

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 238**

51 Int. Cl.:

F16L 11/115 (2006.01)

F16L 11/08 (2006.01)

F16L 11/10 (2006.01)

F16L 59/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2007 E 07733423 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013 EP 2041466**

54 Título: **Tubo flexible reforzado axialmente**

30 Prioridad:

29.06.2006 GB 0612991

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

14.10.2013

73 Titular/es:

**BHP BILLITON INNOVATION PTY LTD (100.0%)
180 LONSDALE STREET
MELBOURNE, VICTORIA 3000, AU**

72 Inventor/es:

**WITZ, JOEL ARON;
COX, DAVID y
HALL, GERARD ANTHONY**

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 425 238 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

Tubo flexible reforzado axialmente.

5 La presente invención se refiere a un tubo flexible, y más particularmente se refiere a un tubo flexible que presenta una resistencia axial mejorada. La invención se refiere especialmente a un tubo flexible que puede utilizarse en condiciones criogénicas.

10 Las aplicaciones típicas de un tubo flexible implican el bombeo de fluidos desde un depósito de fluido a presión. Algunos ejemplos incluyen el suministro de combustible para calefacción doméstica o GPL a una caldera; el transporte de líquidos y/o gases producidos en yacimientos petrolíferos desde una plataforma de producción fija o flotante hasta la bodega de carga de un buque, o desde una bodega de carga de buque hasta una unidad de almacenamiento en tierra; el abastecimiento de combustible a coches de carreras, especialmente durante el repostaje en la Fórmula 1; y el transporte de fluidos corrosivos, tales como ácido sulfúrico.

15 Se conoce bien utilizar un tubo flexible para el transporte de fluidos, tales como gases licuados, a baja temperatura. Tal tubo flexible se utiliza normalmente para transportar gases licuados tales como gas natural licuado (GNL) y gas propano licuado (GPL).

20 Para que el tubo flexible sea lo suficientemente flexible, cualquier longitud dada debe construirse al menos parcialmente de materiales flexibles, es decir, materiales no rígidos.

25 La estructura de un tubo flexible de este tipo comprende generalmente un cuerpo tubular de material flexible dispuesto entre los alambres de retención enrollados helicoidalmente interno y externo. Es convencional que los dos alambres se enrollen con el mismo paso, pero que presenten las espiras desplazadas la mitad de una anchura de paso entre sí. El cuerpo tubular comprende normalmente unas capas interna y externa con una capa de sellado intermedia. Las capas interna y externa proporcionan a la estructura la resistencia para portar el fluido en la misma. Convencionalmente, las capas interna y externa del cuerpo tubular comprenden capas de material textil formadas por poliéster tal como poli(tereftalato de etileno). La capa de sellado intermedia proporciona un sellado para impedir que el fluido penetre en el tubo flexible, y es normalmente una película polimérica.

30 Los alambres de retención se aplican normalmente con una tensión alrededor de las superficies interior y exterior del cuerpo tubular. Los alambres de retención actúan principalmente para preservar la geometría del cuerpo tubular. Además, el alambre externo puede actuar para contener la excesiva deformación circunferencial del tubo flexible a alta presión. Los alambres interno y externo pueden actuar también para resistir el aplastamiento del tubo flexible.

35 Un tubo flexible de este tipo general se describe en la publicación de patente europea 0 076 540 A1. El tubo flexible descrito en esta memoria descriptiva incluye una capa intermedia de polipropileno orientado biaxialmente, que se dice que mejora la capacidad del tubo flexible de resistir la fatiga provocada por la flexión repetida.

40 Otro tubo flexible se describe en el documento GB-2 223 817 A. El tubo flexible descrito en esta publicación es un tubo flexible compuesto que comprende un núcleo metálico helicoidal interno, una pluralidad de películas y capas de fibras de material de plástico enrolladas sobre el núcleo, al menos una capa de tela de fibra de vidrio y al menos una capa de hoja de aluminio dispuestas adyacentes entre sí y enrolladas sobre el material de plástico, y un formador metálico helicoidal externo. Se dice que este tubo flexible es adecuado para el transporte de combustibles y aceites inflamables. Se describen diversas mejoras del tubo flexible compuesto en el documento de los presentes inventores WO 01/96772, que da a conocer un tubo flexible según el preámbulo de la reivindicación 1, así como en los documentos de los presentes inventores WO 2004/044472 y WO 2004/079248.

45 Se da a conocer otra estructura de tubo flexible en el documento US 3.856.052.

50 En líneas generales, se proporcionan unos medios de refuerzo axial para un tubo flexible, por lo que el tubo flexible puede soportar mayor tensión axial de la que era posible previamente, sin perjudicar a las demás propiedades del tubo flexible.

55 Según un primer aspecto de la invención se proporciona un tubo flexible que comprende un cuerpo tubular de material flexible dispuesto entre elementos de agarre interno y externo, en el que el tubo flexible comprende además unos medios de refuerzo axial adaptados para reducir la deformación del cuerpo tubular cuando el cuerpo tubular está sometido a tensión axial, en el que los medios de refuerzo axial comprenden una pluralidad de tiras de refuerzo axial que se extienden a lo largo de la longitud del tubo flexible.

60 Por medio de esta disposición, los medios de refuerzo axial mejoran la capacidad del tubo flexible de hacer frente a esfuerzos axiales. Además, los materiales del cuerpo tubular y los medios de refuerzo axial son compatibles ventajosamente de modo que cada uno de ellos actúa de manera similar cuando están en funcionamiento, de modo que ningún componente esté sometido a excesivos esfuerzos y deformaciones. Esto quiere decir que los materiales del cuerpo tubular y los medios de refuerzo axial responden a la deformación de manera similar.

Las tiras de refuerzo axial son particularmente útiles en un tubo flexible para aplicaciones de tubo flexible en las que el tubo flexible está suspendido entre dos puntos y el tubo flexible aguanta su propio peso más el peso del fluido sin ningún soporte intermedio.

5 Las tiras de refuerzo axial preferiblemente están separadas por igual alrededor de la circunferencia del tubo flexible. Pueden estar previstas dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho o más tiras. Más preferentemente están previstas tres, cuatro, cinco o seis tiras, todavía más preferentemente cuatro o seis tiras.

10 Cada tira de refuerzo axial está realizada en un tejido que presenta una urdimbre y una trama. La urdimbre de cada tira de refuerzo axial está dispuesta formando un ángulo de 0° a 5° con respecto al eje longitudinal del tubo flexible. Todavía más preferentemente la urdimbre de cada tira de refuerzo axial está dispuesta formando un ángulo de 0° a 2° con respecto al eje longitudinal del tubo flexible.

15 Las tiras pueden mantenerse en su sitio utilizando cintas o cuerdas enrolladas casi circunferencialmente como ayuda de fabricación durante la construcción de tubo flexible. Estas cintas pueden realizarse en fibras naturales (por ejemplo, algodón) o fibras artificiales (por ejemplo, poliéster). Al completar el tubo flexible, la tensión aplicada por los elementos de agarre interno y externo ayuda adicionalmente a retener las tiras dentro del cuerpo tubular.

20 Cada tira preferiblemente puede moverse libremente en relación con el resto del tubo flexible, durante el doblado del tubo flexible, es decir, las tiras no están sujetas preferiblemente de manera fija al resto del tubo flexible.

