

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 080**

51 Int. Cl.:

B29C 53/58	(2006.01)
B29C 53/64	(2006.01)
F16L 11/08	(2006.01)
B29K 105/24	(2006.01)
B29C 61/00	(2006.01)
B29C 63/10	(2006.01)
F16L 11/04	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2012 PCT/GB2012/050427**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.10.2012 WO12131315**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2012 E 12706901 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.07.2017 EP 2688727**

54 Título: **Método para producir un cuerpo de tubo flexible y cuerpo de tubo flexible producido de este modo**

30 Prioridad:

25.03.2011 GB 201105067

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.10.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

DODDS, NEVILLE

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 638 080 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

Método para producir un cuerpo de tubo flexible y cuerpo de tubo flexible producido de este modo

La presente invención se refiere a un cuerpo de tubo flexible y a un método para producir un cuerpo de tubo flexible. En particular, la presente invención se refiere al uso de materiales compuestos, en particular materiales poliméricos reforzados con fibras, en una capa de blindaje de un cuerpo de tubo flexible.

Tradicionalmente se utiliza tubo flexible para transportar fluidos de producción, tales como petróleo y/o gas y/o agua, de un lugar a otro. El tubo flexible es particularmente útil para conectar una ubicación submarina a una ubicación a nivel del mar. El tubo flexible se forma generalmente como un conjunto de un cuerpo de tubo flexible y uno o más accesorios en los extremos. El cuerpo de tubo se forma típicamente como una combinación de materiales estratificados que forman un conducto que contiene la presión. La estructura del tubo permite grandes deflexiones sin causar esfuerzos de deflexión que perjudiquen la funcionalidad del tubo durante su vida útil. El cuerpo de tubo se construye generalmente como una estructura combinada incluyendo capas metálicas y de polímero.

En muchos diseños de tubos flexibles conocidos, el cuerpo de tubo incluye una o más capas de blindaje a la presión. La capa primaria sobre tales capas se forma a partir de fuerzas radiales. Las capas de blindaje a la presión tienen a menudo un perfil de sección transversal específico para entrelazarse de manera que sean capaces de mantener y absorber las fuerzas radiales resultantes de la presión externa o interna sobre el tubo. El perfil de la sección transversal de los alambres enrollados que impiden así que el tubo colapse o se rompa como resultado de la presión a veces se denomina perfiles resistentes a la presión. Cuando se forman capas de blindaje a la presión a partir de alambres enrollados helicoidalmente formando componentes de aro, las fuerzas radiales de presión externa o interna sobre el tubo hacen que los componentes de aro se expandan o contraigan, poniendo una carga de tracción sobre los alambres.

En muchos diseños de tubos flexibles conocidos, el cuerpo de tubo incluye una o más capas de blindaje a la tracción. La carga primaria sobre tal capa es la tensión. En aplicaciones de alta presión, tales como en ambientes de aguas profundas y ultraprofundas, las capas de blindaje a la tracción experimentan cargas de alta tensión a partir de una combinación de la carga interna de la tapa extrema de presión y del peso autoportante del tubo flexible. Esto puede causar una falla en el tubo flexible, ya que estas condiciones se experimentan durante períodos de tiempo prolongados.

El tubo flexible no unido ha sido utilizado para desarrollos en aguas profundas (menos de 3.300 pies (1.005.84 metros)) y en aguas ultraprofundas (más de 3.300 pies). Es la creciente demanda de petróleo la que está haciendo que la exploración se produzca en profundidades cada vez mayores donde los factores ambientales son más extremos. Por ejemplo, en ambientes de aguas profundas y ultraprofundas, la temperatura del suelo oceánico aumenta el riesgo de que los fluidos de producción se enfríen a una temperatura que pueda conducir al bloqueo de los tubos. Las profundidades incrementadas también aumentan la presión asociada con el ambiente en el cual el tubo flexible debe operar. Como resultado, se incrementa la necesidad de altos niveles de rendimiento de las capas de blindaje a la presión y de blindaje a la tracción del cuerpo del tubo flexible.

Una manera de mejorar la respuesta de carga y por lo tanto el rendimiento de las capas de blindaje es fabricar las capas de materiales más gruesos y más fuertes y por lo tanto más robustos. Por ejemplo, para capas de blindaje a la presión en las que las capas se forman a menudo a partir de alambres enrollados con devanados adyacentes en el entrelazado de las capas, la fabricación de los alambres con material más voluminoso da como resultado que la resistencia se aumente apropiadamente. Sin embargo, a medida que se utiliza más material, aumenta el peso del tubo flexible. En última instancia, el peso del tubo flexible puede convertirse en un factor limitante para el uso del tubo flexible. Además, la fabricación de tubos flexibles utilizando material más voluminoso y más grueso aumenta apreciablemente los costes de material, lo cual es también una desventaja. La economía y la logística del transporte y la instalación de tubos flexibles se vuelven insostenibles.

Una técnica que se ha utilizado en el pasado para aliviar de algún modo el problema antes mencionado es el uso de material polimérico reforzado con fibra (o materiales compuestos) como elementos estructurales en tubos flexibles. Los materiales compuestos proporcionan una alta resistencia y rigidez específicas y pueden permitir reducir el peso del tubo (reduciendo la tensión superior) y aumentar la resistencia química del tubo en comparación con materiales metálicos conocidos. El material compuesto se puede proporcionar inicialmente como un "prepreg", es decir, pre-impregnado con fibras.

Los materiales compuestos termoendurecidos que emplean fibras de alta resistencia y alta rigidez no son dúctiles y no pueden deformarse plásticamente como los metales y tienen una deformación final limitada del orden del 2% o menos. Los materiales compuestos para hacer secciones con dimensiones razonables, plantean por lo tanto, dificultades en el proceso de fabricación. Un material termoendurecible se define como un material que no se puede refundirse después del curado. Un material termoendurecible es el material en su estado no curado o parcialmente curado. Un material compuesto termoendurecible que ha sido curado se define aquí como termoendurecido. Un material compuesto termoendurecible puede formarse en una cinta y calentarse para curar el material. Sin embargo, cuando se enrolla la cinta formada para crear una capa de un cuerpo de tubo, se introduce una tensión en el

material, lo que afecta al rendimiento. Durante el enrollamiento sobre una base cilíndrica, una cinta se dobla en dos planos, lo que puede causar deformación.

