

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 777**

51 Int. Cl.:

B29C 70/20 (2006.01)

B29C 53/58 (2006.01)

F16L 11/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.02.2014 PCT/GB2014/050515**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.10.2014 WO14167280**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2014 E 14706683 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 2983901**

54 Título: **Un cuerpo de tubería flexible y método de fabricación**

30 Prioridad:

12.04.2013 GB 201306667

19.11.2013 GB 201320444

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

04.10.2018

73 Titular/es:

**GE OIL & GAS UK LIMITED (100.0%)
2, High Street, Nailsea Bristol
BS48 1BS, GB**

72 Inventor/es:

**JHA, VINEET KUMAR;
DODDS, NEVILLE y
LATTO, JAMES ROBERT**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 684 777 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

Un cuerpo de tubería flexible y método de fabricación

La presente invención se refiere a un cuerpo de tubería flexible y a un método de fabricación de un cuerpo de tubería flexible. En particular, pero de forma no exclusiva, la presente invención se refiere el uso de materiales compuestos en una capa armada de un cuerpo de tubería flexible, y método de disposición y curado de filamentos de material compuesto para formar la capa armada.

Tradicionalmente, se utiliza tubería flexible para transportar fluidos de producción, tales como petróleo y/o gas y/o agua, de una ubicación a otra. La tubería flexible es particularmente útil en la conexión de una ubicación submarina (que puede estar profunda bajo el agua, es decir 1000 metros o más) a una ubicación a nivel del mar. La tubería puede tener un diámetro interno de típicamente hasta aproximadamente de 0,6 m (por ejemplo, los diámetros pueden variar desde 0,05 m hasta 0,6 m). La tubería flexible se forma generalmente como un conjunto de un cuerpo de tubería flexible y uno o más accesorios extremos. El cuerpo de tubería está formado típicamente como una combinación de materiales dispuestos en capas que forman un conducto de contención de presión. La estructura de tubería permite grandes deformaciones sin provocar esfuerzos de flexión que influyan en la funcionalidad de la tubería a lo largo de su vida. La tubería está generalmente constituido como una estructura combinada que incluye capas de polímero y/o metálicas y/o compuestas. Por ejemplo, un cuerpo de tubería puede incluir capas de polímero y de metal, o capas de polímero y compuestas, o capas de polímero, de metal y compuestas.

En muchos diseños de tubería flexible conocidos, el cuerpo de tubería incluye una o más capas armadas de presión. La carga primaria de dichas capas se forma a partir de fuerzas radiales. Las capas armadas de presión a menudo tienen un perfil en sección transversal para interbloquearse de manera que son capaces de mantener y absorber fuerzas radiales resultantes de una presión exterior o interior en la tubería. El perfil de sección transversal de los alambres enrollados el cual por tanto evita que la tubería se colapse o se rompa como resultado de la presión a veces se denominan perfiles resistentes a la presión. Cuando las capas armadas de presión se forman a partir de un alambre enrollado de forma helicoidal formando componentes del bucle, las fuerzas radiales de la presión exterior o interior sobre la tubería provocan que los componentes del bucle se expandan o se contraigan, provocando una carga de tracción en los alambres.

En muchos diseños de tuberías flexibles conocidas el cuerpo de tubería incluye una o más capas armadas a tracción. La carga principal en dicha capa es de tracción. En aplicaciones de alta presión, tales como en entornos profundos y ultra-profundos en agua, la capa armada a tracción experimenta altas cargas de tracción a partir de una combinación de la presión interna de la presión de la carga de la tapa extrema y el peso autoportante de la tubería flexible. Esto puede provocar el fallo en la tubería flexible dado que dichas condiciones son experimentadas durante prolongados períodos de tiempo.

Una tubería flexible sin uniones ha sido utilizada para desarrollos de agua profunda (menos de 3300 pies (1005,84 metros)) y de agua ultra-profunda (más de 3300 pies). Es la creciente demanda para el petróleo la que está provocando que se realice una exploración a profundidades cada vez mayores donde los factores medioambientales son más extremos. Por ejemplo, en dichos entornos de agua profunda y ultra-profunda, la temperatura en el suelo oceánico aumenta el riesgo de la producción del enfriamiento de fluidos a una temperatura que puede llevar a un bloqueo de la tubería. Profundidades aumentadas también aumentan la presión asociada con el entorno en el cual debe funcionar la tubería flexible. Por ejemplo, una tubería flexible puede requerirse que funcione con presiones externas que varían desde 0,1 MPa a 30 MPa que actúan sobre la tubería. Del mismo modo, el transporte de petróleo, de gas o de agua puede dar lugar a altas presiones que actúan sobre la tubería flexible desde dentro, por ejemplo con presiones internas que varían desde 0 a 140 MPa de fluido de diámetro interior que actúa en la tubería. Como resultado aumenta la necesidad de altos niveles de rendimiento del armado de presión y de capas armadas a tracción del cuerpo de tubería flexible.

La tubería flexible también puede utilizarse para aplicaciones de agua menos profunda (por ejemplo, menos de alrededor de 500 metros de profundidad) o incluso en aplicaciones en tierra (terrestres).

Una manera de mejorar la respuesta la carga y por tanto el rendimiento de capas armadas es fabricar las capas a partir de materiales más gruesos y más fuertes y por tanto más robustos. Por ejemplo, para las capas armadas de presión en las cuales las capas se forman a menudo a partir de alambres enrollados con enrollamientos adyacentes en el bloqueo de las capas, la fabricación de los alambres a partir de un material más grueso resulta en que la resistencia aumenta de forma apropiada. Sin embargo, a medida que se utiliza más material aumenta el peso de la tubería flexible. Finalmente, el peso de la tubería flexible puede llegar a ser un factor limitativo cuando se utiliza una tubería flexible. Adicionalmente, la fabricación de tuberías flexibles utilizando un material cada vez más grueso aumenta los costes de material de forma apreciable, lo cual también es una desventaja.

Los alambres armados metálicos pueden añadir un peso considerable al cuerpo de tubería flexible a través de la longitud de la tubería. Se puede utilizar un material compuesto como una alternativa al metal para proporcionar una resistencia suficiente a un cuerpo de tuberías sin aumentar significativamente el peso.

Una técnica que ha sido utilizada en el pasado para, de alguna manera, aliviar el problema mencionado anteriormente, es el uso de un material polimérico reforzado con fibra (o compuestos) como elementos estructurales en tuberías flexibles. Los compuestos proporcionan una resistencia y rigidez específicas altas y pueden permitir un peso de tubería reducido (reduciendo la tensión superior), y un aumento de la resistencia química de la tubería en comparación con los materiales metálicos conocidos. El compuesto puede inicialmente estar provisto de una “pre-impregnación” es decir, pre-impregnado con fibras.

Los compuestos termoendurecibles que emplean fibras de alta resistencia, alta rigidez, no son dúctiles y no pueden deformarse plásticamente como los metales y tienen un esfuerzo final limitado del orden de un 2% o menos. Los materiales compuestos para fabricar secciones con dimensiones razonables por lo tanto adolecen de dificultades en el proceso de fabricación. Un material termoendurecible se define como un material que no puede volver a fundirse después del curado. Un material termoendurecible es el material que está en un estado sin curar o parcialmente curado. Un compuesto termoendurecible que ha sido curado es en el presente documento definido como termoendurecible. Un compuesto termoendurecible puede estar formado en una cinta y calentado para curar el material. Sin embargo, cuando la cinta formada es enrollada para crear una capa de un cuerpo de tubería tubular, se introduce una tensión en el material, que afecta al rendimiento. Durante el enrollamiento en una base cilíndrica, se dobla una cinta en dos planos, lo cual puede causar deformaciones. El documento US 6,491,779 da a conocer un método de fabricación de un cuerpo de tubería flexible que utiliza dos o más filamentos de compuesto no unidos como un haz de filamentos no unidos. Se aplica una resina o material matriz a los filamentos compuestos no unidos antes de que se envuelvan de forma helicoidal alrededor de una capa de tubo de tubería flexible.

El documento WO 2012/131315 da a conocer un método para producir un cuerpo de estudio flexible en el cual un material compuesto pre-impregnado es suministrado a una tensión constante y enrollado de forma helicoidal sobre una capa de retención de fluido. Después la capa enrollada entra en un horno donde el material pre-impregnado es curado.

El documento US 6,165,586 da a conocer una tira plana para reforzar conductos que incluye una capa de mechas filamentosas. El documento WO99/49259 divulga un blindaje de fibra de carbono compuesto para una tubería que incluye torzales de filamentos de carbono.

Sería útil proporcionar un método mejorado o alternativo de formación de un cuerpo de tubería flexible.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de cuerpo de tubería flexible como el descrito en la reivindicación 1.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención se proporciona un cuerpo de tubería flexible para transportar fluidos desde una ubicación submarina tal y como se describe en la reivindicación 6.

Ciertos modos de realización proporcionan la ventaja de que un haz trenzado que incluye filamentos no unidos es más flexible en comparación con una sección extruida por estirado sólida que permite la envoltura de los filamentos y que permite a los filamentos encontrar su posición natural o preferida unos con respecto a otros y con el objeto al que se superponen.

