprende preferentemente fibras hechas de un material que tiene un módulo de Young entre 50 GPa y 200 GPa.
- 20 **[0044]** Por ejemplo, las fibras del haz 13 son fibras de aramida. Preferentemente, dichas fibras tienen un módulo de Young entre 130 GPa y 179 GPa. Se considera que las fibras de aramida son preferibles en vista de su tasa altamente favorable entre el módulo elástico y el peso.
- 25 **[0045]** En otras realizaciones, el haz de la invención puede comprender fibras de polietileno de peso molecular ultra alto (UHMwPE, por sus siglas en inglés), tales como, por ejemplo, Dyneema® fabricada por la empresa DSM Dyneema B.V., Geleen, Países Bajos. De manera adecuada, dichas fibras tienen un módulo de Young entre 55 GPa y 172 GPa.
- 30 **[0046]** En otras realizaciones, el haz de la invención puede comprender polímero de cristal líquido (LCP, por sus siglas en inglés), tal como, por ejemplo, Vectran® fabricado por la empresa Kuraray Co., Ltd., Osaka, Japón.
- [0047]** El solicitante ha realizado varios ensayos y ha llegado a la conclusión de que la densidad de los hilos en el revestimiento puede ser un problema crítico para reducir la holgura de las fibras de alta resistencia a la tracción dentro del revestimiento. Según las realizaciones preferidas, la densidad de las fibras debería estar en un intervalo de 35 0,9 a 3,0 g/cm³.
- 40 **[0048]** El solicitante ha realizado varios ensayos y ha llegado a la conclusión de que también la compactación de las fibras en el revestimiento puede ser un problema crítico para reducir la holgura de las fibras dentro del revestimiento. Según la presente invención, la compactación de fibras se expresa en términos de densidad de masa lineal de fibras por área de sección transversal. Más específicamente, se utiliza tex para la densidad de masa lineal de las fibras y se utilizan milímetros cuadrados (mm²) para el área de sección transversal. Tex es una unidad de medida para la densidad de masa lineal de las fibras y se define como la masa en gramos por 1000 metros. El código de unidad es "tex". La unidad más comúnmente utilizada es en realidad el decitex (abreviado, dtex), que es la masa en gramos por 10 000 metros.
- 45 **[0049]** Ventajosamente, el haz de los presentes elementos de tracción poliméricos alargados contiene fibras con una compactación del 55 % al 90 %, preferentemente del 60 % al 80 %.
- 50 **[0050]** Una pluralidad de elementos de tracción poliméricos alargados según la presente invención está dispuesta para proporcionar una armadura de cable. Más detalladamente, se utiliza una pluralidad de elementos de tracción poliméricos alargados, dispuestos de lado a lado en una disposición circular, para formar una única capa de armadura de tracción. Se proporciona una capa de armadura de tracción adicional para que se forme una armadura de doble capa. Preferentemente, los devanados helicoidales de la segunda capa de armadura de tracción se extienden a lo largo de una dirección de devanado que es opuesta a la dirección de devanado de los devanados helicoidales de la primera capa de armadura de tracción con respecto al eje longitudinal, para definir una configuración cruzada. Preferentemente, los devanados helicoidales de la primera y segunda capas de armadura de tracción se colocan con sustancialmente el mismo paso, en direcciones opuestas, para evitar rotaciones de cables bajo carga axial.
- 55 **[0051]** Según la presente invención, cada uno de la pluralidad de elementos de tracción poliméricos alargados según la presente invención está dispuesto según una pérdida de cableado dada. Preferentemente, la pérdida de cableado de los elementos de tracción poliméricos alargados que forman cada una de las capas de armadura es de entre el 0,5 % y el 2,0 %. Según una realización preferida, la pérdida de cableado es de entre el 0,5 % y el 1,0 %.
- 60 **[0052]** La pérdida de cableado es una función del ángulo de la hélice a, como se mostrará mediante las siguientes ecuaciones y con referencia al dibujo esquemático de la figura 2, donde a = ángulo de la hélice, L = longitud

de cableado, d = diámetro de la hélice y S = longitud de la hélice

$$\pi d = L \tan \alpha$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{\pi d}{L} \right)$$

$$S = \sqrt{L^2 + (\pi d)^2} - L$$

$$\frac{L}{d} = \frac{\pi}{\tan \alpha}$$

$$\cos \alpha = \frac{1}{\text{pérdida de cableado} + 1}$$

5

10

[0053] El gráfico de la figura 3 muestra cómo la pérdida de cableado (% en abscisa) varía según las variaciones del ángulo de la hélice α (grados, en ordenada). El gráfico muestra que, según el intervalo de pérdida de cableado de los elementos de tracción poliméricos alargados de la presente invención, el ángulo de la hélice es inferior a 12° y está preferentemente entre 6° y 8°.

15

[0054] Se ha fabricado y probado un prototipo de cable de núcleo único con armadura (figura 4) según una realización de la presente invención. En particular, la armadura de cable se fabricó con una pluralidad de elementos de resistencia alargados según la realización de la figura 1a.

