

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 919**

51 Int. Cl.:

F16L 9/04 (2006.01)

F16L 11/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2012 E 12795588 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.01.2016 EP 2776751**

54 Título: **Cuerpos tubulares y procedimientos de formación de los mismos**

30 Prioridad:

01.11.2011 GB 201118846

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

05.05.2016

73 Titular/es:

**ITI SCOTLAND LIMITED (100.0%)
Atrium Court 50 Waterloo Street Strathclyde
Glasgow G2 6HQ, GB**

72 Inventor/es:

STEVENSON, ANDREW

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 568 919 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

Cuerpos tubulares y procedimientos de formación de los mismos

5 Antecedentes

Esta invención se refiere a cuerpos tubulares y a procedimientos de formación de los mismos, y se refiere más particularmente, pero no exclusivamente, a la producción de tubos para uso en sistemas, tales como tuberías para el transporte de productos de gas o líquidos de hidrocarburos bajo presión.

10

Descripción de la técnica anterior

Actualmente, es bien conocido formar tuberías a partir de secciones de tubería que se ha formado cada una por laminación en estructuras tubulares a partir de tira plana o placa y costura soldada en un molino de tubo, antes de soldarse a tope entre sí en el campo para formar la tubería acabada. La viabilidad de este tipo de tubos está limitada por la economía de los materiales usados y el peso del producto final que debe ser transportado y colocado en posición, a menudo en circunstancias muy difíciles, así como los problemas de montaje final. El montaje final generalmente requiere un equipo de soldadura de hasta treinta soldadores para soldar manualmente los segmentos fijos de tubería y a menudo se necesita además un equipo de apoyo de hasta doscientas personas. La logística asociada con el movimiento y el cuidado de un número tan grande de personas, que pueden estar a menudo en ubicaciones muy remotas, puede ser prohibitivamente cara y compleja. Aún más, estos tubos son inherentemente rígidos y rectos y la navegación de terreno ondulado desigual normalmente requiere de estaciones de plegado específicas, que fuerzan curvas de hasta 40 veces el diámetro de la tubería en secciones rígidas y las devuelven para soldar en la tubería. Este es un proceso manual que no ha cambiado desde hace 75 años. El contexto del proceso propuesto aquí es que es adecuado para automatización y reduce o elimina la necesidad de estaciones de plegado.

El documento GB2280889 divulga un procedimiento de formación de un cuerpo alargado o tubular hueco y comprende enrollar helicoidalmente al menos una tira de material en forma de auto-solapamiento para proporcionar una estructura de múltiples capas tubulares. En esta disposición, la tira se preforma para proporcionar una sección transversal que tiene al menos un paso que, en cada convolución de la tira, acomoda la porción de solapamiento de la siguiente convolución. Un cuerpo tubular que tiene un espesor de pared formado por una pluralidad de vueltas puede así hacerse continuamente de una sola tira de material, siendo el espesor de pared generalmente una tira de espesor mayor que el número de etapas formadas en la sección transversal de la tira. Esta disposición se muestra en la figura 1 adjunta. Un diseño de este tipo también puede estar provisto de nervios, que se extienden circunferencialmente formados por deformación plástica del perfil en sección transversal de la tira antes de que se enrolle, y tales nervios se superponen y anidan entre sí, tal como para proporcionar un interbloqueo que resiste las cargas axiales y circunferenciales colocadas en la estructura acabada.

La disposición anterior puede estar provista de un revestimiento interno, cuya forma dependerá de la aplicación para la que está destinada la estructura tubular, pero puede comprender una forma de rodillo y un elemento tubular de costura soldada. En la fabricación de tal estructura tubular, el revestimiento interno puede ser preformado para proporcionar un mandril o núcleo sobre el que se enrolla la tira de refuerzo enrollada helicoidalmente.

El documento GB2433453 divulga una etapa de fabricación asociada con el tipo de estructura tubular divulgada en el documento GB 2280889, que hace que la propia tira de refuerzo se deforme plásticamente a un diámetro ligeramente menor que el del núcleo o revestimiento sobre la que se va a envolver, de tal manera que la tira, efectivamente, se coloca por sí misma y coloca el núcleo bajo una pequeña cantidad de presión, pero no lo suficiente como para causar pandeo.

Los dos diseños anteriores deben procesar la tira de refuerzo tal como para acomodar la variación en diámetro que la tira tiene entre el diámetro interior y el diámetro exterior. Este procesamiento puede ser problemático y puede inducir a tensiones indeseables en el material. Además, la naturaleza de los nervios de solapamiento utilizados en las disposiciones anteriores complica la localización exacta y el enclavamiento de los nervios. Se requiere una etapa de fabricación adicional para causar la variación en el diámetro requerido y esto introduce una deformación residual adicional en el material, que puede ser indeseable y puede utilizar hasta una proporción inaceptable de la ductilidad relativamente limitada disponible en materiales de alta resistencia, tales como acero de alta tracción.