5 El documento US2003/0026928 divulga un tubo flexible que incluye cintas compuestas de fibras y resina termoendurecida. La cinta está formada por laminados finos superpuestos unidos entre sí por un adhesivo. El uso de laminados delgados ayuda a reducir la tensión cuando la capa se dobla sobre la superficie del cuerpo del tubo. Sin embargo, la tensión no se elimina completamente, y también el espesor de la capa, la cobertura adhesiva y el tiempo de aplicación deben controlarse cuidadosamente. También, en uso, una capa de laminados unidos sería susceptible al corte entre laminados ya que las interfaces interactúan durante el movimiento del tubo o la torsión de la capa.

10 El documento WO00/70256 divulga un tubo ligero flexible de alta presión para aplicaciones en tubos ascendentes o tubería, especialmente en alta mar, que comprende un revestimiento interno, una primera capa estructural aplicada al revestimiento interno, para absorber cargas de presión, una o más capas estructurales adicionales aplicadas a la primera capa estructural, para absorber cargas axiales y de flexión, y una cubierta externa que estanca los fluidos. Tanto la primera capa estructural como las capas estructurales adicionales se fabrican a partir de un material compuesto ligero que consiste en una matriz reforzada con fibras, siendo la primera capa estructural una capa sólida reforzada por largas fibras continuas que se extienden alrededor del tubo y cada una de las capas estructurales adicionales que constan de una pluralidad de tiras individuales reforzadas por fibras que se extienden esencialmente en la dirección longitudinal de las tiras y que están enrolladas alrededor del tubo, pero no están unidas a las tiras adyacentes o a las capas por encima o por debajo de éstas.

20 La US 3,531,357 divulga una máquina para la fabricación continua de un tubo de plástico reforzado que comprende un mandril longitudinal que se extiende a lo largo de la mayor parte de la dimensión longitudinal de la máquina, se caracteriza porque dicho mandril comprende una pluralidad de secciones de un diámetro que corresponde sustancialmente al diámetro interno del tubo que está siendo fabricado, estando dichas secciones interconectadas por elementos tubulares de menor diámetro, y que proporciona una sección de diámetro relativamente grande de dicho mandril en cada estación de devanado de bobinas de cinta de refuerzo, a dichos medios de impregnación y a 25 lo largo de la mayor parte de la dimensión longitudinal del horno de calentamiento, y que además están previstas juntas anulares en algunas de dichas secciones de mandril.

30 El documento EP2056007 divulga un cuerpo de tubo flexible para un tubo flexible que comprende una vaina de presión interna y al menos una capa de blindaje sobre la vaina que comprende una cinta enrollada de material compuesto. También se divulga un método para fabricar una cinta compuesta que utiliza un procedimiento de pultrusión.

Es un objetivo de la presente invención atenuar al menos parcialmente los problemas antes mencionados.

35 Un objetivo de las realizaciones de la presente invención es proporcionar capas en un cuerpo de tubo flexible, de material compuesto que proporcione resistencia y rigidez a un tubo para evitar el aplastamiento o la explosión, al mismo tiempo que proporcione flexibilidad suficiente al tubo al doblarse.

Un objetivo de las realizaciones de la presente invención es proporcionar capas de blindaje en un cuerpo de tubo flexible de material compuesto que esté sustancialmente libre de deformación residual.

40 Un objetivo de las realizaciones de la presente invención es proporcionar una capa de blindaje a la tracción y/o capa de blindaje a la presión que esté protegida contra la adhesión a alambres cercanos, abrasión y factores ambientales tales como temperatura y productos químicos.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir un cuerpo de tubo flexible, que comprende:

proporcionar una pluralidad de longitudes de material compuesto termoendurecible, y apilar la pluralidad de longitudes para formar un elemento de blindaje a la tracción;

45 envolver helicoidalmente el elemento de blindaje a la tracción, bajo una tensión predeterminada, alrededor de una capa de retención de fluido;

y luego calentar el elemento de blindaje a la tracción para curar el material compuesto termoendurecible, en el que el elemento de blindaje a la tracción forma una capa de blindaje.

50 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un cuerpo de tubo flexible formado por el método descrito anteriormente, que comprende:

una capa de retención de fluido; y

al menos una capa de blindaje que comprende un elemento de blindaje a la tracción que comprende una pluralidad de longitudes apiladas de material compuesto termoendurecible, dispuesto sobre la capa de retención de fluido,

en el que la capa de blindaje se forma enrollando helicoidalmente el elemento de blindaje a la tracción, bajo una tensión predeterminada, alrededor de la capa de retención de fluido y calentando a continuación el elemento de blindaje a la tracción para curar el material termoendurecible.

5 Ciertas realizaciones de la invención proporcionan la ventaja de que la capa de blindaje está formada sustancial o completamente libre de deformación residual, porque la longitud del material se cura "in situ", es decir, no se forma en una nueva posición después de la etapa de curado. Ciertas realizaciones de la invención proporcionan un tubo flexible formado con un peso reducido y un rendimiento mejorado en comparación con los tubos con capas de blindaje estándar. El material compuesto proporciona alta resistencia a un peso controlado. Se pueden elegir materiales específicos para la aplicación requerida. Se apreciará, sin embargo, que la presente invención será particularmente adecuada para el funcionamiento en aguas profundas y ultraprofundas, donde la presión sobre un tubo es más alta debido al peso de la longitud de un tubo largo, así como a la propia agua circundante y un material de alta resistencia por unidad de peso es de suma importancia.