20

[0055] La figura 4 muestra un cable de alimentación de núcleo único con armadura 400 adecuado para el despliegue submarino. El cable 400 comprende un único núcleo conductor aislado 401 que comprende un conductor eléctrico 401a, un sistema de aislamiento 401b (fabricado, a su vez, por una capa semiconductor interna rodeada por una capa aislante rodeada por una capa semiconductor externa) y un filtro 401c. En particular, el filtro 401c puede ser una vaina metálica hermética hecha, por ejemplo, de plomo o cobre.

25

[0056] El núcleo 401 está rodeado por una capa de plomo 403. Alrededor de la capa de plomo 403 se proporciona una armadura de tracción 410, que comprende al menos una capa de elementos de tracción poliméricos alargados 411 según la invención. Opcionalmente, un manguito separador (no ilustrado y hecho, por ejemplo, de polietileno) se interpone entre la capa de plomo 403 y la armadura de tracción 410 para preservar la superficie de plomo del rayado. Preferentemente, una capa de forro 420 rodea la armadura 410, estando hecha la capa 420, por ejemplo, de hilo de polipropileno.

30

[0057] La armadura de tracción 410 está configurada para aguantar fuerzas de tracción longitudinales a las que el cable de alimentación 400 puede someterse en funcionamiento. Los elementos de tracción poliméricos alargados 411 preferentemente se extienden en paralelo entre sí en una hélice coaxial con el eje longitudinal del cable X-X. Si bien los elementos de tracción poliméricos alargados 411 de la figura 4 tienen una sección transversal sustancialmente circular (como la sección transversal de los elementos alargados de la figura 1a), el cable prototipo se fabricó con elementos de tracción poliméricos alargados que tienen una sección transversal sustancialmente rectangular, como se muestra en la figura 1b.

35

40

[0058] El solicitante ha fabricado una pluralidad de elementos de tracción poliméricos alargados para la armadura del cable 400. Cada único elemento de tracción polimérico alargado 411 comprendía dos haces separados de fibras y un único revestimiento alrededor de los haces dobles, como el de la figura 1b.

45

[0059] Cada haz de fibras comprendía fibras aromáticas de poliamida (aramida) fabricadas por la empresa Teijin Aramid, Arnhem, Países Bajos. En particular, las fibras utilizadas eran fibras de aramida Twaron.

[0060] Por ejemplo, al principio se fabricaron hilos con 1000 fibras y 1610 dtex. Seis de estos primeros hilos se agruparon. Por lo tanto, cada haz incluía 6000 fibras y tenía 9660 dtex.

50

[0061] A continuación, se hizo una unidad de hilo. La unidad consistía en diecinueve haces como se estableció anteriormente. Por lo tanto, 19 x 9660 dtex = 183 540 dtex. El hilo de 183 540 dtex anterior se utilizó finalmente para hacer un haz de 5 mm de diámetro. Dicho haz de 5 mm de diámetro tiene un área de sección transversal de 19,63 mm², por lo tanto, el haz tiene 9348 dtex/mm². Esto corresponde a una compactación de alrededor del 65 %.

55

[0062] Las fibras en los haces y los haces mismos se proporcionaron en el revestimiento sustancialmente

paralelos al eje longitudinal del elemento de tracción polimérico alargado.

