

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 201**

51 Int. Cl.:

|                    |           |                   |           |
|--------------------|-----------|-------------------|-----------|
| <b>F16L 59/14</b>  | (2006.01) | <b>F16L 59/18</b> | (2006.01) |
| <b>B32B 1/08</b>   | (2006.01) |                   |           |
| <b>B32B 27/36</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>B32B 33/00</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>B32B 7/12</b>   | (2006.01) |                   |           |
| <b>E21B 17/01</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>F16L 58/02</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>C09D 125/04</b> | (2006.01) |                   |           |
| <b>F16L 58/10</b>  | (2006.01) |                   |           |
| <b>F16L 59/10</b>  | (2006.01) |                   |           |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2008** **E 08864095 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2013** **EP 2232124**

54 Título: **Aislamiento estirénico para tubería**

30 Prioridad:

**21.12.2007 US 962772**

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

**16.12.2013**

73 Titular/es:

**SHAWCOR LTD. (100.0%)  
25 BETHRIDGE ROAD  
TORONTO, ONTARIO M9W 1M7, CA**

72 Inventor/es:

**JACKSON, PETER y  
JACKSON, ADAM**

74 Agente/Representante:

**MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia**

**ES 2 435 201 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

## AISLAMIENTO ESTIRÉNICO PARA TUBERÍA

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al revestimiento polimérico para el aislamiento y la protección de conductos de transporte de fluidos o gas, a conductos de transporte aislados con estos revestimientos aislantes, y métodos para la producción y aplicación de los mismos. Más particularmente, los revestimientos aislantes y protectores de acuerdo con la invención comprenden al menos una capa de un polímero a base de estireno con baja conductividad térmica y alta resistencia compresiva a la fluencia y son rentables para su uso en el aislamiento térmico de conductos de transporte de fluido y / o gas tales como oleoductos y gasoductos.

## 15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] Hay una creciente demanda en la industria del petróleo y gas para los revestimientos térmicos de más alto rendimiento que aislen y protejan los conductos de transporte en mar abierto que operan a altas temperaturas en profundidades superiores a 1.000 metros. Con el fin de mantener el conducto a la temperatura de funcionamiento requerida en estas profundidades, los revestimientos deben tener baja conductividad térmica para evitar la formación de hidratos y ceras que podrían comprometer la eficiencia de bombeo del fluido en el conducto. La conductividad térmica se reduce hasta cierto punto a través de la espumación del revestimiento, pero el revestimiento debe mantener una estabilidad térmica suficientemente alta y una resistencia compresiva a la fluencia para resistir las temperaturas de funcionamiento y las presiones hidrostáticas que actúan sobre el revestimiento en aguas profundas. Sin la suficiente resistencia compresiva, el aislamiento se comprime en el espesor, lo que aumenta la conductividad térmica y la alteración de las dimensiones y el rendimiento térmico y la hidrodinámica del sistema. También, es importante que el revestimiento permanezca suficientemente dúctil después de la aplicación sobre el conducto para prevenir el agrietamiento durante la manipulación y la instalación, por ejemplo durante el bobinado del conducto en un navío y el posterior despliegue del mismo.

El flujo de fluido multi-fase es común en conductos de transporte de fluidos submarinos, tales como líneas de flujo y elevadores. Dos preocupaciones principales en tales sistemas son la formación de hidratos de gas-agua y la deposición de cera. Ambos fenómenos están relacionados con la temperatura del fluido, y en casos extremos el conducto puede llegar a quedar seriamente constreñido o incluso bloqueado. Esto a su vez puede conducir a una reducción o pérdida de producción. En los casos especialmente graves puede conducir a la necesidad de reemplazar secciones de tubería o sistemas completos con la correspondiente pérdida de valor de los activos. El aislamiento térmico se utiliza para proporcionar una pérdida de energía controlada del sistema, ya sea en estado estable o en el caso de paralización planificada y no planificada y con ello proporcionar una base confiable para las operaciones.

Para las líneas de flujo de un solo tubo y elevadores que utilizan un aislamiento externo unido, las cargas mecánicas, así como los requisitos impuestos a las prestaciones mecánicas y térmicas de los sistemas de aislamiento térmico normalmente aumentan con aguas más profundas. Por lo tanto, la tecnología tradicional de aislamiento térmico por espumación utilizado en aguas poco profundas y en el diseño asociado y la metodología de prueba puede no ser aplicable a los proyectos en aguas profundas.

Las tecnologías actuales incluyen soluciones de tubería individuales, típicamente con requisitos de aislamiento en el rango del coeficiente de transferencia de calor de 3 - 5 W/m<sup>2</sup> K, el uso de espuma de polipropileno o de espuma de poliuretano como aislante, y los llamados sistemas de "pipe-in-pipe" en los que un segundo tubo rodea el conducto primario, y el espacio anular entre los dos tubos está rellenos de un material aislante.

El documento US 6,527,015 B2 divulga una tubería aislada para uso en mar abierto, en ambientes de aguas profundas.

55 Las limitaciones y deficiencias de estas tecnologías incluyen:

- Conductividad térmica relativamente alta de los sistemas de espuma de polipropileno, que requiere revestimientos excesivamente gruesos para lograr el rendimiento del aislamiento requerida, dando lugar a posibles dificultades en el procesamiento de la espuma, posibles problemas con la tensión residual, dificultades durante el despliegue de la tubería, y inestabilidad en el lecho marino.

- Problemas relacionados con la resistencia compresiva a la fluencia en alta profundidad de agua que conduce a un cambio en la flotabilidad que presenta retos significativos en el diseño del sistema.

- Costos excesivos debido a los costes de los malos materiales frente a la capacidad de rendimiento o costes altos de transporte e implementación.

- Desventajas en el despliegue y operación de los sistemas "pipe-in-pipe" debido a factores de peso que llevan a la deformación y el defectos de soldadura si no se tratan adecuadamente, y la necesidad de alta cargas agarre durante la colocación de tuberías.

5 Por lo tanto, sigue habiendo una necesidad de revestimientos mejorados para el aislamiento térmico y la protección de conductos de transporte de fluido y / o gas, tales como oleoductos y gasoductos, especialmente para conductos de transporte en mar abierto que operan a altas temperaturas en profundidades de agua por encima de 1.000 metros.

## 10 RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención supera las deficiencias antes mencionadas mediante el uso de un aislamiento térmico y revestimiento protector con capacidades de aislamiento térmico superiores, mientras mantiene las propiedades mecánicas requeridas para aplicaciones submarinas, resultando en grosores de revestimiento y costes inferiores para lograr un rendimiento aceptable del sistema.

En un aspecto, la presente invención proporciona un revestimiento aislante y protector que comprende al menos una capa de aislamiento térmico de un termoplástico de poliestireno o a base de estireno, que contiene burbujas de gas, y que tiene las propiedades deseadas de baja conductividad térmica, alta estabilidad térmica y alta resistencia compresiva a temperaturas y presiones elevadas.

En otro aspecto, la presente invención proporciona revestimientos aislantes y protectores que comprenden al menos una capa de aislamiento térmico de un poliestireno o termoplástico a base de estireno, que contiene micro esferas de polímero hueco, vidrio o de cerámica, y que tiene las propiedades deseadas de baja conductividad térmica, alta estabilidad térmica y alta resistencia compresiva a temperaturas y presiones elevadas.

En otro aspecto, la presente invención proporciona revestimientos aislantes y protectores que comprenden al menos una capa de aislamiento térmico de poliestireno no espumado o termoplástico a base de estireno, y que tiene las propiedades deseadas de baja conductividad térmica, alta estabilidad térmica y alta resistencia compresiva en temperaturas y presiones elevadas.

En otro aspecto, la presente invención proporciona revestimientos aislantes y protectores que comprenden al menos una capa de espuma o poliestireno sólido (no espumada) o a base de estireno termoplástico, y al menos otra capa de un material polimérico diferente, y que tiene las propiedades deseadas de baja conductividad térmica, alta estabilidad térmica y alta resistencia a la compresión a temperaturas y presiones elevadas.

En otro aspecto, la presente invención proporciona un método de fabricación y aplicación de dicho revestimiento aislante y protector por el que al menos una capa de poliestireno o termoplástico a base de estireno, se extruye, opcionalmente espumada, y aplicada como una capa de aislamiento térmico, o capas, a la parte exterior de un tubo de acero.

En otro aspecto, la presente invención proporciona un conducto aislado de transporte de gas y/o fluido, como por ejemplo una tubería de aceite a alta temperatura y gas para su uso en entornos de submarinos, incluyendo: (a) una tubería de acero continuo hecho de una o más secciones de tubo, en el que la tubería de acero tiene una superficie exterior y una superficie interior, (b) un sistema de protección contra la corrosión que comprende un revestimiento epoxi unido directamente a la superficie de la tubería de acero que requiere adhesivo adicional y capa de acabado; y (b) al menos una capa de aislamiento térmico aplicada sobre el sistema de protección contra la corrosión, en el que al menos una capa de dicho aislamiento térmico se compone de un termoplástico de poliestireno o a base de estireno, que tiene una baja conductividad térmica, alta estabilidad térmica, alta resistencia a la compresión y alta resistencia compresiva a la fluencia, y que está opcionalmente espumado.

