Tubería de alta presión con elementos pultruidos y procedimiento para producir la misma.

Campo técnico

La invención se refiere a una tubería flexible de alta presión y a un procedimiento para producir una tubería flexible de alta presión.

Técnica anterior

Las tuberías de alta presión se usan en muchos campos, por ejemplo, petróleo y gas para el transporte de fluidos de un lugar a otro. Un ejemplo de una tubería de alta presión se encuentra en el documento WO 2017/048117. La tubería comprende un revestimiento interior alrededor del cual una tira de refuerzo se enrolla helicoidalmente. La tira de refuerzo consiste en fibras integradas en un cuerpo de matriz. Las fibras no se adhieren al cuerpo circundante. Las fibras comprenden filamentos retorcidos, los cuales son capaces desplazarse un poco con respecto al otro en la fibra.

Otro ejemplo de una tubería para el transporte de materiales es el conducto tubular flexible del documento US2017/0122467. El conducto tiene una estructura de presión interna tubular que incluye una envoltura tubular y una bóveda de presión para tomar las fuerzas radiales. El conducto también tiene una estructura tubular de tracción. que tiene al menos una red de cables de armadura de tracción con una tira de sujeción enrollada sobre la red de cables de armadura de tracción. La tira de sujeción comprende una capa de material polimérico y una pluralidad de hebras de fibras las cuales son fibras minerales integradas en la capa de material polimérico. La tira de sujeción se enrolla alrededor de la red de cables de la armadura de tracción con el fin de sostener los cables de la armadura de tracción radialmente contra la bóveda de presión.

Sumario

De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una tubería flexible de alta presión, que comprende un revestimiento interior y una cinta la cual se envuelve alrededor y se lleva contra el revestimiento interior. La cinta comprende una matriz polimérica y una pluralidad de elementos pultruidos integrados en la matriz. Los elementos pultruidos comprenden cada uno filamentos alargados cubiertos de resina polimérica. La matriz polimérica y la resina polimérica son distinguibles y pueden hacerse de diferentes materiales.

Tal disposición proporciona una tubería flexible de alta presión con una cinta de refuerzo la cual es muy resistente. Los elementos pultruidos en la matriz que forman la cinta dan como resultado una cinta muy resistente sin necesidad de filamentos metálicos, haciendo que la cinta no sea susceptible al óxido y la corrosión. La resistencia de la cinta se incrementa mediante el uso de los elementos pultruidos. Una cinta que usa estos elementos pultruidos puede ser, por ejemplo, 50-100 % más resistente que una cinta similar que comprende un haz de filamentos de carbono simples sin impregnar. La pluralidad de filamentos en los elementos pultruidos pueden variar, pero pueden estar en el rango de 24.000 a 100.000 filamentos o incluso más.

Los elementos pultruidos están formados por un procedimiento de pultrusión el cual normalmente incluye cubrir filamentos alargados en una resina polimérica y traccionar a través de una

hilera o placa para dar una sección transversal constante. Los elementos de fibra normalmente se extienden, y la resina se aplica para impregnar las fibras y luego los haces se traccionan a través de la hilera o placa. Los elementos de fibra normalmente no están retorcidos para que la resina pueda recubrir y/o impregnar completamente las fibras, aunque en algunas realizaciones podría ser. La resina polimérica la cual cubre los filamentos también puede asentarse entre los filamentos y aumentar aún más la fricción entre los filamentos.

El procedimiento de pultrusión por el cual se hacen los elementos pultruidos puede incluir además calentamiento y curado de la resina polimérica. Después del curado, los elementos pultruidos pueden tener una resistencia a la tracción de, por ejemplo, el doble de la resistencia a la tracción de una fibra recubierta con el mismo diámetro. De esta manera, la resistencia intrínseca de los filamentos se usa mucho más eficientemente. Normalmente, los elementos pultruidos tienen un diámetro de entre 0,5 milímetros y 2,5 milímetros y los filamentos tienen un diámetro de entre 4 micrómetros y 100 micrómetros.

La cinta se lleva directamente contra el revestimiento interior, por lo que no hay capas presentes en el medio. Esto garantiza que la tubería se mantenga de alta resistencia pero que sea al mismo tiempo ligera y flexible. Por llevarla contra el revestimiento interior, la cinta es capaz de proporcionar resistencia a la presión hidrostática para la tubería.