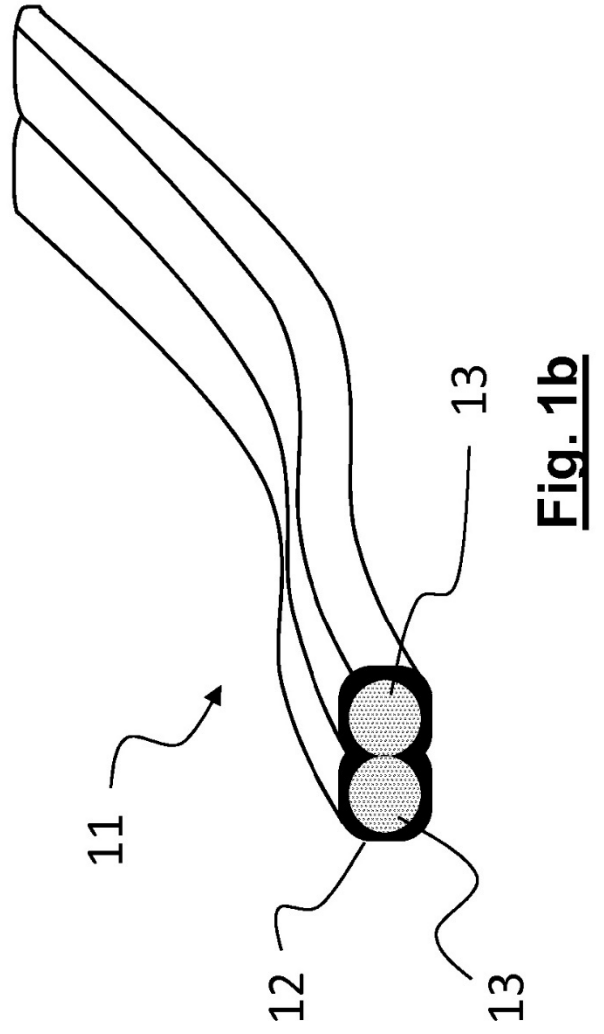
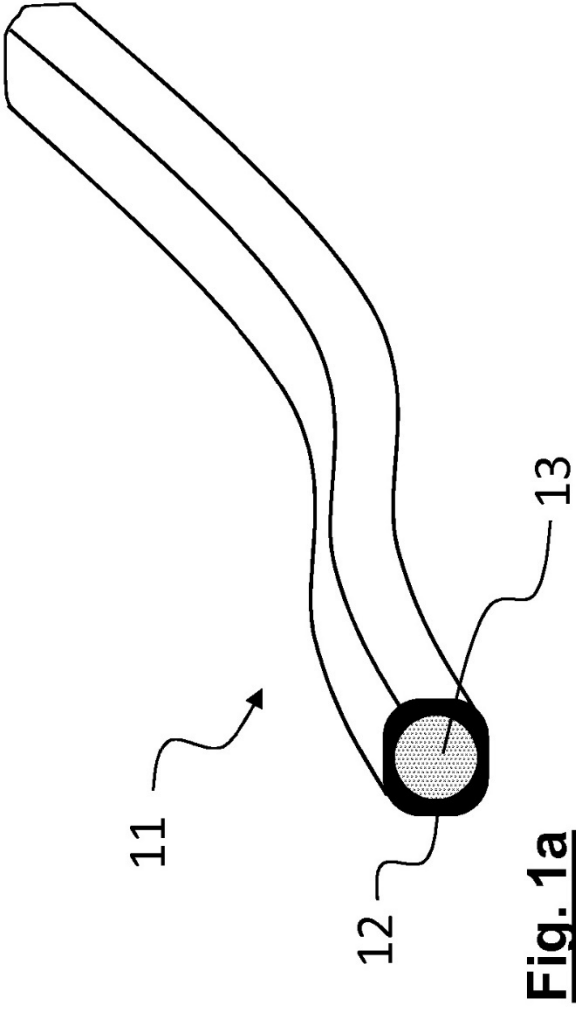
- [0063]** El solicitante ha fabricado y probado más cables que tienen una compactación diversa del 55 % al 90 %. Los valores de compactación inferiores al 55 % dieron como resultado una rapidez bastante baja de la armadura para tomar las fuerzas de tracción aplicadas al cable, por ejemplo, la carga de una longitud de cable submarino cuando se despliega en aguas muy profundas. Los valores de compactación dentro del intervalo de la invención dieron como resultado un rendimiento satisfactorio en términos de rapidez de la armadura para tomar las fuerzas de tracción aplicadas al cable de modo que el núcleo del cable no sufriera esfuerzos de tracción potencialmente dañinos.
- 5
- 10 **[0064]** En los cables probados, dos de estos haces de 5 mm se colocaron uno al lado del otro y se revistieron simultáneamente para formar un elemento de tracción polimérico alargado de doble haz de 7 mm x 12 mm, similar al representado en la figura 1b.
- [0065]** Se trenzaron dos capas de estos elementos de tracción poliméricos alargados de haz doble alrededor del núcleo del cable. La primera capa comprende 28 elementos de tracción poliméricos alargados de haz doble. La primera capa comprende 31 elementos de tracción poliméricos alargados de haz doble.
- 15
- [0066]** En una primera configuración, la pérdida de cableado de los elementos de tracción poliméricos alargados de haz doble de la primera y la segunda capa fue del 0,90 % correspondiente a un ángulo de hélice α de 7,7°.
- 20
- [0067]** En una segunda configuración, la pérdida de cableado de los elementos de tracción poliméricos alargados de haz doble de la primera y la segunda capa fue del 0,50 % correspondiente a un ángulo de hélice α de 5,7°.
- 25
- [0068]** El solicitante también ha evaluado materiales distintos de las fibras de aramida que podrían ser adecuados para fabricar un haz de fibras para un elemento de tracción polimérico alargado de un cable con armadura según la presente invención.
- 30 **[0069]** El solicitante ha llegado a la conclusión de que otras fibras de polímero de alta resistencia son aceptables, así como fibras inorgánicas como las fibras de vidrio.
- [0070]** Preferentemente, las fibras dentro del revestimiento no están unidas químicamente al revestimiento.
- 35 **[0071]** De manera alternativa, los intersticios de las fibras podrían llenarse con un polímero flexible o gel. Sin embargo, el solicitante cree que la incorporación de las fibras en cualquier matriz afecta a la flexibilidad de la subunidad y al cable terminado.
- [0072]** El revestimiento exterior en las subunidades podría estar hecho de varios grados de PE tal como HDPE (polietileno de alta densidad) o de otras resinas termoplásticas o termoestables tales como poliuretano, elastómeros termoplásticos, etc.
- 40
- [0073]** Según realizaciones preferidas, se puede aplicar una capa de adhesivo a la superficie externa del revestimiento del elemento de tracción polimérico alargado de la presente invención. De esta manera, el revestimiento y la capa externa protectora o forro hecha de hilos de polipropileno que es radialmente externa con respecto a la capa de armadura pueden ser mecánicamente congruentes entre sí. Esto reduce la holgura del revestimiento con respecto a las capas protectoras que están en contacto con la misma y facilita la manipulación del cable, especialmente en los extremos del mismo.
- 45
- 50 **[0074]** Preferentemente, la capa de adhesivo se rocía sobre la superficie externa del revestimiento. Es preferible que el adhesivo permanezca en un estado de fusión durante un tiempo suficiente para colocar el elemento de tracción polimérico alargado en la capa protectora interna y para aplicar una capa protectora externa sobre esta. Un material adhesivo adecuado puede ser Instaweld 6615E (empresa National Starch & Chemical AB).
- 55 **[0075]** La capa adhesiva se puede aplicar sobre la capa protectora interior y sobre cualquiera de las capas de armadura de tracción.
- [0076]** El elemento de tracción polimérico alargado según la presente invención se puede utilizar para otros cables que no sean el cable de la figura 4. Por ejemplo, se puede utilizar para formar una armadura de una sola capa en el cable de alimentación de tres núcleos de la figura 5.
- 60
- [0077]** La figura 5 muestra un cable de alimentación de tres núcleos con armadura 500 adecuado para el despliegue submarino. El cable 500 comprende tres núcleos conductores aislados (trenzados en "S", "Z" o "SZ") 522, comprendiendo cada uno un conductor eléctrico 522a, un sistema de aislamiento 522b (hecho, a su vez, por una capa semiconductor interna rodeada por una capa aislante rodeada por una capa semiconductor externa) y un filtro 522c.
- 65

