

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 447 365**

51 Int. Cl.:

F16L 59/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2008 E 08835667 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2013 EP 2205897**

54 Título: **Conjunto de tubería previamente aislado flexible**

30 Prioridad:

02.10.2007 EP 07019381

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

11.03.2014

73 Titular/es:

**LOGSTOR A/S (100.0%)
Danmarksvej 11
9670 Løgstør , DK**

72 Inventor/es:

JESPERSEN, HANS MELBY

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 447 365 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

Conjunto de tubería previamente aislado flexible

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un conjunto de tubería que comprende un tubo portador interno, un revestimiento y al menos una capa de material térmicamente aislante sólido, de célula cerrada, situada entre el revestimiento y el tubo portador interno, y estando la al menos una capa aislante directa o indirectamente unida al menos al revestimiento y al tubo portador interno. La invención se refiere además a un método para mejorar la propiedad de flexión de un conjunto de tubería de este tipo.

Antecedentes

10 Los fluidos tales como el petróleo, el gas natural, y similares, suelen transportarse hacia o desde instalaciones en alta mar o desde una línea de costa a otra a través de largos sistemas de tuberías continuos tendidos sobre el lecho marino. Por tanto, como es natural, las tuberías tienen que poder soportar las condiciones ambientales muy especiales y las exigencias estructurales extremas que se derivan del entorno, tales como presión externa de hasta 20 bares o más, un ambiente muy agresivo en cuanto a corrosión, combinado con elevadas exigencias en cuanto a la hermeticidad de los tubos y de todas las juntas, cargas extremas durante la instalación, resistencia al desgaste, etc.

20 Se usan diferentes tipos de tuberías para tales aplicaciones en alta mar, incluyendo tubos no aislados individuales sencillos, sistemas de tubos compuestos con o sin material aislante entre los tubos y tuberías de material compuesto previamente aisladas. El tipo de sistema de tuberías depende, por un lado, del fluido que va a transportarse. En aplicaciones de transporte de petróleo, el petróleo suele mezclarse con algunos gases y con agua dando lugar a la formación de hidratos de metano en la mezcla. Si las tuberías no están térmicamente aisladas suficientemente, los hidratos de metano enfriados se solidifican sobre las paredes de los tubos obstruyendo eventualmente la tubería. Para evitar esto se añaden aditivos, tales como metanol y glicoles, a la mezcla petróleo/gas que, sin embargo, debe evaporarse después en la estación de recepción y devolverse para su reutilización. También son necesarias con frecuencia tuberías térmicamente aisladas ya que la viscosidad de algunos petróleos crudos es demasiado alta para que se bombeen si la temperatura del petróleo se vuelve demasiado baja.

30 Alternativamente, este problema puede evitarse mediante la aplicación de tuberías térmicamente aisladas que comprenden un tubo portador interno por el que discurre el fluido, un revestimiento o tubo exterior y material aislante que rellena el espacio entre los mismos. Un tubo aislado de este tipo se da a conocer en el documento GB 2.407.857, que comprende un primer y un segundo conducto tubular y material aislante entre los mismos. Debido a su bajo coste, el material aislante usado es lana mineral que en su superficie externa dirigida al segundo conducto tubular está cubierta con un elemento tal como un polímero. La lana mineral y el elemento elástico se disponen helicoidalmente en el espacio definido por el primer y el segundo conducto tubular. Cuando el tubo aislante se enrolla sobre un carrete, la lana mineral se abrirá para superar el esfuerzo de tracción provocado por la flexión del tubo aislante. Para centrar el primer y el segundo conducto tubular uno respecto al otro, este tubo aislado comprende además varios separadores situados entre el primer y el segundo conducto tubular. Además de la finalidad de funcionar como elementos de centrado, los separadores también sirven para transferir las cargas entre los dos conductos tubulares. Por tanto, la lana mineral elástica no se daña cuando este tubo aislado se bobina y se enrolla sobre carretes y de nuevo desde los carretes. Por tanto los separadores pueden transferir el esfuerzo de compresión. Sin embargo, esto requiere que el segundo conducto tubular sea rígido, de tal manera que los momentos de flexión ejercidos sobre este segundo conducto tubular puedan transferirse al primer conducto tubular. Por último, pero no menos importante, el segundo conducto tubular debe ser rígido para resistir la inevitable presión ejercida sobre el conjunto de tubo cuando está tendido sobre el lecho marino. Una falta de suficiente rigidez de segundo conducto tubular llevaría, por tanto, a una flexión del segundo revestimiento tubular a lo largo de la distancia entre los separadores. Eventualmente, esto disminuiría las propiedades aislantes de este tubo aislado, ya que la distancia o el espacio entre el primer conducto tubular y el segundo conducto tubular variarían a lo largo de toda la tubería. Para poder transferir las cargas entre los conductos tubulares muy rígidos primero y segundo, la distancia entre los separadores tendrá que ser corta. Puesto que cada separador constituye un posible puente térmico, esto disminuirá las propiedades aislantes de este tubo aislante. Tener unos conductos tubulares rígidos primero y segundo es caro. Estos costes aumentan adicionalmente debido a la aplicación engorrosa, laboriosa y que requiere tiempo, de los separadores y la lana mineral durante la fabricación de este tubo aislado. Una rigidez suficiente de ambos conductos tubulares puede obtenerse mediante el uso de metal. Puesto que el agua de mar será sumamente corrosiva para el segundo conducto tubular de metal, se requiere algún tipo de tratamiento de la superficie externa de este conducto tubular. Esto se sumará adicionalmente a los costes de este tubo aislante. Por tanto, desde un punto de vista técnico, de aislamiento y de costes, el tubo aislante dado a conocer en el documento GB 2.407.857 no es deseable.

Otra alternativa se da a conocer en el documento CH 633 092. En este caso, el tubo interno está rodeado por un tubo corrugado flexible de material sintético, que está rodeado de nuevo por una capa de material de espuma. Entre la capa de material de espuma y el tubo corrugado está aplicada una banda de poliéster para impedir que el material

de espuma migre al interior de los 'valles' abiertos del tubo corrugado. El tubo aislado dado a conocer en el documento CH 633 092 no puede aplicarse adecuadamente sobre un lecho marino ya que el ambiente en este caso es destructivo para el material de espuma externo. Además existe un gran riesgo de que el tubo corrugado colapse debido a la presión presente en este caso. Además, este tubo aislado será difícil de enrollar sobre un carrete, ya que el tubo corrugado no puede transferir los momentos de flexión ejercidos sobre el material de espuma al tubo interno. Este problema surge porque el tubo corrugado no está unido ni al tubo interno ni al material de espuma. Por tanto, existe el riesgo de que el tubo corrugado se deslice sobre el tubo interno y colapse en potencia debido al momento de flexión ejercido.