En un aspecto adicional, la presente invención proporciona un sistema de aislamiento y protección de juntas de tuberías termoplástico, que comprende un poliestireno o termoplástico a base de estireno, compatible con, y adherible a, los aislantes y revestimientos de protección mencionados anteriormente que comprenden al menos una capa de poliestireno o a base de estireno termoplástico.

## BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La invención se describirá ahora, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 es una sección transversal de una tubería aislada de acuerdo con una primera realización de la invención;

La figura 2 es una sección transversal de una tubería aislada de acuerdo con una segunda realización de la invención;

La figura 3 es una sección transversal de una tubería aislada de acuerdo con una tercera realización de la invención;

La figura 4 es una sección transversal de una tubería aislada de acuerdo con una cuarta realización de la invención;

5 La figura 5 es una sección transversal de una tubería aislada de acuerdo con una cuarta forma de realización de la invención modificada;

La Figura 6 es una sección transversal de una tubería aislada de acuerdo con una quinta realización de la invención;

10 La Figura 7 es una sección transversal de una tubería aislada de acuerdo con una sexta realización de la invención;

La figura 8 es una sección transversal de una tubería aislada de acuerdo con una séptima realización de la invención; y

15 La figura 9 es una sección transversal de una tubería aislada de acuerdo con una octava realización de la invención.

La Figura 10 es una sección transversal longitudinal de la zona de junta de tuberías de dos tuberías aisladas soldadas entre sí.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERIDAS

20 La presente invención se refiere a revestimientos aislantes y protectores y a conductos de transporte de fluidos y /o gas aislados térmicamente que incorporan los mencionados revestimientos para su uso en entornos submarinos. La presente invención también se refiere a métodos de fabricación de dicho aislante y revestimientos de protección y para la fabricación de aislamiento térmico fluido a alta temperatura y / o conductos de transporte de gas que incorporan dichos revestimientos.

30 Los conductos de transporte de fluido y / o gas que se describen a continuación son tuberías de gas y petróleo que normalmente se componen de una o más secciones de tubo de acero. El término "conducto de transporte de fluidos y/o gas ", y términos similares, tal como se utilizan en este documento, pretende incluir oleoductos y gasoductos y componentes relacionados, incluyendo líneas de flujo, tubos, puentes, bobinas, colectores y equipos auxiliares.

35 Una consideración importante en el uso de tubos de acero es la protección de la tubería de la corrosión a largo plazo en condiciones de utilización húmedas y de alta temperatura. Por lo tanto, los revestimientos aislantes y de protección de acuerdo con la invención pueden comprender una o más capas de protección contra la corrosión o un sistema de protección contra la corrosión de varias capas que se aplica sobre tubo de acero limpio y lijado antes de la aplicación de cualquiera de las capas posteriores, incluyendo al menos una capa de poliestireno o a base de estireno termoplástico de acuerdo con la invención. Por ejemplo, la capa de protección anticorrosiva puede comprender una capa de epoxi curada directamente aplicada a la superficie exterior de la tubería de acero y unido a la misma.

40 Se apreciará que las capas que componen los revestimientos aislantes y protectores que se describen a continuación no se muestran a escala en los dibujos. En particular, los espesores de algunas de las capas que forman los revestimientos son exageradas en relación con los espesores de las otras capas y también en relación con el espesor y el diámetro de la tubería de acero.

45 La Figura 1 ilustra una sección transversal de una tubería aislante para gas y aceite 10 de acuerdo con una primera realización de la invención. La tubería aislada 10 incluye una o más secciones de un tubo de acero 1 en la que el revestimiento aislante y protector incluye un sistema de protección contra la corrosión de tres capas. De acuerdo con este sistema, el tubo de acero 1 está recubierto con una capa de protección anticorrosiva 2 compuesta de epoxi curado, una primera capa adhesiva intermedia 3 se aplica sobre la capa de protección anticorrosiva 2, y una primera capa de acabado protectora 4 se aplica sobre la primera capa de adhesivo 3. La primera capa de acabado protectora 4 proporciona protección añadida contra la corrosión y mecánica y la capa adhesiva 3 proporciona una unión adhesiva entre la capa superior 4 y la capa de protección anticorrosiva subyacente 2. La capa de acabado 4 se muestra en la Figura 1 como una capa fina entre la capa adhesiva 3 y las capas de aislamiento superpuestas que se describen a continuación. La composición y el espesor de la capa superior 4 dependerán, al menos parcialmente, de las composiciones de la capa adhesiva subyacente 3 y de las capas de aislamiento superpuestas, en particular con respecto a la adherencia a las capas. En términos de composición, la capa superior puede comprender preferentemente una resina termoplástica extrusionable que puede comprender el mismo material que una capa de aislamiento térmico recubriente, o un material compatible con o enlazable a la capa de aislamiento térmico, que incluye una mezcla de dos o más materiales.

60 La Figura 2 ilustra una sección transversal de una tubería aislada para gas y aceite 12 de acuerdo con una segunda realización de la invención. La tubería aislada 12 incluye una o más secciones de tubo de acero 1 provisto de un sistema de protección contra la corrosión de dos capas, en el que el tubo de acero 1 está provisto de una capa de protección anticorrosiva 2 compuesta de epoxi curado y una primera capa adhesiva 3 aplicada sobre la capa 2, como en la Figura 1. En el sistema de protección contra la corrosión mostrado en la Figura 2 la primera capa de adhesivo 3 actúa a la vez como adhesivo y capa de acabado, eliminando así la necesidad de la aplicación separada

de una primera capa de acabado protectora 4. Un sistema de protección contra la corrosión de dos capas similar se muestra en la Figura 4, que ilustra una sección transversal de una tubería aislante para aceite y gas 16 de acuerdo con una cuarta realización de la invención.

5 Como alternativa a los sistemas de protección contra la corrosión de capas múltiples ilustrados en las figuras 1, 2 y 4, el tubo de acero 1 en su lugar puede estar provisto de una capa de protección anticorrosiva de material compuesto de una sola capa en la que los componentes cubrientes de epoxi, adhesivo y polímero son premezclados y aplicados sobre el tubo 1 como un revestimiento de grado variable. La Figura 3 ilustra la sección transversal de un aceite aislante y la tubería de gas 14 de acuerdo con una tercera realización de la invención. La tubería aislada 14 incluye una o más secciones de tubo de acero 1 provistas de un revestimiento de una sola capa de material compuesto 22 como protección contra la corrosión.

10 En las tuberías aisladas para gas y aceite de acuerdo con la invención, el aislante y los revestimientos protectores también comprenden una o más capas de aislamiento térmico, que incluyen una o más capas de espuma y / o una o más capas no espumadas (sólidas). La tuberías 10, 12 y 14 que se ilustran en las Figuras 1 a 3 incluyen una única capa de aislamiento térmico 6, mientras que la tubería 16 de la Figura 4 está provisto de capas de aislamiento primero (interior) y segundo (exterior) térmicos 6 y 8. También será apreciado que las tuberías aisladas para aceite y gas de acuerdo con la invención pueden comprender más de dos capas de aislamiento térmico, cada uno de las cuales puede ser espumadas o no espumadas.

15 Cuando la tubería de aislamiento incluye una única capa de protección anticorrosiva o de un sistema de protección contra la corrosión de múltiples capas, la capa de aislamiento térmico 6 debe adherirse firmemente a dicha capa de protección anticorrosiva o el sistema. Esta es una consideración particularmente importante si la capa de aislamiento térmico 6 y la capa de protección anticorrosiva subyacente o el sistema se componen de materiales poliméricos diferentes. La adhesión entre las capas, también conocida como adhesión intercapas, también depende de la temperatura de revestimiento y el modo de aplicación de las capas. Por ejemplo, puede ser necesario precalentar la capa o sistema de protección contra la corrosión antes de la aplicación de la capa de aislamiento térmico que recubre 6 para fundir mejor las dos capas juntas y maximizar la adhesión intercapas. También puede ser necesario aplicar una capa de adhesivo entre la capa de protección anticorrosiva o el sistema y la capa de aislamiento térmico 6. Esto se ilustra, por ejemplo, en la Figura 1, en la que se aplica una segunda capa de adhesivo 5 entre la capa de aislamiento térmico 6 y la capa de acabado protectora subyacente 4 del sistema de protección contra la corrosión de tres capas, y sirve para unir la capa de aislamiento térmico 6 a la capa superior 4. En las realizaciones de las figuras 2 y 4, la primera capa de adhesivo 3 sirve como un adhesivo y una capa de acabado protectora y une la capa de aislamiento térmico 6 de la capa de protección anticorrosiva 2. En la realización de la Figura 3, la capa de aislamiento térmico 6 está unida directamente a la capa protectora a la corrosión 2 sin la ayuda de una capa adhesiva.

20 La adherencia entre capas también puede llevarse a cabo a través de la activación de una o más de las superficies a ser adheridas usando plasma o tratamiento Corona. En este caso una capa adhesiva aparte puede ser innecesaria.

25 Cuando se espuman cualquiera de las capas de aislamiento térmico 6, 8, una consideración adicional sería el efecto de adhesión entre las capas en la integridad de la espuma, ya que cualquier colapso de la estructura de espuma en la interfaz debido al calor y la presión aplicada para efectuar la adhesión comprometerá el rendimiento global de aislamiento térmico del sistema.