El filtro 522c puede tener una construcción análoga a la del filtro 401c de la figura 4.

- [0078]** Los núcleos 522 están rodeados por una capa de plomo 525. Alrededor de la capa de plomo 525, se proporciona una armadura de tracción de doble capa 510, que comprende dos capas de elementos de tracción poliméricos alargados 511a y 511b según la invención. Entre la capa de elementos 511a y la capa de elementos 511b se puede proporcionar una capa de separación (no ilustrada y hecha, por ejemplo, de polietileno o material de polímero semiconductor) para preservar la superficie de plomo del rayado. Preferentemente, una capa de forro 520 rodea la armadura 510, estando hecha la capa 520, por ejemplo, de hilo de polipropileno.
- 10 **[0079]** La armadura de tracción 510 está configurada para aguantar las fuerzas de tracción longitudinales a las que el cable de alimentación 500 puede someterse en funcionamiento. Los elementos de tracción poliméricos alargados 511a y 511b de la misma capa se extienden en paralelo entre sí en una hélice coaxial con el eje longitudinal del cable X-X, con una pérdida de cableado entre el 0,5 % y el 2,0 %. Como se muestra en la figura 5, los elementos de tracción poliméricos alargados 511a y 511b se enrollan sustancialmente en el mismo ángulo de devanado, pero con dirección opuesta.
- 15 **[0080]** Si bien los elementos de tracción poliméricos 511a, 511b de la figura 5 tienen una sección transversal circular, también pueden tener una sección transversal sustancialmente rectangular, como se muestra en la figura 1b.
- 20 **[0081]** La figura 6 es una sección transversal de un cable umbilical 600. El cable umbilical 600 comprende un núcleo central 633 hecho de acero para transportar un fluido. Alrededor del núcleo central 633 se disponen tres tubos de acero 634 para transportar un fluido; dos cables de fibra óptica 635; dos cables eléctricos de tres núcleos con filtro 636; dos rellenos termoplásticos 637; y un relleno 638. Alrededor del relleno 638 se proporcionan dos capas de elementos de tracción poliméricos alargados 611 enrollados de forma contrahélice según la invención. Las dos capas de elementos de tracción poliméricos alargados 611 constituyen la armadura de tracción 610 del cable umbilical 600. Una capa de forro 620 rodea la armadura 610, estando hecha la capa 620, por ejemplo, de hilo de polipropileno. Si bien los elementos de tracción poliméricos 611 de la figura 7 tienen una sección transversal circular, también pueden tener una sección transversal sustancialmente rectangular, como se muestra en la figura 1b.
- 25 **[0082]** El solicitante evaluó el alargamiento del conductor con una carga de 50 toneladas de cables A y B que tienen armaduras hechas de elementos de tracción poliméricos enrollados con diferentes pérdidas de cableado. Los cables A y B tenían un solo núcleo y sustancialmente las mismas dimensiones y construcción.
- 30 **[0083]** La elongación máxima tolerada por los núcleos de los cables A y B fue del 0,25 %.
- 35 **[0084]** En un cable A con una armadura que tiene elementos de tracción poliméricos enrollados con una pérdida de cableado del 0,7 %, el alargamiento del conductor fue menor que el 0,25 %, mientras que en un cable B con una armadura que tiene elementos de tracción poliméricos enrollados con una pérdida de cableado del 3 %, el alargamiento del conductor fue de casi el 0,3 %.
- 40 **[0085]** Con el objetivo de alcanzar un alargamiento del núcleo del cable del 0,25 % como máximo durante el cableado, el cable A se puede depositar a una profundidad de mar de aproximadamente 3400 m, mientras que el cable B se puede depositar a una profundidad de mar de 2800 m como máximo.
- 45 **[0086]** El cable A de la invención alcanza un alargamiento de núcleo del 0,25 % bajo una carga mayor que el cable B, por lo tanto, un mayor peso y, en consecuencia, una parte de mayor longitud del cable A puede suspenderse de, por ejemplo, un buque para llegar al lecho marino.
- 50 **[0087]** Un cable según la invención tenía una rigidez a la flexión significativamente menor que un cable con sustancialmente las mismas dimensiones y construcción, pero con una armadura hecha de acero.