Una alternativa a esta solución es usar espuma aislante de célula cerrada entre un tubo portador interno y un revestimiento más ligero. El aislamiento térmico también puede consistir en una o más capas de polímeros termoplásticos o termoestables, sólidos o parcialmente espumados. Para transferir todas las cargas térmicas y estructurales desde el tubo portador interno al exterior y viceversa es importante una adhesión y unión absoluta y completa del material aislante tanto al tubo interno como al revestimiento exterior. Sin embargo, esta unión junto con la rigidez relativamente alta necesaria de la capa aislante debido a la presión del agua da lugar a una tubería que es relativamente rígida e inflexible. Por tanto, una tubería previamente aislada de este tipo no puede flexionarse sin grave daño del revestimiento exterior. Por tanto, las tuberías no pueden bobinarse y enrollarse sobre carretes, sino que tendrán que fabricarse en varias secciones rectas y, por tanto, más cortas para su ensamblaje posterior in situ. En aplicaciones en alta mar, esto implica un proceso de instalación mucho más lento a bordo de una barcaza de instalación en el que las secciones se sueldan entre sí en condiciones meteorológicas difíciles y desfavorables. Esto da lugar, inevitablemente, a un proceso de instalación mucho más caro, pero también a mayores riesgos de soldaduras y juntas de menor calidad que las que pueden obtenerse de lo contrario en condiciones adecuadamente controladas en una instalación de producción o en comparación con los procesos de instalación de tuberías inicialmente bobinadas sobre enormes carretes o bobinas.

Sumario de la invención

La presente invención proporciona un conjunto de tubería térmicamente aislado con unión completa o adhesión plena entre sus capas, que proporciona propiedades de flexión aumentadas, para el que se evitan todos o algunos de los problemas mencionados anteriormente. La presente invención proporciona además un método más rápido y menos complicado de instalación de sistemas de tuberías en alta mar, usando el conjunto de tubería de la presente invención que tiene propiedades que pueden absorber todas las fuerzas y los desplazamientos que surgen durante el tendido así como durante el funcionamiento.

Según un aspecto de la presente invención se refiere a un conjunto de tubería que comprende un tubo portador interno, un revestimiento y al menos una capa de material térmicamente aislante sólido, de célula cerrada situada entre el revestimiento y el tubo portador interno, y estando la al menos una capa aislante directa o indirectamente unida a al menos el revestimiento y el tubo portador interno. El conjunto de tubería está caracterizado porque la al menos una capa aislante comprende al menos una hendidura sustancialmente transversal a la dirección longitudinal del conjunto de tubería mediante la cual se han mejorado las propiedades de flexión del conjunto de tubería.

De este modo se obtiene un conjunto de tubería que puede flexionarse sin grave fractura del revestimiento externo y de la capa aislante, es decir se aumenta la capacidad del conjunto de tubería para flexionarse y su esfuerzo de flexión. De lo contrario, esto es un gran problema con los conjuntos de tubería del tipo descrito anteriormente que están diseñados para resistir las altas presiones a grandes profundidades de agua y que tienen adhesión o unión entre el material aislante y el tubo portador y el revestimiento externo garantizando transferencia de carga entre todas las capas del conjunto de tubería. Por tanto, todas las cargas que llevan a esfuerzo de tracción, esfuerzo de compresión y/o esfuerzo cortante pueden transferirse entre todos los elementos del material compuesto tubular, del que es el conjunto de tubería. La capacidad de flexión aumentada es ventajosa a la hora de hacer posible bobinar el conjunto de tubería sobre grandes carretes o bobinas, haciendo posible fabricar secciones más largas, lo que de nuevo da lugar entonces a menos juntas in situ y a un proceso de fabricación más rápido. Además, la mayoría de las juntas pueden ensamblarse o soldarse entre sí en tierra en condiciones de trabajo controladas. Asimismo, el proceso de instalación en alta mar desde carretes implica menos trabajo de instalación en alta mar y un despliegue mucho más rápido mediante el cual el proceso instalación resulta mucho menos caro. Aunque el conjunto de tubería pueda bobinarse ya antes de la aplicación de la(s) hendidura(s) en la(s) capa(s) de material aislante, las propiedades de flexión mejoradas provocadas por la(s) hendidura(s) todavía son ventajosas porque el diámetro del carrete puede reducirse a dimensiones que son más manejables y en las que cada carrete o bobina contiene una longitud de tubo que es más trabajable. De este modo se reduce de manera correspondiente el riesgo de daño de la tubería durante el bobinado. El conjunto de tubería descrito anteriormente con propiedades de flexión mejoradas es por tanto ventajoso para aplicaciones en alta mar así como en tierra. Una ventaja adicional frente a la técnica anterior es que la capacidad de transporte/transferencia de cargas de la(s) capa(s) aislante(s) reduce el requisito de un revestimiento externo muy rígido. Por tanto, en lugar de por ejemplo un revestimiento de metal, puede usarse como revestimiento un recubrimiento a base de polímero mucho menos caro. Esto también simplifica el proceso de fabricación del conjunto de tubería, que puede ser continuo.

El conjunto de tubería según la invención puede comprender simplemente una capa de material aislante o varias capas unidas entre sí individualmente así como al tubo interno y al revestimiento externo. Al afirmar que la capa