Las realizaciones de la invención se describen adicionalmente a continuación con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

15 La figura 1 ilustra un cuerpo de tubo flexible;

La figura 2 ilustra un conjunto de tubo ascendente;

Las Figuras 3a y 3b ilustran elementos de blindaje a la tracción;

La figura 4 ilustra un elemento de blindaje a la tracción en su posición envuelta;

La figura 5 ilustra un elemento de blindaje de presión en su posición envuelta;

20 La figura 6 ilustra un aparato para producir un cuerpo de tubo;

La figura 7 ilustra un elemento de blindaje a la tracción adicional;

La figura 8 ilustra otro aparato para producir un cuerpo de tubo;

La figura 9 ilustra el elemento de blindaje a la tracción de la figura 7 que está envuelto con cinta;

La figura 10 ilustra un método para producir un cuerpo de tubo;

25 La figura 11 ilustra un método adicional para producir un cuerpo de tubo;

La figura 12 ilustra un método adicional para producir un cuerpo de tubo; y

La figura 13 ilustra un método adicional para producir un cuerpo de tubo.

En los dibujos, los números de referencia similares se refieren a partes similares.

30 A lo largo de esta descripción, se hará referencia a un tubo flexible. Se entenderá que un tubo flexible es un conjunto de una porción de un cuerpo de tubo y uno o más accesorios en los extremos en cada uno de los cuales un extremo respectivo del cuerpo de tubo está terminado. La figura 1 ilustra cómo se forma el cuerpo 100 de tubo de acuerdo con una realización de la presente invención a partir de una combinación de materiales en capas que forman un conducto que contiene la presión. Aunque se ilustra un número de capas particular en la figura 1, debe entenderse que la presente invención es ampliamente aplicable a estructuras de cuerpo de tubo coaxial que incluyen dos o más capas fabricadas a partir de una variedad de materiales posibles. Debe observarse además que los espesores de capa se muestran únicamente con fines ilustrativos.

35 Como se ilustra en la figura 1, un cuerpo de tubo incluye una capa 101 de carcasa más interna opcional. La carcasa proporciona una construcción entrelazada que puede usarse como la capa más interna para impedir el colapso total o parcial de una vaina 102 de presión interna debido a la descompresión del tubo, la presión externa y la presión del blindaje a la tracción y las cargas mecánicas de aplastamiento. Se apreciará que ciertas realizaciones de la presente invención son aplicables a operaciones de "agujero liso" (es decir, sin una carcasa) así como a dichas aplicaciones de "agujero áspero" (con una carcasa).

40 La vaina 102 de presión interna actúa como una capa de retención de fluido y comprende una capa de polímero que asegura la integridad interna del fluido. Debe entenderse que esta capa puede comprender por sí misma una serie de subcapas. Se apreciará que cuando se utiliza la capa de carcasa opcional la vaina de presión interna es a menudo referida por los expertos en la técnica como una capa de barrera. En funcionamiento sin dicha carcasa (denominada operación de pared lisa), la vaina de presión interna puede considerarse un revestimiento.

Una capa 103 de blindaje de presión opcional es una capa estructural con un ángulo de inclinación próximo a 90° que aumenta la resistencia del tubo flexible a las cargas de presión interna y externa y de aplastamiento mecánico.

La capa también soporta estructuralmente la vaina de presión interna, y típicamente consiste en una construcción entrelazada.

5 El cuerpo de tubo flexible incluye también una primera capa 105 de blindaje a la tracción opcional y una segunda capa 106 de blindaje a la tracción opcional. Cada capa de blindaje a la tracción es una capa estructural con un ángulo de inclinación típicamente entre 10° y 55°. Cada capa se utiliza para sostener las cargas de tracción y la presión interna. Las capas de blindaje a la tracción son a menudo rebobinadas en pares.

El cuerpo de tubo flexible mostrado también incluye capas 104 de cinta opcionales que ayudan a contener capas subyacentes y, en cierta medida, evitan la abrasión entre capas adyacentes.

10 El cuerpo de tubo flexible incluye también típicamente capas 107 de aislamiento opcionales y una vaina 108 externa que comprende una capa de polímero usada para proteger el tubo contra la penetración del agua de mar y de otros ambientes externos, corrosión, abrasión y daño mecánico.

15 Cada tubo flexible comprende al menos una parte, algunas veces denominada segmento o sección del cuerpo 100 de tubo junto con un accesorio de extremo situado en al menos en un extremo del tubo flexible. Un accesorio de extremo proporciona un dispositivo mecánico que forma la transición entre el cuerpo de tubo flexible y un conector. Las diferentes capas de tubo, como se muestran, por ejemplo, en la figura 1, se terminan en el accesorio de extremo de tal manera que se transfiere la carga entre el tubo flexible y el conector.

20 La figura 2 ilustra un conjunto de tubo 200 ascendente adecuado para transportar fluido de producción tal como petróleo y/o gas y/o agua desde una posición 201 submarina a una instalación 202 flotante. Por ejemplo, en la Figura 2, la posición 201 submarina incluye una línea de flujo submarino. La línea 205 de flujo flexible comprende un tubo flexible, total o en parte, que descansa sobre el fondo 204 marino o se halla enterrado debajo del fondo marino y se utiliza en una aplicación estática. La instalación flotante puede ser proporcionada por una plataforma y/o una boya o, como se ilustra en la Figura 2, un buque. El conjunto 200 ascendente está dispuesto como un conducto flexible, es decir un tubo 203 flexible que conecta el buque a la instalación del fondo marino. El tubo flexible puede estar en segmentos de cuerpo de tubo flexible con conectores de conexión.

25 Se apreciará que hay diferentes tipos de tubo ascendente, como es bien conocido por los expertos en la técnica. Las formas de realización de la presente invención se pueden usar con cualquier tipo de tubo ascendente, tal como un tubo ascendente libremente suspendido (tubo ascendente libre, o catenaria), un tubo vertical sujeto en cierta medida (boyas, cadenas), elevado totalmente contenido o encerrado en un tubo (tubos I o J).

30 La figura 2 ilustra también cómo pueden utilizarse porciones de tubo flexible como una línea 205 de flujo o un puente 206.