Ciertos modos de realización proporcionan la ventaja de que la capa armada está formada sustancialmente o completamente libre de tensiones residuales, cuando el tramo del material es curada “in situ” es decir no formada en una nueva posición después de la fase de curado.

Ciertos modos de realización proporcionan una tubería flexible formada con un reducido peso y un rendimiento mejorado en comparación a las tuberías con capas armadas estándar. El material compuesto proporciona una alta resistencia a un peso controlado. Se pueden elegir materiales específicos para la aplicación requerida. Se apreciará sin embargo que la presente invención será particularmente adecuada para un funcionamiento en agua profunda y ultra-profunda, donde la presión en la tubería es más alta debido al peso del tramo de la tubería larga, así como a la propia agua circundante, y una alta resistencia por unidad de peso de material es primordial.

Modos de realización de la presente invención se describen adicionalmente de aquí en adelante con referencia los dibujos que acompañan, en los cuales:

Las figuras 1a y 1b ilustran un cuerpo de tubería flexible;

La figura 2 ilustra un conjunto elevador;

La figura 3 ilustra una máquina de trenzado;

La figura 4a ilustra un haz trenzado para formar una capa armada;

La figura 4b ilustra otro haz trenzado para formar una capa armada;

La figura 4c ilustra otro haz trenzado para formar una capa armada;

La figura 5 ilustra un aparato para producir una tubería flexible;

La figura 6 ilustra un haz trenzado adicional;

La figura 7 ilustra un haz trenzado adicional más;

La figura 8 ilustra un haz trenzado adicional más; y

- 5 Las figuras 9 a 14 ilustran diagramas de flujo de métodos de fabricación de un cuerpo de tubería flexible.

En las figuras referencias numéricas similares se refieren a partes similares.

10 A través de esta descripción, se hará referencia a una tubería flexible. Se entenderá que una tubería flexible es un conjunto de una porción de un cuerpo de tubería y uno o más accesorios extremos en cada uno de los cuales se termina un extremo respectivo del cuerpo de tubería. La figura 1a ilustra como el cuerpo 100 de tubería puede estar formado a partir de una combinación de materiales dispuestos en capas que forman un conducto de contención de presión. Aunque se ilustra un número particular de capas en la figura 1a, se entiende que la presente invención es aplicable de forma amplia a estructuras de cuerpo de tubería coaxiales que incluyen dos o más capas fabricadas a partir de una variedad de materiales posibles. Por ejemplo, el cuerpo de tubería puede estar formado de capas de polímero, capas metálicas, capas compuestas o una combinación de diferentes materiales. Se ha de entender además que los espesores de capas son mostrados con propósitos ilustrativos únicamente. Tal y como se utiliza en el presente documento, el término "compuesto" es utilizado para referirse de forma amplia a un material formado a partir de dos o más materiales diferentes, por ejemplo un material formado por una matriz de material y fibras de refuerzo.

15 Tal y como se ha ilustrado en la figura 1a, un cuerpo de tubería incluye una capa 101 de carcasa más interna opcional. La carcasa proporciona una construcción interbloqueada que se puede utilizar como la capa más interna para evitar, totalmente o parcialmente, el colapso de una funda 102 depresión interna debido a la descompresión de la tubería, la presión externa, y la presión armada de tracción y las cargas de aplastamiento mecánico. Se apreciará que ciertos modos de realización son aplicables a operaciones de "diámetro interior suave" (es decir, sin una carcasa) así como aplicaciones de "diámetro interior rugoso" (con una carcasa).

20 La funda 102 depresión interna actúa como una capa de retención de fluido y comprende una capa de polímero que asegura la integridad de fluido interna. Se ha de entender que esta capa puede en sí misma comprender un número de sub-capas. Se apreciará que cuando se utiliza la capa de carcasa opcional, la funda depresión interna es a menudo referida por los expertos en la técnica como una capa de barrera. Durante el funcionamiento sin dicha carcasa (denominado funcionamiento de diámetro interior suave) la funda de presión interna se puede referir como un revestimiento.

25 Una capa 103 armada depresión opcional es una capa estructural que aumenta la resistencia de la tubería flexible a la presión interna y externa y a las cargas de aplastamiento mecánico. La capa también soporta estructuralmente la funda depresión interna, y típicamente consiste en una construcción interbloqueada de alambres con un ángulo de disposición próxima a 90°.

30 El cuerpo de tubería flexible también incluye una primera capa 105 armada de tracción opcional y una segunda capa 106 armada de tracción opcional. Cada capa armada a tracción es utilizada para soportar cargas de tracción y de presión interna. La capa armada a tracción es un menudo forma a partir de una pluralidad de alambres (para conferir resistencia la capa) que están ubicados sobre una capa interna y que están enrollados de forma helicoidal a lo largo del tramo de la tubería a un ángulo de disposición típicamente entre aproximadamente 10° a 55°. Las capas armadas a tracción son a menudo contra enrolladas en pares. Las capas armadas a tracción son a menudo capas metálicas, formadas a partir de acero al carbono, por ejemplo. Las capas armadas a tracción podrían también ser formadas a partir de un compuesto, un polímero, u otro material, o una combinación de materiales.

35 El cuerpo de tubería flexible mostrado también incluye capas adicionales de cinta 104 que ayudan a contener capas subyacentes y del mismo modo a evitar la abrasión entre capas adyacentes. La capa de cinta puede ser un polímero o un compuesto una combinación de materiales.

40 El cuerpo de tubería flexible también incluye típicamente capas 107 opcional es de aislamiento y una funda 108 exterior, que comprende una capa de polímero utilizada para proteger la tubería contra la penetración de agua de mar y otros entornos externos, corrosión, abrasión y daño mecánico.

La figura 1b muestra otro cuerpo 100' de tubería que ilustra un posible ángulo de disposición de los alambres 105, 106 armados a tracción.

45 Cada tubería flexible comprende al menos una porción, algunas veces referida como un segmento o sección del cuerpo 100 de tubería junto con un accesorio extremo ubicado en al menos un extremo de la tubería flexible. Un accesorio extremo proporciona un dispositivo mecánico que forma la transición entre el cuerpo de tubería flexible y un conector. Las diferentes capas de la tubería tal y como se muestra, por ejemplo en las figuras 1a o 1b, son finalizadas en el accesorio extremo de tal manera que transfieren la carga entre la tubería flexible y el conector.