El tubo flexible preferiblemente incluye también un conector extremo dispuesto en cada extremo longitudinal del tubo flexible. El conector extremo está fijado preferiblemente de manera fija al cuerpo tubular y las tiras de refuerzo axial.
 25 Por tanto, cuando se aplica una fuerza para estirar axialmente el tubo flexible, la o cada tira de refuerzo axial resiste la fuerza de estiramiento. Conectores extremos adecuados se describen en los documentos WO 01/96772 y WO 2004/044472. Por ejemplo, las tiras pueden fijarse dentro del cuerpo tubular de tubo flexible agarrado mediante el conector extremo, que puede retenerse mediante el conector extremo agarrándose mediante retención mecánica, o mediante estampado o rebordeado o unión con alambres con o sin la aplicación de resina epoxídica dentro del
 30 conector extremo. En una forma de realización pueden terminarse las tiras de manera separada (por ejemplo, tal como se muestra en el documento WO 2004/044472 o utilizando un anillo en el que se lleva la tira alrededor del mismo y se cose hacia atrás sobre sí misma).

35 La anchura de las tiras de refuerzo axial es preferiblemente de tal manera que las tiras de refuerzo axial, en combinación, cubren desde el 10% hasta el 90% de la circunferencia de tubo flexible subyacente a la tira, es decir del 90% al 10% de la circunferencia no está cubierta preferiblemente.

En una forma de realización preferida, la anchura de las tiras de refuerzo axial es preferiblemente de tal manera que las tiras de refuerzo axial, en combinación, cubren desde el 20% hasta el 50% de la circunferencia de tubo flexible subyacente a la tira, es decir del 80% al 50% de la circunferencia no está cubierta preferiblemente. Por ejemplo, para un tubo flexible de 200 mm con una cobertura de tira total de aproximadamente un tercio y tres tiras separadas por igual: la anchura de tira individual sería Pi por 200 mm por un tercio por un tercio para dar una anchura de tira individual de aproximadamente 70 mm. Para cuatro tiras la anchura de tira individual sería aproximadamente 52 mm. La anchura de la tira es la distancia desde un borde longitudinal hasta el otro en una dirección perpendicular con respecto al eje longitudinal de la tira.
 45

Se prefiere que cada tira individual presente una anchura de tal manera que cubra desde aproximadamente el 5% hasta aproximadamente el 20% de la circunferencia total de la parte subyacente del tubo flexible.

50 Se prefiere que la tira de refuerzo axial no se extienda alrededor de toda la circunferencia del tubo flexible. Se prefiere también que la tira de refuerzo axial no se proporcione en forma de tubo alrededor del tubo flexible.

En la forma de realización preferida está prevista una pluralidad de tiras dispuestas de tal manera que sólo presentan un ligero efecto sobre la rigidez/flexibilidad de doblado del tubo flexible, pero aportan un aumento proporcionalmente grande en la rigidez axial. La urdimbre de la o cada tira está alineada preferiblemente con el eje longitudinal del tubo flexible.
 55

60 El tubo flexible puede estar provisto de una trenza de refuerzo axial tubular, tal como se describe en el documento WO 01/96772. La trenza tubular puede estar dispuesta, por ejemplo, entre las tiras de refuerzo axial y el cuerpo tubular, o entre las tiras de refuerzo axial y el elemento de agarre externo.

65 Resulta particularmente preferido que los medios de refuerzo axial estén realizados en un material no metálico, especialmente un material de plástico – los materiales adecuados se tratan en detalle a continuación. Esto es debido a que es improbable que los materiales metálicos presenten las características de deformación deseadas.

Se prefiere que el cuerpo tubular y los medios de refuerzo axial comprendan el mismo material, siendo lo más

ES 2 425 238 T3

preferible polietileno de peso molecular ultraalto (UHMWPE), tal como se describe con mayor detalle a continuación.

5 El cuerpo tubular comprende preferiblemente al menos una capa de refuerzo y al menos una capa de sellado. Más preferiblemente, están previstas al menos dos capas de refuerzo con la capa de sellado intercalada entre las mismas.

Preferiblemente, se proporciona una capa de refuerzo adicional entre el elemento de agarre externo y los medios de refuerzo axial.

10 La fuerza límite de la(s) capa(s) de refuerzo se encuentra preferiblemente entre 100 y 700 kN para un tubo flexible de 8" (200 mm) de diámetro. Es preferible que la deformación de doblado a la rotura de la(s) capa(s) de refuerzo esté en el intervalo del 2% al 15%. De manera deseable, la(s) capa(s) de refuerzo adicional(es) es/son del mismo material que los medios de refuerzo axial, siendo lo más preferible UHMWPE.

15 Los materiales de construcción del tubo flexible deben seleccionarse para permitir que el tubo flexible presente un buen rendimiento en el ámbito para el que está previsto. Por tanto, existe la necesidad de que el tubo flexible pueda transportar fluidos a presión a través del mismo sin fuga del fluido a través de las paredes del tubo flexible. También existe la necesidad de que el tubo flexible soporte una flexión repetida, y soporte los esfuerzos axiales provocados por la combinación del peso del tubo flexible y del fluido. Además, si está previsto que el tubo flexible se utilice en el transporte de fluidos criogénicos, los materiales deben poder funcionar a temperaturas extremadamente bajas sin ninguna reducción significativa en el rendimiento.

20 El objetivo principal de la o cada capa de refuerzo es soportar los esfuerzos circunferenciales a los que el tubo flexible está sometido durante el transporte de fluidos a través del mismo. Por tanto, cualquier capa de refuerzo que presente el grado requerido de flexibilidad, y que pueda soportar los esfuerzos necesarios, será adecuada. Además, si está previsto que el tubo flexible transporte fluidos criogénicos, entonces la o cada capa de refuerzo debe poder soportar temperaturas criogénicas.

25 Se prefiere que la o cada capa de refuerzo esté formada por una lámina de material que se ha enrollado de forma tubular enrollando el material de lámina de manera helicoidal. Esto quiere decir que la o cada capa de refuerzo no presenta mucha resistencia a la tensión axial, ya que la aplicación de una fuerza axial tenderá a separar las espiras. La o cada capa de refuerzo puede comprender una única capa continua del material de lámina, o puede comprender dos o más capas continuas individuales del material de lámina. Sin embargo, más normalmente (y dependiendo de la longitud del tubo flexible) la o cada capa del material de lámina estaría formada por una pluralidad de longitudes separadas de material de lámina dispuestas a lo largo de la longitud del tubo flexible.

30 En la forma de realización preferida, cada capa de refuerzo comprende un material textil, más preferiblemente un material textil tejido. La o cada capa de refuerzo puede ser un material natural o sintético. La o cada capa de refuerzo está formada de manera conveniente por un polímero sintético, tal como un poliéster, una poliamida o una poliolefina. El polímero sintético puede proporcionarse en forma de fibras, o un filamento, a partir del cual se crea el material textil.

Cuando la o cada capa de refuerzo comprende un poliéster, entonces es preferiblemente poli(tereftalato de etileno).

35 Cuando la o cada capa de refuerzo comprende una poliamida, entonces puede ser una poliamida alifática, tal como un nailon, o puede ser una poliamida aromática, tal como un compuesto de aramida. Por ejemplo, la o cada capa de refuerzo puede ser una poli(p-fenilentereftalamida) tal como KEVLAR (marca registrada).

40 Cuando la o cada capa de refuerzo comprende una poliolefina, entonces puede ser un homopolímero de polietileno, polipropileno o polibutileno, o un copolímero o terpolímero del mismo, y está orientada preferiblemente monoaxial o biaxialmente. Más preferiblemente, la poliolefina es un polietileno, y más preferiblemente el polietileno es un polietileno de peso molecular alto, especialmente UHMWPE.

45 El UHMWPE utilizado en la presente invención presentaría generalmente un peso molecular promedio en peso por encima de 400.000, normalmente por encima de 800.000, y normalmente por encima de 1.000.000. El peso molecular promedio en peso no superaría normalmente aproximadamente 15.000.000. El UHMWPE está caracterizado preferiblemente por un peso molecular de desde aproximadamente 1.000.000 hasta 6.000.000. El UHMWPE más útil en la presente invención está orientado de manera favorable y normalmente se ha estirado al menos de 2 a 5 veces en un sentido y al menos de 10 a 15 veces en el otro sentido.