35 Las Figuras 3a y 3b ilustran un ejemplo de un elemento para formar una capa de blindaje a la tracción. El elemento 300-1 o 3002, que en la técnica se puede denominar cinta, incluye un material 302 de matriz compuesto y fibras 304 de refuerzo. Las dimensiones relativas, la forma de la sección transversal y la relación del material de la matriz con las fibras se ilustran, por ejemplo, y se pueden hacer para adaptarlas a la aplicación particular. La forma de sección transversal del elemento puede ser sustancialmente rectangular, sustancialmente ovalada, sustancialmente circular, etc., o podría estar hecha de dos o más piezas correspondientes, o cualquier otra sección transversal.

40 Uno o más elementos forman una capa de blindaje a la tracción mediante envoltura helicoidal del elemento alrededor de una capa radialmente interna, tal como en la forma mostrada en la figura 4. En un uso típico, los elementos de blindaje a la tracción se enrollan con un ángulo de inclinación de 10 a 55°. Alternativamente, cuando la invención está dirigida a una capa de blindaje a la presión de un cuerpo de tubo flexible, el elemento de blindaje puede enrollarse con un ángulo de inclinación próximo a 90°, como se muestra en la figura 5.

45 El material 302 compuesto de matriz es, en este ejemplo, la resina epoxi y las fibras 304 de refuerzo son fibras de carbono. El material compuesto de material de matriz y fibras puede obtenerse en forma prepreg de Zoltek Companies, Inc. Este prepreg está disponible en un estado parcialmente curado, habiéndose retardado químicamente el curado para permitir una manipulación sencilla, un material prepreg continuo con una distribución de tensión uniforme y mínima sobre el material. La relación de matriz a fibra (fracción volumétrica de las fibras) es de alrededor del 50%. Sin embargo, muchos materiales prepreg termoendurecibles pueden ser adecuados tales como termoendurecibles, poliimidias, bismaleimidias, fenólicos y epoxis modificados. Las fibras de refuerzo podrían ser cualquier fibra adecuada tal como vidrio, cerámica, metal, fibras poliméricas tales como aramida, o mezclas de las mismas. La fracción volumétrica de las fibras podría ser cualquier cantidad de alrededor del 40% a alrededor del 75%, apropiadamente alrededor del 40% al 65%. El material compuesto puede incluir además otros modificadores tales como pigmentos o plastificantes. Apropiadamente, la mayor parte de las fibras de refuerzo están orientadas longitudinalmente a lo largo del eje longitudinal del elemento de blindaje a la tracción. Algunas fibras transversales o angulares pueden ser incluidas para ayudar a estabilizar la estructura. Por ejemplo, más del 50%, o 60%, o 70%, o 55 80% o 90%, de las fibras pueden alinearse en una dirección sustancialmente axial con la longitud del material. Dicha orientación puede ayudar a estabilizar el elemento de blindaje durante el uso.

La figura 6 muestra el aparato 600 para producir un cuerpo de tubo flexible que incluye el elemento de blindaje a la tracción mostrado en las figuras 3a y 4.

5 Para producir un cuerpo de tubo flexible, una longitud del elemento 300 de blindaje a la tracción de material compuesto prepreg se alimenta hacia una capa 602 de retención de fluido. Opcionalmente, se podría emplear un mandril extraíble como una base más interna para aplicar capas circunferencialmente a la misma. La capa 602 de retención de fluido se hace girar en el sentido de las agujas del reloj si se observa desde el lado izquierdo como se muestra, y a una velocidad de rotación predeterminada adecuada. La capa 602 de retención de fluido también se mueve a una velocidad predeterminada constante en una dirección mostrada por la flecha A. Por supuesto, alternativamente, la longitud del elemento de blindaje a la tracción podría girar alrededor de una capa estacionaria de retención de fluido.

10 El elemento 300 de blindaje a la tracción pasa a través de una guía 604 y un precalentador 606 en esta realización (aunque estas características del aparato son opcionales). La guía 604 ayuda a ubicar correctamente el elemento 300 y el precalentador 606 ayuda a suavizar ligeramente el material de prepreg para su aplicación sobre la capa 602 de retención de fluido.

15 El elemento 300 de blindaje a la tracción se aplica entonces a la capa 602 de retención de fluido, que se envuelve alrededor de la capa 602 de retención de fluido en virtud del giro de la capa 602, la traslación lineal de la capa 602 y de la posición fija de la alimentación 601 de elemento de blindaje a la tracción. El elemento 300 alimenta a la capa de retención de fluido bajo una tensión controlada predeterminada constante de 100N. La tensión puede ser alterada caso por caso para adaptarse a los materiales y dimensiones del elemento de blindaje. La tensión predeterminada es mayor que cero, y tal vez entre 50 a 1000N, por ejemplo, 50 a 150N, 50 a 250N o 50 a 500N, por ejemplo.

20 Aunque solo se muestra una alimentación del elemento 601 de blindaje, pueden utilizarse otras alimentaciones para permitir que otros elementos de blindaje sean arrollados sobre el cuerpo de tubo. Otros elementos de blindaje aumentarán el número (y la densidad relativa) de los elementos de blindaje en la capa. Se puede elegir un número adecuado de elementos de modo que los elementos tengan suficiente holgura para no solaparse y raspase entre sí, pero proporcionar suficiente soporte de tracción al tubo flexible. Se apreciará que se podría proporcionar una capa adicional de los elementos de blindaje a la tracción sobre la primera capa de elementos de blindaje a la tracción por elementos de contraenrollamiento en la dirección opuesta a la primera capa, por ejemplo.

25 El cabezal 608 de posicionamiento ayuda a posicionar el elemento 300 sobre la capa 602 de retención de fluido.

30 Como el elemento de blindaje a la tracción se enrolla sobre el cuerpo de tubo, el cuerpo de tubo continúa moviéndose en una dirección lineal (flecha A) y el cuerpo de tubo se mueve a través de un horno 610.

El horno 601 se ajusta a 220°C para iniciar el curado de la resina epoxi del elemento 300 de blindaje, aunque quedará claro que podrían elegirse otras temperaturas, lo que afectará al tiempo de curado del epoxi y, por tanto, a la velocidad a la que el cuerpo del tubo debe viajar a través del horno.

35 En esta realización, el material termoendurecible se endurece en la zona de calentamiento por el horno. Resultará evidente que el material termoendurecible podría curarse alternativamente de otras maneras, tal como por aplicación de otras formas de radiación, o ser curado químicamente.