- La figura 2 ilustra un conjunto 200 elevador adecuado para transportar un fluido de producción tal como petróleo y/o gas y/o agua desde una ubicación 201 submarina a una instalación 202 flotante. Por ejemplo, en la figura 2 la ubicación 201 submarina incluye una línea de flujo submarina. La línea 205 de flujo flexible comprende una tubería flexible, totalmente o en parte, que descansa en el lecho 204 marino o enterrada por debajo del lecho marino y utilizada en una aplicación estática. La instalación flotante puede estar provista de una plataforma y/o una boya o, tal y como se ilustra en la figura 2, un barco. El conjunto 200 elevador está provisto como un elevador flexible, es decir una tubería 203 flexible que conecta el barco a la instalación del lecho marino. La tubería flexible puede estar en segmentos de un cuerpo de tubería flexible con accesorios extremos de conexión.
- Se apreciará que hay diferentes tipos de elevador, tal y como se conoce bien por los expertos en la técnica. Modos de realización descritos en el presente documento se pueden utilizar con cualquier tipo de elevador, tal como un elevador suspendido libremente (elevador de catenaria libre), un elevador restringido de alguna manera (boyas, cadenas), un elevador totalmente restringido o encerrado en un tubo (tubos I o J).
- La figura 2 también ilustra cómo las porciones de tubería flexible se pueden utilizar como una línea 205 de flujo o un puente 206.
- Las figuras 3 y 4a ilustran un alambre 300 armado a tracción formado por un método de un modo de realización de ejemplo. El alambre 300 armado incluye uno o más filamentos 302 compuestos. En este caso hay una pluralidad de filamentos 302, aunque para los propósitos de la descripción en este caso, un único filamento compuesto puede ser denominado un haz de filamentos.
- De forma más específica, un filamento compuesto puede ser un tramo (fibra, varilla, barra, prisma, por ejemplo) de material compuesto puede incluir una fibra de compuesto unidireccional (por ejemplo, un material de matriz compuesta más fibras de refuerzo). En este ejemplo, el filamento compuesto es una resina epoxi con fibras de carbono unidireccionales como elementos de refuerzo. El compuesto del material de matriz y las fibras se pueden obtener en un pre-impregnado de Zoltek Companies, Inc. Este pre-impregnado está disponible en un estado parcialmente curado, habiendo sido retardado químicamente el curado para permitir una fácil manipulación, un material pre-impregnado continuo con una distribución uniforme de esfuerzos mínimos a lo largo del material. La relación de matriz a fibra (fracción de volumen de fibras) es de aproximadamente un 50%. Sin embargo, muchos materiales pre-impregnados termoendurecibles pueden ser adecuados tales como poliamidas termoendurecibles bismaleimidas, fenólicos y epoxis modificados. Las fibras de refuerzo podrían ser cualquier fibra adecuada tal como fibras de vidrio, cerámicas, metálicas, poliméricas tales como aramida o mezclas de las mismas. La fracción de volumen de fibras podría ser cualquier cantidad de aproximadamente un 40% a aproximadamente un 75%, idóneamente de aproximadamente un 40% a un 65%. Los compuestos pueden además incluir otros modificadores tales como pigmentos o plastificantes. Idóneamente, la mayoría de las fibras de refuerzo están orientadas longitudinalmente a lo largo del eje longitudinal del elemento armado de tracción. Algunas fibras transversales o anguladas se pueden incluir para ayudar a estabilizar la estructura. Por ejemplo, más de un 50%, o un 60%, o un 70%, o un 80%, o un 90% de las fibras pueden estar alineadas en una dirección sustancialmente axialmente con la longitud del material. Dicha orientación puede ayudar a estabilizar el elemento armado durante el uso. En otros ejemplos los filamentos compuestos pueden incluir un material termoendurecible, por ejemplo, epoxi o un material sin curar, por ejemplo, termoplástico tal como PVDF o PEEK, o un material elastomérico tal como caucho de butilo, o un elastómero termoplástico como el polipropileno modificado con caucho, o cualquier aleación de dichos materiales.
- En este ejemplo los filamentos compuestos son generalmente circulares en sección trasversal y tienen un diámetro de aproximadamente 1 mm. Por supuesto se pueden utilizar otras formas de sección trasversal, por ejemplo, cuadrada, ovalada u otra forma o una forma no regular. También, por supuesto se pueden utilizar otros diámetros de sección trasversal, por ejemplo, entre 0,5 mm y 6 mm, idóneamente de 0,8 mm a 1,2 mm.
- Con referencia la figura 9, la pluralidad de filamentos externos está agrupada entre si longitudinalmente como un haz de filamentos. Es decir, los filamentos 302 se ponen juntos para hacer contacto generalmente al menos con otro filamento y temporalmente se mantienen como un haz.
- Los filamentos 302 son filamentos no unidos, es decir, son libres de moverse unos con respecto a otros (y no consolidados).
- Un elemento 304 trenzado es aplicado alrededor del haz de filamentos para formar un haz 310 trenzado que incluye los filamentos 302 no unidos, tal y como se muestra en la figura 3. La máquina 306 de trenzado es utilizada para aplicar un trenzado a los mechones a lo largo del haz de filamentos. La máquina de trenzado es conocida por sí misma en la técnica y no será descrita adicionalmente por brevedad. Sin embargo, el tejido específico o densidad del trenzado puede determinarse para adecuarse al tipo y la cantidad de filamentos que se van a agrupar.
- El trenzado actúa para mantener los filamentos 302 compuestos en su lugar como un haz 310. El elemento de trenzado también puede proteger y/o fortalecer los filamentos compuestos en ciertos modos de realización. En este ejemplo, el elemento (fibras) 304 trenzado una cinta de polipropileno, aunque el elemento trenzado puede ser o incluir una cinta de polímero, fibras de polímero, un polietileno, un PDVF, dyneema®, una cinta de polímero reforzado, un hilado de fibra, un material termoplástico, un material termoendurecible, una cinta compuesta de fibra de vidrio, un hilado de

fibra de aramida, tintes o fibras con encapsulación termoplástica, tintas o fibras con impregnación de matriz termoendurecible parcial, o una combinación de las mismas.

5 El haz 310 es envuelto de forma helicoidal alrededor de una capa de tubería flexible interior para formar una capa armada. En un uso típico los elementos armados son enrollados en un ángulo de disposición de alrededor de 20 a 88 grados con respecto al eje de la tubería. Se apreciará que un único haz trenzado se puede envolver de forma helicoidal para formar una capa, o pueden proporcionarse varios haces trenzados y aplicarse como enrollamientos adyacentes para formar una capa.

10 La figura 5 muestra un aparato para envolver un haz 310 trenzado sobre una capa 502 radialmente interior del cuerpo de tubería flexible. La capa 502 interior es situada utilizando una guía 508 y movida lateralmente a una velocidad determinada mientras que el haz trenzado es rotado alrededor de la capa interior del cuerpo de tubería flexible con el fin de envolver de forma helicoidal el haz alrededor de la capa interior. El haz 310 es suministrado hacia la capa 502 interior a un ángulo y velocidad predeterminados de manera que es envuelto alrededor del exterior. Elementos 504, 506, 508 de guiado ayudan a colocar el haz trenzado de forma más precisa en una formación de enrollamiento helicoidal exacto y puede ser utilizado idóneamente para pre-formar el haz trenzado en una curva helicoidal y dirigir la forma del haz antes de la envoltura en la capa interior. Es decir, el haz 310 es aplicado a la capa 502, siendo envuelto alrededor de la capa 502 en virtud de la rotación del equipo que incluye las guías 504, 506 y 508 y el suministro 310 de haz, y la traslación lineal de la capa 502.

20 Por supuesto, de forma alternativa, la capa 502 interior podría ser rotada mientras que el suministro 310 de haz y las guías 504, 506 y 508 permanecen en una posición fija. El haz trenzado enrollado conforma la forma de la capa armada a tracción.

25 Aunque sólo se muestra un suministro 310, se pueden utilizar suministros adicionales de manera que se permite a los alambres armados ser enrollados en el cuerpo de tubería. Alambres armados adicionales aumentan el número (y la densidad relativa) de los alambres armados en la capa. Se puede elegir un número adecuado de elementos (haces trenzados) de manera que los elementos son configurados para ser capaces de moverse unos con respecto a otros pero aun así proporcionan un soporte suficiente a las capas interiores de la tubería y a la tubería flexible como un conjunto.

30 Se apreciará que una capa adicional de elementos armados podría estar prevista sobre la primera capa de elementos armados o bien mediante elementos contra-enrollados en la dirección opuesta de la primera capa o con un enrollamiento en la misma dirección helicoidal. Por ejemplo, con el fin de equilibrar el par de torsión inducido cuando la tubería es sometida presión opuesta bajo una carga de tracción podría ser deseable enrollar la capa adicional en la dirección helicoidal opuesta a la primera capa. Si, sin embargo, la capa adicional está configurada para interactuar de forma continua e inter bloquearse con la primera capa es deseable enrollar la capa adicional en la misma dirección que la primera capa.

35 También se apreciará que la capa adicional de elementos armados podría estar prevista sobre la primera capa de elementos armados en serie con la primera capa, en un proceso continuo, por lo tanto haciendo el proceso de fabricación más eficiente para proporcionar capas múltiples en una tubería flexible.

40 Siguiendo una envoltura helicoidal del haz trenzado, los filamentos 302 compuestos son entonces curados mediante calentamiento del cuerpo de tubería en un horno 510 para por tanto cambiar una o más propiedades físicas y/o mecánicas de los filamentos 302 compuestos. Debido al movimiento lateral del cuerpo de tubería, el cuerpo de tubería es suministrado a través del horno 510 y recibe calor durante un tiempo predeterminado.

45 Por supuesto si el elemento trenzado incluye una impregnación de matriz termoendurecible, u otro material curable, la etapa de calentamiento se puede configurar también para curar el elemento trenzado. Dependiendo de los materiales y los tiempos e intensidades de calentamiento, los filamentos compuestos también pueden ser curados con el elemento trenzado durante la etapa de calentamiento. Los filamentos compuestos pueden ser curados aunque el elemento trenzado no sea curado o consolidado.

50 La consolidación puede mejorarse o controlarse a través de la aplicación de al menos un rodillo de presión que puede aplicar una presión a la superficie exterior del elemento trenzado de la tubería inmediatamente después de la etapa de calentamiento. Estos rodillos de presión pueden estar configurados para rotar alrededor de la tubería, generalmente siguiendo la trayectoria del elemento trenzado o siguiendo una trayectoria axial a lo largo de la tubería. Se entenderá que se pueden contemplar alternativas al al menos un rodillo de presión, tales como patines que realicen una función similar a la del al menos un rodillo de presión, o un troquel a lo largo de un tamaño predeterminado a través del cual pasa la tubería para consolidar el material y controlar la dimensión de diámetro exterior de la tubería.

55 En el presente modo de realización el horno 510 se configura a 220°C para iniciar el curado de la resina epoxi del elemento 310 armado, aunque estará claro que se podrían elegir otras temperaturas, que afectarán al tiempo de curado del epoxi, y por tanto la velocidad a la cual debería desplazarse el cuerpo de tubería a través del horno.

En este modo de realización, la resina epoxi es curada en la región de calentamiento por el horno. Será evidente que el material podría ser curado de forma alternativa de otras maneras, tal como mediante la aplicación de otras formas

de radiación, o curado químicamente. El curado puede incluir el tratamiento de los filamentos 302 compuestos con calor o compuestos químicos o una combinación de ambos para cambiar al menos una propiedad física y/o química, por ejemplo, la resistencia o el módulo de Young. Se apreciará que la estructura trenzada también puede estar sujeta a dicho calor y/o compuestos químicos y por consiguiente también puede ser curada.