50 El UHMWPE más útil en la presente invención presentará generalmente una orientación paralela superior al 80%, más normalmente superior al 90%, y preferiblemente superior al 95%. La cristalinidad será generalmente superior al 50%, más normalmente superior al 70%. Es posible una cristalinidad de hasta del 85 al 90%.

55 El UHMWPE se describe en, por ejemplo, los documentos US-A-4.344.908, US-A-4.411.845, US-A-4.422.993, US-A-4.430.383, US-A-4.436.689, EP-A-183 285, EP-A-0 438 831 y EP-A-0 215 507.

Es particularmente ventajoso que la o cada capa de refuerzo comprenda un UHMWPE orientado de manera favorable, tal como el disponible de DSM High Performance Fibres BV (una empresa holandesa) bajo el nombre comercial DYNEEMA, o el disponible de la sociedad estadounidense AlliedSignal Inc. bajo el nombre comercial SPECTRA.

Se dan a conocer detalles adicionales sobre DYNEEMA en un folleto comercial titulado "DYNEEMA; the top performance in fibers; properties and application" distribuido por DSM High Performance Fibres BV, edición 02/98. Se dan a conocer detalles adicionales sobre SPECTRA en un folleto comercial titulado "Spectra Performance Materials" distribuido por AlliedSignal Inc., edición 5/96. Estos materiales han estado disponibles desde los años 80.

En la forma de realización preferida, la o cada capa de refuerzo comprende un material textil tejido formado por fibras dispuestas en una dirección de trama y urdimbre. Se ha descubierto que es particularmente ventajoso si la o cada capa de refuerzo está dispuesta de tal manera que la dirección de urdimbre de material textil forma un ángulo de menos de 20° con la dirección axial del tubo flexible; también se prefiere que éste ángulo sea superior a 5°. En la forma de realización preferida, la o cada capa de refuerzo está dispuesta de tal manera que la dirección de urdimbre de material textil forma un ángulo de desde 10° hasta 20°, siendo lo más preferible de aproximadamente 15°, con la dirección axial del tubo flexible.

La finalidad de la capa de sellado es principalmente impedir la fuga de fluidos transportados a través del cuerpo tubular. Por tanto, cualquier capa de sellado que presente el grado requerido de flexibilidad, y que pueda proporcionar la función de sellado deseada, será adecuada. Además, si está previsto que el tubo flexible transporte fluidos criogénicos, entonces la capa de sellado debe poder soportar temperaturas criogénicas.

La capa de sellado pueden realizarse en los mismos materiales básicos que la o cada capa de refuerzo. Como alternativa, la capa de sellado puede ser un fluoropolímero, tal como: politetrafluoroetileno (PTFE); un copolímero de etileno propileno fluorado, tal como un copolímero de hexafluoropropileno y tetrafluoroetileno (tetrafluoroetileno-perfluoropropileno) disponible de DuPont Fluoroproducts bajo el nombre comercial Teflon FEP; o un hidrocarburo fluorado - perfluoroalcoxilo - disponible de DuPont Fluoroproducts bajo el nombre comercial Teflon PFA. Estas películas pueden realizarse por extrusión o por soplado.

Se prefiere que la capa de sellado esté formada por una lámina de material que se ha enrollado de forma tubular enrollando el material de lámina de manera helicoidal. Como con las capas de refuerzo, esto quiere decir que la o cada capa de sellado no presenta mucha resistencia a la tensión axial, ya que la aplicación de una fuerza axial tenderá a separar las espiras. La capa de sellado puede comprender una única capa continua del material de lámina, o puede comprender dos o más capas continuas individuales del material de lámina. Sin embargo, más normalmente (y dependiendo de la longitud del tubo flexible) la o cada capa del material de lámina estaría formada por una pluralidad de longitudes separadas de material de lámina dispuestas a lo largo de la longitud del tubo flexible. Si se desea, la capa de sellado puede comprender uno o más manguitos de sellado termocontraíbles (es decir de forma tubular) que están dispuestos sobre la capa de refuerzo interna.

Se prefiere que la capa de sellado comprenda una pluralidad de capas de película solapadas. Preferiblemente al menos 2 capas, más preferiblemente al menos 5 capas, y todavía más preferiblemente al menos 10 capas. En la práctica, la capa de sellado puede comprender 20, 30, 40, 50, o más capas de película. El límite superior del número de capas depende del tamaño global del tubo flexible, pero no es probable que se requieran más de 100 capas. Normalmente, serán suficientes 50 capas, como máximo. El grosor de cada capa de película estaría normalmente en el intervalo de 50 a 100 micrómetros.

Por supuesto, se apreciará que puede proporcionarse más de una capa de sellado.

A continuación se describe una forma de realización particularmente preferida de la capa de sellado.

Cada tira de refuerzo axial puede estar formada también por el mismo material que la o cada capa de refuerzo. Por tanto, estará claro que las tiras de refuerzo axial, la o cada capa de refuerzo y la capa de sellado pueden estar formadas todas a partir del mismo compuesto básico. Sin embargo, la forma del compuesto debe ser diferente para proporcionar la función requerida, es decir, las tiras de refuerzo axial proporcionan una función de refuerzo axial, la o cada capa de refuerzo proporciona refuerzo frente a esfuerzos circunferenciales, y la capa de sellado proporciona una función de sellado. Se ha descubierto que los materiales UHMWPE son los más adecuados, particularmente los productos DYNEEMA y SPECTRA. Se descubrió que estos materiales también funcionan bien en condiciones criogénicas. Los parámetros preferidos del UHMWPE (intervalo de peso molecular, etc.) expuestos anteriormente en relación con las capas de refuerzo, son también apropiados para los medios de refuerzo axial. A este respecto debe observarse, sin embargo, que los parámetros del UHMWPE utilizado en la tira de refuerzo axial no tienen que ser los mismos que los parámetros del UHMWPE utilizado en las capas de refuerzo.

Es posible que las tiras de refuerzo axial están previstas dentro de las capas del cuerpo tubular. Sin embargo se prefiere que cada tira de refuerzo axial se coloque entre el cuerpo tubular y una o más capas de refuerzo y el

elemento de agarre externo. Las capas de refuerzo que se encuentran sobre las tiras de refuerzo axial proporcionan una lámina de cubierta protectora por debajo del elemento de agarre externo. En otra forma de realización preferida, se proporcionan al menos dos tiras de refuerzo axial (preferiblemente más de dos, por ejemplo, tres o cuatro) dentro de las capas del cuerpo tubular, y se proporcionan al menos dos tiras de refuerzo axial adicionales (preferiblemente más de dos, por ejemplo, tres o cuatro) también entre el cuerpo tubular y el elemento de agarre externo.

Se apreciará a partir de lo expuesto anteriormente que puede proporcionarse una capa adicional sobre el cuerpo tubular, y por debajo del elemento de agarre externo. La capa adicional puede envolverse alrededor del cuerpo tubular o estar en forma de tubo aplicado sobre el cuerpo tubular. La capa adicional puede ser una capa protectora, una capa de refuerzo, o ambas. Preferiblemente las tiras de refuerzo axial subyacen a la capa adicional.