REIVINDICACIONES

1. Un cable (400, 500, 600) que tiene una armadura de tracción (410, 510, 610) que comprende una pluralidad de elementos de tracción poliméricos alargados (11, 411, 511a, 511b, 611), donde al menos uno de los
5 elementos de tracción poliméricos alargados (11, 411, 511a, 511b, 611) comprende un haz (13) de fibras de alta resistencia a la tracción y un revestimiento (12), donde el haz (13) comprende fibras de alta resistencia a la tracción unidireccionales, que se extienden sustancialmente a lo largo de un eje longitudinal del elemento de tracción polimérico alargado (11, 411, 511a, 511b, 611), **caracterizado porque** el revestimiento (12) retiene firmemente el haz (13) de fibras de alta resistencia a la tracción y **porque** los elementos de tracción poliméricos alargados (11, 411, 511a, 511b,
10 611) están dispuestos con una pérdida de cableado del 0,4 % al 1,0 %, donde la pérdida de cableado es una diferencia porcentual entre una longitud de cableado de un elemento de tracción polimérico alargado y la longitud de trayectoria real del elemento de tracción polimérico alargado trenzado a lo largo de su hélice.
2. El cable (400, 500, 600) de la reivindicación 1, donde las fibras de alta resistencia a la tracción
15 comprenden fibras que tienen un módulo de Young entre 50 GPa y 200 GPa.
3. El cable (400, 500, 600) de la reivindicación 1, donde los elementos de tracción poliméricos alargados (11, 411, 511a, 511b, 611) dentro del revestimiento (12) no están unidos químicamente al revestimiento (12).
- 20 4. El cable (400, 500, 600) de la reivindicación 1, donde el revestimiento (11) aloja el haz (13) de fibras de alta resistencia a la tracción con una compactación del 55 % al 90 %, donde la compactación de las fibras se expresa en términos de densidad de masa lineal de las fibras por área de sección transversal.
5. El cable (400, 500, 600) de la reivindicación 4, donde el revestimiento (12) aloja el haz (13) de fibras de
25 alta resistencia a la tracción con una compactación del 60 % al 80 %.
6. El cable (400, 500, 600) de la reivindicación 1, donde el revestimiento (12) aloja dos haces (13) de fibras de alta resistencia a la tracción en contacto directo entre sí, donde una parte del revestimiento (12) separa parcialmente los dos haces (13) de fibras de alta resistencia a la tracción.
- 30 7. El cable (400, 500, 600) de la reivindicación 1, donde el haz (13) comprende fibras de aramida o fibras de polietileno de peso molecular ultra alto o fibras de un polímero de cristal líquido.
8. El cable (400, 500, 600) de la reivindicación 1, donde las fibras de alta resistencia a la tracción dentro
35 del revestimiento (12) tienen una densidad de 0,9 a 3 g/cm³.
9. El cable (400, 500, 600) de la reivindicación 1, donde la armadura de tracción (410, 510, 610) comprende una capa de elementos de tracción poliméricos alargados (11, 411, 511a, 511b, 611).
- 40 10. Un procedimiento para fabricar un cable (400, 500, 600) que tiene una armadura de tracción (410, 510, 610) que comprende una capa de elementos de tracción poliméricos alargados (11, 411, 511a, 511b, 611), donde al menos uno de los elementos de tracción poliméricos alargados (11, 411, 511a, 511b, 611) comprende un haz (13) de fibras de alta resistencia a la tracción y un revestimiento (12), donde el haz (13) comprende fibras de alta resistencia a la tracción unidireccionales, que se extienden sustancialmente a lo largo de un eje longitudinal del elemento de tracción polimérico alargado (11, 411, 511a, 511b, 611), donde el revestimiento (12) retiene firmemente dicho haz (13)
45 de fibras de alta resistencia a la tracción y donde el procedimiento comprende la etapa de proporcionar la capa de elementos de tracción poliméricos alargados (11, 411, 511a, 511b, 611) al enrollarlos con una pérdida de cableado del 0,4 % al 1,0 %, donde la pérdida de cableado es una diferencia porcentual entre una longitud de cableado de un elemento de tracción polimérico alargado y la longitud de trayectoria real del elemento de tracción polimérico alargado
50 trenzado a lo largo de su hélice.