- aislante está directa o indirectamente unida a al menos el revestimiento y el tubo portador interno quiere decirse que una capa aislante puede unirse directamente a, por ejemplo, el tubo portador o indirectamente a través de, por ejemplo, un recubrimiento aplicado al tubo portador o a través de alguna otra capa aislante. Mediante el término 'revestimiento externo' se entiende en este caso, y a continuación, una capa de material que actúa como
- 5 revestimiento, opcionalmente tubo externo. Mediante el término 'hendidura' se entiende en este caso, y a continuación, una hendidura, una fisura o un corte (sin embargo, no necesariamente aplicado mediante corte) en la capa de material aislante que, en principio, tiene una anchura cero o al menos insignificante, es decir una hendidura en la que no se retira intencionadamente nada de material o sólo de manera insignificante. El número de hendiduras y la distancia entre las mismas puede variar según la anchura de la hendidura.
- 10 En una realización del conjunto de tubería, la al menos una hendidura está hecha en la superficie externa de la al menos una capa aislante y/o tiene una profundidad de entre el 5-99% del grosor de la al menos una capa aislante. En el caso en el que la capa aislante está constituida por varias capas, el grosor es el grosor añadido de cada una de las capas. Por tanto, en una realización de un conjunto de tubo que comprende varias capas de material aislante, la hendidura puede pasar a través de algunas de estas capas de material aislante.
- 15 En realizaciones adicionales del conjunto de tubería según cualquiera de las anteriores, la al menos una hendidura es al menos parcialmente helicoidal, está conformada como varias hendiduras circunferenciales añadidas a intervalos a lo largo de la longitud del conjunto de tubería y/o están formadas al menos parcialmente como varias hendiduras más cortas que la periferia de la al menos una capa aislante. Estas diferentes realizaciones son ventajosas porque son fáciles, simples y rápidas de aplicar a la(s) capa(s) aislante(s) mientras que, al mismo tiempo,
- 20 garantizan una distribución uniforme de las hendiduras a lo largo de la longitud de la tubería. Mediante una distribución más o menos uniforme se obtiene que el conjunto de tubería puede flexionarse en cualquier lugar a lo largo de su longitud y no sólo en algunas posiciones limitadas.
- Según una realización adicional de la invención, las hendiduras se añaden al menos a la parte del conjunto de tubería que se extiende hacia fuera desde el centro de un codo cuando está flexionada.
- 25 En una realización del conjunto de tubería, la al menos una capa aislante es al menos parcialmente de un polímero termoplástico tal como por ejemplo PP o PET, o al menos parcialmente de un polímero termoestable tal como por ejemplo poliuretano.
- En una realización adicional del conjunto de tubería, la al menos una capa aislante es al menos parcialmente de espuma expandida o sintáctica, que son ventajosas para dar propiedades de aislamiento térmico alto.
- 30 En aún una realización adicional de la invención, el conjunto de tubería comprende además un recubrimiento anticorrosión aplicado al tubo portador interno. De este modo se garantiza una vida útil más larga de la tubería incluso en el peor caso de que el revestimiento se rompa y se permita el acceso de agua de mar al tubo portador interno.
- En otra realización de la invención, el conjunto de tubería comprende además una barrera frente a la difusión entre dicha al menos una capa aislante y dicho revestimiento. Esta capa sirve para impedir una pérdida de líquido o gas a través del revestimiento exterior externo, o a la inversa, para impedir la difusión dirigida hacia dentro de líquido o gas, tal como oxígeno o agua de mar, que penetran por la pared desde fuera.
- 35 En una realización adicional de la invención, el revestimiento comprende una capa de recubrimiento exterior adicional, tal como un recubrimiento de hormigón. Esto es una ventaja, porque esta capa adicional puede compensar la flotabilidad del conjunto de tubería.
- 40 Según otro aspecto, la presente invención se refiere al uso de al menos una hendidura para mejorar las propiedades de flexión de un conjunto de tubería, comprendiendo el conjunto de tubería un tubo portador interno, un revestimiento y al menos una capa de material térmicamente aislante sólido, de célula cerrada, situada entre el revestimiento y el tubo portador interno, y estando la al menos una capa aislante directa o indirectamente unida a al menos el revestimiento y el tubo portador interno, en el que la al menos una hendidura se añade a la al menos una capa aislante de manera sustancialmente transversal a la dirección longitudinal del conjunto de tubería. Las ventajas son en este caso tal como se describieron anteriormente.
- 45 Según un aspecto adicional, la presente invención se refiere a un método para mejorar las propiedades de flexión de un conjunto de tubería, comprendiendo el conjunto de tubería un tubo portador interno, un revestimiento y al menos una capa de material térmicamente aislante sólido, de célula cerrada, situada entre el revestimiento y el tubo portador interno, y estando la al menos una capa aislante directa o indirectamente unida a al menos el revestimiento y el tubo portador interno, en el que la al menos una hendidura se añade a la al menos una capa aislante de manera sustancialmente transversal a la dirección longitudinal del conjunto de tubería. De nuevo, las ventajas son tal como se describieron anteriormente para el producto.
- 50 En una realización, la al menos una hendidura se añade mediante corte, lo que proporciona un proceso simple, rápido y adecuadamente controlable de adición de tal hendidura.
- 55

En realizaciones adicionales, la al menos una hendidura se añade en la superficie externa de la al menos una capa aislante y/o se le da una profundidad de entre el 5-99% del grosor de la al menos una capa aislante.

5 Finalmente, la presente invención se refiere a un método de instalación en alta mar de uno o más conjuntos de tubería según cualquiera de los anteriores, en el que el conjunto de tubería se enrolla sobre un carrete y el despliegue del conjunto de tubería en alta mar se realiza desenrollando la tubería del carrete al interior del mar. Las ventajas de esto son tal como se describieron anteriormente en relación con la descripción del conjunto de tubería según la invención.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirá la invención haciendo referencia a las figuras, en las que

10 la figura 1a ilustra un esquema básico de un conjunto de tubería aislado, tal como se conoce en la técnica con sus diferentes elementos,

la figura 1b ilustra otra realización de un conjunto de tubería aislado tal como se conoce en la técnica con sus diferentes elementos,

la figura 2 ilustra un conjunto de tubería aislado con propiedades de flexión aumentadas,

15 la figura 3a ilustra el conjunto de tubería aislado de la figura 2 en vista en sección transversal,

la figura 3b ilustra un conjunto de tubería aislado en una vista en sección transversal, con dos capas aislantes,

la figura 4 ilustra diferentes realizaciones de los cortes aplicados a un conjunto de tubería aislado según la invención, y

20 la figura 5 ilustra la instalación y el tendido de un sistema de tuberías según la invención desde carretes en un barco de instalación en alta mar.

Descripción de realizaciones

25 La figura 1a ilustra un esquema básico de un conjunto de tubería aislado de la técnica anterior, que se usa con mucha frecuencia para aplicaciones en alta mar para transportar fluidos tales como petróleo y/o gases y agua. El tipo de conjunto de tubería 100 considerado en este caso se muestra en una vista en sección transversal y generalmente comprende un tubo portador interno 101, un revestimiento exterior externo 102 y una o más capas aislantes 103 en entre el tubo portador 101 y el revestimiento exterior 102. Las dimensiones relativas de las diferentes partes de la tubería 100 han de considerarse únicamente de manera ilustrativa. El conjunto de tubería por tanto constituye una construcción de tipo sándwich o material compuesto tubular.

30 El fluido se transporta en el tubo portador interno 101 que, dependiendo del tipo de fluido que vaya a transportarse, está hecho lo más frecuentemente de algún tipo de metal, tal como algún tipo de acero. El grosor de pared del tubo portador 101 se elige de modo que el tubo de un determinado diámetro pueda resistir la presión interna del fluido más cualquier posible pérdida de material debido a la corrosión. Un factor de dimensionamiento para el tubo portador interno también puede ser, en algunas aplicaciones, un determinado grosor de pared mínimo con respecto al diámetro de tubo para garantizar una flexibilidad suficiente del tubo para que se flexione sin pandeo. Sin embargo, 35 en aplicaciones en alta mar, el tubo portador que está dimensionado para resistir la presión interna del fluido y/o la presión externa que resulta de, por ejemplo, la instalación de los tubos sobre el lecho marino ya es en la mayoría de los casos más que suficientemente grueso con respecto a la flexibilidad de flexión.

40 La figura 1b ilustra otra realización de un conjunto de tubería aislado 100 de la técnica anterior, que también se usa para aplicaciones en alta mar para transportar fluidos tales como petróleo y/o gases y agua. Las dimensiones relativas de las diferentes partes de la tubería 100 han de considerarse únicamente de manera ilustrativa. El tipo de conjunto de tubería 100 considerado en este caso se muestra en una vista en sección transversal y generalmente comprende un tubo portador interno 101, un revestimiento exterior externo 102 y dos capas aislantes unidas 112, 114 entre el tubo portador 101 y el revestimiento exterior 102. El lado externo del tubo portador interno 101 está cubierto por un recubrimiento de PP de tres capas constituido por un recubrimiento de FBE (resina epoxídica unida por fusión) 106, una sustancia adhesiva de PP 108 y, finalmente, un recubrimiento de PP 110. Estos recubrimientos 45 106, 108, 110 actúan como agente anticorrosión y, por tanto, impiden que el tubo portador 101 se deteriore por la corrosión y al menos mantenga su capacidad de transporte de fluido durante mucho más tiempo en el peor escenario en el que el revestimiento exterior 102 y tal vez las capas aislantes 112, 114 estén dañados. Los materiales de recubrimiento 108, 110 pueden estar hechos de, por ejemplo, FBE o PU (poliuretano). El conjunto de tubería 100 comprende además una barrera frente a la difusión 116, que, entre otras cosas, sirve para impedir una 50 pérdida de líquido o gas a través del revestimiento exterior externo 102, o a la inversa, para impedir la difusión dirigida hacia dentro de líquido o gas, tal como oxígeno o agua de mar, que penetran por la pared desde fuera.