Cuando el tubo flexible está previsto para aplicaciones criogénicas, entonces es deseable proporcionar aislamiento sobre el cuerpo tubular. El aislamiento podría proporcionarse entre el alambre externo y la funda tubular y/o por fuera del alambre externo. El aislamiento puede comprender material utilizado convencionalmente para proporcionar aislamiento en equipos criogénicos, tal como un material de espuma sintética. Se prefiere que estén previstos los medios de refuerzo axial también alrededor de la capa de aislamiento para comprimir las capas de aislamiento y mantener su integridad estructural. Los medios de refuerzo axial alrededor de la capa de aislamiento se proporcionan preferiblemente además de los medios de refuerzo axial entre el elemento de agarre externo y el cuerpo tubular. Una forma adecuada particular de aislamiento se proporciona con mayor detalle a continuación.

Según otro aspecto de la invención se proporciona un tubo flexible que comprende un cuerpo tubular de material flexible dispuesto entre los elementos de agarre interno y externo, en el que el cuerpo tubular comprende al menos una capa de refuerzo de un material textil tejido formado por fibras dispuestas en una dirección de trama y urdimbre, caracterizado porque la o cada capa de refuerzo está dispuesta de tal manera que la dirección de urdimbre de material textil forma un ángulo de menos de 20°, más preferiblemente menos de 15°, y más preferiblemente menos de 10°, con la dirección axial del tubo flexible. El tubo flexible según este aspecto de la invención puede estar provisto de cualquier combinación deseada de las características adicionales descritas en relación con el tubo flexible según el primer aspecto de la invención.

Según otro aspecto de la invención se proporciona un método para realizar un tubo flexible que comprende:

- (a) envolver un elemento de agarre interno alrededor de un mandril tubular;
- (b) envolver un material de lámina alrededor del mandril tubular y el elemento de agarre interno para proporcionar un cuerpo tubular formado por el material de lámina;
- (c) disponer una pluralidad de tiras de refuerzo axial a lo largo de la longitud del cuerpo tubular
- (d) envolver un elemento de agarre externo alrededor de cada tira de refuerzo axial;
- (e) fijar los extremos del tubo flexible producido en la etapa (d); y
- (f) retirar el tubo flexible del mandril.

Preferiblemente los elementos de agarre y el material de lámina se aplican bajo tensión para proporcionar al tubo flexible una buena integridad estructural.

Preferiblemente el material de lámina en la etapa (b) comprende dos capas de refuerzo entre las que se intercala una capa de sellado, tal como se describió anteriormente. En la forma de realización preferida, una capa de refuerzo interna, en forma de lámina, se envuelve helicoidalmente alrededor del elemento de agarre interno y el mandril; entonces la capa de sellado, en forma de lámina, se envuelve helicoidalmente alrededor de la capa de refuerzo interna; entonces la capa de refuerzo externa, en forma de lámina, se envuelve alrededor de la capa de sellado. Normalmente se aplicaría una pluralidad de capas de sellado.

Cada tira de refuerzo axial puede ser igual que las tiras de refuerzo axial descritas anteriormente.

Preferiblemente los elementos de agarre interno y externo se aplican en una configuración helicoidal que presenta el mismo paso, y la posición del elemento de agarre externo en hélice se coloca desplazada la mitad de la longitud de paso con respecto a la posición de la hélice del elemento de agarre interno.

Preferiblemente, entre las etapas (c) y (d), se envuelve una capa adicional (que puede ser protectora, de refuerzo, o ambas cosas) alrededor del cuerpo tubular, sobre las tiras de refuerzo axial. Alternativamente, la capa adicional puede ser un tubo aplicado sobre el cuerpo tubular.

Cada película polimérica de la capa de sellado es preferiblemente una poliamida, una poliolefina o un fluoropolímero.

Cuando la película polimérica de la capa de sellado comprende una poliamida, entonces puede ser una poliamida alifática, tal como un nailon, o puede ser una poliamida aromática, tal como un compuesto de aramida.

5 Se prefiere que una de las películas poliméricas de la capa de sellado sea una poliolefina y que otra de las películas poliméricas de la capa de sellado sea un fluoropolímero.

10 Las poliolefinas adecuadas incluyen homopolímero de polietileno, polipropileno o polibutileno, o un copolímero o terpolímero de los mismos. Preferiblemente la poliolefina película está orientada moxoaxial o biaxialmente. Más preferiblemente, la poliolefina es un polietileno, y más preferiblemente el polietileno es un polietileno de peso molecular alto, especialmente el UHMWPE, que se describió con mayor detalle anteriormente. Los parámetros preferidos del UHMWPE (intervalo de peso molecular, etc.) expuestos anteriormente en relación con las capas de refuerzo, son también apropiados para la capa de sellado. A este respecto debe observarse, sin embargo, que los parámetros del UHMWPE utilizado en la capa de sellado no tienen que ser los mismos que los parámetros del UHMWPE utilizados en las capas de refuerzo.

15 Puesto que se pretende que la capa de sellado proporcione una función de sellado, la capa de sellado debe proporcionarse en forma de una película que es sustancialmente impermeable a los fluidos transportados. Por tanto, el UHMWPE orientado de manera favorable tiene que proporcionarse en una forma que presente propiedades de sellado satisfactorias. Estos productos se proporcionan normalmente en forma de un bloque sólido que puede procesarse adicionalmente para obtener el material con la forma requerida. La película puede producirse cortando una película delgada de la superficie del bloque sólido. Alternativamente las películas pueden ser películas sopladas de UHMWPE.

20 Los fluoropolímeros adecuados incluyen politetrafluoroetileno (PTFE); un copolímero de etileno propileno fluorado, tal como un copolímero de hexafluoropropileno y tetrafluoroetileno (tetrafluoroetileno-perfluoropropileno) disponible de DuPont Fluoroproducts bajo el nombre comercial Teflon FEP; o un hidrocarburo fluorado -perfluoroalcoxilo-disponible de DuPont Fluoroproducts bajo el nombre comercial Teflon PFA. Estas películas pueden realizarse por extrusión o por soplado.

25 Preferiblemente, la capa de sellado comprende una pluralidad de capas de cada una de las películas poliméricas. En una forma de realización, las capas pueden estar dispuestas de modo que los polímeros primero y segundo se alternan a través del grosor de la capa de sellado. Sin embargo, esta no es la única disposición posible. En otra disposición todas las capas del primer polímero pueden estar rodeadas por todas las capas del segundo polímero, o viceversa.

30 Se prefiere que las películas poliméricas de la capa de sellado estén formadas por una lámina de material que se ha enrollado de forma tubular enrollando el material de lámina de manera helicoidal. Cada película polimérica puede comprender una única lámina continua que se envuelve alrededor de la capa de refuerzo interna desde un extremo del tubo flexible hasta el otro. Sin embargo, más normalmente (y dependiendo de la longitud del tubo flexible) una pluralidad de longitudes separadas de la película polimérica estaría enrollada alrededor de la capa de refuerzo interna, cubriendo cada longitud de película una parte de la longitud del tubo flexible. Si se desea la capa de sellado puede comprender al menos dos manguitos de sellado termocontraíbles (es decir de forma tubular) que están dispuestos sobre la capa de refuerzo interna. Al menos dos de los manguitos deben realizarse en un material diferente.

35 La capa de sellado comprende al menos dos películas diferentes y están dispuestas preferiblemente en una relación solapada. Se prefiere que la capa de sellado comprenda al menos 5 capas solapadas, más preferiblemente al menos 10 capas solapadas. En la práctica, la capa de sellado puede comprender 20, 30, 40, 50, o más capas de película solapadas. El límite superior del número de capas depende del tamaño global del tubo flexible, pero no es probable que se requieran más de 100 capas. Normalmente, serán suficientes 50 capas, como máximo. El grosor de cada capa de película estaría normalmente en el intervalo de 50 a 100 micrómetros. Las capas estarán realizadas en al menos dos tipos diferentes de película polimérica.