- 5 Tal y como se utiliza en el presente documento, el término “curar” se refiere a un cambio químico en un material termoendurecible para endurecer de forma permanente el material (tal y como se conoce en la técnica).

Tal y como se utiliza en el presente documento, el término “consolidar” se refiere a la unión de materiales o porciones de material en una masa única.

- 10 En el método descrito anteriormente, los filamentos compuestos son formados a partir de una pluralidad de material pre-impregnado curado parcialmente. De forma alternativa, los filamentos se pueden formar a partir de un material sin curar y seguirse el mismo método.

Como una alternativa adicional no cubierta por la invención reivindicada, los filamentos compuestos pueden ser provistos inicialmente en una forma curada, y después realizarse el método anterior (pero con la omisión de la etapa de curado (por ejemplo, la etapa de calentamiento) si no es necesaria) (ver la figura 10).

- 15 Se apreciará que las etapas de proporcionar el haz de filamentos, la capa de separación, el elemento de trenzado y el enrollamiento del haz trenzado puede ser un proceso continuo, y las etapas no necesitan ser discretas. Es decir, puede haber un solapamiento en el tiempo de estas etapas, particularmente si el proceso de producción es continuo.

- 20 Como una variación de los métodos descritos anteriormente, se puede añadir una capa adicional al alambre armado, tal como una capa 350 de separación entre los filamentos 302₁ y el elemento 304₁ trenzado tal y como se muestra en la figura 4b. En este ejemplo, la capa de separación está formada a partir de una capa de material de polipropileno continuo aunque se aprecia que se pueden utilizar otros materiales adecuados, por ejemplo, poliuretano o PTFE. Los filamentos 302₁ son formados de un material termoendurecible pre-impregnado (como para filamentos 302 descritos anteriormente). El elemento 304₁ trenzado es una cinta de polipropileno con fibras con una impregnación de matriz termoendurecible parcial.

- 25 Con referencia la figura 11, los filamentos 302₁ son agrupados entre sí longitudinalmente como un haz de filamentos.

Después, la capa 350 de separación es añadida sobre el haz de filamentos para rodear el haz de filamentos en una formación generalmente cilíndrica. Esta capa 350 de separación puede aplicarse por extrusión una forma de una cinta enrollada de forma helicoidal alrededor de los filamentos en el haz.

- 30 El elemento 304₁ trenzado está previsto sobre la capa 350 de separación, es decir, radialmente hacia afuera de la capa de separación, para formar el haz 310₁ trenzado. El método de añadir al elemento 304₁ trenzado sobre la capa de separación se va a realizar de la misma manera que la descrita anteriormente con referencia al elemento 304 trenzado.

- 35 Las etapas restantes para formar el alambre 300₁ armado para una tubería flexible pueden ser como las descritas anteriormente con referencia al alambre 300 armado. Es decir, brevemente, el haz trenzado es envuelto sobre una capa o mandril de tubería flexible, y después se hace pasar a través de un horno para curar el material termoendurecible.

- 40 La provisión de la capa 350 de separación a ayuda a asegurar que el elemento 304₁ trenzado y los filamentos 302₁ continúen siendo capaces de actuar y volverse como elementos separados, incluso después de que el elemento trenzado y/o los filamentos han sufrido una fase de curado (la etapa de calentamiento). Es decir, la capa de separación ayuda a asegurar que el elemento trenzado no se consolide con o se cure de forma adhesiva a los filamentos durante el calentamiento.

- 45 Como una adición opcional a las etapas descritas en cualquiera de los ejemplos anteriores, se puede aplicar un lubricante o una resina sin curar u otro material de matriz al haz de filamentos antes de aplicar el elemento trenzado (véase la figura 12). Por ejemplo, un lubricante por ejemplo, aceite de silicona o grafito se puede aplicar a la superficie de los filamentos compuestos. Esto ayuda a asegurar que cada uno de los elementos permanece siendo un elemento discreto y no se consolida con otros elementos durante la fase de curado (por ejemplo, la etapa de calentamiento), por ejemplo. De forma alternativa pero no cubierta por la invención reivindicada, puede ser deseable que los filamentos compuestos se consoliden después del curado. Como tal se puede aplicar una matriz de resina epoxi no curada para llenar generalmente los espacios entre filamentos adyacentes. Una capa de separación prevista a lo largo de los filamentos es opcional. Sin embargo, la capa de separación puede ser útil si el material de matriz puede fluir (a lo largo del tiempo antes del curado).

- 55 Idóneamente se puede también aplicar una capa de separación a través de los filamentos compuestos con el fin de separar secciones del haz unas de otras. La capa de separación puede por lo tanto dividir de forma efectiva el haz en, por ejemplo, dos partes, o tres partes o más, creando sub-haces que son después unidos como un haz por el elemento trenzado.

La figura 4c ilustra otro modo de realización de ejemplo. Varios elementos son similares a los descritos con respecto a la figura 4a, y por brevedad, no serán descritos en detalle.

5 Un alambre 300₂ armado incluye dos o más filamentos 302₂ compuestos, una capa 350₂ de separación, un elemento 304₂ trenzado y una capa 352 exterior. La capa 350₂ de separación es una capa de material continuo provisto para rodear el haz de filamentos y para evitar que cualquier material de matriz no curado fluya entre una región de núcleo que incluye los filamentos 302₂ y la región del elemento trenzado. En este ejemplo, la capa de separación está formada a partir de polipropileno aunque se aprecia que se pueden utilizar otros materiales adecuados, por ejemplo poliuretano o PTFE. En este caso, la capa 352 exterior tiene la misma forma y material que la capa de separación, aunque en otros ejemplos la capa exterior puede tener diferente espesor y/o diferente material.

10 Con referencia la figura 13, los filamentos 302₂ están agrupados entre sí longitudinalmente como un haz de filamentos. Después, una capa 350₂ de separación se añade a lo largo del haz de filamentos para rodear el haz de filamentos en una formación generalmente cilíndrica.

15 El elemento 304₂ trenzado está provisto sobre la capa 350₂ de separación, es decir, radialmente hacia fuera de la capa de separación, para formar el haz 310₂ trenzado. Esto se puede realizar de la misma manera que la descrita anteriormente con referencia al elemento 304 trenzado.

20 Un material de matriz (por ejemplo una resina epoxi) es aplicado a la superficie exterior del haz trenzado envuelto. En este caso, el haz trenzado se hace pasar a través de un baño de resina, por ejemplo, un baño lleno de resina epoxi en una forma líquida sin curar. Este material de matriz cubre al elemento 304₂ trenzado y es retenido entre los huecos del elemento trenzado, por tanto formando una capa exterior relativamente suave. El material de matriz se evita que pase por la capa 350₂ de separación y no alcanza los filamentos 302₂.

En este caso una capa 352 adicional (capa exterior), también de un material de polipropileno continuo se añade alrededor del elemento trenzado (capa de resina epoxi, para ayudar a evitar que la resina epoxi fluya lejos antes del curado. Se apreciará que esta capa 352 puede que no se requiera, dependiendo de la viscosidad del material de matriz y el tiempo antes del curado (véase la figura 14).

25 El haz trenzado resultante es entonces envuelto de forma helicoidal alrededor de la capa de tubería flexible tal y como se describió anteriormente con respecto a las figuras 4a y 5.

El material de matriz y los filamentos parcialmente curados son curados mediante el calentamiento de la capa en un horno (tal y como se describió anteriormente con respecto a la figura 5). Por supuesto, el material de matriz podría ser curado y/o consolidado de dos maneras tales como la aplicación de otras formas de radiación o de curado químico.

30 La capa armada resultante tiene un elemento 300₂ armado de tracción enrollado de forma helicoidal (el haz trenzado final) y es elemento tiene una superficie exterior relativamente suave debido a la resina epoxi aplicada al elemento trenzado. La superficie exterior de resina epoxi ayuda a reforzar el elemento y a proporcionar una protección adicional a la capa armada. Una capa armada como se describió anteriormente se puede utilizar como parte del cuerpo de tubería flexible, en combinación con una o más capas distintas tales como las descritas anteriormente con referencia la figura 1. Por ejemplo, un cuerpo de tubería flexible puede incluir una capa interior, por ejemplo una capa de retención de fluido (revestimiento), y una capa armada, por ejemplo una capa armada a tracción, la capa armada a tracción prevista sobre la capa interior. Cualquier capa armada puede estar formada por los métodos descritos anteriormente.

40 Son posibles varias modificaciones a los diseños detallados tal y como se describió anteriormente. Por ejemplo, aunque una capa armada haya sido descrita anteriormente, las mismas técnicas se pueden aplicar para formar cualquier otra capa de refuerzo de un cuerpo de tubería flexible.

Aunque el método descrito anteriormente describe la envoltura de un haz trenzado sobre una capa radialmente interior del cuerpo de tubería, el haz trenzado puede ser envuelto alternativamente sobre un mandril, el cual puede ser posteriormente retirado.

45 Se apreciará que en cualquiera de los ejemplos descritos anteriormente, las etapas de proporcionar el haz de filamentos, la capa de separación (si la hubiese), el elemento trenzado, la capa exterior (si la hubiese), y el enrollamiento del haz trenzado puede ser un proceso continuo, y las etapas no necesitan ser discretas. Es decir, puede haber un solapamiento en la duración de estas etapas, particularmente si el proceso de producción es continuo.