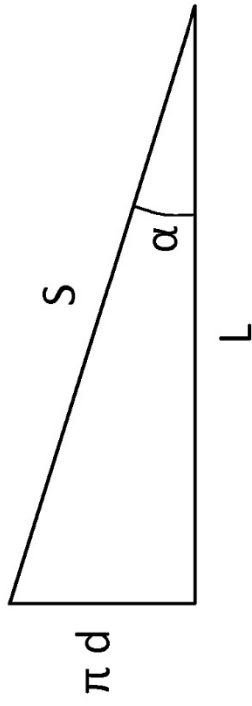


Fig. 2

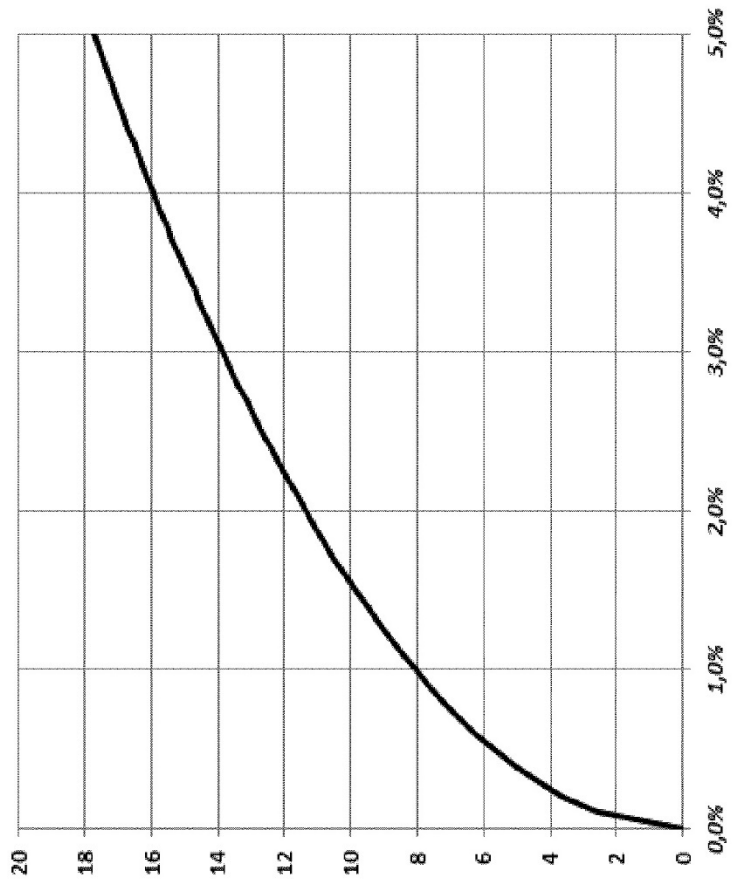