40 Por supuesto, se apreciará que puede proporcionarse más de una capa de sellado.

45 Preferiblemente, la capa de sellado comprende además al menos una capa que comprende parcialmente o por completo un metal, un óxido de metal o una mezcla de los mismos. En la presente memoria las referencias a las películas que contienen metal incluyen películas que contienen óxido de metal, a menos que se indique lo contrario. Por tanto, la capa de metal puede ser una capa de película metálica (es decir una capa separada que consiste sustancialmente por completo en un metal, un óxido de metal o una mezcla de los mismos), o una película metálica revestida de polímero o una película de polímero metalizada. Se prefiere que la capa de metal sea una película metálica revestida de polímero. El metal puede ser, por ejemplo, óxido de aluminio. El polímero puede ser, por ejemplo, un poliéster.

50 Las películas de metal revestidas de polímero adecuadas incluyen las películas disponibles de HiFi Industrial Film, de Stevenage, Inglaterra, bajo los nombres comerciales MEX505, MET800, MET800B y MET852; se prefiere

MET800B.

Una capa de metal adicional puede estar dispuesta hacia fuera de la capa de sellado. Preferiblemente, la capa de metal adicional está dispuesta entre el cuerpo tubular y el elemento de agarre externo. También pueden proporcionarse capas de lana de roca para mejorar el aislamiento térmico, preferiblemente entre la capa de sellado y la capa de metal externa - su objetivo es crear un anillo térmico entre las dos capas de metal.

En los aspectos descritos anteriormente de la invención, los elementos de agarre comprenden cada uno normalmente un elemento de agarre helicoidalmente, preferiblemente un alambre. Preferiblemente cada elemento de agarre tiene forma de espiral. Las hélices de los elementos de agarre están dispuestas normalmente de tal manera que están desplazadas entre sí una distancia correspondiente a la mitad del paso de las hélices. La finalidad de los elementos de agarre es agarrar el cuerpo tubular firmemente entre los mismos para mantener las capas del cuerpo tubular intactas y para proporcionar integridad estructural al tubo flexible. Los alambres interno y externo pueden ser, por ejemplo, acero dulce, acero inoxidable austenítico o aluminio. Si se desea, los alambres pueden galvanizarse o revestirse con un polímero. El elemento de agarre interno puede realizar la función de soportar las capas externas del tubo flexible. El elemento de agarre externo puede realizar la función de soportar el tubo flexible contra la presión interna provocada por el fluido dentro del tubo flexible, es decir, fuerzas circunferenciales y radiales en el tubo flexible.

Se apreciará que aunque los alambres que forman los elementos de agarre pueden presentar una resistencia a la tracción considerable, la disposición de los alambres en espirales significa que los elementos de agarre pueden deformarse cuando se someten a tensión axial relativamente pequeña. Cualquier deformación significativa en las espirales destruirá rápidamente la integridad estructural del tubo flexible.

El tubo flexible según la invención puede proporcionarse para su utilización en una amplia variedad de condiciones, tales como temperaturas por encima de 100°C, temperaturas desde 0°C hasta 100°C y temperaturas por debajo de 0°C. Con una elección adecuada de material, el tubo flexible puede utilizarse a temperaturas por debajo de -20°C, por debajo de -50°C o incluso por debajo de -100°C. Por ejemplo, para el transporte de GNL, el tubo flexible puede tener que funcionar a temperaturas bajas de hasta -170°C, o incluso inferiores. Además, también se contempla que el tubo flexible puede utilizarse para transportar oxígeno líquido (p.e. -183°C) o nitrógeno líquido (p.e. -196°C), en cuyo caso el tubo flexible puede tener que funcionar a temperaturas de -200°C o inferiores.

El tubo flexible según la invención también puede proporcionarse para su utilización en una variedad de trabajos diferentes. Normalmente, el diámetro interno del tubo flexible oscilará entre aproximadamente 2 pulgadas (51 mm) y aproximadamente 24 pulgadas (610 mm), más normalmente entre aproximadamente 8 pulgadas (203 mm) y aproximadamente 16 pulgadas (406 mm). En general, la presión de funcionamiento del tubo flexible estaría en el intervalo desde aproximadamente 500 kPa manométricos hasta aproximadamente 2000 kPa manométricos, o posiblemente hasta aproximadamente 2500 kPa manométricos. Estas presiones se refieren a la presión de funcionamiento del tubo flexible, no a la presión de rotura (que debe ser varias veces mayor). El caudal volumétrico depende del medio fluido, la presión y el diámetro interno. Caudales desde 1000 m³/h hasta 12000 m³/h son típicos.

El tubo flexible según la invención también puede proporcionarse para su utilización con materiales corrosivos, tales como ácidos fuertes,

A continuación se hace referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un diagrama esquemático que muestra los esfuerzos principales a los que puede estar sometido el tubo flexible según la invención en funcionamiento;

la figura 2 es una vista en sección transversal esquemática de un tubo flexible según la invención;

la figura 3 es una vista en sección que muestra la disposición de una capa de refuerzo del tubo flexible según la invención;

la figura 4A es una vista en perspectiva que muestra la disposición de tiras de refuerzo axial en el tubo flexible;

la figura 4B es una sección ampliada de una de las tiras de refuerzo axial;

las figuras 5A, 5B, 5C y 5D muestran cuatro aplicaciones del tubo flexible según la presente invención; y

la figura 6 es una vista en sección transversal que muestra la capa de sellado de un tubo flexible según la invención.

La figura 1 muestra los esfuerzos a los que está sometido normalmente un tubo flexible H durante su utilización. El esfuerzo circunferencial se designa por las flechas HS y es el esfuerzo que actúa tangencialmente a la periferia del tubo flexible H. El esfuerzo axial se designa por las flechas AS y es el esfuerzo que actúa axialmente a lo largo de la

longitud del tubo flexible H. El esfuerzo de flexión se designa por FS y es el esfuerzo que actúa transversal al eje longitudinal del tubo flexible H cuando se flexiona. El esfuerzo de torsión se designa por TS y es un esfuerzo torsor que actúa sobre el eje longitudinal del tubo flexible. El esfuerzo de aplastamiento se designa por CS y es el resultado de las cargas aplicadas radialmente al exterior del tubo flexible H.

5 El esfuerzo circunferencial HS se genera mediante la presión del fluido en el tubo flexible H. El esfuerzo axial AS se genera mediante la presión del fluido en el tubo flexible y también mediante la combinación del peso del fluido en el tubo flexible H y mediante el peso del propio tubo flexible H. El esfuerzo de flexión FS se provoca por el requisito de
10 doblar el tubo flexible H para colocarlo de manera apropiada, y por el movimiento del tubo flexible H durante su utilización. El esfuerzo de torsión TS se provoca por la torsión del tubo flexible. El tubo flexible de la técnica anterior puede soportar generalmente los esfuerzos circunferenciales HS, los esfuerzos de flexión FS y los esfuerzos torsionales TS, pero puede soportar menos los esfuerzos axiales AS. Por este motivo, cuando los tubos flexibles de la técnica anterior se sometieron a grandes esfuerzos axiales AS generalmente tuvieron que estar soportados, para
15 minimizar los esfuerzos axiales AS.

En la figura 2 un tubo flexible según la invención se designa generalmente por 10. Para mejorar la claridad no se ha
mostrado el enrollamiento de las diversas capas en la figura 2, y en las otras figuras.

20 El tubo flexible 10 comprende un cuerpo tubular 12 que comprende una capa de refuerzo interna 14, una capa de refuerzo externa 16, y una capa de sellado 18 intercalada entre las capas 14 y 16. Las tiras de refuerzo axial 20, que proporcionan fortalecimiento axial, están dispuestas alrededor de la superficie externa de la capa de refuerzo externa 16.