50 Se apreciará que en cualquiera de los ejemplos descritos anteriormente, se pueden realizar varias etapas en diferentes órdenes con respecto al orden descrito. Por ejemplo, para cualquier ejemplo en el cual el haz de filamentos es envuelto alrededor de una capa/mandril de tubería y después curado, también hay una alternativa, no cubierta por la invención reivindicada, en la que el haz de filamentos es curado primero y después envuelto alrededor de la capa/ mandril de tubería. Como un ejemplo adicional, para cualquier ejemplo en el cual el material de matriz es añadido a un haz trenzado, envuelto alrededor de una capa/ mandril de tubería y después curado, esto se podría llevar de forma alternativa a cabo mediante la envoltura del haz trenzado alrededor de la capa/mandril de tubería, y después añadir el material de matriz, y después curada la capa resultante.

55

Adicionalmente, si se utilizan rodillos de presión durante la consolidación del haz alrededor de la tubería, este proceso se podría utilizar para conformar el elemento de haz de alguna manera a una forma deseada (por ejemplo trapezoidal) o para asegurar un hueco controlado y consistente entre envolturas adyacentes del elemento de haz. Dichos controles pueden ayudar a asegurarla flexibilidad de la tubería fabricada.

5 Aunque la capa de tubería completa anterior fue calentada de manera que se curan los filamentos (y/o el material de matriz y/o el material trenzado), de forma alternativa se puede utilizar un curado selectivo o una fuente de curado selectiva de manera que se curan sólo los filamentos (y/o el material de matriz y/o el material trenzado) (y no se afecta a otros elementos tales como el trenzado u otras capas de tubería). Un ejemplo de un calentamiento alternativo significa el uso de un calentamiento por inducción.

10 Como una etapa adicional opcional, un haz de filamentos puede tener uno o ambos extremos “fundidos” de una manera conocida para evitar que los filamentos individuales y el elemento trenzado se separen en la región extrema. Por ejemplo, se puede realizar consolidando o curando los filamentos en la región extrema añadiendo un material de matriz que se va a curar en esa región.

15 Aunque se ha descrito anteriormente una pluralidad de filamentos para formar el haz de filamentos, de forma alternativa pero no cubierta por la invención reivindicada, el haz puede consistir en un solo filamentos 602, 702, tal y como se muestra en las figuras 6 o 7. El filamento puede estar sujeto a trenzado para formar un trenzado 604, 704 exterior. El filamento puede tener cualquier sección transversal, por ejemplo redonda o rectangular como se ha mostrado.

20 Una etapa opcional adicional es incluir al menos un filamento, varilla o alambre de otro material (por ejemplo un material metálico) con el fin de proporcionar beneficios adicionales: un alambre metálico podría utilizarse para mantener una forma conformada en el elemento de haz a través de la deformación plástica de dicho alambre metálico durante el proceso de aplicación del haz a la tubería; el alambre metálico podría ser también utilizado como un elemento de calentamiento, activado mediante corrientes de inducción durante la etapa de calentamiento/curado, por lo tanto calentando el elemento/filamentos de haz desde dentro. Por lo tanto, aunque la pluralidad de elementos descritos anteriormente son todos de un tipo de material, se podría combinar una combinación de tipos de material para proporcionar el haz trenzado con un conjunto de propiedades específico. Un modo de realización de esto es incluir uno o más alambres o hilos metálicos en el haz como un elemento de rigidización que puede actuar como un soporte para los otros filamentos y el trenzado antes de la consolidación y el curado, podría favorecer la retención de al menos un grado de cualquiera de los rendimientos ofrecidos por las guías 504, 506 y 508, y podrían actuar como elementos de calentamiento dentro de la estructura cuando se utilice inducción para un curado por calor del haz trenzado. Dicho alambre metálico podría proporcionar únicamente una rigidez limitada y soporte en el cuerpo de tubería flexible una vez que los filamentos son curados.

35 El material del propio trenzado puede adaptarse para proporcionar una resistencia al desgaste o un coeficiente de fricción bajo entre haces y entre capas en la tubería flexible. Dicho material puede seleccionarse de hilados o fibras recubiertas de materiales de propiedades inherentemente de baja fricción, idóneamente el coeficiente de fricción para los materiales o mezclas o fibras recubiertas está en el rango de 0,04-0,7, por ejemplo 0,05-0,4, por ejemplo 0,05-0,25. El tipo de tejido y combinaciones de fibras tejidas entre sí en combinación también se puede seleccionar para proporcionar la forma y rendimiento adecuados del trenzado exterior.

40 El trenzado exterior también puede ser de materiales seleccionados de manera que cualquier forma pre-formada conferida a las guías 504, 506 y 508 se mantienen hasta un tiempo tal que el curado de la resina en el haz trenzado se ha completado. Dichas formas pre-formadas pueden incluir haces rectangulares, redondos, en forma de S o de Z, en forma de T, en forma de C o en forma de X. Combinaciones de dichas formas se pueden utilizar juntas en la misma capa de la tubería proporcionando un soporte e interacción mutuos.

45 El material de trenzado también puede actuar como una barrera a la resina antes y durante el curado de manera que asegura que los haces trenzados adyacentes en la estructura de cuerpo de tubería flexible no son unidos entre sí como resultado del proceso de curado, proporcionando una estructura mucho más flexible a la tubería flexible acabada.

La figura 8 muestra otra alternativa en la cual filamentos rectangulares planos son agrupados entre sí a lo largo de sus lados más anchos, y después se aplica un elemento 804 trenzado para formar un haz trenzado.

50 Los filamentos rectangulares planos mostrados en las figuras 7 y 8 pueden tener una sección trasversal rectangular con un espesor de 1 mm (es decir, la dimensión más pequeña de las dos dimensiones del rectángulo). Por supuesto se pueden utilizar otros espesores de sección trasversal, por ejemplo, entre 0,75 mm y 1,5 mm, idóneamente de 0,8 mm a 1,2 mm.

55 Con las disposiciones descritas anteriormente un cuerpo de tubería producido por el método puede tener una flexibilidad aumentada en comparación con otras disposiciones conocidas. Proporcionando filamentos no unidos se permite a los filamentos ser envueltos para formar una capa cilíndrica, y encontrar su posición natural o preferida unos con respecto a otros y el objeto que cubren. Dicha capa tendrá una flexibilidad aumentada en comparación con una porción extruida por estirado sólida de una cantidad igual de material. Los filamentos son libres de moverse durante

5 el ensamblado de la capa de cuerpo de tubería, por lo tanto reduciendo la tensión en el material durante la fabricación. Cualquier esfuerzo de flexión en los filamentos de compuesto que forma la capa armada es minimizado, lo cual debería proporcionar una resistencia aumentada y una vida útil al producto final en comparación a las disposiciones conocidas. Hasta cierto punto, la capa armada formada puede tener una flexibilidad creciente durante el uso del cuerpo de tubería formado, lo cual es útil cuando se utiliza una tubería flexible con un elevador, por ejemplo, que pueda tratar con el movimiento del mar.

Proporcionando un elemento trenzado sobre los filamentos compuestos es útil ya que ayuda a proteger los filamentos del daño por deformación de flexión.

10 Dicho curado "in situ" del compuesto de la capa armada permite que se forme una capa armada sustancialmente o completamente libre de tensiones residuales dentro del material, ya que el material no se dobla significativamente o se vuelve a formar después a curado. El radio de doblado y el retorcido sucede cuando el material está en su estado previo al curado (lo cual no afecta al material) y no se aplica ningún esfuerzo de flexión o de torsión al material después del curado excepto aquellos anticipados durante el servicio de la tubería. Esto da un producto de calidad más alta en comparación a las capas armadas conocidas, dado que el elemento armado con tiene más resistencia útil que los
15 elementos armados conocidos que contienen alguna tensión residual. El producto es más eficiente que las capas armadas conocidas en términos de resistencia por cantidad de material, y por tanto es posible una tubería más larga para aplicaciones más profundas.

20 Será claro para un experto en la técnica que las características descritas en relación a cualquiera de los modos de realización descritos anteriormente se pueden aplicar de forma intercambiable entre los diferentes modos de realización. Los modos de realización descritos anteriormente son ejemplos para ilustrar varias características de la invención.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones de esta memoria descriptiva, las palabras "comprende" y "contiene" y variaciones de ellas significan "que incluye pero no está limitado a", y no están destinadas a (y no lo hacen) excluir otras proporciones, aditivos, componentes, enteros o etapas.