Los elementos pultruidos pueden ser mucho más duros que la matriz polimérica. Por ejemplo; los elementos pultruidos pueden tener un módulo de tracción de al menos 100 GPa, mientras que la matriz polimérica puede tener un módulo de tracción de entre 0,2 GPa y 5 GPa. Los elementos pultruidos pueden tener una resistencia de tracción de al menos 2.000 MPa. Esto permite que los elementos pultruidos proporcionen resistencia a la cinta, pero la matriz permite que la cinta permanezca flexible para facilitar envolverla alrededor de las tuberías de todos los tamaños diferentes, así como también el transporte y el almacenamiento, por ejemplo en una bobina.

El revestimiento interior puede comprender una capa barrera de gas; por ejemplo, una lámina; en el interior, en el exterior y/o en el medio, lo cual evita o reduce la fuga de gases de la tubería hacia el exterior. La capa barrera de gas puede ser muy delgada, alrededor de 10 micrómetros, y puede hacerse esencialmente de material de aluminio el cual proporciona una barrera de gas. Alternativamente, puede comprender diferentes metales o incluso polímeros herméticos al gas. La capa barrera de gas puede comprender una estructura sándwich polímero-metal-polímero en algunas realizaciones. El revestimiento interior se hace totalmente de un polímero, preferentemente polietileno (PE), o el revestimiento interior consiste esencialmente en el polímero y la capa barrera de gas antes mencionada, en el que el polímero puede suministrarse radialmente en un solo lado o a ambos lados de la capa barrera de gas, es decir, con la capa barrera de gas en una superficie interna del revestimiento interior, en la superficie exterior del revestimiento interior, o en el medio, radialmente entre dos capas de polímero. Al menos la parte radialmente externa del revestimiento interior (es decir, la parte en contacto con la cinta) puede hacerse de polímero. Por lo tanto, el revestimiento interior puede estar libre de metales, con la posible excepción de la capa de la barrera de gas muy delgada y continua. El revestimiento interior está libre de cualquier elementos de refuerzo de soporte

de carga de presión, para mantener la tubería ligera y flexible. El papel del soporte de carga de presión está asumido por las capas de cinta.

La tubería puede tener una amplia gama de diámetros, por ejemplo, 100 milímetros, 200 milímetros, pero puede ser más o menos en función de los requisitos de la aplicación.

Los elementos pultruidos pueden estar alineados y paralelos en una sola fila cuando están integrados en la matriz polimérica. La fila única puede asegurar que la cinta mantenga la flexibilidad deseada para la aplicación. En otras realizaciones, podría haber varias filas de elementos pultruidos en la cinta y/o elementos pultruidos no paralelos en función de la cinta específica y los requisitos de la tubería. Los elementos pultruidos son normalmente muy largos, de manera que pueden formar muchos embobinados alrededor de la tubería.

De acuerdo con una realización, la matriz polimérica es un termoplástico. El termoplástico permite una matriz fácil de formar para incrustar los elementos pultruidos para formar la cinta.

De acuerdo con una realización, la cinta está adaptada para tener una resistencia hidrostática de al menos $1{,}5 \times 10^7$ Pa ~~150 bar~~ dentro de la tubería, preferentemente al menos 25.000.000 Pa~~250 bar~~. Normalmente, la cinta está adaptada para presiones de trabajo seguras de al menos 5.000.000 Pa~~50 bar~~, preferentemente al menos 10.000.000 Pa~~100 bar~~, con mayor preferencia al menos $1{,}5 \times 10^7$ Pa~~150 bar~~, y posiblemente al menos 20.000.000 Pa~~200 bar~~. Esto se refiere a la resistencia hidrostática en el rango de al menos 10.000.000 Pa~~100~~ a 40.000.000 Pa~~400 bar~~, preferentemente al menos $1{,}5 \times 10^7$ Pa~~150 bar~~, con mayor preferencia al menos 25.000.000 Pa~~250 bar~~. La cinta proporciona una forma resistente pero flexible de proporcionar resistencia a la presión hidrostática a la tubería. En algunas realizaciones, la cinta puede adaptarse para soportar presiones hidrostáticas de entre 5.000.000 Pa~~50 bar~~ y 60.000.000 Pa~~600 bar~~. Cuando se refiere a la resistencia hidrostática, generalmente se pretende referirse a la presión de reventón a corto plazo usando los estándares definidos en ASTM D1599.