25 El cuerpo tubular 12 y las tiras 20 están dispuestos entre un alambre en espiral helicoidalmente interno 22 y un alambre en espiral helicoidalmente externo 24. Los alambres interno y externo 22 y 24 están dispuestos de modo que están desplazados entre sí una distancia correspondiente a la mitad de la longitud de paso de la hélice de las espirales.

30 Una capa de aislamiento 26 está dispuesta alrededor del alambre externo 24. La capa de aislamiento puede ser un material de aislamiento convencional, tal como una espuma de plástico, o puede ser un material descrito a continuación en relación con la figura 7.

35 Las capas de refuerzo 14 y 16 comprenden materiales textiles tejidos en un material sintético, tal como UHMWPE o fibras de aramida. La figura 3 ilustra la capa de refuerzo interna 14, a partir de la cual resulta evidente que la capa de refuerzo interna 14 comprende fibras 14a dispuestas en una dirección de urdimbre W, y fibras 14b dispuestas en una dirección de trama F. En la figura 3 sólo se ha mostrado la capa 14, para mejorar la claridad. Se ha descubierto inesperadamente que la resistencia axial del tubo flexible 10 puede mejorarse disponiendo la capa de refuerzo interna 14 de tal manera que la dirección de urdimbre W forma un ángulo bajo, de menos de 20° y normalmente
40 alrededor de 15° con respecto al eje longitudinal del tubo flexible 10. Éste ángulo se indica mediante el símbolo α en la figura 3. La estructura y orientación de la capa de refuerzo externa 16 es sustancialmente idéntica a la capa de refuerzo interna 14; el ángulo α para la capa de refuerzo externa 16 puede ser el mismo que, o diferente de, el ángulo α para la capa de refuerzo interna 14.

45 La capa de sellado 18 comprende una pluralidad de capas de película de plástico que se envuelven alrededor de la superficie externa de la capa de refuerzo interna 14 para proporcionar un sellado estanco a fluidos entre las capas de refuerzo interna y externa 14 y 16.

50 Las figuras 4A y 4B ilustran las tiras de refuerzo axial en mayor detalle. Las tiras 20 están realizadas en un tejido que presenta una urdimbre 20a y una trama 20b. La urdimbre forma 90° con la trama, y las tiras 20 están dispuestas en el tubo flexible de tal manera que la dirección de la urdimbre forma 0° con el eje longitudinal del tubo flexible. Tal como se muestra en la figura 4A., una capa de refuerzo y/o protectora adicional 30 se proporciona preferiblemente entre las tiras 20 y el elemento de agarre externo 24.

55 Tal como se muestra en la figura 6, la capa de sellado 18 comprende una pluralidad de capas 18a de una película realizada en un primer polímero (tal como un UHMWPE orientado de manera favorable) intercalado con una pluralidad de capas 18b de una película realizada en un segundo polímero (tal como PTFE o FEP), presentando los dos polímeros una rigidez diferente. Las capas 18a y 18b se han envuelto alrededor de la superficie externa de la capa de refuerzo interna 14 para proporcionar un sellado estanco a fluidos entre las capas de refuerzo interna y externa 14 y 16. Tal como se mencionó anteriormente, las capas 18a y 18b no tienen que estar dispuestas
60 necesariamente de una manera alternativa. Por ejemplo, todas las capas 18a podrían estar dispuestas conjuntamente, y todas las capas 18b podrían estar dispuestas conjuntamente.

65 El tubo flexible 10 puede fabricarse mediante la siguiente técnica. En una primera etapa, el alambre interno 22 se enrolla alrededor de un mandril de soporte (no representado), para proporcionar una disposición helicoidal que presenta un paso deseado. El diámetro del mandril de soporte corresponde al diámetro interno deseado del tubo flexible 10. La capa de refuerzo interna 14 se envuelve a continuación alrededor del alambre interno 22 y el mandril

de soporte, de tal manera que la dirección de urdimbre W se ajusta al ángulo deseado α .

Una pluralidad de capas de las películas de plástico 18a, 18b que constituyen la capa de sellado 18 se envuelven a continuación alrededor de la superficie externa de la capa de refuerzo interna 14. Normalmente, las películas 18a y 18b presentarían una longitud sustancialmente menor que la longitud del tubo flexible 10, de modo que una pluralidad de longitudes separadas de las películas 18a y 18b tendrían que enrollarse alrededor de la capa interna 14. Las películas 18a y 18b están dispuestas preferiblemente de una manera alternativa a través del grosor de la capa de sellado 18. Normalmente podrían estar previstas cinco capas separadas de las películas 18a y 18b a través del grosor de la capa de sellado.

La capa de refuerzo externa 16 se envuelve a continuación alrededor de la capa de sellado 18, de tal manera que la dirección de urdimbre W se ajusta al ángulo deseado (que puede ser α , o puede ser algún otro ángulo próximo a α). Las tiras de refuerzo axial 20 se ponen entonces sobre el exterior de la capa de refuerzo externa 16. El alambre externo 24 se envuelve a continuación alrededor de la capa de refuerzo adicional 21, para proporcionar una disposición helicoidal que presenta un paso deseado. El paso del alambre externo 24 sería normalmente el mismo que el paso del alambre interno 22, y la posición del alambre 24 sería normalmente de tal manera que las espirales del alambre 24 estén desplazadas con respecto a las espirales del alambre 22 una distancia correspondiente a la mitad de la longitud de paso; esto se ilustra en la figura 2, en la que la longitud de paso se designa por p.

Los extremos del tubo flexible 10 pueden sellarse rebordeando un manguito sobre una inserción en el interior del tubo flexible 10. Esta terminación se aplica generalmente tras haber retirado el tubo flexible 10 del mandril.

Los extremos del tubo flexible 10 pueden sellarse utilizando un accesorio 200 de extremo mostrado en la figura 2. Las figuras 5A a 5D muestra tres aplicaciones para el tubo flexible 10. En cada una de las figuras 5A a 5C una embarcación 102 flotante de producción, almacenamiento y descarga (FPSO) está unida a un transportador 104 de GNL por medio de un tubo flexible 10 según la invención. El tubo flexible 10 transporta GNL desde un tanque de almacenamiento de la FPSO 102 hasta un tanque de almacenamiento del transportador 104 de GNL. En la figura 5A, el tubo flexible 10 permanece por encima del nivel 106 del mar. En la figura 5B, el tubo flexible 10 se sumerge por debajo del nivel 106 del mar. En la figura 5C, el tubo flexible 10 flota cerca de la superficie del mar. En cada caso el tubo flexible 10 transporta el GNL sin ningún soporte intermedio. En la figura 5D el transportador de GNL está unido a una instalación de almacenamiento en tierra 108 por medio del tubo flexible 10.