25

REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de un cuerpo de tubería flexible que comprende:
proporcionar dos o más filamentos (302) compuestos no unidos como un haz de filamentos no unidos;
5 aplicar un lubricante o una resina o material de matriz a los filamentos compuestos no unidos; caracterizado porque el método además comprende:
aplicar un elemento (304) trenzado alrededor del haz de filamentos para por lo tanto formar un haz (310) trenzado que comprende filamentos no unidos; y
10 envolver de forma helicoidal un haz (310) trenzado alrededor de una capa de cuerpo de tubería flexible; en donde el método además comprende una etapa de curar el haz (310) trenzado para provocar el curado de cada uno de los filamentos no unidos, de tal manera que cada filamento permanece siendo un elemento discreto.
2. Un método como el reivindicado en la reivindicación 1, en donde la etapa de curado comprende curar el haz (310) trenzado después de la etapa de envolver de forma helicoidal el haz (310) trenzado alrededor de una capa de cuerpo de tubería flexible, y/u opcionalmente
15 en donde los filamentos (302) no unidos comprenden un polímero parcialmente curado, un polímero sin curar, un polímero curado, un metal, una resina próxima, un elastómero, una combinación de los mismos y/u opcionalmente en donde el método además comprende la etapa de aplicar un material de matriz al haz trenzado.
3. Un método como el reivindicado en la reivindicación 1, en donde la etapa de aplicar un material de matriz al haz (310) trenzado se realiza antes de la etapa de envolver de forma helicoidal el haz (310) trenzado alrededor de una capa de cuerpo de tubería flexible; y además comprende una etapa de aplicar una capa adicional al haz (310) trenzado
20 antes de la etapa de envolver de forma helicoidal el haz (310) trenzado alrededor de una capa de cuerpo de tubería flexible.
4. Un método como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende:
aplicar una capa (350) de separación alrededor de al menos parte del haz de filamentos antes de la etapa de aplicar un elemento (304) trenzado alrededor del haz de filamentos;
25 y/o de forma opcional en donde el método además comprende una etapa de conferir una forma en sección transversal al haz (310) trenzado utilizando el elemento (304) trenzado; y/u opcionalmente en donde el método además comprende una etapa de calentar el haz (310) trenzado y además comprende una etapa de conferir una forma de sección transversal al haz (310) trenzado utilizando una presión por contacto después de la etapa de calentamiento.
5. Un método como el reivindicado en la reivindicación 4 en donde dicha presión por contacto se aplica utilizando al menos un rodillo o patín en o bien una trayectoria helicoidal alrededor del cuerpo de tubería flexible o axialmente a lo largo del cuerpo de tubería flexible; y/u opcionalmente en donde dicha presión por contacto se aplica utilizando un troquel anular o un collar a través del cual se desplaza el cuerpo de tubería flexible en la dirección axial.
30
6. Un cuerpo de tubería flexible para transportar fluidos desde una ubicación submarina, que comprende:
una capa (502) interior; y
35 una capa armada provista sobre la capa (502) interior, caracterizado porque el cuerpo de tubería flexible es producido de acuerdo con el método como el reivindicado en una de las reivindicaciones 1-5.
7. Un cuerpo de tubería flexible como el reivindicado en la reivindicación 6, en donde los dos o más filamentos (302) compuestos comprenden una fibra compuesta unidireccional.
8. Un cuerpo de tubería flexible como el reivindicado en las reivindicaciones 6 o 7, en donde los dos o más filamentos (302) compuestos comprenden un material termoendurecible o termoplástico; y opcionalmente en donde los dos o más filamentos (302) compuestos comprenden fuerzas de refuerzo; y opcionalmente
40 en donde las fibras de refuerzos son fibras de vidrio, fibras de carbono, un polipropileno, un polietileno, un poliéster, una poliamida, un fluoropolímero, un PVDF, una dyneema®, una cinta de polímero, fibras de polímero, una cinta de polímero reforzado, un hilado de polímero, un material termoplástico, un material termoendurecible, una cinta compuesta de fibra de vidrio, un hilado de fibra de aramida, alambres metálicos, cintas o fibras con encapsulación termoplástica, cintas o fibras con una impregnación de matriz termoendurecible, o una combinación de los mismos.
9. Un cuerpo de tubería flexible como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8 en donde el elemento (304) trenzado comprende una cinta de polímero, fibras de polímero, fibras de vidrio, fibras de carbono, un polipropileno, un polietileno, un poliéster, una poliamida, un fluoropolímero, un PVDF, una dyneema®, una cinta de polímero, fibras de polímero, una cinta de polímero reforzado, un hilado de polímero, un material termoplástico, un
50

material termoendurecible, una cinta compuesta de fibra de vidrio, un hilado de fibra de aramida, alambres metálicos, cintas o fibras con encapsulación termoplástica, cintas o fibras con una impregnación de matriz termoendurecible, cualquiera de las fibras o cintas anteriores combinadas con o recubiertas con PTFE o una combinación de las mismas.

- 5 10. Un cuerpo de tubería flexible como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en donde cada uno de los filamentos (302) compuestos tiene una sección transversal sustancialmente rectangular o una sección transversal sustancialmente circular, o una sección transversal sustancialmente en forma de Z, o una sección transversal sustancialmente en forma de T o una sección transversal sustancialmente en forma de C o una sección transversal en X.
- 10 11. Un cuerpo de tubería flexible como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10, en donde el o cada haz (310) trenzado está pre-formado en una hélice mediante guías; y opcionalmente
en donde el o cada pre-formado retiene su elipse previo formada antes del curado de la matriz agrupada como resultado de comprender elementos de rigidización; y/u opcionalmente
en donde se utiliza una combinación de formas en la misma capa del cuerpo de tubería.
- 15 12. Un cuerpo de tubería flexible como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11, en donde la unión entre los elementos (304) trenzados durante el proceso de curado para los filamentos (302) compuestos se evita mediante el elemento (304) trenzado; y/u opcionalmente
en donde el proceso de curado para los filamentos (302) compuestos se logra o se ayuda mediante el calentamiento directo de elementos dentro del haz de filamentos mediante inducción; y/u opcionalmente en donde el proceso de curado para los filamentos (302) compuesto se logra o se ayuda mediante el uso de infrarrojos o microondas o radiación directa, calentamiento por conducción o por convección.
- 20 13. Un cuerpo de tubería flexible como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12, en donde el uno o más filamentos (302) compuestos comprenden un lubricante de aceite, una cera o resina sin curar.
- 25 14. Un cuerpo de tubería flexible como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13, en donde la capa armada se puede obtener mediante el proceso de proporcionar un haz de filamentos adicional, aplicar un elemento (304) trenzado alrededor del haz de filamentos como un haz trenzado adicional, antes de las etapas de envoltura de forma helicoidal el haz (310) trenzado y el haz trenzado adicional y curar los filamentos compuestos.
15. Una tubería flexible que comprende un cuerpo de tubería flexible como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13 y uno o más accesorios extremos conectados al mismo.