Aunque las disposiciones anteriores proporcionan soluciones aceptables para el problema de la fabricación de estructuras tubulares, se ha encontrado ahora una mejora adicional que se presta a la producción de tales estructuras tubulares y es a esta mejora a la que se dirige la presente solicitud.

El documento DE 10 2009 043932 divulga también un artículo tubular similar.

65

Sumario de la presente invención

5 En consecuencia, la presente invención proporciona un artículo tubular que tiene un eje longitudinal X que comprende unas tiras separadas interiores y exteriores de material de superposición enrollado en espiral, que tienen cada una un eje longitudinal L y un primer y segundo bordes, caracterizado porque cada tira comprende dos o más nervios que se extienden longitudinalmente, cada uno de los cuales se extiende a lo largo de dicho eje que se extiende longitudinalmente L en paralelo entre sí y en el que dichos rebordes comprenden cada uno unos nervios asimétricos, que tienen un borde delantero que forma una porción de contacto y en el que dichos bordes delanteros están cada uno en contacto entre sí y que comprenden además una porción de borde trasero sin contacto, que
10 están separados entre sí en una cantidad G".

15 Preferentemente, dicha porción de contacto comprende una porción de dicho nervio que se extiende en un ángulo θ' respecto a dicho eje longitudinal X y por que dichos porciones de borde traseras se extienden en un ángulo θ'' con respecto a dicho eje longitudinal X y en el que dicho ángulo θ'' es mayor que dicho ángulo θ' .

Ventajosamente, dicho ángulo θ'' es mayor que dicho ángulo θ' en 20 grados o más.

20 En una disposición, dicha porción de contacto comprende una porción de dicho nervio que se extiende en un ángulo θ' de entre 70 grados a 110 grados con respecto a dicho eje longitudinal X.

Alternativamente, dicha porción de contacto comprende una porción de dicho nervio que se extiende sustancialmente perpendicular a dicho eje longitudinal X.

25 Ventajosamente, dichas porciones de borde trasero se extienden en un ángulo θ'' de entre 20 grados y 70 grados con respecto a dicho eje longitudinal X.

Preferentemente, dichas porciones de borde trasero se extienden en un ángulo θ'' de 70 grados substancialmente con dicho eje longitudinal X.

30 En una disposición, dicho borde delantero de dicha tira exterior está cada uno orientado uno de espaldas al otro.

35 En una disposición, dicho borde delantero de dicha tira interior está cada uno orientado uno frente al otro. Se apreciará que se podía invertir lo anterior, de tal manera que dicho borde delantero de dicha tira exterior está cada uno orientado frente al otro y el borde delantero de dicha tira interior está cada uno orientado de espaldas al otro.

Preferentemente, la disposición incluye un hueco interior G entre bordes interiores adyacentes de la tira.

Ventajosamente, la disposición incluye un hueco G2 entre bordes exteriores adyacentes de la tira.

40 Preferentemente, el hueco interior G está en una posición entre los nervios exteriores.

Ventajosamente, dicho hueco exterior G2 está en una posición entre los nervios interiores.

45 Preferentemente, dicho artículo incluye un núcleo interior alrededor del cual se enrollan dichas tiras interior y exterior.

Ventajosamente, dichas tiras interior y exterior tienen un radio de curvatura natural menor que el radio R" de la porción exterior del núcleo interior.

50 En una disposición típica, dichas tiras interior y exterior comprenden material que tiene una resistencia a la tracción de entre 800 y 2.000 GPa.

55 preferentemente, dichas tiras están cada una enrollada en un ángulo θ con dicho eje longitudinal X. En una disposición, dicho ángulo θ está entre 4 y 54 grados, mientras que en el otro ángulo θ está entre los 4 y 12 grados. En una disposición particular, dicho ángulo θ es sustancialmente de 12 grados.

60 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de fabricación de un artículo tubular que tiene un eje longitudinal X que comprende proporcionar unas tiras interior y exterior, caracterizado por las etapas de formación de un par de nervios que se extienden longitudinalmente en dicha tira, formándose cada uno de dichos nervios de tal manera que se extienden a lo largo de dicho eje L que se extiende longitudinalmente en paralelo entre sí y formándose dichos nervios como nervios asimétricos que tienen un borde delantero que forma una porción de contacto y en el que dichas tiras se enrollan en relación de solapamiento enrollado en espiral, de tal manera que los bordes delanteros de las mismas están en contacto entre sí y dichas porciones de borde trasero se enrollan de tal manera que se separan entre sí en una cantidad G".

65

Según un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona una tira tubular para la fabricación de un artículo tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende un par de nervios que se extienden longitudinalmente, cada uno de los cuales se extiende a lo largo de dicho eje L que se extiende longitudinalmente en paralelo entre sí, y en el que dichos nervios comprenden cada uno unos nervios asimétricos que tienen un borde delantero que forma una porción de contacto y que comprende además una porción de borde trasero sin contacto.