Fig. 3

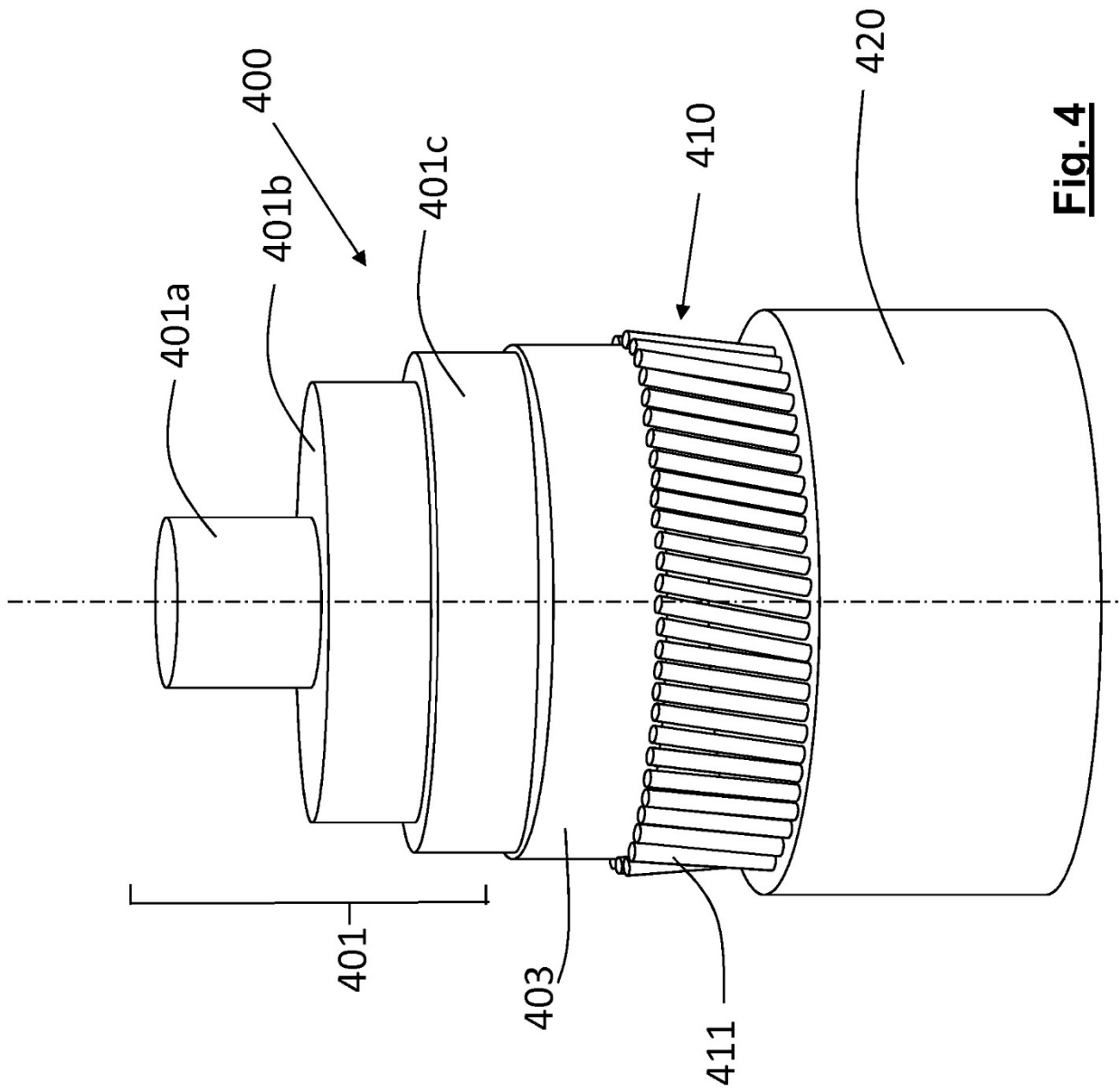


Fig. 4