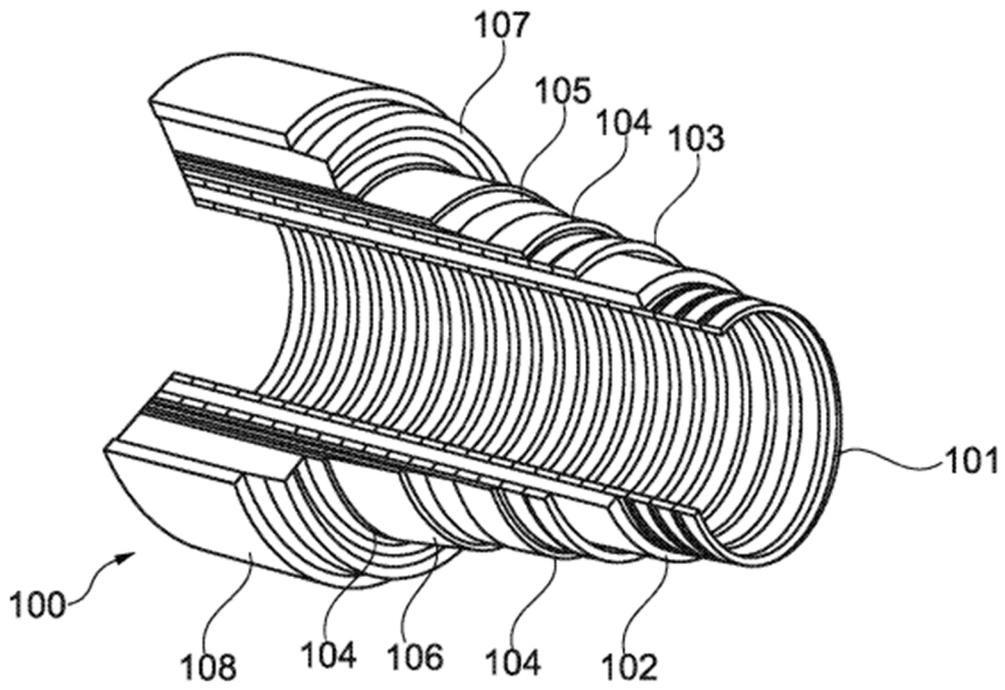


Fig. 1a

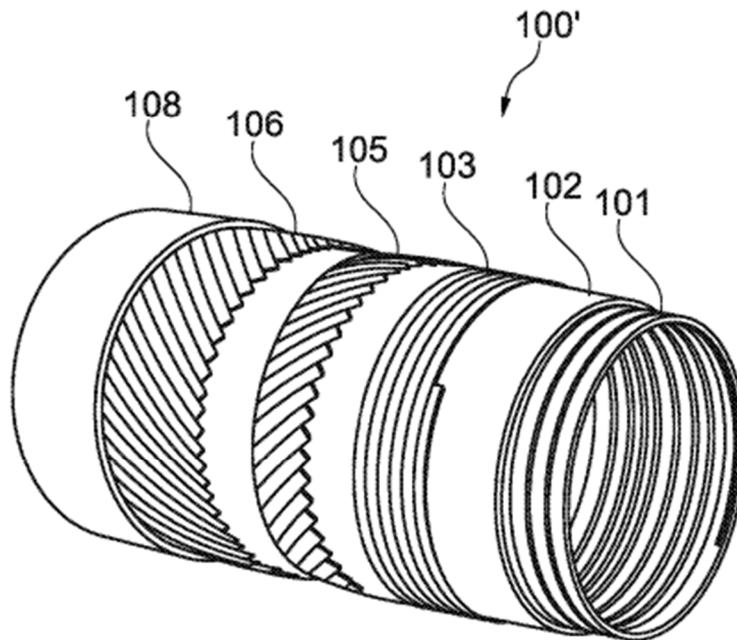


Fig. 1b

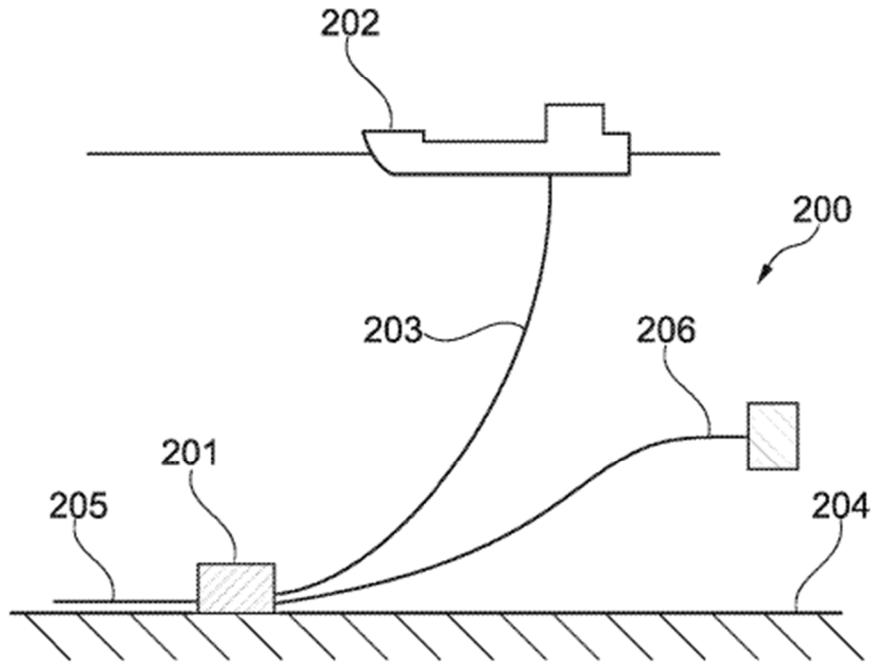


Fig. 2

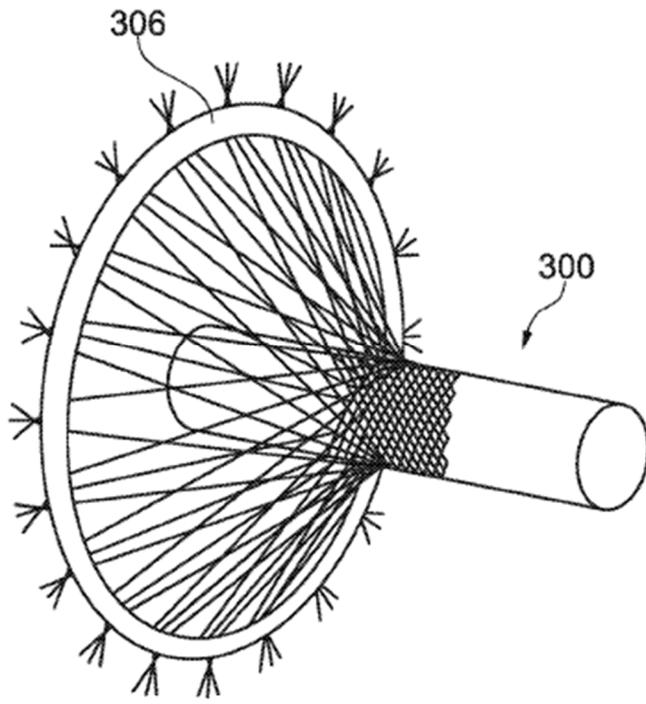


Fig. 3

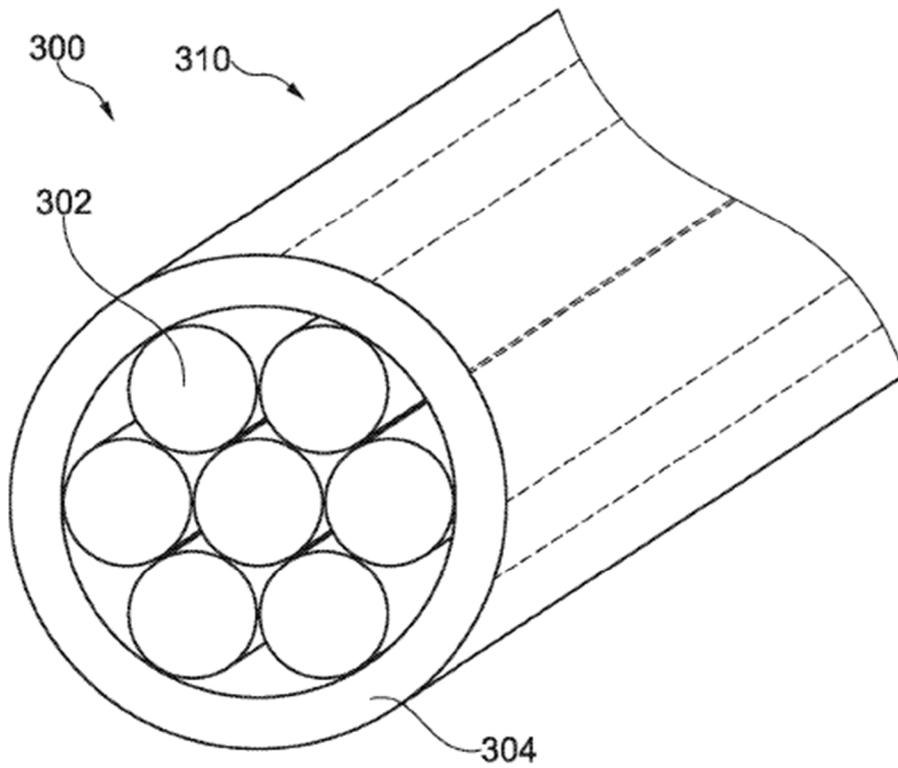


Fig. 4a

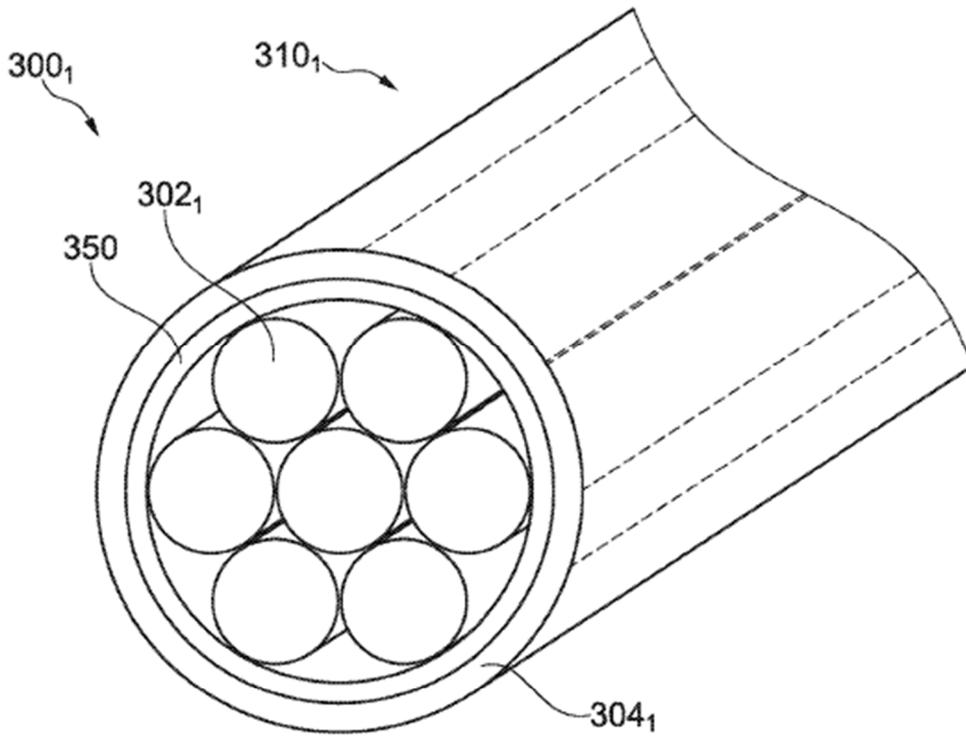


Fig. 4b

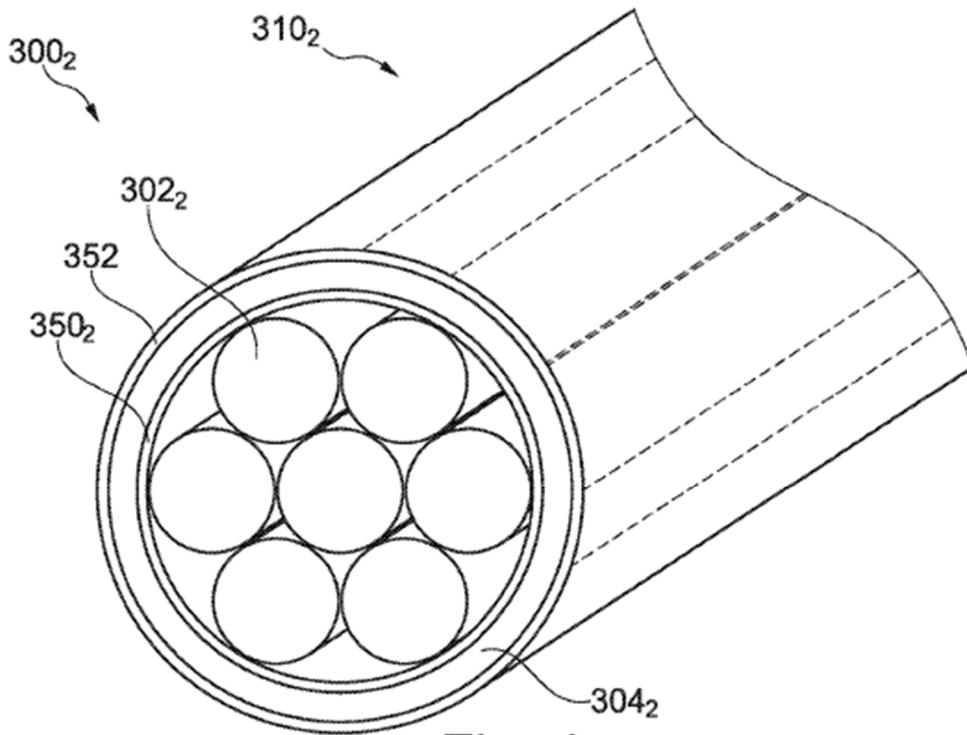


Fig. 4c

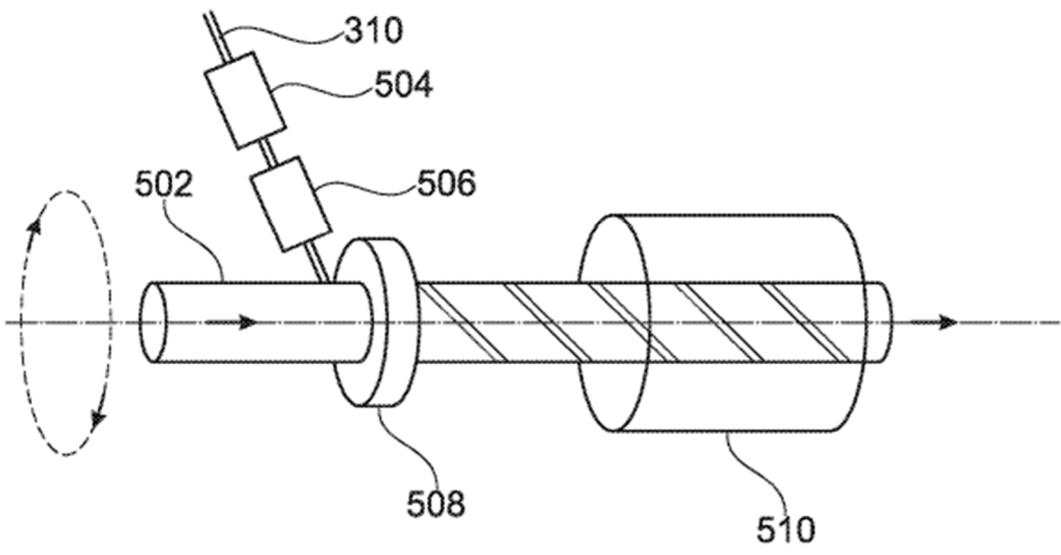