30 Como se muestra en las figuras 1 a 5, una capa de acabado protectora exterior 7 se puede aplicar sobre la capa externa de aislamiento para proporcionar más resistencia a la presión estática en grandes profundidades, particularmente si dicha capa exterior de aislamiento se espuma. La capa de acabado protectora exterior 7 puede, por ejemplo, comprender el mismo material polimérico que una o más de las capas de aislamiento térmico, pero está preferiblemente en un estado sólido, sin espumar. Por ejemplo, donde la capa externa de aislamiento (por ejemplo, capa de 6 o 8) se compone de una espuma de poliestireno o termoplástico a base de estireno, la capa de acabado protectora exterior 7 puede estar compuesta de un sólido, poliestireno no espumado o termoplástico a base de estireno.

35 Se apreciará que la capa de acabado protectora exterior y las capas de aislamiento térmico pueden alternativamente estar compuestas de diferentes materiales poliméricos, tales como polietileno o polipropileno, en cuyo caso se puede preferir proporcionar una capa adicional de adhesivo (no mostrado) entre la capa externa de aislamiento térmico y la capa protectora externa. También se apreciará que la capa de acabado protectora 7 no es necesaria en todas las realizaciones de la invención, y las figuras 6 a 9 ilustran aislamiento de tuberías 18, 20, 24 y 26 que son idénticas a las tuberías 10, 12, 14 y 16, respectivamente, con la excepción de que no incluyen una capa de acabado protectora 7. Se apreciará que la capa de acabado protectora exterior puede ser innecesaria, por ejemplo, donde se espuma la capa de aislamiento térmico más externa, pero se forma naturalmente una piel sólida durante el procesamiento, o es un sólido.

40 Como se muestra en la Figura 4, el revestimiento aislante y la capa protectora pueden comprender más de una capa de aislamiento térmico de la misma composición de polímero espumado a diferentes grados, o densidades, o puede comprender más de una capa de aislamiento térmico de sólido o de espuma hecha a partir de materiales de

polímero diferentes. Esto permite al sistema adaptarse a un rendimiento de aislamiento térmico preciso en relación con los requisitos del sistema de la aplicación instalada. Por ejemplo, un polímero con una mayor resistencia a la temperatura o punto de reblandecimiento tal como el polipropileno o polibutileno se puede utilizar como espuma interior o como la capa de aislamiento térmico sólido más cercana a la tubería de acero caliente, usando poliestireno o termoplástico a base de estireno, con menor resistencia a la temperatura y baja conductividad térmica como una capa secundaria, terciaria o el aislamiento exterior.

La forma de realización ilustrada en la Figura 4 incluye una capa de aislamiento térmico interior 6 y una capa de aislamiento térmico 8 exterior que puede ser de misma o diferente composición y / o densidad. Las capas de aislamiento térmico 6 y 8 están separadas por una capa 9 de material polimérico no espumado que puede ser de la misma o diferente composición, ya sea como una o ambas capas 6 y 8 y que puede funcionar como una capa adhesiva entre las capas 6 y 8. Se apreciará que una capa de adhesivo puede estar dispuesta entre las capas 6, 8 o entre una o más de las capas 6, 8 y la capa sin espumar adyacente 9, o entre cualquiera de las capas de aislamiento térmico adicionales, en particular si dichas capas son de composición diferente. También se apreciará que la capa no espumada 9 puede no ser necesaria en todas las situaciones, por ejemplo, donde las capas de aislamiento térmico individuales pueden estar unidos directamente el uno al otro, o cuando se utiliza el tratamiento con plasma o corona para efectuar la adhesión. Esto se ilustra en la Figura 5, que muestra una tubería de aislamiento 17 idéntica a la tubería 16 de la Figura 4 excepto por la omisión de la capa sin espumar 9 entre las capas de aislamiento 6 y 8.

En otra variación, la capa de aislamiento térmico interior 6, es decir, la capa de aislamiento más cercana a la tubería de acero 1, puede comprender una capa sólida, no espumada compuesto por polipropileno, polibutileno, poliestireno o a base de estireno termoplástico, con capas externas posteriores de aislamiento térmico (por ejemplo, capa 8) espumadas. Las capas de aislamiento también pueden ser espumadas en grados crecientes cuanto más lejos estén de la pared de la tubería, es decir, las capas exteriores de aislamiento térmico pueden ser preferiblemente espumadas en un grado mayor que las capas internas.

Aunque las realizaciones de la invención mostradas en los dibujos incluyen ya sea una o dos capas de aislamiento térmico, se apreciará que las tuberías aisladas de acuerdo con la invención pueden incluir más de dos capas de aislante térmico espumado o no espumado, con o sin capas de polímero sin espumar y / o adhesivo dispuestas entre las capas de espuma.

Es también necesaria en la aplicación proporcionar aislamiento térmico alrededor de la zona de la articulación en la que dos tramos de tubería de acero se sueldan. La composición de este sistema de aislamiento de la junta debe ser unible a tanto la capa o sistema de protección contra la corrosión, aplicado directamente sobre la junta de tubería soldada y a la capa de aislamiento térmico existente, o capas, incluyendo cualquier capa final de protección o cualquier otra capas, de la tubería aislada expuesta como resultado de reducir el aislamiento de los extremos del tubo para permitir la soldadura de los mismos.

La figura 10 ilustra una sección transversal longitudinal del área de soldadura 11 en la que dos tubos de acero 1 se unen. Los tubos de acero 1 tienen cada uno un revestimiento aislante y protector como se muestra en la Figura 3 que comprende una capa de protección anticorrosiva 22, una capa de aislamiento térmico 6 y una capa de acabado protectora exterior 7. Se apreciará, sin embargo, que los tubos 1 podrían estar provistos de cualquiera de los revestimientos aislantes y de protección que se muestran en los dibujos o descritos en este documento. El tubo de área de junta de soldadura 11 se proporciona con el aislamiento del empalme del tubo 13 de la junta que, por ejemplo, está unido a un sistema de protección contra la corrosión 15 que comprende una capa interna epoxi y una capa superior de adhesivo, y a la capa de aislamiento 6 y la capa superior 7. El sistema de protección contra la corrosión 15 puede tener la misma composición y grosor que cualquiera de las capas de protección contra la corrosión o sistemas descritos en este documento, y la capa de aislamiento del empalme del tubo 13 puede tener la misma composición que cualquiera de las capas de aislamiento térmico descritos en este documento. El sistema de aislamiento de la junta de tuberías se describe más adelante.

#### *Composición de Capas*

##### *Revestimiento(s) protector(es) contra la corrosión*

Como se mencionó anteriormente, puede ser ventajoso aplicar una o más capas de protección contra la corrosión o un sistema de protección contra la corrosión de múltiples capas al tubo de acero antes de cualquiera de las capas posteriores. La capa inicial de protección contra la corrosión, a saber, el revestimiento unido directamente a la tubería de acero, puede estar compuesto preferiblemente de epoxi curado, o epoxi modificado, aplicada sobre la superficie de la tubería limpiada y pre-calentado o bien, a) como un polvo unido por fusión pulverizando el tubo con pistolas de pulverización de polvo, pasando el tubo a través de una "cortina" de polvo, o usando un lecho fluidizado que contiene el polvo, o, b) como un revestimiento líquido-líquido utilizando pistolas de pulverización. El curado del epoxi resulta del contacto con el tubo caliente.

También puede ser preferible aplicar capas adicionales sobre el epoxi parcialmente curado. En el sistema de protección contra la corrosión de 3 capas que se ilustra en la Figura 1, un copolímero de adhesivo puede ser

aplicado directamente a la resina parcialmente curada, seguida de la aplicación de una capa superior de polímero sobre el adhesivo para la protección mecánica. En este ejemplo, la capa superior es preferiblemente un homopolímero de poliestireno, copolímero de poliestireno, poliestireno o modificada, tal como poliestireno de alto impacto, en el que el poliestireno es típicamente modificado con caucho de butadieno. La función del adhesivo es para unir la capa superior o la primera capa de aislamiento térmico a la capa de protección anticorrosiva epoxi. El adhesivo y la capa superior de polímero se aplican preferiblemente mediante un proceso de extrusión de envoltura por los lados. Los adhesivos preferidos incluyen copolímeros de anhídrido maleico y copolímeros de poliolefina funcionalizados de estireno-anhídrido maleico, cualquiera de los cuales puede ser mezclado con copolímero de poliestireno.

5

10

La capa de adhesivo también puede comprender una estructura coextruida de dos o más capas, las capas exteriores de las cuales se adhieren a la capa de protección anticorrosiva y la respectiva capa de acabado posterior o capa de aislamiento térmico con los que son compatibles.

15

Una capa de adhesivo puede no ser necesaria cuando sea posible conseguir la unión de las capas adyacentes usando plasma o tratamiento Corona.

*Capa(s) adhesiva(s) adicional(es)*

20

En los casos en los que es necesario aplicar una capa de adhesivo entre las capas de aislamiento térmico adyacentes o entre una capa de aislamiento térmico y una o más de las otras capas, incluidas las capas sólidas protectoras y capas de acabado, en particular capas de composición diferente, el adhesivo material utilizado debe idealmente vincularse igualmente a dichas capas. Los adhesivos utilizados son típicamente polímeros con funcionalidades que tiene afinidad mutua de las capas que requieren unión, las funcionalidades que son específicos de la composición química de las capas que requieren unión. Preferiblemente, la resistencia de la unión debe ser lo suficientemente alta para promover favorecer el fallo de cohesión entre las capas individuales.