Las capas térmicamente aislantes 112, 114 actúan principalmente para aislar el tubo portador interno 101. En general, un conjunto de tubería 100 puede comprender varias capas de material térmicamente aislante y no sólo

dos. Las capas pueden ser, entonces, de diferentes materiales y/o tener diferentes propiedades de material o pueden ser, opcionalmente, del mismo material, pero aplicadas a la tubería en más etapas de producción. La capa térmicamente aislante se une ventajosamente al tubo portador o bien directamente o bien indirectamente a través de las capas de recubrimiento 106, 108, 110. De este modo se obtiene que cambios en la temperatura del fluido que dan como resultado deformaciones térmicas del tubo portador se transfieran directamente a las capas aislantes 112, 114 y adicionalmente hacia fuera al lecho marino exterior, minimizándose de ese modo el desgaste entre las diferentes partes de la tubería. Si el conjunto de tubería comprende varias capas aislantes, todas las capas están unidas correspondientemente entre sí. Además, los parámetros de material de la capa aislante se determinan por la importancia de alta resistencia y rigidez en compresión y resistencia a la fluencia a compresión. Estos aspectos dan como resultado una variedad de densidades del material aislante que, por un lado, da lugar a una alta rigidez en compresión (alta densidad) y, por otro lado, a propiedades de aislamiento térmico máximas (baja densidad). La importancia de las propiedades de compresión óptimas para resistir la presión extrema a profundidades de agua de varios centros de metros da como resultado, además, la necesidad de usar un material de célula cerrada en el que el aire permanece 'atrapado' dentro del material, ayudando por tanto a que el material resista la presión, manteniendo su grosor y por tanto sus propiedades de aislamiento térmico. Alternativamente, también puede usarse un material térmicamente aislante sólido (tal como por ejemplo PP), que se aplica entonces, en general, en una capa mucho más gruesa para compensar sus propiedades de aislamiento inferiores. Por el contrario, un material de célula abierta, tal como una espuma de célula abierta o una lana mineral, sin embargo, a grandes profundidades de agua se comprimiría hasta una capa de material compacta, perdiendo sus propiedades de aislamiento. La(s) capa(s) aislante(s) del conjunto de tubería previamente aislado según la invención pueden ser, por ejemplo, de una resina epoxídica, poliuretano, PP o PET o cualquier otro material polimérico termoplástico o termoestable sólido o expandido adecuado, que sea pertinente para la invención. La(s) capa(s) térmicamente aislante(s) también pueden comprender esferas huecas para formar una espuma sintáctica.

En su exterior, las capas aislantes 112, 114 se unen de nuevo a un revestimiento exterior o tubo externo 102. Como antes, la unión o adhesión entre la capa aislante y el revestimiento es importante para transferir todas las cargas térmicas y estructurales que se derivan del fluido interno a presión y temperaturas variables y/o de la presión externa debido a las posibles grandes profundidades de agua. Además, el revestimiento protege mecánicamente el conjunto de tubería frente a cargas exteriores, por ejemplo durante la instalación de la tubería, y debe ser hermético al agua, impidiendo eficazmente que el agua llegue a entrar en la capa aislante y el tubo portador interno donde el agua de mar provocaría una grave corrosión y una disminución drástica de la vida útil del conjunto de tubería y reduciría la eficacia del aislamiento. El revestimiento ha de formar, por tanto, un exterior completo e ininterrumpido. El revestimiento puede hacerse, por ejemplo, de una capa de polietileno, de polipropileno o de poliuretano sólido o cualquier otro material de plástico adecuado.

Durante el proceso de fabricación de la tubería, el revestimiento externo se añade sobre la capa aislante mediante, por ejemplo, bobinado o extrusión. El revestimiento 102 también puede ser en forma de una capa no espumada externa, por ejemplo del mismo material que una capa aislante espumada o expandida que forma una piel integrada. Además, el revestimiento también puede recubrirse, en algunas aplicaciones, con una capa de material exterior adicional tal como un recubrimiento de hormigón para compensar la flotabilidad.

Sin embargo, un conjunto de tubería de material compuesto tal como se describió anteriormente conlleva el grave inconveniente de ser muy inflexible. A diferencia de, por ejemplo, la mayoría de tubos de calefacción aislados según las normas EN 253 y EN 15632 con pequeños diámetros para instalación subterránea en tierra, las dimensiones más grandes del conjunto de tubería en alta mar no pueden bobinarse en grandes bobinas o carretes cuando se fabrican. Esto se debe a que el revestimiento externo puede romperse abriéndose de manera muy repentina y la capa aislante se partirá junto con el revestimiento y se deslaminará del tubo portador interno dejándolo totalmente expuesto en un área grande. Una eventual fractura puede empezar en alguna irregularidad diminuta aleatoria en los materiales aislantes y del revestimiento. Aumentar la ductilidad del material aislante no mejora la capacidad de flexión del conjunto de tubería, sino que en lugar de ello puede influir negativamente en la resistencia a la compresión.

Los problemas de la técnica anterior se eliminan, sin embargo, con un conjunto de tubería 200 según se esquematiza en la figura 2 y la figura 3a. No es necesario modificar las propiedades de material de los diferentes elementos del conjunto de tubería de material compuesto. En lugar de ello, se ha añadido una hendidura o un corte 201 a, y se ha realizado en, la capa de material aislante 103. La hendidura, fisura o corte (aunque no necesariamente se aplica mediante corte) en la capa de material aislante no es necesario que tenga una anchura significativa y puede tener una anchura en principio de cero, en la que no se retira intencionadamente nada de material o sólo de manera insignificante durante el proceso de aplicación de la hendidura.

La hendidura 201 está prevista, en una realización, desde la superficie exterior 202 de la capa de material aislante 103 extendiéndose una cierta distancia en la capa aislante. La(s) hendidura(s) 201 no se extiende(n) hacia fuera en el revestimiento y no es necesario que se extiendan por toda la capa aislante, sino que pueden tener una profundidad constante o variable 203, por ejemplo entre el 5-99% del grosor de la capa o capas aislantes. Se han llevado a cabo experimentos que muestran buenos resultados para hendiduras con una profundidad del 25-50%. En la realización ilustrada en la figura 2, se añade una hendidura 201 a la capa de material aislante 103 en forma de hélice 204 que da la vuelta alrededor del conjunto de tubería 200. La hendidura puede añadirse, ventajosamente,

5 mediante corte con, por ejemplo, una cuchilla giratoria o similar antes de aplicar el revestimiento exterior o tubo externo 102 al tubo aislado 103. Cuando se ve en una vista en sección transversal longitudinal, tal como en figura 3a, el conjunto de tubería 200 está dotado de este modo de varias hendiduras o cortes transversalmente a la dirección longitudinal 301 de la tubería y más o menos equidistantes 303. En otra realización de la invención, las hendiduras se aplican como varias hendiduras circunferenciales añadidas a intervalos en la capa de material aislante a lo largo de la longitud de la tubería. Las hendiduras circunferenciales pueden extenderse entonces alrededor de toda o parte de la tubería. Las hendiduras tal como se han descrito en general anteriormente dan como resultado conjuntos de tubería con una capacidad de flexión considerablemente aumentada porque las tuberías pueden flexionarse significativamente sin fracturas dañinas. Por otro lado, las fuerzas necesarias para flexionar el conjunto de tubería no se reducen en comparación con un conjunto de tubería sin una o más hendiduras. Por tanto, la unión directa o indirecta (indicada mediante 220, 222, 321) entre las diferentes capas, incluyendo el tubo portador interno y el revestimiento, contribuye a la transferencia esencial de las cargas cuando se enrolla el conjunto de tubería sobre carretes.