Fig. 5

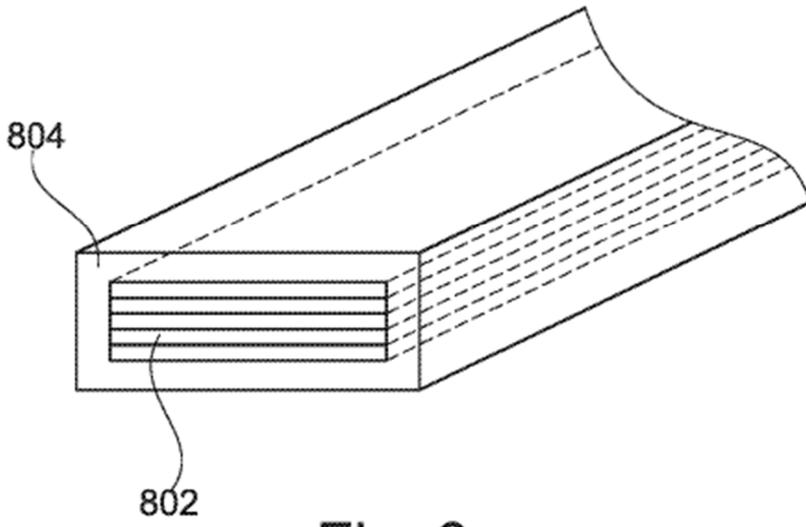


Fig. 8

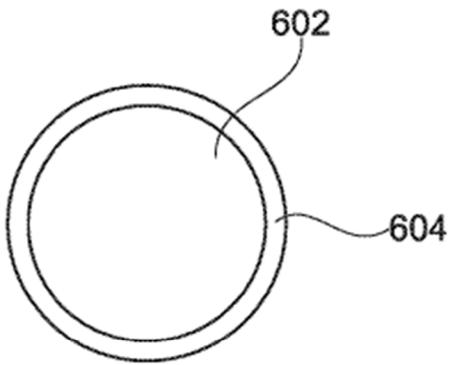


Fig. 6

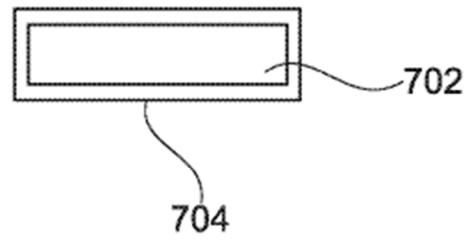


Fig. 7

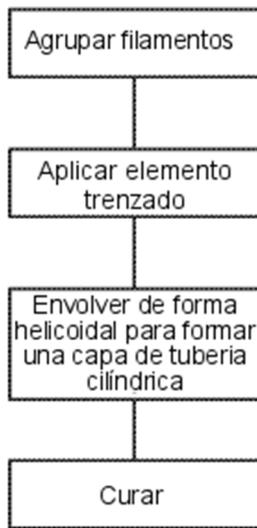


Fig. 9

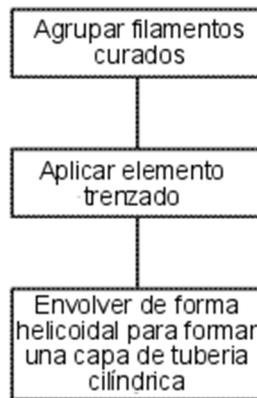


Fig. 10

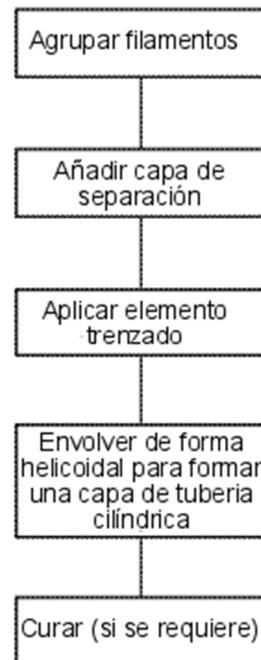


Fig. 11



Fig. 12



Fig. 13

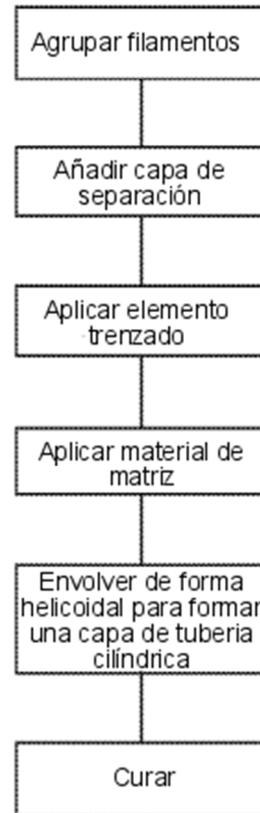


Fig. 14