De acuerdo con una realización, la cinta se envuelve helicoidalmente alrededor del revestimiento interior. La ángulo de envoltura puede ser, por ejemplo, de 40 grados a 60 grados. Envolver helicoidalmente puede asegurar que todas las partes del revestimiento interior estén cubiertas de manera adecuada y consistente por la cinta sin necesidad del corte de la cinta. También permite que las costuras entre diferentes partes de la cinta sean cubiertas por otras partes de la cinta.

De acuerdo con una realización, la cinta se suelda al revestimiento interior. La soldadura de la cinta al revestimiento interior promueve una manera fácil de asegurar que las capas de la tubería permanezcan estables y conectadas en relación entre sí para formar una tubería estable y resistente. En algunas realizaciones, la cinta puede estar atascada, adherida o conectada al revestimiento interior por otros medios, posiblemente implicando calefacción. La soldadura puede hacerse por calentamiento infrarrojo externo, por soldadura láser u otros procedimientos adecuados. El calentamiento por infrarrojos puede hacerse en un horno de túnel en el cual la tubería se calienta a temperaturas muy por encima de la temperatura de fusión de la matriz, de manera que la matriz se suelda al revestimiento interior. La soldadura láser implica calentar solo la superficie del revestimiento interior y de la cinta localmente con el láser, de manera que sueldan juntos. Como tal, la soldadura por láser es normalmente un procedimiento mucho más rápido tanto para el calentamiento como para el curado después de la soldadura.

De acuerdo con una realización, la matriz polimérica y el revestimiento interior se hacen de materiales los cuales son soldables juntos. Formando la matriz polimérica y el revestimiento interior de materiales los cuales son soldables entre sí, puede formarse una conexión resistente sin requerir otros materiales, adhesivos, capas de unión, etc. Esto resulta en un procedimiento simple el cual produce una tubería resistente con alta resistencia a la presión hidrostática.

De acuerdo con una realización, la matriz polimérica y el revestimiento interior se hacen de materiales de la misma clase de polímero. Eligiendo los materiales de la misma clase genérica de polímeros, pueden ser soldables juntos, lo cual puede aumentar la resistencia de las conexiones y tubería en general. En ciertas realizaciones, los materiales de la matriz polimérica y el revestimiento interior son similares polietileno o similares a poliamida, aunque también pueden concebirse otros materiales, en función de las condiciones y requisitos de la tubería, como el fluoruro de polivinilideno (PVDF), policetona, sulfuro de polifenileno (PPS), cetona de éter de poliéter (PEEK).

De acuerdo con una realización, la tubería comprende dos capas de cinta, enrolladas opuestamente. Enrollado opuestamente significa tener un ángulo de embobinado opuesto con respecto al eje longitudinal de la tubería. Esta disposición puede asegurar que la tubería tenga suficiente resistencia al enrollar una pluralidad de capas de cinta. La resistencia de la cinta permite el uso de solo dos capas en la mayoría de las condiciones, haciendo que la tubería sea más fácil de formar que otras tuberías las cuales necesitan muchas capas de embobinado para proporcionar suficiente resistencia.

De acuerdo con una realización, la tubería comprende cuatro capas de cinta, las cuales son opuestamente enrolladas en pares. Cuando hay cuatro capas de cinta, dos de ellas pueden enrollarse en el sentido de las manecillas del reloj, y dos en el sentido contrario a las manecillas del reloj con un ángulo opuesto con respecto al eje longitudinal de la tubería.

De acuerdo con una realización, los filamentos se realizan de carbono. Los filamentos de carbono proporcionan alta resistencia para formar los elementos pultruidos, pero también pueden ser flexible entre sí. Además, el carbono normalmente no se ve afectado químicamente por los hidrocarburos transportados por la tubería. Alternativamente, pueden usarse filamentos de vidrio o aramida.

De acuerdo con una realización, un grosor de una sola capa de cinta está entre 1 % y 3 % del diámetro de la tubería. Una sola capa de cinta puede tener un grosor de entre 1 milímetro y 2,5 milímetros, pero podría ser más o menos. Tal grosor puede proporcionar la resistencia de presión hidrostática necesaria sin añadir mucho volumen o peso a la tubería en general.

De acuerdo con una realización, la resina polimérica es una resina termoendurecible. El uso de una resina termoendurecible de este tipo significa que la resina es relativamente fácil de trabajar en la formación de la cinta y el ajuste de los elementos pultruidos, y proporciona las propiedades requeridas una vez curada. Las resinas termoendurecibles normalmente requieren temperaturas de curado que están por debajo de la temperatura a la cual los elementos pultruidos se derretirán, por lo que la fabricación es relativamente simple y no dañina para los elementos pultruidos. Alternativamente, la resina polimérica usada para los elementos pultruidos puede ser un

termoplástico con una temperatura de fusión la cual es mucho mayor que la temperatura de procesamiento de la cinta.