El tubo flexible 10 puede utilizarse para otras muchas aplicaciones aparte de las aplicaciones mostradas en las figuras 5A a 5C. El tubo flexible puede utilizarse en condiciones criogénicas y no criogénicas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tubo flexible (10) que comprende un cuerpo tubular (12) de material flexible dispuesto entre un elemento de agarre interno y uno externo (22, 24), sirviendo el cuerpo tubular para transportar fluido a través del tubo flexible e impedir la fuga de fluido a través del cuerpo, comprendiendo el cuerpo tubular una capa de refuerzo (14, 16) y una capa de sellado (18), caracterizado porque el tubo flexible comprende además una pluralidad de tiras de refuerzo axial (20) que se extienden a lo largo de la longitud del tubo flexible y que están realizadas de en un tejido que presenta una urdimbre y una trama de tal manera que la urdimbre está dispuesta en un ángulo de 0° a 5° con respecto al eje longitudinal del tubo flexible.
- 10 2. Tubo flexible según la reivindicación 1, en el que la anchura de las tiras de refuerzo axial (20) es tal que las tiras de refuerzo axial, en combinación, cubren desde 20% hasta 50% de la circunferencia de tubo flexible subyacente a la tira.
- 15 3. Tubo flexible según la reivindicación 1 o 2, en el que dichas tiras de refuerzo axial son equidistantes por igual alrededor de la circunferencia del tubo flexible (10).
- 20 4. Tubo flexible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que están previstas de cuatro a seis de dichas tiras de refuerzo axial (20).
5. Tubo flexible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un conector extremo dispuesto en cada extremo longitudinal del tubo flexible, y en el que los extremos, el cuerpo tubular (12) y las tiras de refuerzo axial (20) están sujetos de manera fija a cada conector extremo.
- 25 6. Tubo flexible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las tiras de refuerzo axial no se extienden alrededor de la circunferencia total del tubo flexible.
- 30 7. Tubo flexible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el cuerpo tubular (12) comprende una capa de refuerzo interna y externa (14, 16), y la capa de sellado (18) está intercalada entre las capas de refuerzo interna y externa.
8. Tubo flexible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la o cada capa de refuerzo (14, 16) del cuerpo tubular (12), y las tiras de refuerzo axial (20), están todas realizadas en el mismo material polimérico.
- 35 9. Tubo flexible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la o cada capa de refuerzo (14, 16) del cuerpo tubular (12), y las tiras de refuerzo axial (20), están todas realizadas en UHMWPE.
- 40 10. Tubo flexible según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada tira individual (20) presenta una anchura de tal manera que cubre desde aproximadamente 5% hasta aproximadamente 20% de la circunferencia total de la parte subyacente del tubo flexible (10).
11. Tubo flexible según la reivindicación 5, en el que excepto en los extremos de la tira, cada tira (20) puede moverse libremente en relación con el resto del tubo flexible (10).

Fig.1.

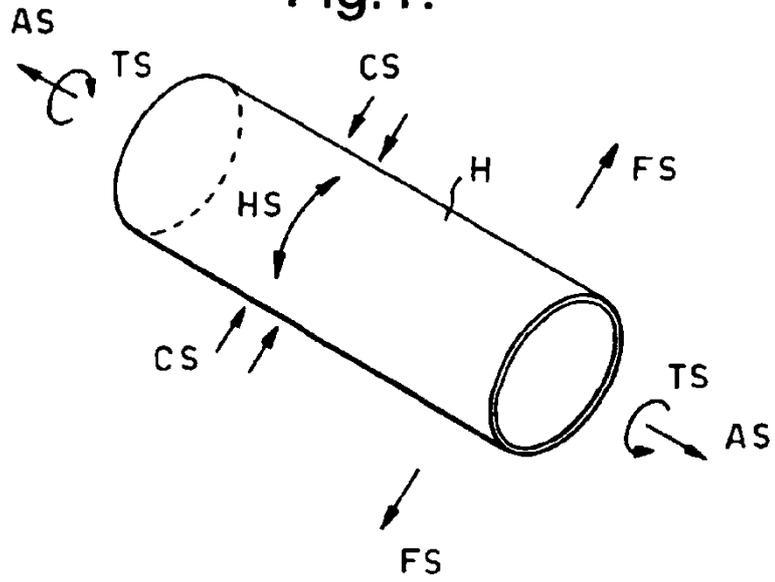


Fig.2.

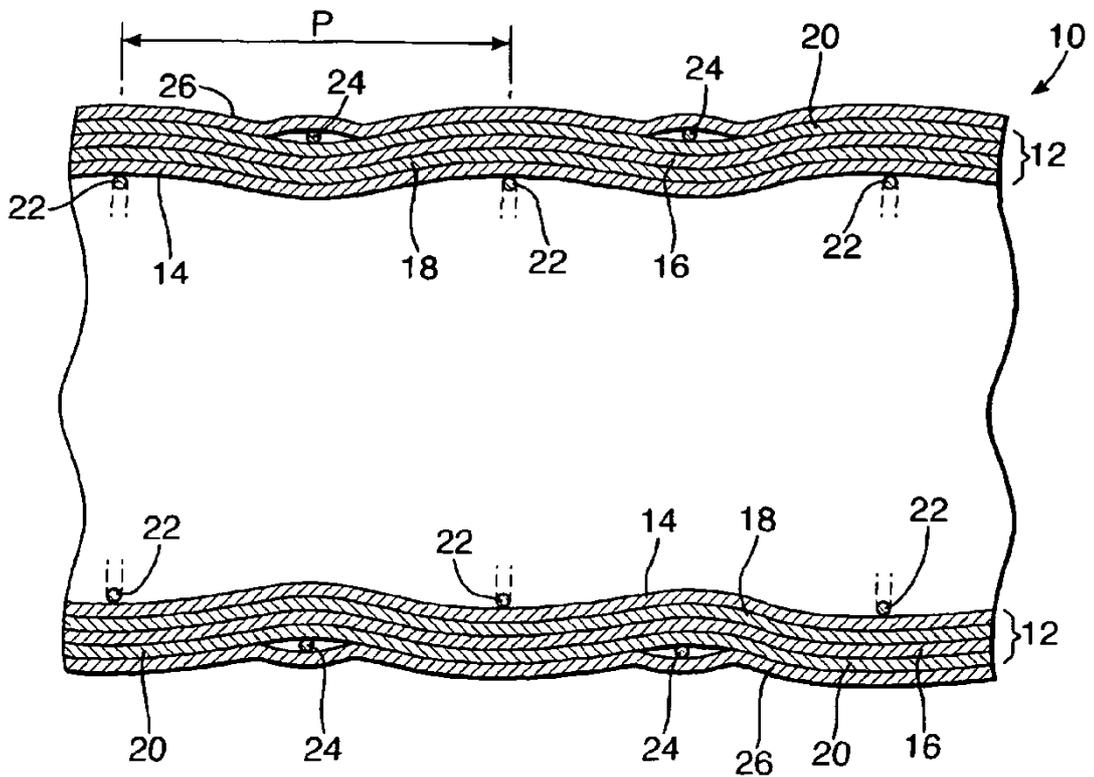


Fig.3.

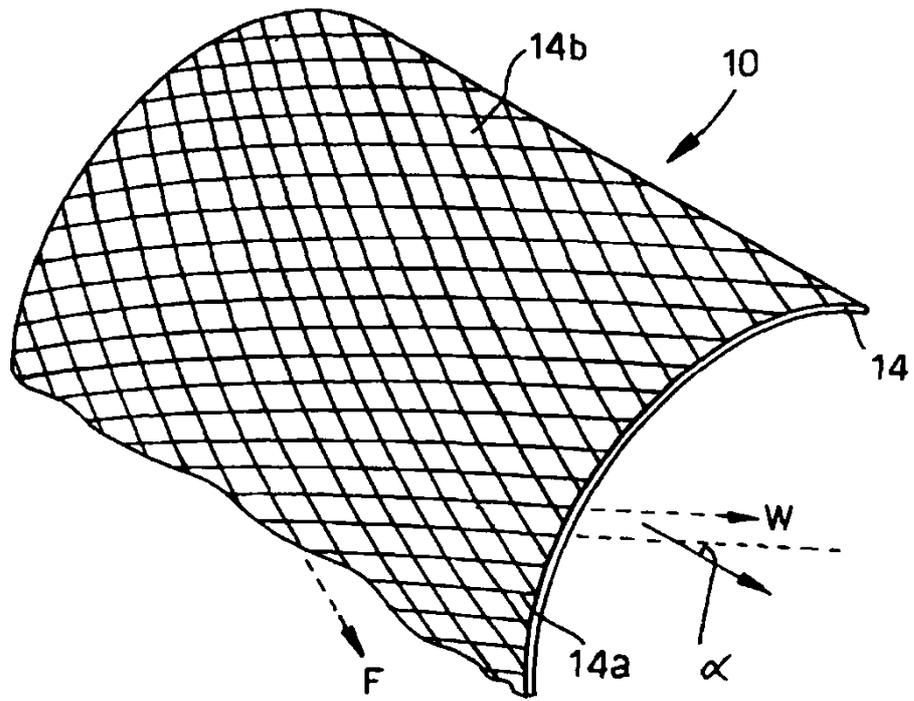


Fig.6.