15 Como ejemplo, un conjunto de tubería sin hendidura o cortes, de las dimensiones indicadas a continuación, no puede flexionarse con un radio exigido en EN 15632 (en referencia a tubos flexibles), sino sólo del orden de aproximadamente 30 veces el diámetro de tubo medio antes del fallo fatal y la fractura total del revestimiento y la rotura parcial y la deslaminación de la capa aislante con respecto al tubo portador interno.

Tubo portador interno (acero y 3LPP)	
Diámetro x grosor	Ø323,9 x 16 mm
Capa aislante (PUR)	
Grosor	40 mm
Revestimiento (HDPE)	
Diámetro x grosor	Ø420 mm x 7 mm
Profundidad de hendidura en la capa de material aislante	15 mm
Distancia entre hendiduras	50 mm
Temperatura de funcionamiento (Instalación)	-10°C
Radio de flexión sin hendiduras	~10 m
Radio de flexión con hendiduras	7 m

20 Se añadió después un conjunto de tubería idéntico con una hendidura helicoidal que se extiende 15 mm en la capa de material aislante. El ángulo de la hendidura que da la vuelta helicoidalmente fue de modo que en una sección transversal longitudinal dada de la tubería, los cortes se produjeron a una distancia de 50 mm. El experimento se realizó a -10°C para tener en cuenta los efectos negativos de las bajas temperaturas sobre las propiedades de material. Este conjunto de tubería pudo flexionarse hasta un radio de 7 metros sin fractura, dando lugar por tanto a una tubería que puede colocarse sobre un carrete.

25 Las hendiduras funcionan actuando como varios puntos de inicio para grietas o fracturas, mediante lo cual se obtienen áreas de esfuerzo controlado. De este modo el esfuerzo se distribuye de manera más uniforme y se compensa a lo largo de la longitud de la tubería. Esto significa que el esfuerzo (energía) acumulado en el conjunto de tubería cuando se bobina y se enrolla sobre carretes, aparte de usarse para flexionar el tubo portador interno, también se usará, de manera controlada, para formar grietas. Estas grietas, tal como se ha descrito, se inician en las hendiduras en el material aislante. Por tanto, se evita que se acumule una singularidad de esfuerzo en algún defecto aleatorio en el conjunto de tubería y que dé como resultado una fractura fatal y bastante violenta o al menos se pospone para que ocurra con un esfuerzo de flexión más elevado. Se forman varias grietas más pequeñas, pero no críticas, en el material aislante dejando el revestimiento y la capa de protección frente a la corrosión protección libres de daño. Cuando el conjunto de tubería vuelve a enderezarse, las grietas en el aislamiento simplemente se cierran por completo sin perder la integridad y la resistencia al corte axial.

40 La figura 3b ilustra un conjunto de tubería aislado 300 en una vista en sección transversal, con dos capas aislantes 112, 114, que están unidas entre sí y al tubo portador interno 101 y al revestimiento externo 102, respectivamente. La(s) hendidura(s) o corte(s) 201 pasan a través de la totalidad de la capa aislante más externa 114 y por una cierta distancia al interior de la capa aislante interna 112. La(s) hendidura(s) 201 en las dos capas aislantes deben estar sustancialmente alineadas, para obtener la capacidad de flexión deseada. Además, la(s) hendidura(s) 201 no se

extienden hasta el interior del revestimiento 102 y no es necesario que se extiendan a través de la totalidad de las capas aislantes 112, 114, sino que pueden tener una profundidad constante o variable 203, por ejemplo de entre el 5-99 % del grosor de la capa o capas aislantes.

Algunas de las características principales y ventajosas de la presente invención son que:

- 5 - El material aislante de célula cerrada es totalmente adhesivo durante la fabricación del conjunto de tubería, mediante lo cual la(s) capa(s) aislante(s) se unen directa o indirectamente al tubo portador interno y al revestimiento. Todas las capas se unen entre sí en sus respectivas superficies de contacto.
- El material aislante, debido a sus propiedades y debido a su unión directa o indirecta al tubo portador interno y al revestimiento, puede transferir todo tipo de fuerzas que dan lugar a esfuerzo de tracción, esfuerzo de compresión y/o
- 10 esfuerzo cortante, que se producen todos ellos cuando el conjunto de tubería se bobina y se enrolla sobre carretes.
- Las hendiduras actúan como puntos de inicio desde los que pueden originarse fracturas y grietas controladas.

Por tanto, la invención según se ha descrito anteriormente es ventajosa porque proporciona un conjunto de tubería con una capacidad de flexión considerablemente aumentada de manera que las propiedades, por lo demás, esenciales y deseadas de la tubería no se destruyen ni siquiera se reducen. Estas propiedades son, entre otras, las

15 propiedades de aislamiento térmico, la resistencia a la compresión y la rigidez de la capa de material aislante, la hermeticidad al agua del revestimiento y la unión entre las diferentes partes del conjunto de tubería. Esto contrasta con algunas de las técnicas anteriores conocidas en el campo en las que se ha usado, por ejemplo, un material aislante más blando aumentando tal vez la flexibilidad de flexión, pero reduciendo también la capacidad de la tubería de resistir presiones de agua tan altas, o la aplicación del material aislante en distintas secciones separadas por

20 separadores de formas diferentes, pero reduciendo también la unión entre los elementos del conjunto de tubería en la dirección longitudinal (aparte de aumentar los costes de fabricación de manera considerable).

En la figura 4 se ilustra una realización alternativa de un conjunto de tubería 400 con varias hendiduras 401 aplicadas. En este caso, las hendiduras comprenden varios cortes relativamente cortos y aislados realizados en la capa de material aislante 103. Los cortes 401 también están realizados en este caso en una o más direcciones

25 transversalmente a la longitud del conjunto de tubería 400 y, en esta realización, están distribuidos de manera más o menos aleatoria por toda la superficie de la capa aislante. La parte importante en este caso es que los cortes están presentes con cierta densidad, al menos en la parte de la tubería que se extiende hacia fuera desde el centro del codo cuando está flexionada. Las hendiduras pueden tener profundidades variables, orientaciones variables y longitudes variables y disponerse con una densidad variable. Además, las hendiduras no tienen que ser necesariamente rectas, sino que pueden ser curvadas también. Si la capa aislante consiste en varias subcapas de material, la(s) hendidura(s) según la invención pueden aplicarse a una o más de las subcapas y/o dejando

30 opcionalmente una o más de las subcapas sin tratar.