40 Tal curado "in situ" del material compuesto de las capas de blindaje permite que se forme una capa de blindaje sustancialmente o completamente libre de deformación residual dentro del material, debido a que el material no se dobla significativamente ni se reforma después del curado. El radio de curvatura y la torsión ocurren cuando el material está en su estado precurado (que no afecta al material) y no se aplica ninguna tensión de torsión o de flexión al material postcurado. Esto da un producto de mayor calidad en comparación con las capas de blindaje conocidas, ya que el elemento de blindaje contiene más resistencia utilizable que los elementos de blindaje conocidos que contienen tensión residual. El producto es más eficiente que las capas de blindaje conocidas en términos de resistencia por cantidad de material y, por lo tanto, es posible un tubo más largo para una aplicación más profunda.

45 Al enrollar el elemento de blindaje a la tracción bajo una tensión controlada, el elemento recibe una cantidad de presión de consolidación a través de las fuerzas radiales mutuas que actúan entre ella misma y la capa de retención de fluido. Esta presión ayuda al proceso de curado.

50 Un usuario podrá considerar cualquier contracción del material termoendurecible al disponer el posicionamiento de los elementos de blindaje uno con respecto al otro.

La Figura 8 muestra aparatos para producir un cuerpo de tubo flexible de acuerdo con la presente invención. El equipo mostrado en la Figura 8 es similar al equipo mostrado en la Figura 6. Sin embargo, se utiliza una variación del elemento de blindaje a la tracción, como se muestra en las Figuras 7 y 9.

Una pluralidad de longitudes de material compuesto se apila para formar un elemento de blindaje a la tracción. Las longitudes del precursor se pueden cortar a partir de una lámina de material prepreg compuesto que está disponible en Zoltek Companies, Inc., y luego apilarse de lado a lado de una manera laminada.

5 Apropiadamente, sustancialmente todas las fibras de refuerzo están orientadas longitudinalmente a lo largo del eje longitudinal del elemento de blindaje a la tracción. Dicha orientación puede ayudar a estabilizar el elemento de blindaje durante el uso. Al orientar las fibras en direcciones y/o ángulos particulares, se puede controlar la rigidez de resorte del elemento.

10 En una realización, el elemento de blindaje a la tracción también incluye una cinta termorretráctil que cubre y encapsula las longitudes apiladas de material compuesto. La cinta retráctil es en sí misma un material conocido, que es una cinta polimérica que ha sido tratada previamente por calentamiento y estiramiento en una dirección particular dando a la cinta una forma orientada con cadenas de polímero orientadas. La aplicación de calor invierte el proceso, haciendo que la cinta retroceda hacia su posición original. Puede utilizarse la cinta "Shrink Tite" disponible en Aerovac Systems Ltd.

15 Se podría usar una funda termorretráctil o una funda de tubo trenzado para encapsular el material compuesto. Sin embargo, en esta realización se enrolla una cinta termorretráctil sobre el material compuesto apilado con un solapamiento de aproximadamente 50%.

20 El método de producir un cuerpo de tubo flexible es similar al método descrito con respecto a la figura 6. Sin embargo, el método incluye además las etapas iniciales de apilar las longitudes del material compuesto 700₁, 700₂, para formar el elemento de blindaje a la tracción, y envolver la cinta 702 termorretráctil alrededor de la pila 700. Esta etapa de envoltura puede realizarse mecánicamente a través de medios de bobinado. El resto del aparato 800 funciona de la misma manera que el aparato 600 y se hace funcionar por el mismo método que se ha descrito anteriormente.

La figura 9 ilustra los medios 902 de bobinado con más detalle.

25 Mediante la formación del elemento 700 de blindaje a la tracción a partir de una pila de elementos cortados de una lámina plana, la alineación inicial de las fibras de refuerzo puede controlarse más cuidadosamente y, por lo tanto, orientarse de manera más uniforme en una lámina plana. Las fibras permanecen uniformemente orientadas en la pila.

30 Además, mediante el uso de una pila de elementos, el material de prepreg no se estira ni se daña durante la flexión en la etapa de envoltura sobre la capa de retención de fluido. Sin embargo, se evita el requerimiento de capas muy finas de material compuesto (según se necesita en la técnica anterior).

La cinta termorretráctil trabaja para comprimir el prepreg una cierta cantidad, aplicando así una presión de consolidación al material prepreg. Esta presión ayuda al proceso de curado de forma similar a la presión de enrollar el elemento de blindaje bajo tensión. La cinta termorretráctil podría utilizarse en su lugar o bien como bobinado bajo tensión.

35 Además, la presión de consolidación de la cinta termorretráctil también ayuda a crear una unión excelente entre las capas apiladas de material compuesto durante el proceso de curado, dando un elemento termoendurecido consolidado único después del curado.

40 Además, la cinta termorretráctil puede usarse como una capa protectora para el elemento de blindaje, evitando que los elementos cercanos se unan durante el proceso de curado. Esto asegura el libre movimiento de los elementos de blindaje cuando la estructura completa está sujeta a flexión durante el uso. La capa de cinta termorretráctil también puede proporcionar un grado de protección contra la abrasión entre alambres individuales y una capa adicional de protección contra la penetración de fluidos presentes en el anillo de tubo formando una barrera a la permeación física. En una realización alternativa, la cinta termorretráctil se podría retirar después de la etapa de curado.

45 Debido a que el elemento de blindaje se cura "in situ" como en la primera realización, se consiguen también las mismas ventajas, es decir, una falta de tensión residual en la capas de blindaje formado.

Tanto el blindaje a la tracción como el blindaje de presión pueden formarse continuamente por este método, y la sección transversal del elemento se puede elegir para adaptarla a la capa funcional. Por ejemplo, el elemento de blindaje de presión puede tener una sección transversal en forma de Z, que permite al elemento interconectarse con secciones cercanas del elemento.

50 Con la presente invención, el material compuesto prepreg puede ser envuelto alrededor de una capa interna de cuerpo de tubo, o un mandril, con poca tensión, requiriendo solamente maquinaria giratoria bastante básica.