25

La capa de adhesivo también puede comprender una estructura coextruida de dos o más capas, las capas exteriores estando adheridas a las capas de aislamiento o capas superiores respectivas con las que son compatibles.

30

La capa de adhesivo entre las capas de aislamiento térmico adyacentes y entre una capa de aislamiento térmico y una o más de las otras capas puede, por ejemplo, comprender un polímero o copolímero injertado, o mezcla de polímeros con uno o más restos compatibles con cada una de los capas individuales que van a unirse. Por ejemplo, la capa adhesiva puede comprender un copolímero de etileno funcionalizado con anhídrido maleico.

35

La capa de adhesivo se aplica preferiblemente por la aplicación del polvo de pulverización, o envoltura lateral, extrusión de cruceta o métodos de co-extrusión.

40

Una capa de adhesivo adicional puede no ser necesaria cuando las dos capas adyacentes tienen una afinidad mutua el uno hacia la otra, o en los que es posible conseguir la unión de las capas con plasma o tratamiento Corona.

*Capa(s) de aislamiento térmico y capa(s) superior(es) de protección*

45

Los revestimientos aislantes y de protección de acuerdo con la presente invención están diseñados para soportar las temperaturas de funcionamiento de hasta aproximadamente 100 0 C. También están diseñados para exhibir adecuada resistencia a la fluencia a la compresión y módulo a estas temperaturas para evitar el colapso de la estructura de espuma y por lo tanto mantener el aislamiento térmico requerido durante la vida útil del proyecto de recuperación de petróleo y gas. Además, las composiciones deben tener la suficiente ductilidad para resistir las tensiones de flexión experimentadas por el tubo aislado durante el bobinado y las operaciones de instalación.

50

Las capas de aislamiento térmico según la presente invención se preparan a partir de poliestireno o a base de estireno termoplástico, incluyendo homopolímero de poliestireno, copolímero de poliestireno, y poliestireno modificado, donde el poliestireno se mezcla, injertado o copolimerizado con butadieno, polibutadieno, caucho de estireno-butadieno, estireno-butadieno-estireno, estireno-isopreno-estireno, estireno-etileno/butileno-estireno, etileno, etileno-propileno, acrilonitrilo, butadieno-acrilonitrilo, estireno  $\alpha$ -metilo, éster acrílico, metacrilato de metilo, anhídrido maleico, policarbonato, o éter de polifenileno.

55

Preferiblemente, la composición de aislamiento térmico utilizado en la presente invención presenta todas las propiedades siguientes en la temperatura media de funcionamiento del revestimiento:

60

- alta resistencia compresiva a la fluencia triaxial a temperaturas más altas (<10%),
- Módulo de alta compresión (> 1000 MPa),
- alta resistencia a la compresión uniaxial (> 25 MPa),

65

- conductividad térmica baja ( $<0,170 \text{ W / mK}$ ),
- Alta capacidad de calor específico ( $> 1300 \text{ J / kgK}$ ),
- 5 • Capacidad de resistencia de temperatura a largo plazo (hasta  $100^\circ \text{ C}$ ),
- gravedad específica baja ( $<850 \text{ kg / m}^3$ ), • ductilidad adecuada ( $> 10\%$  de alargamiento a la rotura)

10 Como se mencionó anteriormente, una o más de las capas de aislamiento térmico también puede estar provistas de una capa adicional de protección, o capa de acabado, tales como capas 7 y 9 descritas anteriormente, compuestas de material polimérico no espumado. Normalmente, pero no necesariamente, las capas protectoras se preparan a partir del mismo material que la capa de aislamiento térmico subyacente, tal como poliestireno o a base de estireno termoplásticos, o versiones modificadas de los mismos o reforzado. Los materiales cubrientes preferidos incluyen el poliestireno de alto impacto, o poliestireno de alto impacto modificado con copolímero estireno-etileno/butileno-estireno o polietileno.

15 Puede ser necesario, por ejemplo, impartir un mayor grado de rendimiento físico o químico, tales como resistencia al impacto, a la abrasión, al aplastamiento o a la humedad, a la superficie exterior del tubo de aislamiento, en cuyo caso puede ser ventajoso preparar la capa de acabado protectora exterior de un material polimérico que tenga una resistencia superior, a la abrasión, aplastamiento o química a la que a partir de la cual se hace la capa o capas de aislamiento térmico. Tal material puede comprender el material de aislamiento térmico mezclado con modificadores poliméricos adecuados, compatibilizadores, materiales de relleno o fibras de refuerzo, o puede comprender un material polimérico diferente, tal como homopolímero o copolímero de polietileno, homopolímero o copolímero de polipropileno, un termoplástico de ingeniería o elastómero termoplástico. En este último caso, puede ser necesario aplicar una capa de adhesivo adicional entre la capa de aislamiento térmico más externa y la capa superior para efectuar la unión adecuada de las dos capas.

20 También, como se mencionó anteriormente, un polímero con una mayor resistencia a la temperatura o punto de reblandecimiento como por ejemplo el polipropileno o polibutileno se puede usar como la capa interior espumada o no espumada más cercana a la tubería de acero caliente para funcionar como una barrera contra el calor, con una espuma resistente a temperaturas inferiores, compuesta de poliestireno o termoplástico a base de estireno, como una capa exterior secundaria o terciaria de aislamiento.

25 Las capas de aislamiento térmico también pueden ser espumadas en diferentes grados cuanto más se alejen de la pared de la tubería caliente, por ejemplo, las capas exteriores de aislamiento pueden ser espumadas en grados progresivamente más altos que las capas interiores para proporcionar un rendimiento térmico adaptado del sistema .

30 Las composiciones de aislamiento térmico preparadas a partir de estos materiales también pueden contener aditivos seleccionados de entre uno o más miembros del grupo que comprende materiales de carga inorgánicos, materiales de relleno o fibras de refuerzo, nano-materiales de carga, cargas conductoras, cargas retardantes de llama, antioxidantes, estabilizadores de calor, ayudas de proceso, compatibilizadores, y pigmentos.

#### *Agentes espumantes*

35 Las capas de aislamiento térmicas espumadas de los revestimientos aislantes y de protección de acuerdo con la invención se pueden preparar a partir del poliestireno o termoplásticos a base de estireno antes mencionados, por agentes espumantes químicos que se incorporan por la inyección física de gas o líquido volátil, o por la mezcla con microesferas de polímero huecas, de vidrio o cerámica. Las espumas generadas a través de la acción de los agentes espumantes químicos o físicos se conocen en general como espumas "sopladas". Las espumas que contienen microesferas huecas se conocen como "espumas sintácticas".

40 Las espumas sintácticas proporcionan una resistencia compresiva a la fluencia y al aplastamiento superior a las espumas sopladas, pero son aislantes térmicos generalmente menos eficientes y son considerablemente más caros. Un coste y rendimiento de diseño optimizado puede, por ejemplo, comprender una o más capas de espuma sintáctica rodeado por una o más capas de aislamiento de espuma sopladas.

45 Los agentes espumantes químicos pueden funcionar ya sea a través de un mecanismo de reacción endotérmico (que absorbe calor) o exotérmico (generador de calor). Ellos se seleccionan de uno o más miembros del grupo que comprende el bicarbonato de sodio, ácido cítrico, ácido tartárico, azodicarbonamida, 4,4-oxibis (benceno sulfonil) hidrazida, 5-fenil tetrazol, tetramina dinitrosopentamethylene, p-tolueno sulfonil semicarbacida, o mezclas de los mismos. Preferiblemente, el agente de espumado químico es un agente espumante endotérmico, tales como bicarbonato de sodio mezclado con ácido cítrico o tartárico.

50 La formación química de espuma se produce cuando el agente de espumación genera un gas, por lo general de  $\text{CO}_2$  o  $\text{N}_2$ , a través de descomposición cuando se calienta a una temperatura de descomposición específica. La temperatura de descomposición inicial junto con el volumen de gas, la velocidad de liberación y la solubilidad son

parámetros importantes cuando se elige un agente de espumación química y necesitan ser aparejados cuidadosamente a la temperatura de tratamiento en masa fundida del termoplástico particular que es espumado.

5 Para la formación de espuma, el gas o líquido volátil que se utiliza se selecciona del grupo que comprende CO<sub>2</sub>, supercrítico CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, aire, helio, argón, hidrocarburos alifáticos, tales como butanos, pentanos, hexanos y heptanos, hidrocarburos clorados, tales como diclorometano y tricloroetileno, y los hidroclorofluorocarbonos, tales como diclorotrifluoroetano. En el caso de líquidos volátiles, la formación de espuma se produce cuando el líquido calentado se vaporiza en gas. Preferiblemente, el agente de formación de espuma física es CO<sub>2</sub> supercrítico.

10 El microesferas huecas se seleccionan entre uno o más miembros del grupo que comprende microesferas de vidrio, poliméricas, cerámicas, incluyendo sílice y alúmina. Preferentemente, las microesferas huecas son de vidrio de borosilicato de cal.

*Proceso de aplicación de aislamiento térmico*

15 La capa o capas espumada o no espumada de aislamiento térmico, y las capas de protección no espumadas, se aplican a la tubería de acero o a un conducto, preferentemente sobre el revestimiento o revestimientos de protección contra la corrosión, por envolvimiento lateral o extrusión de la cruceta o co-extrusión.