De acuerdo con una realización, la resina polimérica comprende epoxi. El epoxi es una resina la cual es ligera, resistente y fácil de procesar. Alternativamente, la resina polimérica puede comprender un poliéster o un viniléster.

De acuerdo con una realización, la resina polimérica comprende un fenol, preferentemente bisfenol A. El bisfenol A está ampliamente disponible y es fácil de trabajar.

De acuerdo con una realización, la tubería comprende además una lámina exterior de polímero que rodea la cinta. La lámina exterior puede proteger y blindar la tubería contra cualquier daño exterior o contaminación. Por lo tanto, la lámina exterior puede aumentar la durabilidad de la tubería. La lámina exterior puede ser de la misma clase de polímero genérico que el revestimiento interior y la matriz polimérica de la cinta. Eso puede estar pegado o soldado a la cinta. La lámina exterior puede hacerse de polietileno.

De acuerdo con una realización, la matriz polimérica comprende un aditivo para aumentar la fricción y la adhesión con los elementos pultruidos. Este aditivo puede asegurar que los elementos pultruidos permanezcan correctamente integrados en la matriz y que los elementos de la cinta no se desintegren por varias fuerzas. Otro procedimiento el cual puede usarse alternativamente o además es el de rugosidad de la superficie de los elementos pultruidos para aumentar la fricción y la adhesión dentro de la matriz polimérica.

La conexión de estas tuberías puede hacerse sujetando un manguito alrededor de las partes extremas que necesitan ser conectadas. Alternativamente, puede usarse un accesorio de electrofusión para acoplar las tuberías. En este procedimiento, las superficies finales de dos extremos de la tubería se funden y se unen. Un manguito reforzado se encajan alrededor de los extremos de la tubería, en la cual se proporciona una bobina de calentamiento, por la cual el manguito y los extremos de la tubería se sueldan juntos. La adhesión o fricción entre el elemento pultruido y la matriz polimérica es necesaria para evitar que se salga el elemento pultruido de la cinta de un extremo de la tubería que necesita ser acoplada. El acoplamiento por electrofusión tiene la ventaja de que no se usa ningún metal, por lo que se evita la corrosión.

De acuerdo con un aspecto de la invención se proporciona un procedimiento para producir una tubería flexible de alta presión, el procedimiento que comprende las etapas de:

- proporcionar filamentos;
- sumergir los filamentos en resina polimérica;
- traccionar los filamentos sumergidos a través de un agujero en una placa para formar elementos pultruidos;
- incrustar los elementos pultruidos en una matriz polimérica;
- proporcionar un revestimiento interior en forma de tubo;
- envolver la cinta alrededor del revestimiento interior, de manera que la cinta se lleva contra el revestimiento interior.

Tal procedimiento produce una tubería que es relativamente fácil de producir, y que puede proporcionar suficiente presión hidrostática a través de la cinta envuelta alrededor del revestimiento interior.

De acuerdo con una realización, envolver la cinta comprende envolver helicoidalmente la cinta alrededor del revestimiento interior.

De acuerdo con una realización, envolver la cinta comprende la soldadura de la cinta al revestimiento interior.

De acuerdo con una realización, la resina polimérica es una resina termoendurecible.

De acuerdo con una realización, la resina polimérica comprende epoxi.

Los diversos aspectos tratados en esta patente pueden combinarse a fin de proporcionar ventajas adicionales.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones se describirán ahora, solo a manera de ejemplo, con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos en los cuales los símbolos de referencia correspondientes indican las partes correspondientes.

La Figura 1 muestra una vista seccional de una tubería flexible de alta presión;

La Figura 2 muestra una vista seccional de una cinta.

Las Figuras están destinadas únicamente a fines ilustrativos y no sirven como restricción del alcance o de la protección establecida por las reivindicaciones.

Descripción detallada

Otras ventajas, características y detalles de la presente invención se explicarán en la siguiente descripción de algunas realizaciones de la misma. En la descripción, se hace referencia a las figuras adjuntas.