La figura 5 ilustra la instalación y el tendido básico de un sistema de tuberías según la invención desde carretes 501 en un barco o barcaza de instalación en alta mar 500. Dado que las propiedades de flexión del conjunto de tubería se han mejorado, la tubería puede ventajosamente o bien fabricarse en secciones más largas o bien ensamblarse en tierra en secciones más largas que se flexionan o bobinan entonces sobre carretes que se colocan en o se mueven

35 más tarde a una barcaza de despliegue 500. Cuando se encuentra en el sitio de instalación en alta mar, el barco de instalación despliega entonces la tubería 507 desbobinando el carrete 501 por ejemplo por la popa del barco, opcionalmente a través de algunas rampas o plataformas 503 y al interior del mar 502 tal como esquematiza de manera ilustrativa en la figura.

40

Ha de observarse que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran más que limitan la invención y que los expertos en la técnica podrán diseñar muchas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, cualquier símbolo de referencia dispuesto entre paréntesis no deberá interpretarse como que limita la reivindicación. La expresión 'que comprende/comprendiendo' no excluye la

45 presencia de otros elementos o etapas aparte de los enumerados en una reivindicación.

Definiciones

Conjunto de tubería indica un componente o construcción de tipo sándwich o material compuesto tubular.

Unión se refiere a la unión entre dos capas adyacentes del conjunto de tubería. Esta unión puede transferir todas las cargas que llevan a esfuerzo de tracción, esfuerzo de compresión y/o esfuerzo cortante. El término adhesión se usa

50 en la descripción de la presente invención como sinónimo de unión, lo que significa que las propiedades de transferencia de cargas obtenidas mediante la adhesión son iguales que para la unión.

Hendidura se refiere al corte en la capa aislante del conjunto de tubería de la presente invención. La hendidura define una pista por la que la capa aislante puede abrirse y cerrarse de manera controlada, cuando el conjunto de tubería se enrolla y desenrolla en y desde un carrete. Por tanto la hendidura es análoga una zona de deformación

55 predefinida.

Referencias

	100	Conjunto de tubería
	101	Tubo portador interno
	102	Revestimiento exterior externo
5	103	Capa aislante
	106	Recubrimiento de FBE (resina epoxídica unida por fusión)
	108	Sustancia adhesiva de PP
	110	Recubrimiento de PP
	112	Capa aislante
10	114	Capa aislante
	116	Barrera frente a la difusión
	200	Conjunto de tubería
	201	Hendidura o corte
	202	Superficie exterior de la capa de material aislante
15	203	Profundidad de hendidura o corte
	204	Hendidura o corte helicoidal
	220	Unión
	222	Unión
	300	Conjunto de tubería
20	301	Dirección longitudinal del conjunto de tubería
	303	Distancia entre hendidura(s) o corte(s)
	321	Unión
	400	Conjunto de tubería
	401	Hendidura(s) o corte(s)
25	500	Barco o barcaza de instalación en alta mar
	501	Carrete(s)
	502	Mar
	503	Rampa o plataforma
	507	Tubería

REIVINDICACIONES

1. Conjunto de tubería (200, 300, 400) que comprende un tubo portador interno (101), un revestimiento (102) y al menos una capa de material térmicamente aislante sólido, de célula cerrada, (103, 112, 114) situada entre dicho revestimiento (102) y dicho tubo portador interno (101), y estando dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) directa o indirectamente unida (220, 222, 321) a al menos dicho revestimiento (102) y dicho tubo portador interno (101), caracterizado porque dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) comprende al menos una hendidura (201, 204) de manera sustancialmente transversal a la dirección longitudinal del conjunto de tubería (200, 300, 400) mediante la cual se han mejorado las propiedades de flexión del conjunto de tubería (200, 300, 400).
2. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha al menos una hendidura (201, 204) está realizada en la superficie externa de dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114).
3. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque dicha al menos una hendidura (201, 204) tiene una profundidad (203) de entre el 5-99% del grosor de dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114).
4. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha al menos una hendidura (201, 204) es al menos parcialmente helicoidal.
5. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dichas hendiduras (201, 204) están conformadas al menos parcialmente como varias hendiduras circunferenciales (401) añadidas a intervalos a lo largo de la longitud de dicho conjunto de tubería (200, 300, 400).
6. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dichas hendiduras (201, 204, 401) están formadas al menos parcialmente como varias hendiduras más cortas que la periferia de dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114).
7. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dichas hendiduras (201, 204, 401) se añaden al menos a la parte del conjunto de tubería (200, 300, 400) que se extiende hacia fuera desde el centro de un codo cuando está flexionada.
8. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) es al menos parcialmente de un polímero termoplástico tal como por ejemplo PP o PET.
9. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) es al menos parcialmente de un polímero termoestable tal como por ejemplo poliuretano.
10. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) es al menos parcialmente de espuma expandida o sintáctica.
11. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho conjunto de tubería (200, 300, 400) comprende además un recubrimiento anticorrosión (106, 108, 110) aplicado a dicho tubo portador interno (101).
12. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho conjunto de tubería (200, 300, 400) comprende además una barrera frente a la difusión (116) entre dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) y dicho revestimiento (102).
13. Conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicho revestimiento (102) está recubierto con una capa exterior adicional de material tal como un recubrimiento de hormigón.
14. Uso de al menos una hendidura (201, 204, 401) para mejorar las propiedades de flexión de un conjunto de tubería (200, 300, 400), comprendiendo dicho conjunto de tubería (200, 300, 400) un tubo portador interno (101), un revestimiento (102) y al menos una capa de material térmicamente aislante sólido, de célula cerrada, (103, 112, 114) situada entre dicho revestimiento (102) y dicho tubo portador interno (101), y estando dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) directa o indirectamente unida (220, 222, 321) a al menos dicho revestimiento (102) y dicho tubo portador interno (101), en el que dicha al menos una hendidura (201, 204, 401) se añade a dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) de manera sustancialmente transversal a la dirección longitudinal del conjunto de tubería (200, 300, 400).
15. Método para mejorar las propiedades de flexión de un conjunto de tubería (200, 300, 400), comprendiendo

- 5 dicho conjunto de tubería (200, 300, 400) un tubo portador interno (101), un revestimiento (102) y al menos una capa de material térmicamente aislante sólido, de células cerradas, (103, 112, 114) situada entre dicho revestimiento (102) y dicho tubo portador interno (101), y estando dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) directa o indirectamente unida (220, 222, 321) a al menos dicho revestimiento (102) y dicho tubo portador interno (101), caracterizado porque dicha al menos una hendidura (201, 204, 401) se añade a dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114) de manera sustancialmente transversal a la dirección longitudinal del conjunto de tubería (200, 300, 400).
- 10 16. Método para mejorar las propiedades de flexión de un conjunto de tubería (200, 300, 400) según la reivindicación 15, caracterizado porque dicha al menos una hendidura (201, 204, 401) se añade mediante corte.
17. Método para mejorar las propiedades de flexión de un conjunto de tubería (200, 300, 400) según las reivindicaciones 15 ó 16, caracterizado porque dicha al menos una hendidura (201, 204, 401) se añade en la superficie externa de dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114).
- 15 18. Método para mejorar las propiedades de flexión de un conjunto de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones 15-17, caracterizado porque a dicha al menos una hendidura (201, 204, 401) se le da una profundidad (203) de entre el 5-99% del grosor de dicha al menos una capa aislante (103, 112, 114).
- 20 19. Método de instalación en alta mar de uno o más conjuntos de tubería (200, 300, 400) según cualquiera de las reivindicaciones 1-14, caracterizado porque dicho conjunto de tubería (200, 300, 400) se enrolla sobre un carrete (501) y el despliegue del conjunto de tubería (200, 300, 400) en alta mar se realiza desenrollando la tubería del carrete (501) al interior del mar (502).