Un método para producir un cuerpo de tubo flexible se ilustra en el diagrama de flujo de la figura 10. Un método adicional se ilustra en el diagrama de flujo de la figura 11. Otro método adicional se ilustra en el diagrama de flujo de la figura 12. Otro método adicional se ilustra en el diagrama de flujo de la figura 13.

Son posibles diversas modificaciones de los diseños detallados como se han descrito anteriormente. Por ejemplo, la cinta termorretráctil de la figura 7 podría modificarse para incluir cinta de PTFE u otro material de baja fricción, particularmente sobre la superficie, con el fin de mejorar las propiedades de fricción entre elementos adyacentes o capas adyacentes. Se pueden añadir una o más capas adicionales al cuerpo de tubo flexible, tales como las ilustradas en la figura 1.

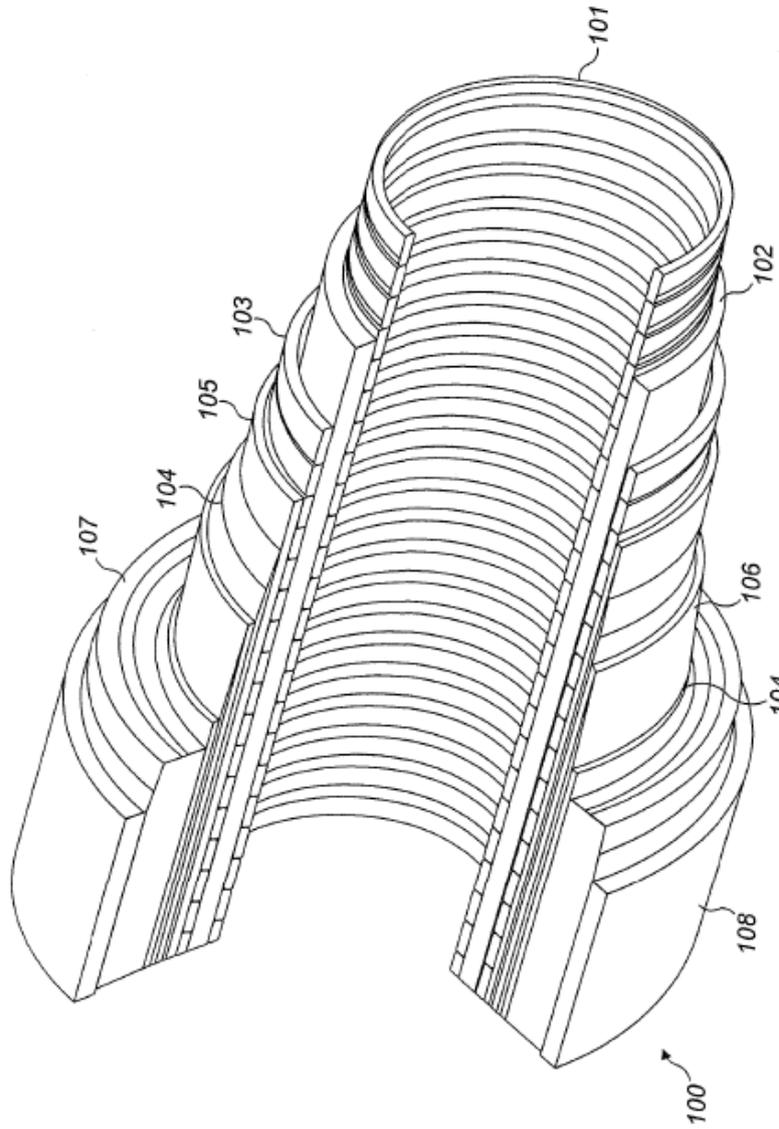
5

REIVINDICACIONES

1. Un método para producir un cuerpo de tubo flexible, que comprende:
proporcionar una pluralidad de longitudes de material (7001; 7002) compuesto termoendurecible, y apilar la pluralidad de longitudes para formar un elemento (700) de blindaje a la tracción;
- 5 2. Un método como se reivindica en la reivindicación 1, en el que el material compuesto termoendurecible comprende un elemento (700) de blindaje a la tracción, bajo una tensión predeterminada, alrededor de una capa (602) de retención de fluido;
- y luego calentar el elemento de blindaje a la tracción para curar el material compuesto termoendurecible, en el que el elemento de blindaje a la tracción forma una capa de blindaje.
- 10 3. Un método como se reivindica en la reivindicación 2, en el que el material compuesto termoendurecible comprende un material (302) de matriz termoendurecible y una pluralidad de fibras de refuerzo.
4. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que más del 50% de la pluralidad de fibras de refuerzo están alineadas en una dirección axialmente con la longitud del material.
- 15 5. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa de blindaje está sustancialmente libre de deformación residual.
6. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de envoltura helicoidal comprende envolver helicoidalmente el elemento de blindaje a la tracción de manera que las secciones adyacentes del material envuelto no se solapan o,
- 20 7. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de envoltura helicoidal comprende envolver helicoidalmente el elemento de blindaje a la tracción de manera que se superpongan secciones adyacentes del material envuelto al menos parcialmente.
8. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa para aplicar una cinta (702) termorretráctil o una funda termorretráctil a la longitud de material compuesto termoendurecible antes de la etapa de envoltura helicoidal.
- 25 9. Un método como se reivindica en la reivindicación 7, en el que la cinta termorretráctil o la funda termorretráctil comprende un material de baja fricción.
9. Un cuerpo de tubo flexible formado por el método de cualquier reivindicación precedente, que comprende:
una capa (602) de retención de fluido; y
- 30 10. Un cuerpo de tubo flexible como se reivindica en la reivindicación 9, en el que el material compuesto termoendurecible comprende un elemento (700) de blindaje a la tracción que comprende una pluralidad de longitudes apiladas de material (7001; 7002) compuesto termoendurecible, proporcionadas sobre la capa de retención de fluido, en donde
- las capas de blindaje se forman envolviendo helicoidalmente el elemento de blindaje a la tracción, bajo una tensión predeterminada, alrededor de la capa de retención de fluido y luego calentando el elemento de blindaje a la tracción para curar el material termoendurecible.
- 35 11. Un cuerpo de tubo flexible como se reivindica en la reivindicación 10, en el que el material compuesto termoendurecible comprende material (302) de matriz termoendurecible y una pluralidad de fibras (304) de refuerzo.
12. Un cuerpo de tubo flexible como se reivindica en la reivindicación 10, en el que más del 50% de la pluralidad de fibras de refuerzo están alineadas en una dirección axialmente con la longitud del material.
- 40 13. Un cuerpo de tubo flexible como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que la capa de blindaje está sustancialmente libre de deformación residual.
14. Un cuerpo de tubo flexible como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, en el que la tensión predeterminada está en el intervalo de 100 N a 1000 N.
- 45 15. Un cuerpo de tubo flexible como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que secciones adyacentes del material envuelto no se solapan o en las que secciones adyacentes del material envuelto se solapan al menos parcialmente.