20 La extrusión puede llevarse a cabo usando un solo tornillo de extrusión, ya sea en la configuración de uno solo o en tándem, o por métodos de extrusión de doble tornillo.

En el caso de la extrusión de un solo tornillo, el tornillo de la extrusora puede ser un diseño de una sola etapa o de dos etapas.

25 Un tornillo de compresión de una etapa sería adecuado para la extrusión de espuma química en la que se añade el agente de formación de espuma como un concentrado granulado o mezcla madre pre-mezclado con el polímero a espumar usando un mezclador de múltiples componentes, por ejemplo, montado sobre el principal puerto de alimentación de la extrusora. El diseño del tornillo es importante podría incorporar aletas de barrera y elementos de mezcla para asegurar de manera efectiva una fusión, mezclado, y transporte del polímero y el agente de formación de espuma.

35 Con un tornillo de dos etapas, la primera y la segunda etapa están separadas por una zona de descompresión, por donde un gas o un agente espumante físico líquido pueden ser introducidos en la masa fundida de polímero a través de una inyección o puerto de alimentación en el cilindro de la extrusora. La primera etapa actúa para fundir y homogeneizar el polímero, mientras que la segunda etapa actúa para dispersar el agente de formación de espuma, enfriar la temperatura de fusión, y aumentar la presión de masa fundida antes de que la masa fundida salga de la boquilla. Esto también se puede realizar por extrusión en tándem, en la que las dos etapas son extrusoras de un solo tornillo efectivamente individual, el primero alimentando al segundo. También se prefiere un tornillo de dos etapas para la extrusión de polímeros, tales como poliestirenos, que tienen una tendencia a liberar sustancias volátiles cuando se funden, o son higroscópicos, en cuyo caso el barril de la extrusora está equipado con un puerto de ventilación situado sobre la zona de descompresión a través del cual los elementos volátiles o la humedad se pueden extraer de forma segura.

45 La extrusión de doble tornillo es preferible si el polímero a espumar es sensible a la cizalladura o si se requiere que los materiales de carga u otros aditivos se incorporen en la composición del aislamiento. Se recomienda especialmente para la extrusión de espumas sintéticas o espumas sopladas preparadas por la inyección física de un gas o agente espumante líquido. Dado que el diseño de doble tornillo es normalmente modular, y comprende varios elementos de tornillo independientes e intercambiables, tales como elementos de mezcla y transporte de elementos, ofrece una gran versatilidad con respecto a la adaptación del perfil del tornillo para el procesamiento de la mezcla y fusión óptima.

55 En el caso de las espumas sintéticas, por ejemplo, microesferas huecas alimentan directamente el polímero fundido utilizando un alimentador secundario de doble tornillo principal debajo de la tolva de alimentación de polímero. Una consideración adicional respecto a espumas sintéticas es la potencial rotura de las microesferas huecas durante la extrusión de la espuma. Las fuerzas de cizallamiento y de compresión en el interior del extrusor necesitan ser reducidas al mínimo durante el procesamiento de la espuma para evitar mediante un diseño juicioso que la extrusora de tornillo (s), los barriles, colectores y matriz.

60 Se puede insertar un añadido de mezcla estática o bomba de engranajes entre el extremo del tornillo y el troquel para homogeneizar aún más la masa fundida, generar presión de fundido, y reducir al mínimo las fluctuaciones de flujo de masa fundida.

65 Para las espumas sopladas químicamente o físicamente, el grado de formación de espuma es dependiente del necesario equilibrio entre conductividad térmica y resistencia compresiva. Un grado demasiado alto de formación de espuma, aunque beneficioso para el rendimiento de aislamiento térmico, puede ser perjudicial para la resistencia a la compresión y resistencia a la fluencia de la

espuma. Las espumas termoplásticas de la presente invención son típicamente espumadas de aproximadamente 5% hasta 50%, más preferiblemente de 10% a 30%. El grado de formación de espuma se define aquí como el grado de rarefacción, es decir, la disminución de la densidad, y se define como  $[(D_{\text{matriz}} - D_{\text{espuma}}) / D_{\text{matriz}}] \times 100$ . Expresado de esta manera, el grado de formación de espuma refleja el porcentaje en volumen de gas bajo el supuesto de que el peso molecular del gas es insignificante en comparación con la de la matriz, lo que es cierto en general. Alternativamente, el grado de formación de espuma se puede medir visualmente mediante la determinación microscópica de densidad de las células.

Con respecto a los aislamientos de espuma particulares descritos en este documento, es importante que las condiciones de mezcla, temperatura y presión se ajusten para proporcionar una estructura de espuma uniforme que comprenda burbujas muy pequeñas o microcelulares con una distribución de tamaño estrecha distribuida uniformemente dentro de la matriz de polímero, con el fin de garantizar una resistencia compresiva máxima, un rendimiento térmico y resistencia compresiva a la fluencia del aislamiento cuando se somete a presiones y altas presiones externas. Además, cuando se extruye el aislamiento de espuma soplada es importante que se pueda prevenir la formación de espuma hasta que el polímero salga de la boquilla de extrusión.

El revestimiento real de la tubería se puede realizar usando una boquilla anular de cruceta unida a la extrusora de aislamiento térmico a través de la cual el tubo de pre-calentado, con una capa de protección anticorrosiva aplicada previamente o sistema de protección contra la corrosión de varias capas, es transportado, el aislamiento térmico cubriendo así toda la superficie de la tubería en virtud de que una matriz anular forma dicho aislamiento térmico en un perfil tubular alrededor del tubo transportado.

Alternativamente, el aislamiento térmico se puede aplicar por una técnica de envoltura lateral por lo que el aislamiento térmico se extruye a través de una tira o matriz de lámina plana. El aislamiento térmico se extruye en la forma de una lámina o cinta que luego se envuelve alrededor de la tubería. Puede ser necesario aplicar un número de vueltas para alcanzar el espesor requerido de aislamiento térmico y, por lo tanto, de rendimiento. Las capas envueltas individualmente se fusionan en virtud del estado fundido del material que se extruye. También puede ser necesario precalentar la superficie exterior de una capa aplicada previamente para asegurar la adhesión adecuada de cualquier capa aplicada posteriormente.

La aplicación de aislamiento térmico por la técnica de envoltura lateral puede implicar envolver la tubería mientras se la hace girar simultáneamente y se transporta hacia delante a lo largo de su eje longitudinal, como se describió anteriormente. También puede implicar la aplicación de una cinta de aislamiento pre-existente utilizando cabezales giratorios, mientras que el tubo se transporta longitudinalmente pero no gira. En este caso particular, el ángulo de arrollamiento de las capas de aislamiento térmico se puede ajustar mediante la variación de la velocidad de movimiento de la tubería en la dirección longitudinal y / o mediante la variación de la velocidad de rotación de la tubería o los cabezales giratorios. La cinta se puede enrollar en capas sucesivas en ángulos opuestos para mantener la neutralidad de la tubería, hasta que el espesor requerido haya sido alcanzado. Además, puede ser deseable que las capas de aislamiento térmico aplicadas no se unan y que sean capaces de deslizarse unas sobre otras con poca resistencia con el fin de evitar el aumento de rigidez de doblado o flexión dinámica.

Si es necesario aplicar una capa de adhesivo entre la capa de protección anticorrosiva, o sistema, y la capa de aislamiento térmico, o entre las capas de aislamiento térmico individuales, esto se puede lograr utilizando ya sea una hoja de una sola capa o de matriz anular, o una matriz de co-extrusión mediante la cual un adhesivo multi-capas o las capas de aislamiento térmico y adhesivos se aplican simultáneamente. El acabado exterior de protección, si es necesario, puede ser aplicado en forma similar. Como se mencionó anteriormente, la adhesión entre capas puede realizarse también a través de la activación de una o más de las superficies a ser adheridas usando plasma o tratamiento de descarga Corona.

#### 50 *Sistema de aislamiento de la junta de tuberías*

El sistema de aislamiento de junta de tuberías al que se refiere en la Figura 10 comprende una capa de poliestireno o a base de estireno termoplástico aislante 13, que es compatible con, y adherible a, la capa de protección anticorrosiva o el sistema 15, la capa de aislamiento térmico existente (s) 6 y / o 8, y la capa superior 7.

El sistema de aislamiento de junta de tuberías comprende también una capa de protección anticorrosiva 15, que puede tener una estructura de capa única o multi-capas.

Preferiblemente, la capa de protección anticorrosiva es similar o idéntica a las capas de protección contra la corrosión y sistemas descritos anteriormente en relación con las Figuras 1 a 4. Por ejemplo, la capa de protección anticorrosiva 15 puede comprender las capas de epoxi y de adhesivo descritas anteriormente, aplicadas directamente a la zona de junta soldada de la tubería de acero antes de la aplicación de la capa o capas de aislamiento térmico.

El aislamiento de junta de tuberías se aplica típicamente por extrusión de inyección directa en un molde diseñado para ajustarse a las dimensiones exteriores del tubo de aislamiento. Las condiciones de elaboración empleadas serán similares a las utilizadas para aplicar la capa o capas de aislamiento térmico de similar o idéntica composición.