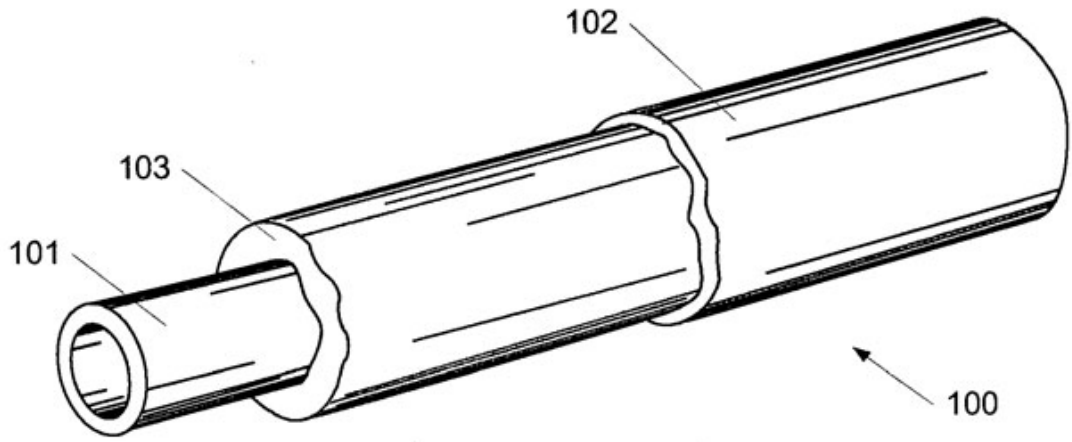


Fig. 1a (técnica anterior)

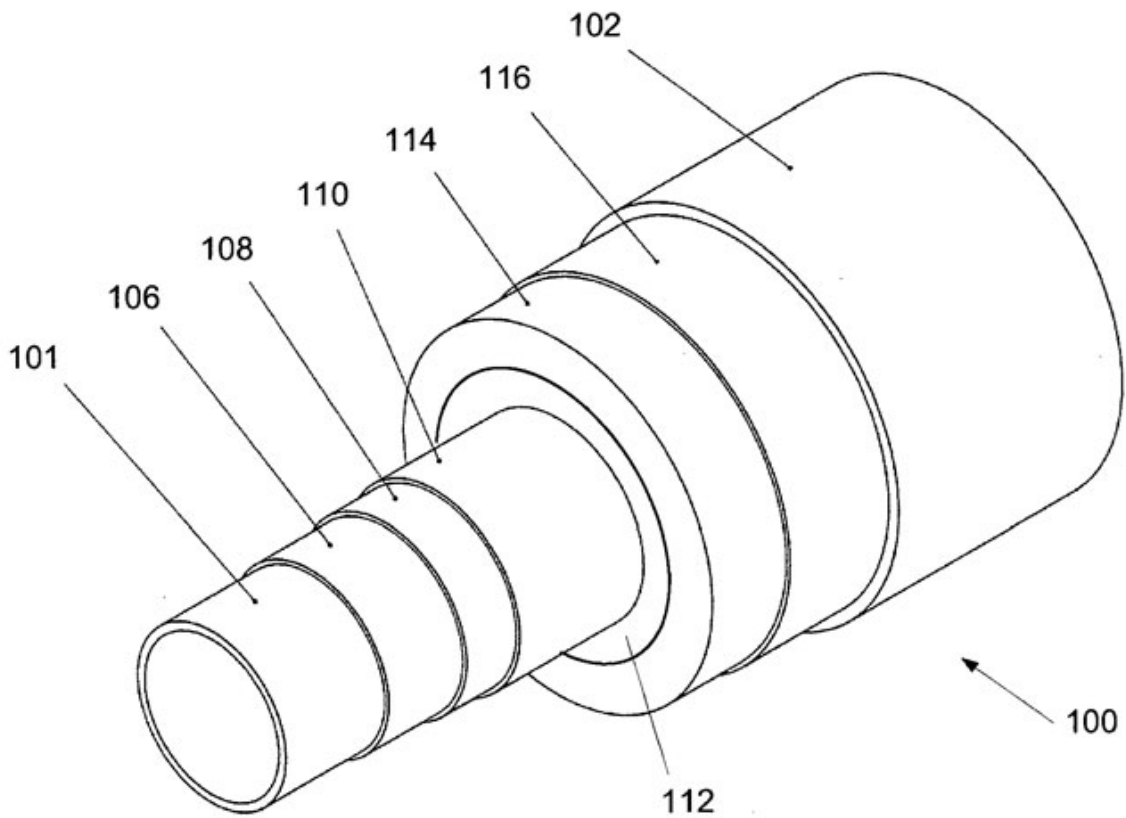


Fig. 1b (técnica anterior)