La Figura 1 muestra una vista seccional de una tubería flexible de alta presión de forma tubular 1, donde algunos componentes se muestran parcialmente para mostrar los componentes subyacentes. La tubería 1 incluye un revestimiento interior 10, una primera capa de cinta 20, una segunda capa de cinta 21 y una lámina exterior 30. Una tubería flexible 1 puede usarse para una variedad de diferentes propósitos e industrias, por ejemplo, el transporte de fluidos de alta presión. La parte mostrada de la tubería 1 se extiende a lo largo de un eje longitudinal a1, aunque es flexible y no necesita extenderse a lo largo del eje longitudinal a1 para una larga distancia. Normalmente, la tubería tiene un diámetro de entre 100 y 200 milímetros, aunque esto puede ser diferente en función de los requisitos específicos de aplicación.

El revestimiento interior 10 se forma normalmente de polietileno, aunque puede formarse por otros materiales en función del uso previsto de la tubería 1. El revestimiento interior 10 funciona como una capa protectora y puede proteger la tubería 1 en el lado interior, particularmente cuando se transportan fluidos corrosivos, abrasivos o volátiles. El revestimiento interior 10 puede comprender una lámina de barrera de gas muy delgada, en el interior, en el exterior y/o en el medio, la cual evita o reduce la fuga de gases desde la tubería hacia el exterior. La lámina de barrera de gas puede

hacerse esencialmente de aluminio. Alternativamente, puede realizarse de diferentes metales o incluso polímeros herméticos al gas.

Las capas de cinta 20, 21 son cintas enrolladas helicoidalmente formadas de elementos pultruidos 22 dentro de una matriz polimérica 25, la cual se tratará con más detalladamente en relación con la Figura 2. Las capas de cinta 20, 21 refuerzan la tubería 1 y proporciona resistencia a la presión hidrostática a la tubería 1, de manera que la tubería 1 puede soportar presiones de al menos $1{,}5 \times 10^7$ Pa ~~150 bar~~ debido al refuerzo proporcionado por las capas de cinta 20, 21. Cada capa de cinta 20, 21 puede enrollarse en un ángulo de embobinado específico con respecto a el eje longitudinal a1 de la tubería 1, por ejemplo, 40 grados a 60 grados, aunque puede estar fuera de este rango cuando sea adecuado. Envolver helicoidalmente puede asegurar que todas las partes del revestimiento interior 10 son cubiertas de manera adecuada y consistente por la cinta 20 sin necesidad de cortar la cinta 20. La capas de cinta 20, 21 se enrollan en direcciones opuestas para promover aún más la cobertura adecuada del revestimiento interior 10 por las capas de cinta 20, 21. El embobinado opuesto también aumenta la resistencia radial de la tubería 1. La resistencia de las capas de cinta 20, 21 permite el uso de solo dos capas en la mayoría de las condiciones, haciendo que la tubería 1 sea más fácil de formar que otras tuberías las cuales necesitan muchas capas de embobinado para proporcionar suficiente resistencia. Las capas de cinta 20, 21 pueden suministrarse en tramos muy largos a fin de proporcionar una capa de refuerzo resistente y bien conectada.

En la formación de la tubería 1, las capas de cinta 20, 21 se enrollan alrededor del revestimiento interior 10 para apoyarse directamente contra el revestimiento interior 10, sin capas en el medio. De esta manera, las capas de cinta 20, 21 directamente refuerzan la tubería 1, mientras que no pueden ser necesarias más capas. Las capas de cinta 20, 21 pueden soldarse entre sí y al revestimiento interior 10 para asegurar una resistente conexión entre las capas de cinta 20, 21 y con el revestimiento interior 10. De esta manera, las capas de cinta 20, 21 proporcionan directamente resistencia a la presión hidrostática adicional al revestimiento interior 10. Normalmente, las capas de cinta 20, 21 y el revestimiento interior 10 se hacen de materiales que son soldables entre sí, para promover una conexión resistente sin la necesidad de adhesivos o capas de unión.

La lámina exterior 30 es normalmente de polietileno, y funciona como una barrera protectora alrededor de las capas de cinta 20, 21. La lámina exterior 30 puede proteger y blindar la tubería 1 contra cualquier daño exterior o contaminación. Esto aumenta la durabilidad de la tubería 1. La lámina exterior 30 se hace normalmente de un material el cual es compatible con la cinta 20, 21, de manera que se peguen bien juntos y las grietas se eviten tanto como sea posible.

Las ventajas de la tubería 1 incluyen una mayor resistencia en comparación con otras tuberías, sin riesgo de corrosión u óxido. Esto es causado por los elementos pultruidos 22 en la cinta 20, 21 la cual no contiene ningún metal. Otra ventaja debido a la resistencia de la cinta 20, 21 es que solo dos capas de cinta pueden ser suficiente para asegurar suficiente resistencia a la presión hidrostática de tal forma que las paredes de la tubería permanezcan relativamente delgadas. Esto da como resultado una tubería 1 relativamente ligera.