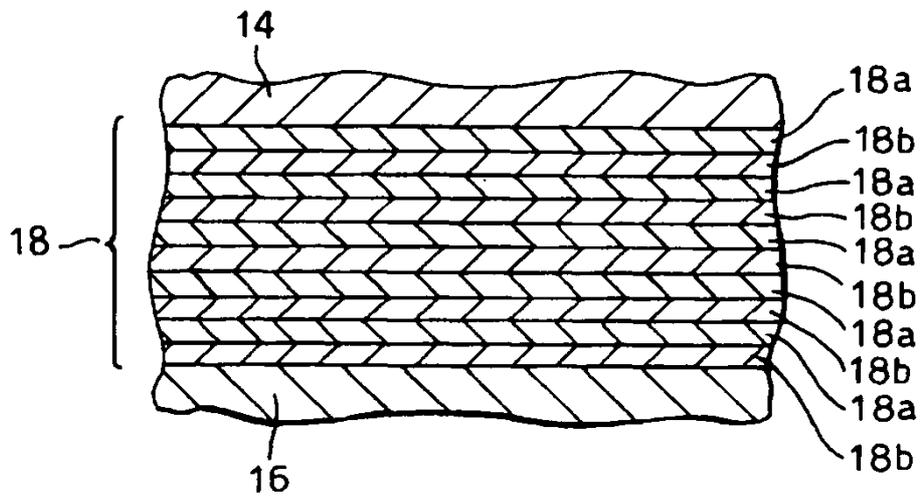


Fig.4A.

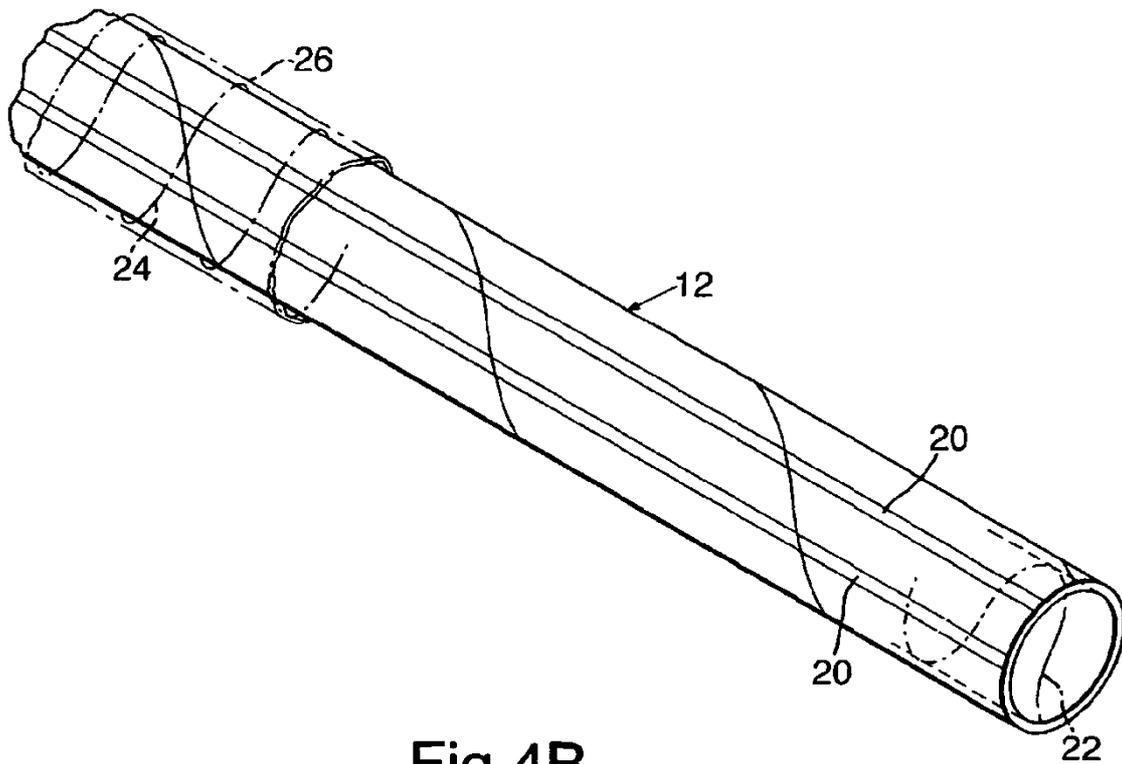


Fig.4B.

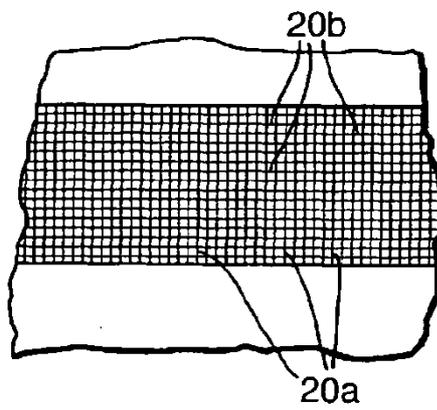


Fig.5A.

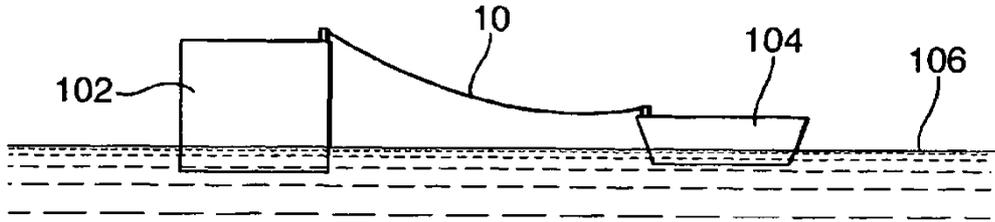


Fig.5B.

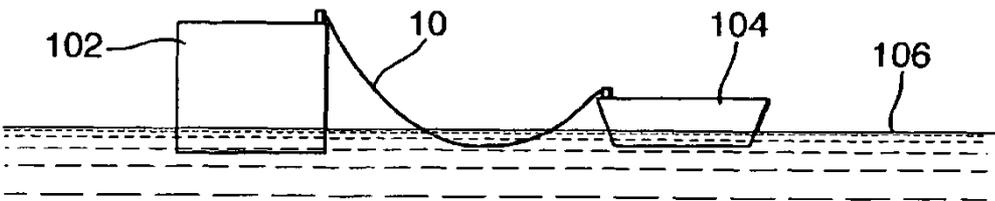


Fig.5C.

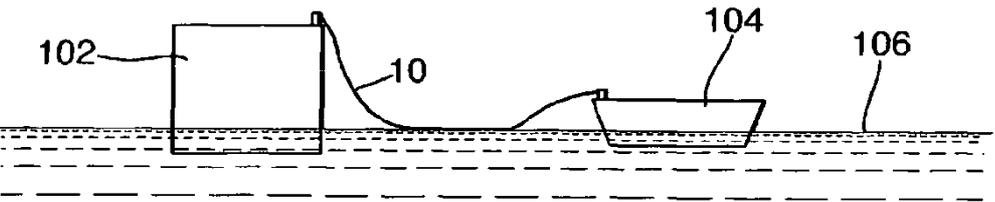


Fig.5D.