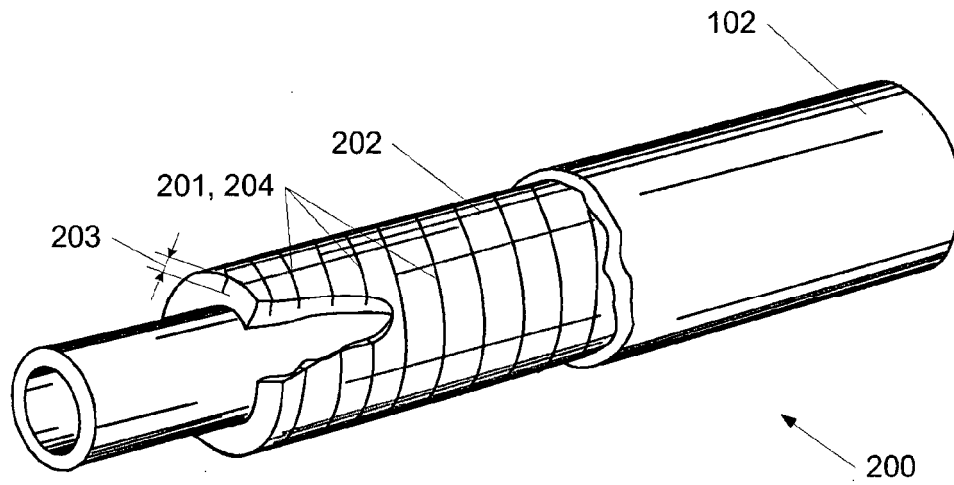


Fig. 2

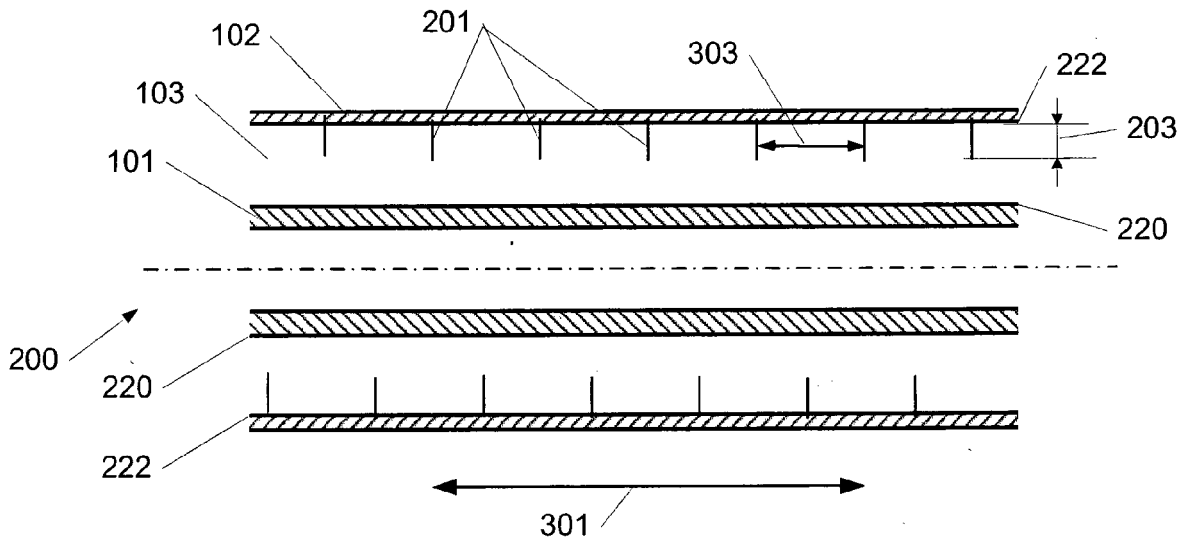


Fig. 3a

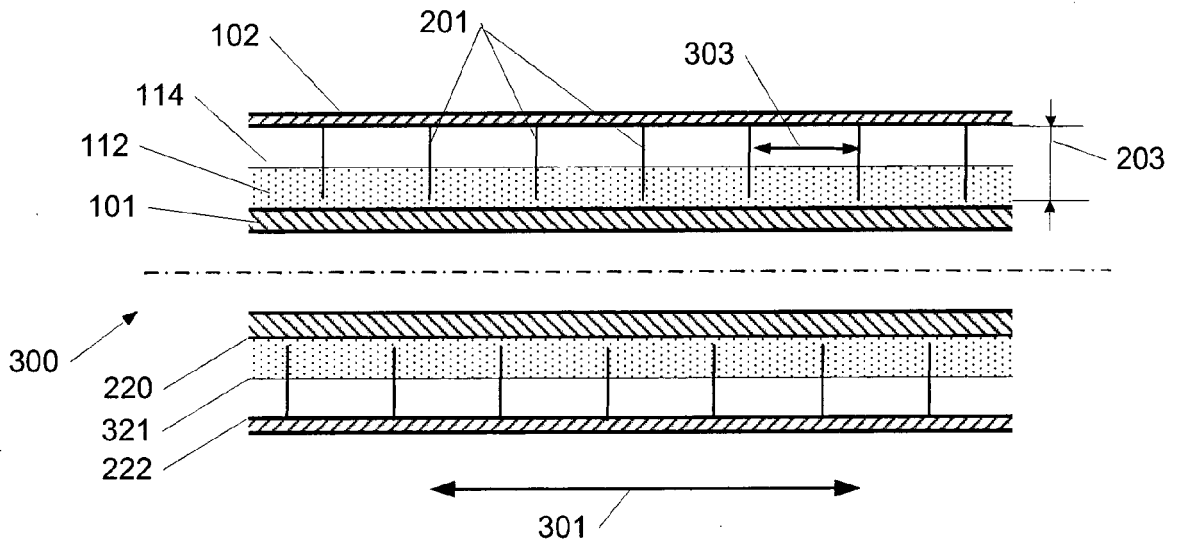


Fig. 3b

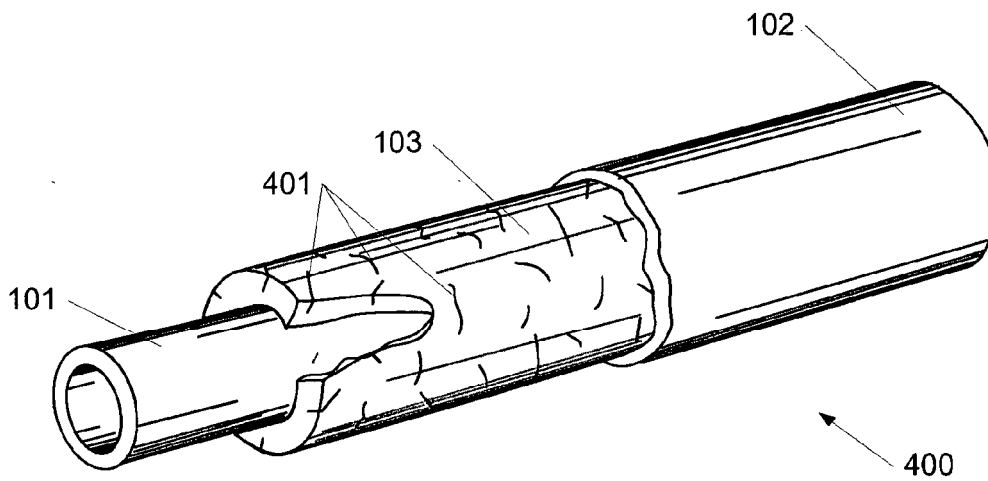


Fig. 4

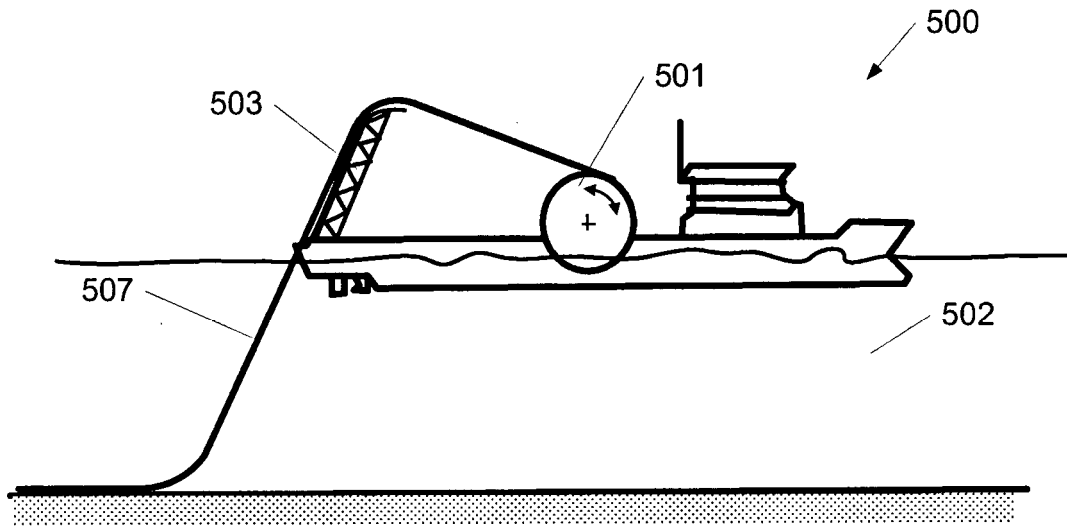


Fig. 5