La composición de aislamiento de junta de tuberías se puede aplicar ya sea en forma de espuma o como sólido no espumado.

*Ejemplos*

5

La presente invención se ilustra por medio de los siguientes ejemplos y con referencia a las figuras 1 a 10.

Ejemplo 1

10 En este ejemplo un tubo de acero 1 está provisto de un revestimiento de protección anticorrosiva de tres capas como se ha descrito anteriormente en relación con la Figura 1, que comprende una capa de protección anticorrosiva 2, una capa adhesiva 3 y una capa superior 4. La tubería de acero 1, que ha sido limpiada y lijada, tiene un diámetro exterior de 140 mm y espesor de pared de 10 mm. El tubo 1 se precalienta a una temperatura de 200°C y se recubre por pulverizado con un + / 0,300 a 0,100 mm de capa gruesa 2 de polvo de epoxi adherido por fusión (densidad de 1,400 + / - 100 g / l), seguido inmediatamente por la extrusión en la parte superior de la epoxi de un 0,300 + / - 0,200 mm de capa 3 de un anhídrido modificado adhesivo copolímero de etileno maleico (densidad 0,950 g / cm<sup>3</sup> y el índice de flujo de fusión 1,0 g/10 min.) y un 6,0 + / - 1,0 mm capa superior 4 de poliestireno sólido de alto impacto (densidad de 1,183 g / cm<sup>3</sup> y el índice de flujo de fusión 5,0 g/10 min.) a temperaturas de fusión de 220°C y 200°C, respectivamente. La extrusión de la capa adhesiva 3 y la capa superior 4 se lleva a cabo en forma secuencial mediante la extrusión del material a través de matrices de hoja individuales y el embalaje de dichas capas circunferencialmente alrededor del tubo giratorio. La tubería revestida de 3-capas de protección contra la corrosión así producida se enfría a temperatura ambiente y la prueba de las propiedades se indica en la Tabla 1.

25 Ejemplo 2

El tubo protegido contra la corrosión producido en el Ejemplo 1 es recubierto adicionalmente con una capa 6 de 20,0 +/-1,0 mm del mismo poliestireno de alto impacto sólido de la capa superior 4 usando un extrusor equipado con una boquilla de cruceta anular mediante el precalentamiento de la superficie exterior de dicho tubo protegido contra la corrosión a una temperatura de alrededor de 200°C, pasando el tubo precalentado a través de dicha matriz y extrayendo el poliestireno a una temperatura de fusión de 200°C en la parte superior de la superficie exterior precalentada. El tubo de aislamiento producido de este modo se ensaya y sus propiedades son indicadas en la Tabla 2.

35 Ejemplo 3

Usando el procedimiento de revestimiento descrito en el Ejemplo 2, el tubo de protección a la corrosión producido en el Ejemplo 1 es recubierto adicionalmente con una capa 6 de 30,0 +/- 1,0 mm del poliestireno de alto impacto del Ejemplo 1 espumado a una densidad de 0,950 g/cm<sup>3</sup> utilizando 0,5% en peso de un agente de formación de espuma química térmica, y esta capa de espuma es revestida adicionalmente con una capa 7 exterior 5,0 +/-1,0 de poliestireno sólido de alto impacto. El tubo de aislamiento producido de este modo se ensayó para determinar sus propiedades, indicadas en la Tabla 2.

Ejemplo 4

45 Usando el procedimiento de revestimiento del Ejemplo 2, el tubo de aislamiento del Ejemplo 2 es recubierto adicionalmente con una capa 8 de 30,0 +/- 1,0 mm del poliestireno de alto impacto del Ejemplo 1 espumado a una densidad de 0,840 g/cm<sup>3</sup> usando 1% en peso de un agente espumante endotérmico, y esta capa de espuma es además recubierta con una capa 7 de 5,0 exterior +/- 1,0 mm. de poliestireno sólido de alto impacto modificado con polietileno. El tubo recubierto producido de esta manera se ensaya para determinar las propiedades indicadas en la Tabla 2.

Ejemplo 5

55 Usando el procedimiento de revestimiento del Ejemplo 2, el tubo de aislamiento del Ejemplo 3 es recubierto adicionalmente con una capa 8 de 30,0 +/- 1,0 mm del poliestireno de alto impacto del Ejemplo 1 espumado a una densidad de 0,880 g/cm<sup>3</sup> utilizando 0,75% en peso de un agente de formación de espuma química endotérmica, y esta capa de espuma es recubierta adicionalmente con un 5.0 externa +/- 1,0 mm capa 7 de poliestireno sólido de alto impacto. El tubo recubierto producido de esta manera se ensayó para determinar sus propiedades, indicadas en la Tabla 2.

Ejemplo 6

65 El tubo de protección a la corrosión producido en el Ejemplo 1, pero sin la capa de acabado poliestireno de alto impacto, es recubierto adicionalmente con una capa 6 de 20,0 +/- 10 mm de copolímero de polipropileno sólido (densidad de 0,902 g/cm<sup>3</sup> y el índice de flujo de fusión 0,9 g / 10 min), más una capa 5 de adhesivo de copolímero de etileno modificado con anhídrido maleico de 0,300 + / - 0,100, una capa 8 de + / 30,0 a 1,0 mm del poliestireno

## ES 2 435 201 T3

de alto impacto del Ejemplo 1 espumado a una densidad de 0,880 g/cm<sup>3</sup> usando 0,75% en peso de un agente químico endotérmico espumante, y esta capa de espuma es revestida adicionalmente con una capa 7 exterior de 5,0 +/- 1,0 mm. de poliestireno sólido de alto impacto modificado con polietileno. El tubo recubierto producido de esta manera se ensaya para determinar sus propiedades, indicadas en la Tabla 2.

### 5 Ejemplo 7

10 El tubo de protección a la corrosión producido en el Ejemplo 1 es adicionalmente recubierto con una capa 6 de 30,0 +/- 1,0 mm de poliestireno de alto impacto del Ejemplo 1 espumado a una densidad de 0,950 g/cm<sup>3</sup> usando 0,5% en peso de un agente químico endotérmico de formación de espuma y una capa 8 de 30,0 +/- 1,0 mm del poliestireno de alto impacto del Ejemplo 1 espumado a una densidad de 0,880 g/cm<sup>3</sup> utilizando 0,75% en peso de un agente químico endotérmico de formación de espuma, y una capa 7 exterior de 5,0 +/- 1,0 mm. de poliestireno sólido de alto impacto modificado con polietileno. El revestimientos de todas las capas en este caso se lleva a cabo mediante la extrusión de material a través de matriz de hoja individual a una temperatura de fusión de alrededor de 200°C y  
15 secuencialmente envuelve dichas capas circunferencialmente alrededor del tubo giratorio, la superficie exterior de cada capa individual debe ser pre-calentado a una temperatura de alrededor de 200°C inmediatamente antes de la aplicación de cada capa posterior con el fin de efectuar una adhesión entre capas adecuada. El tubo recubierto producido de esta manera se ensaya para determinar sus propiedades, indicadas en la Tabla 2.

### 20 Ejemplo 8

Usando el procedimiento de revestimiento del Ejemplo 2, el tubo de aislamiento del Ejemplo 2 es recubierto adicionalmente con una capa 5 de 0,300 +/- 0,100 mm de adhesivo copolímero modificado con anhídrido maleico y una capa exterior 7 de 5,0 +/- 1,0 mm. de copolímero de polipropileno sólido (densidad 0,902 g/cm<sup>3</sup> y índice de fluidez 0,9 g/10 min). El tubo recubierto producido de esta manera se ensaya para determinar propiedades, indicadas en la Tabla 2.

### Ejemplo 9

30 Dos longitudes de 12 m de tubería, protegidas contra la corrosión y aisladas como se describe en el Ejemplo 3, son soldadas en el tope de extremo a extremo, habiendo sido el revestimiento aislante cortado previamente para separarlo del acero en el extremo de cada tubo para facilitar este proceso.

35 Después de la soldadura, el metal desnudo de la zona de soldadura se recubre con una capa protectora de la corrosión 15 de epoxi adherido por fusión de espesor aproximado 0,500 +/- 0,300 mm. La cavidad entre la junta de soldadura recubierta de epoxi y el diámetro exterior de la tubería aislada se llena entonces inyectando el poliestireno de alto impacto de los ejemplos anteriores a una temperatura de alrededor de 200°C en un molde circular que se ajuste al diámetro exterior de la tubería aislada. Después de enfriar y retirar la carcasa del molde, el campo de moldeado del aislamiento de la junta 13 así producido se ensaya para determinar sus propiedades, como se indica  
40 en la Tabla 3.