15. Un cuerpo de tubo flexible como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, que comprende además una cinta (702) termorretráctil o una funda termorretráctil sobre la longitud de material compuesto termoendurecible.

5 16. Un cuerpo de tubo flexible como el reivindicado en la reivindicación 15, en el que la cinta termorretráctil o la funda termorretráctil comprende un material de baja fricción.



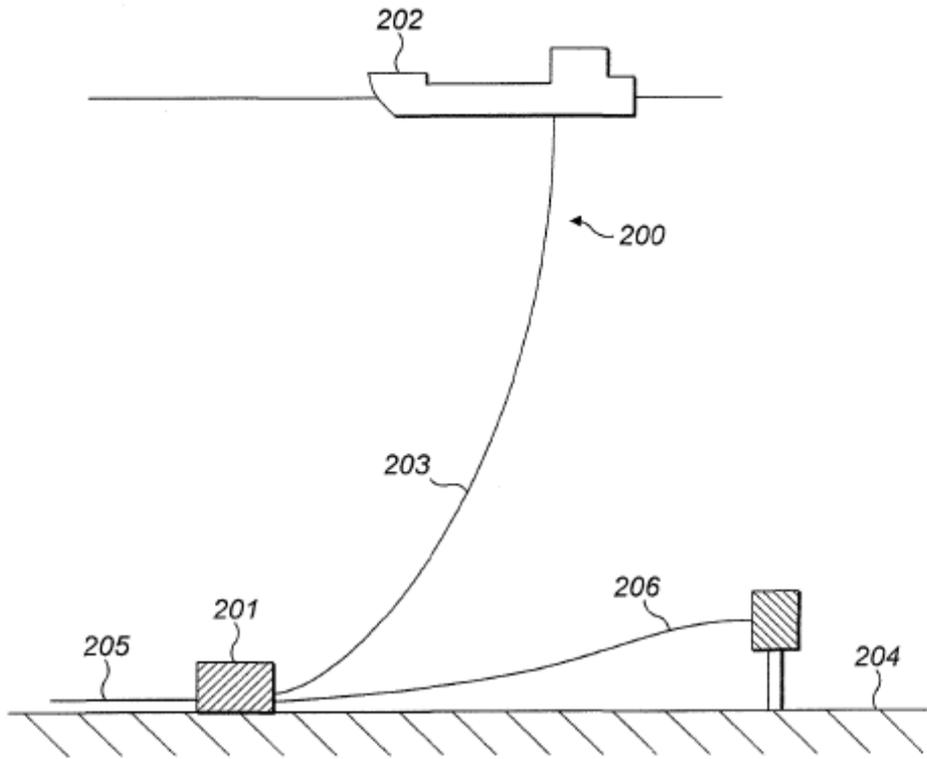


FIG. 2

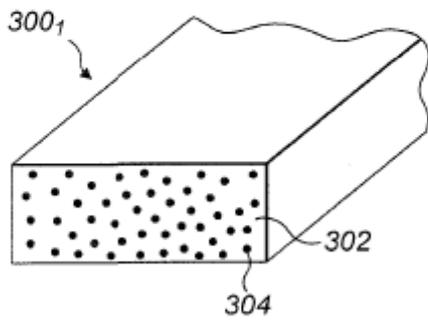


FIG. 3a