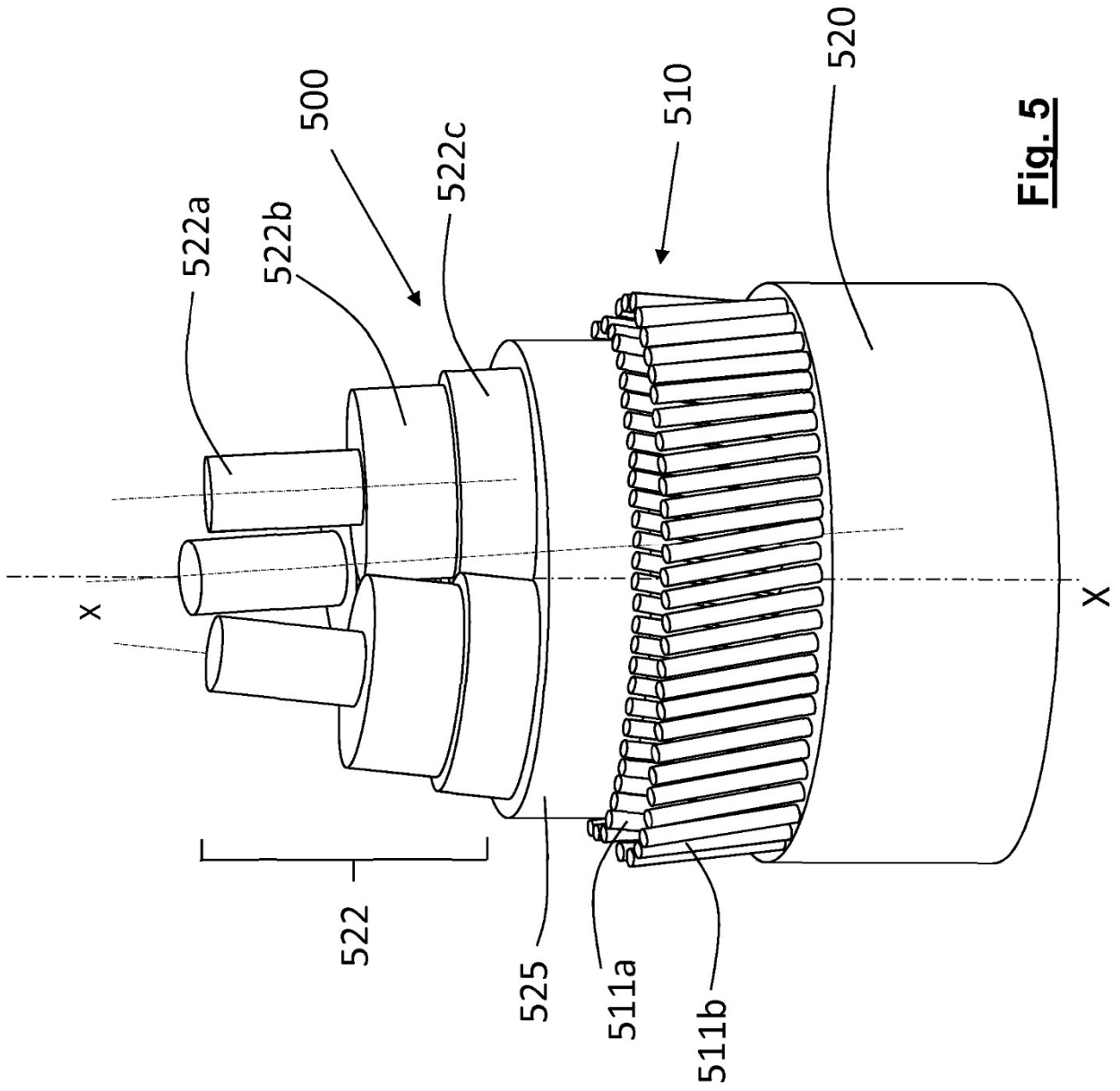


Fig. 5

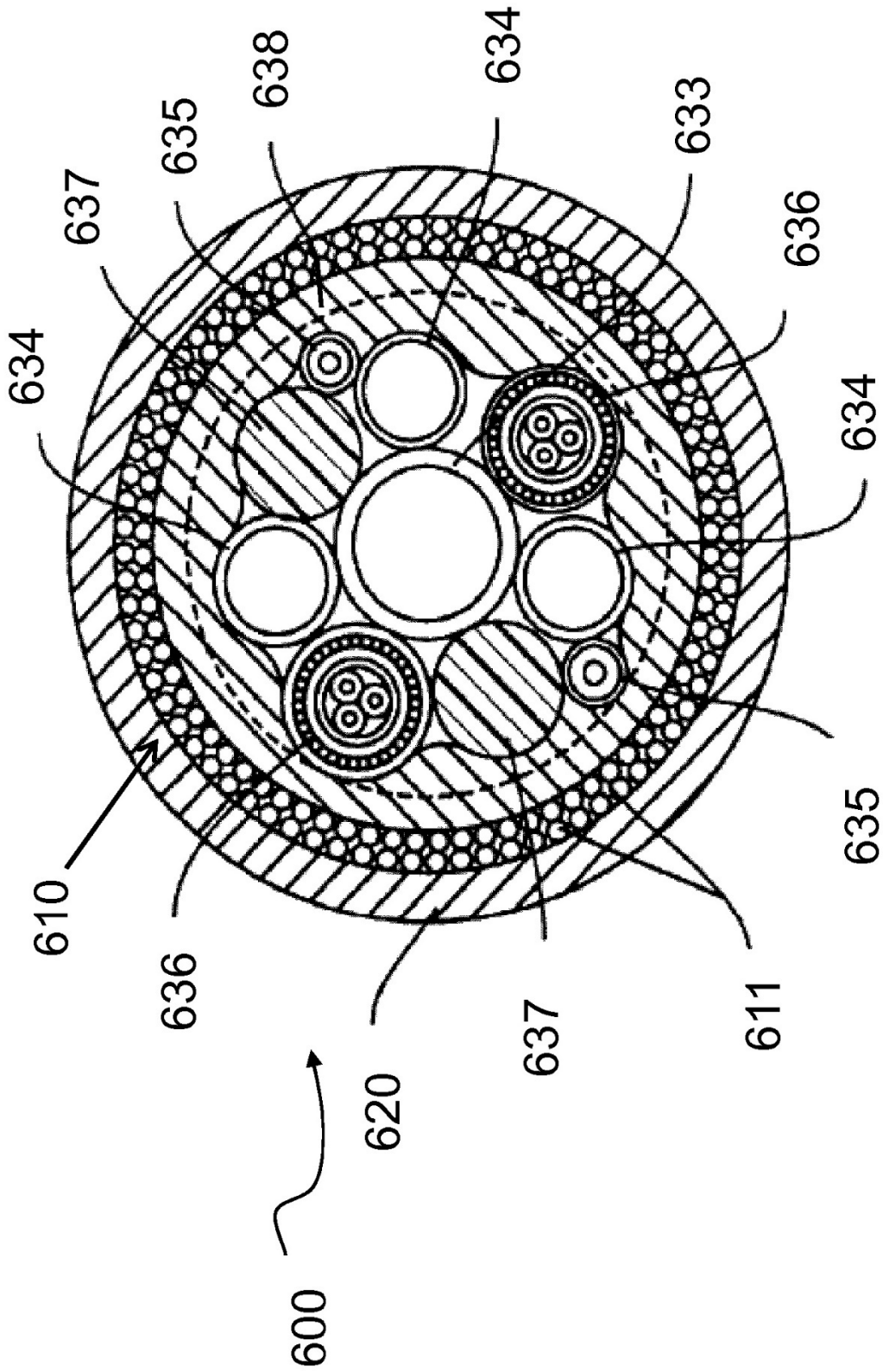


Fig. 6