**TABLA 1**

| PROPIEDAD   | MÉTODO DE EXAMEN        | EJEMPLO 1  |
|---|-------------------------|--|
| ESFUERZO CORTANTE (Capa de epoxi 2 a capa adhesiva 3), MPa          | Método interno          | >9   |
| ESFUERZO CORTANTE (Capa adhesiva 3 a capa superior 4), MPa          | Método interno          | >9   |
| DESPRENDIMIENTO CATÓDICO (Capa de epoxi 2 a tubería de acero 1), mm | CAN/CSA-Z245,20-06 12,8 | Máx. 16 mm tras 28 días a 20°C<br>Máx. 6,5 mm tras 24 horas a 60°C |

45

**TABLA 2**

| PROPIEDAD   | MÉTODO DE EXAMEN      | EJEMPLOS 2, 4 Y 8<br>(Capa de aislamiento 6) | EJEMPLOS 3, 5 Y 7<br>(Capa de aislamiento 6) | EJEMPLO 4<br>(Capa de aislamiento 8) | EJEMPLO 5, 6 Y 7<br>(Capa de aislamiento 8, Ejemplo 6 y capa de Aislamiento 8. Ejemplos 5 y 7) | EJEMPLO 6<br>(Capa de aislamiento 6) de |
|---|-----------------------|--|--|--------------------------------------|--|---|
| TIPO DE AISLAMIENTO   |                       | Polistireno sólido                           | Polistireno espumado                         | Polistireno espumado                 | Polistireno espumado   | Polistireno sólido                      |
| DENSIDAD kg/m <sup>3</sup>  | ISO 845               | 1050   | 950  | 840                                  | 880  | 900                                     |
| CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/mK  | ISO 8301              | 0,160+/- 50                                  | 0,147+/- 5%                                  | 0,135+/- 5%                          | 0,137 +/- 5%   | 0,22. +/- 5%                            |
| MÓDULO DE COMPRESIÓN UNIAXIAL a una tensión del 2%, MPa                       | ISO 604.2             | 760 +/- 50                                   | 510 +/- 50                                   | 270 +/- 50                           | 390 +/- 50   | 760 +/- 50                              |
| MODULO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL a 60% C°, MPa                                   | InSpec 1-1-4-140/SP01 | >15000                                       | >12000                                       | >500                                 | >800   | >12000                                  |
| RESISTENCIA COMPRESIVA A LA FLUENCIA TRIAXIAL, % tras 20 años a 60 °C y 5 Mpa | InSpec 1-1-4-140/SP01 | <1,5   | <2.0   | <4.5                                 | <2.5   | <2.5                                    |
| MÓDULO FLEXURAL a 2% flexión , MPa  | ISO 178               | 2000   | 1700   | 1300                                 | 1500   | 1200                                    |

5

**TABLA 3**

| PROPIEDAD   | MÉTODO DE EXAMEN         | EJEMPLOS   |
|---|--------------------------|--|
| CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (Aislamiento 13) W/mK   | ISO 8301                 | 0.160 +/- 3%   |
| ADHESIÓN INTERFACIAL (Aislamiento 13 a Capa de Aislamiento 6), Fuerza tensora, Mpa      | ISO 527-2                | >12  |
| FUERZA COSRTANTE (Aislamiento 13 a Capa de protección anticorrosiva 15), MPa            | Método interno           | >5   |
| DESMEMBRAMIENTO CATÓDICO (Capa de protección anticorrosiva 15 a tubería de acero 1), mm | CAN/CSA- Z245,20-06 12,8 | Max. 16 mm después de 28 días a 20°C<br>Max. 6,5 mm tras 24 horas a 60°C |

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un conducto aislado de transporte de fluido y/o gas (10, 12, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 24) para uso en aguas profundas en alta mar, que comprende:
- 10 (a) una tubería continua de acero hecha de una o más secciones de tubería (1), donde la tubería de acero tiene una superficie externa y otra interna; y
- 15 (b) una capa de aislamiento térmico (6) aplicada sobre la superficie externa de la tubería de acero; en la que el esfuerzo compresivo del aislamiento térmico (6) es >25 MPa y la capa de aislamiento térmico (6) comprende un termoplástico de poliestireno o a base de estireno caracterizado porque el módulo de compresión de la capa de aislamiento térmico es de >1000 MPa; y en que el conducto aislado de transporte de gas o fluido (10, 12, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 24) también comprende:
- 20 (c) un sistema de protección anticorrosivo de múltiples capas aplicado a la superficie externa de la tubería de acero y subyacente a la capa de aislamiento térmico (6), donde el sistema de protección anticorrosivo comprende:
- 25 (i) una capa de protección anticorrosiva (2) de epoxi curado directamente aplicada a la superficie externa de la tubería de plástico y unida a la misma; y
- (ii) una primera capa adhesiva (3) aplicada directamente a la capa anticorrosiva (2) y subyacente a la capa de aislamiento térmico (6);
- y en la que el conducto aislado de transporte de fluido o gas (10, 12, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 24) comprende además:
- 30 (d) una primera capa de acabado (4) formada por un material polimérico no espumado en contacto directo con la primera capa adhesiva (3) y unida a la misma, donde la capa de aislamiento térmico (6) está en contacto directo con la primera capa de acabado (4) y unida a la misma.
- 35 2. Un conducto aislado de transporte de fluido y/o gas según la reivindicación 1 en el que la capa de aislamiento (6) térmico está espumada o no.
- 40 3. Un conducto aislado de transporte de fluido y/o gas según la reivindicación 1, que comprende además un sistema moldeado de aislamiento de la junta de las tuberías (13) unido directamente a tanto el sistema de revestimiento de protección anticorrosivo (15) como a la capa de aislamiento térmico (6) en la junta (11) que conecta dos secciones de tubería (1) en el que el sistema moldeado de aislamiento de junta de tuberías se compone de un termoplástico de poliestireno o a base de estireno.
- 45 4. Un conducto aislado de transporte de fluido o gas ( 10, 12, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 24) para su uso en aguas profundas en alta mar, que comprende:
- 50 (a) una tubería de acero continua formada por una o más secciones de tuberías (1), donde la tubería de acero tiene una superficie externa y otra interna; y
- (b) una capa de aislamiento térmico (6) aplicado sobre la superficie externa de la tubería de acero; donde el esfuerzo compresivo de la capa de aislamiento térmico (6) es >25 MPa y la capa de aislamiento térmico (6) comprende un termoplástico de poliestireno o a base de estireno caracterizado porque el módulo de compresión de la capa de aislamiento térmico es de >1000 MPa; y en que el conducto aislado de transporte de gas o fluido (10, 12, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 24) también comprende: (c) un revestimiento protector anticorrosivo compuesto por una capa única (22) directamente aplicada a la superficie externa de la tubería de acero y unida a la misma y en contacto directo con la capa de aislamiento térmico (6), el revestimiento protector anticorrosivo compuesto por una capa única (22) comprende una resina de epoxi curada, un adhesivo y un material polímero no espumado.
- 55 5. Un conducto aislado de transporte de fluido o gas ( 10, 12, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 24) para su uso en aguas profundas en alta mar, que comprende:
- 60 (a) una tubería de acero continua formada por una o más secciones de tubería (1), donde la tubería de acero tiene una superficie externa y otra interna; y
- (b) una capa de aislamiento térmico (6) aplicada sobre la superficie externa de la tubería de acero; donde el esfuerzo compresivo de la capa de aislamiento térmico (6) es >25 MPa y la capa de aislamiento térmico (6) está formada de un termoplástico a base de poliestireno o de estireno; Caracterizado porque el módulo de compresión de la capa de aislamiento térmico (6) es > 1 000 MPa ; y en que el conducto aislado de transporte de fluidos o gas (10, 12, 14, 16, 17, 18, 20, 22, 24) comprende además:
- 65

(c) una capa de acabado protectora externa (7) aplicada sobre la capa de aislamiento térmico (6) que forma una superficie externa de la tubería, en la que la capa de acabado externa (7) está compuesta por un material polimérico no espumado ;

5 En la cual el material polimérico no espumado de la capa de acabado protectora externa (7) está compuesta de un poliestireno, de un termoplástico a base de estireno, de un homopolímero o copolímero de polietileno y de un homopolímero o copolímero de polipropileno; en la cual la capa de material polimérico no espumado de la capa de acabado protectora (7) está compuesto de un poliestireno de alto impacto, de poliestireno de alto impacto modificado por un copolímero estireno-etileno/butileno-estireno, o de poliestireno de alto impacto modificado por polietileno.

10  
6. Un conducto aislado de transporte de fluido o gas según la reivindicación 1, en el que la capa de aislamiento térmico (6) comprende múltiples capas de aislamiento térmico (6, 8), al menos una de las cuales comprende el mencionado termoplástico a base de poliestireno o de estireno, que tenga la mencionada resistencia compresiva y el mencionado módulo de compresión.

15  
7. Un conducto aislado de transporte de fluido o gas según la reivindicación 1, en el que la capa adhesiva (3) está compuesta de un polímero dotado de grupos funcionales y que tenga una afinidad mutua con la capa de protección anticorrosiva (2) y la capa de aislamiento térmico (6).

20  
8. Un conducto aislado de transporte de fluido o gas según la reivindicación 1, en el que la capa adhesiva (3) está compuesta por un copolímero de poleolefina con función anhídrica de maleica o un copolímero de estireno anhídrido maleico, cada uno de los cuales pudiendo estar mezclado con un copolímero de poliestireno.

25  
9. Un conducto aislado de transporte de fluido o gas según la reivindicación 1, en el que la capa de aislamiento térmico (6) tiene las propiedades siguientes:

Una resistencia elevada a la fluencia compresiva en altas temperaturas (< 10 %, triaxial) ;  
Una débil conductividad térmica (< 0,170 W/mk).