La Figura 2 muestra una vista seccional de una pequeña parte de la cinta 20, comprendiendo tres elementos pultruidos 22 integrados en una matriz polimérica 25. Los elementos pultruidos 22

comprenden una pluralidad de filamentos 23 cubiertos de resina epoxi 24. Los filamentos 23 pueden hacerse de carbono, el cual combina una alta resistencia a la tracción con una alta flexibilidad. Alternativamente, puede usarse vidrio o aramida. Allí puede haber 24.000 a 100.000 filamentos 23 integrados en un solo elemento pultruido 22, o incluso más. Los elementos pultruidos 22 están formados por un procedimiento de pultrusión el cual incluye cubrir filamentos 23 alargados en la resina epoxi 24 y traccionando a través de una hilera o placa para dar a los elementos pultruidos 22 una sección transversal constante. El uso de resina epoxi 24 da como resultado un elemento pultruido ligero y resistente el cual es de fácil procedimiento. Alternativamente, la resina polimérica 24 puede comprender un poliéster o un viniléster.

La resina 24 que rodea los elementos pultruidos 23 puede curarse posteriormente para aumentar aún más la fricción entre los filamentos 23. El aumento de la fricción permite una mayor resistencia de tracción de los elementos pultruidos 22. Después del curado o calentamiento, los elementos pultruidos 22 pueden tener una resistencia a la tracción de, por ejemplo, el doble de la resistencia a la tracción de una fibra recubierta con el mismo diámetro.

Los elementos pultruidos 22 son normalmente mucho más duros que la matriz polimérica 25. Por ejemplo, los elementos pultruidos 22 pueden tener un módulo de tracción de al menos 100 GPa mientras que la matriz polimérica 25 puede tener un módulo de tracción entre 0,2 GPa y 5 GPa. Los elementos pultruidos 23 pueden tener una resistencia a la tracción de al menos 2.000 MPa. Esto permite que los elementos pultruidos 23 proporcionen resistencia a la cinta 20, pero la matriz polimérica 25 permite que la cinta 20 permanezca flexible para facilitar envolver alrededor de las tuberías 1 de todos los tamaños, así como también el transporte y almacenamiento, por ejemplo en una bobina.

Los elementos pultruidos 22 están generalmente alineados y paralelos en una sola fila cuando están integrados en la matriz polimérica 25. La fila única puede asegurar que la cinta 20 mantenga la flexibilidad deseada para la aplicación. En otras realizaciones, podría haber varias filas de elementos pultruidos 22 en la cinta 20 y/o elementos pultruidos no paralelos 22 en función de los requisitos específicos de la cinta y la tubería.

La matriz polimérica 25 se hace normalmente de un termoplástico, el cual permite una fácil formación de la matriz para incrustar los elementos pultruidos 22 para formar la cinta 20. Tiene que ser lo suficiente delgado para ser flexible, pero lo suficientemente resistente como para mantener los elementos pultruidos 22 juntos en la cinta 20, y asegurarse de que los elementos pultruidos 22 no se salgan de la cinta 20. Normalmente el grosor de una sola capa de cinta es entre 1 % y 3 % del diámetro de la tubería 1, la cual mantiene la tubería 1 ligera y flexible, mientras que proporciona suficiente resistencia a la presión hidrostática.

Las ventajas de la cinta 20 incluyen una resistencia a la tracción de la cinta 20 la cual es de 50 % a 100 % más grande en comparación con la cinta con fibras de carbono no pultruidas. Además, no se necesita metal en la cinta 20, la cual elimina el riesgo de corrosión en la cinta y en la tubería en general, lo que conduce a una tubería resistente con una larga vida útil.

La presente invención puede llevarse a la práctica en otras formas específicas sin apartarse de su espíritu o características esenciales. Las realizaciones descritas deben considerarse en todos

los aspectos solo como ilustrativas y no restrictivas. Por lo tanto, el alcance de la invención está indicado por las reivindicaciones adjuntas en lugar de por la descripción anterior. Será evidente para la persona experta en la técnica que las realizaciones alternativas y equivalentes de la invención pueden ser concebidas y reducidas a la práctica. Todos los cambios los cuales entran dentro del significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones deben ser adoptados dentro de su alcance.