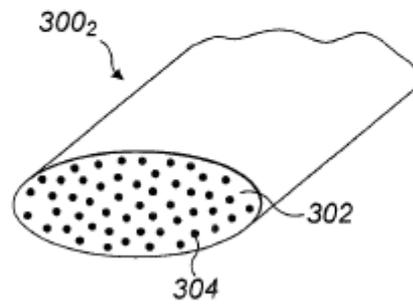


FIG. 3b



FIG. 4

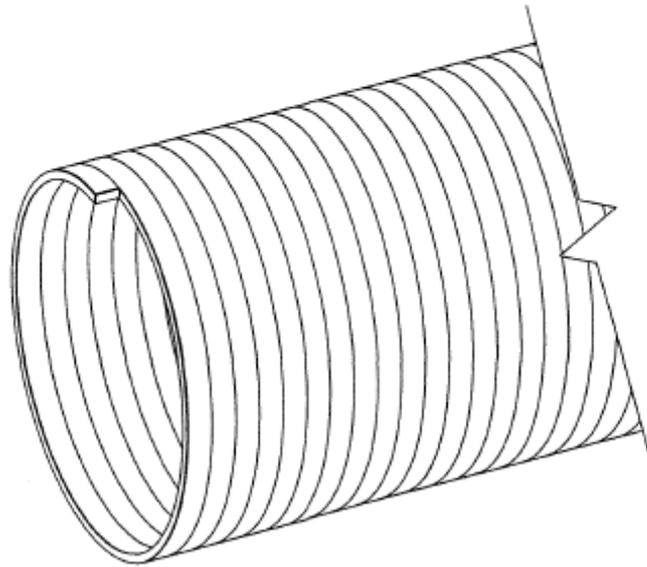


FIG. 5

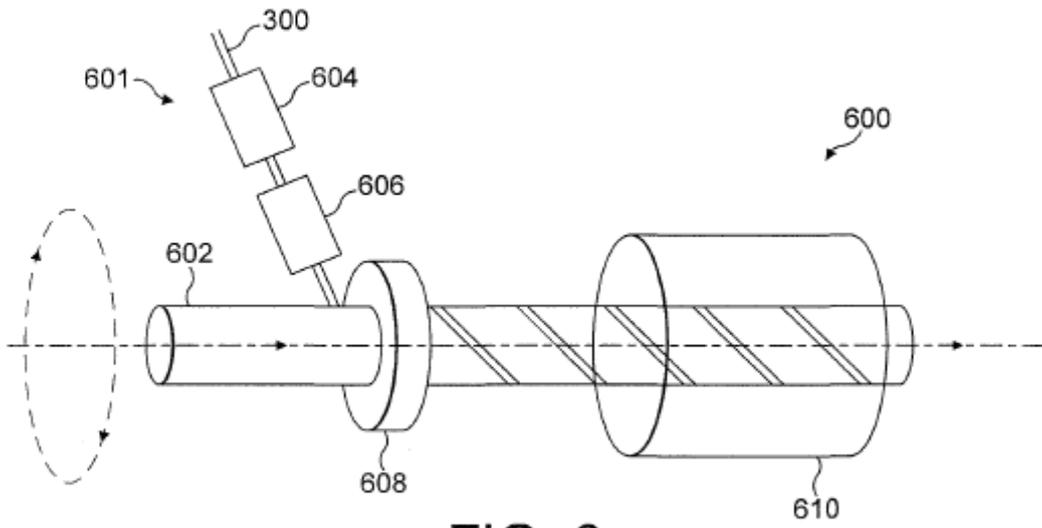


FIG. 6

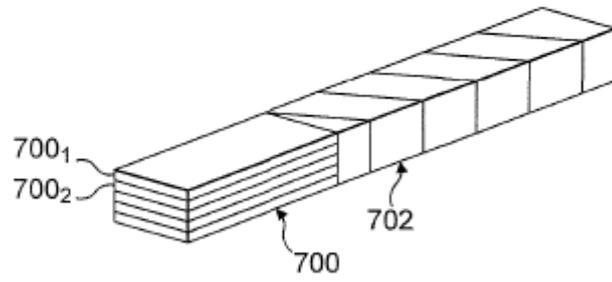


FIG. 7

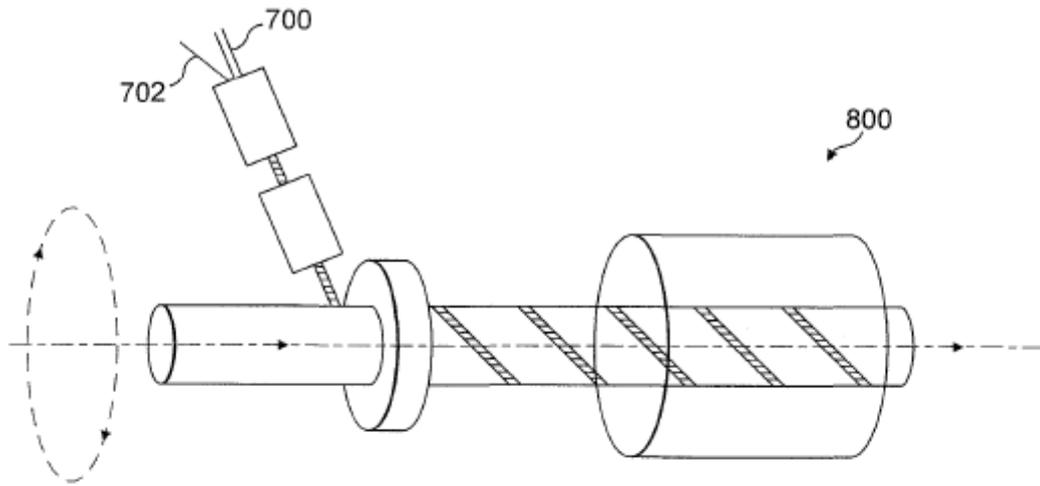


FIG. 8

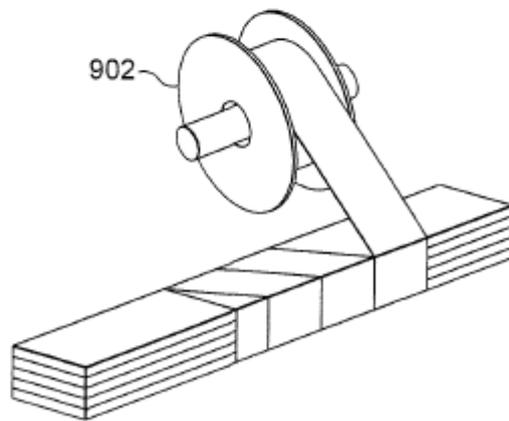


FIG. 9

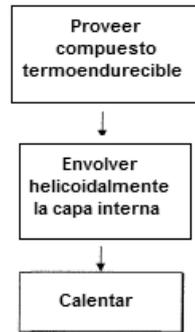


FIG. 10

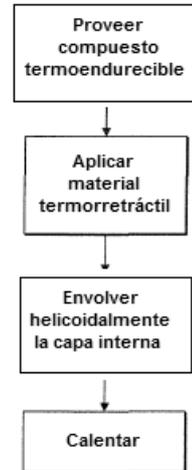


FIG. 11

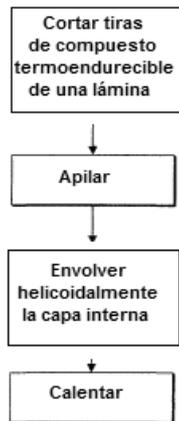


FIG. 12

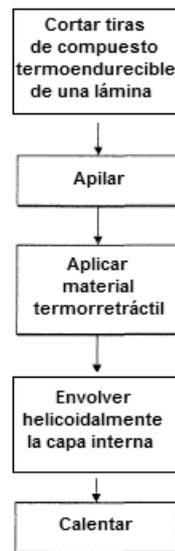


FIG. 13