30  
10. Un conducto aislado de transporte de fluido o gas según la reivindicación 1, en el que el termoplástico a base de poliestireno o de estireno es elegido entre uno o más elementos del grupo que comprende: homopolímero de poliestireno, copolímero de poliestireno, poliestireno modificado, o donde el poliestireno es mezclado , injertado o copolimerizado con butadieno, polibutadieno, caucho de estireno-butadieno, estireno-butadieno-estireno, estireno-isopreno-estireno, estireno-etileno/butileno-estireno, etileno, etileno-propileno, acrilonitrilo, butadieno-acrilonitrilo,  $\alpha$ -metil estireno, éster acrílico, metacrilato de metilo, anhídrido maleico, policarbonato, o éter de polifenileno.

35  
11. Un conducto aislado de transporte de fluido y/o gas según la reivindicación 1, en el que la capa de aislamiento térmico (6) se espuma en un grado de aproximadamente 5-50 por ciento, más preferiblemente 10-30 por ciento.

Fig.1

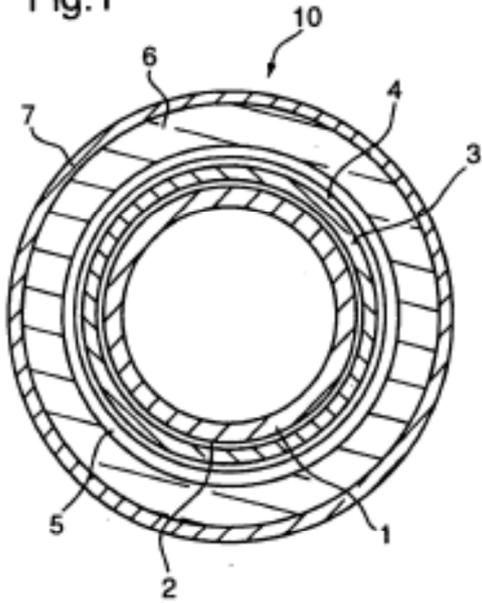


Fig.2

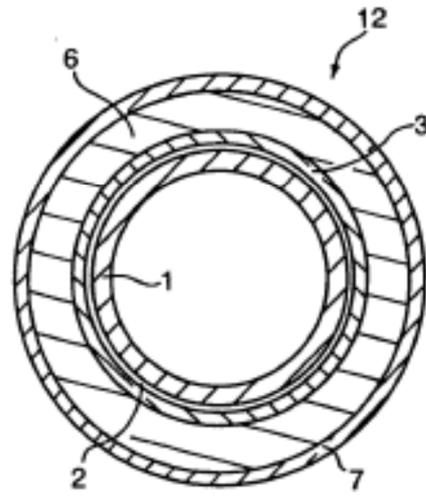


Fig.3

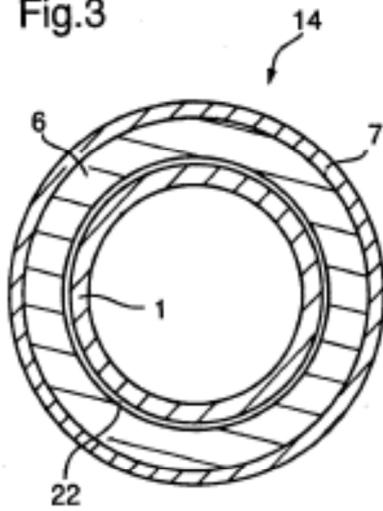
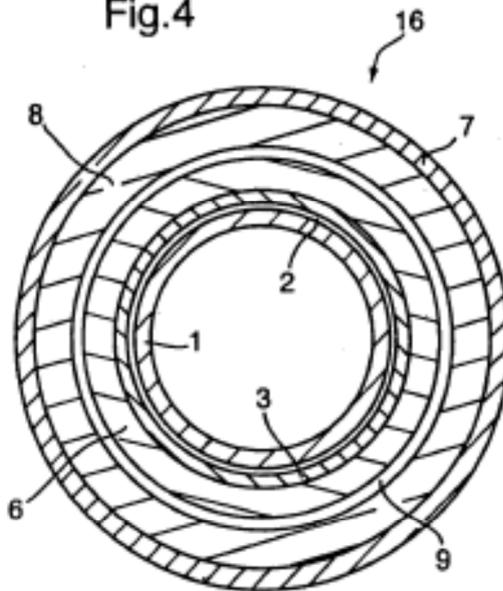


Fig.4



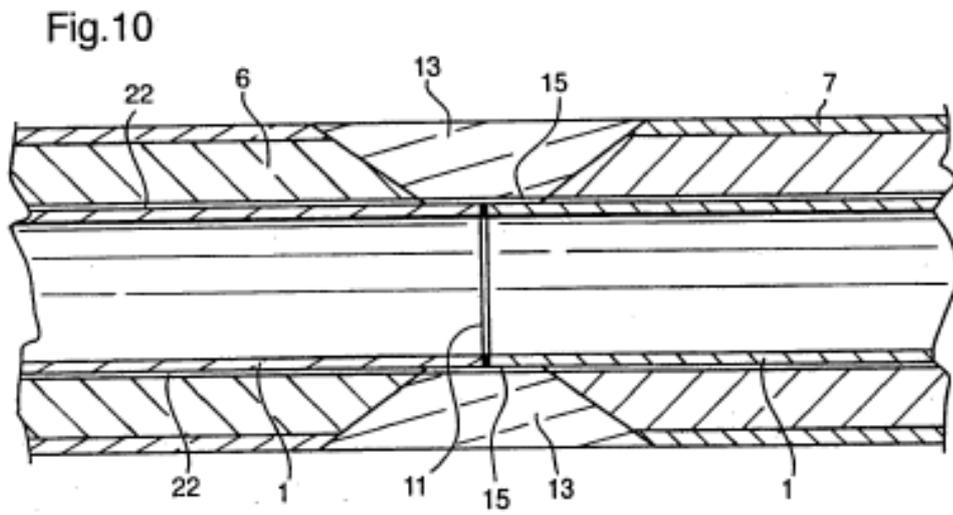
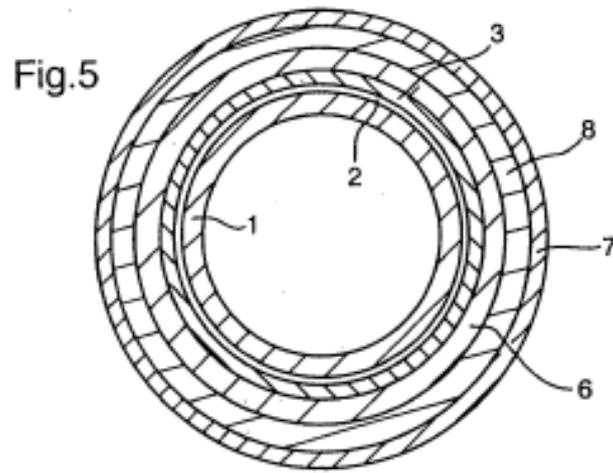


Fig.6

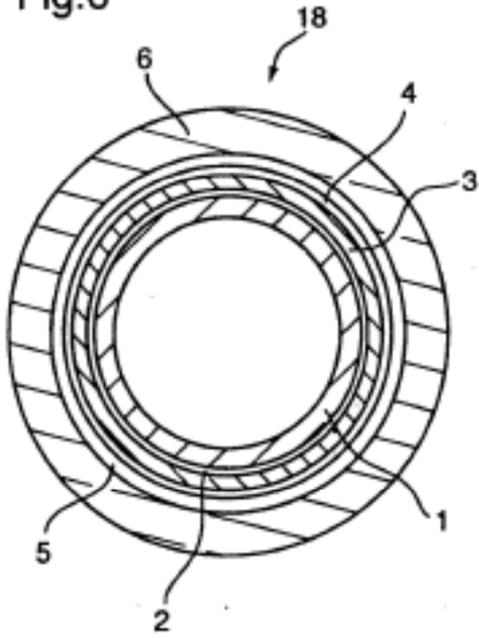


Fig.7

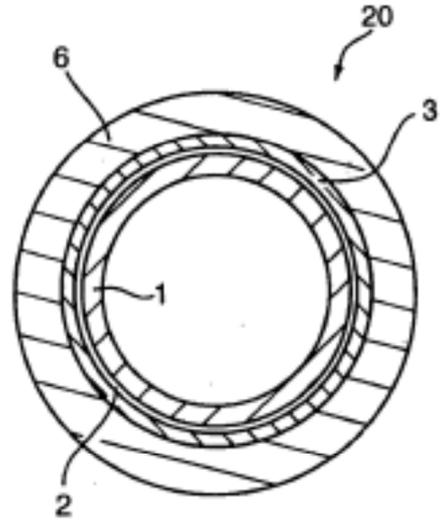


Fig.8

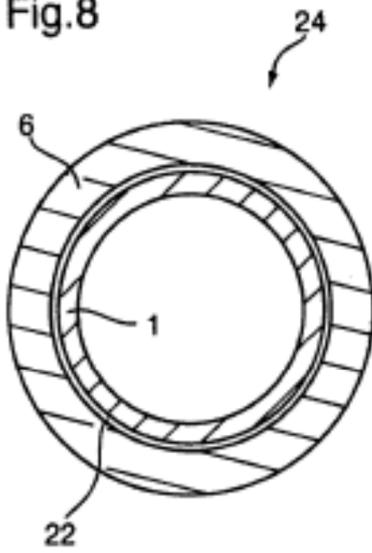


Fig.9