La presente invención se describirá ahora más particularmente, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

Las figuras 1 y 2 son ilustrativas de los cuerpos tubulares de la técnica anterior;

La figura 3 es una vista parcialmente en sección del cuerpo tubular según la presente invención;

La figura 4 es una vista en sección transversal de una porción de solapamiento del cuerpo tubular de la figura 3;

La figura 5 es una vista ampliada de una porción de nervio de la figura 4 e ilustra en detalle la interrelación entre los nervios interior y exterior;

La figura 6 es una vista en sección transversal de la capa exterior de la tira mostrada en las figuras 3 a 5;

La figura 7 es una vista en sección transversal de la capa interior de la tira mostrada en las figuras 3 a 5;

Las figuras 8 y 9 son vistas detalladas en sección transversal de los nervios exterior e interior, como se muestra en las figuras mencionadas anteriormente;

La figura 10 es un gráfico de la deformación axial global respecto la presión interior de un número de diseños, uno de los cuales es la presente invención;

La figura 11 es un gráfico de la separación axial de la tira exterior respecto a la presión para dos diseños; y

Las figuras 12 a 14 son vistas en sección transversal de tres perfiles de tira diferentes utilizados en el modelado numérico comparativo para caracterizar el comportamiento.

Descripción detallada de la presente invención

Con referencia ahora a los dibujos en general, pero más particularmente a las figuras 3 a 5, la presente invención comprende una estructura tubular 10 que tiene un eje longitudinal X y que comprende unas tiras interior y exterior 12, 14 respectivamente. Las tiras 12, 14 tienen cada una un eje longitudinal L e incluyen un primer y segundo bordes 16, 18, 16', 18' y cada uno está enrollado en espiral alrededor del eje X en un ángulo θ con respecto al eje longitudinal X. Cada tira 12, 14 comprende un par de nervios que se extienden longitudinalmente 20, 22, 20', 22', cada uno de los cuales se extiende a lo largo de dicho eje longitudinal L en paralelo entre sí. En marcado contraste con la técnica anterior descrita anteriormente, cada uno de los nervios comprende nervios asimétricos que tienen un borde delantero 24, 24' y un borde trasero 26, 26', en el que el(los) borde(s) delantero(s) forma(n) una porción de contacto 28, 28' que están en contacto entre sí y una porción de borde trasero sin contacto 30, 30' que están separadas entre sí una cantidad G". Las ventajas asociadas con esta disposición se explicarán más adelante en este documento con referencia a la figura 5. La(s) porción(es) de contacto 28, 28' comprende una porción de los nervios 12, 14, cada una de las cuales se extiende en un ángulo θ' respecto a dicho eje longitudinal X y las porciones de borde traseras 26, 26" se extienden en un ángulo θ'' con respecto a dicho eje longitudinal X y el ángulo θ'' es mayor que dicho ángulo θ' . Preferentemente, θ'' es mayor que θ' en una cantidad igual o superior a 20 grados. En la disposición de la presente invención, será posible variar el ángulo θ' entre 70 grados y 110 grados y posiblemente más, dependiendo del grado de fricción que existe entre las dos porciones. Lo que es más importante es que las porciones de contacto 28, 28' se mantengan en contacto entre sí cuando la carga axial se coloca sobre el artículo 10, que puede, excepto para la existencia de la relación de interferencia de fricción o física en el punto de contacto 28, 28', que sea tal como para asegurar que los dos bordes delanteros permanecen en contacto entre sí cuando la estructura 10 se manipula tal como para poner una tensión longitudinal sobre la misma. El lector experto apreciará que el ángulo θ' específico variará dependiendo de las propiedades del material y de la superficie de contacto, pero que un ángulo de 90 grados optimizará el grado de agarre mientras que todavía permite que las tiras 12, 14 se coloquen una sobre otra. En esencia, el ángulo preferente de θ' es tal que los bordes delanteros se extienden lejos de la superficie de la tira perpendicular (90 grados) con respecto al eje longitudinal X. La bordes traseros 26, 26' se extienden en un ángulo θ'' con respecto al eje longitudinal X y, mientras el ángulo específico sea menos importante que el ángulo θ' , el ángulo específico θ'' elegido dependa en parte del grado de flexión del material de la tira, pueden acomodar y parcialmente en el sentido práctico de la cantidad de espacio disponible. En la práctica, se ha encontrado que un ángulo de entre 20 grados y 70 grados con respecto al eje X es el adecuado. En el ejemplo específico de los dibujos, un ángulo θ'' se ha elegido, ya que esto da un buen compromiso entre la reducción de

daños materiales en la flexión y un diseño compacto del nervio. Otros ángulos se presentarán a los expertos en la técnica.

Con referencia a las figuras 3, 4, 6 y 7, se apreciará que los bordes delanteros 24, 24' de cada tira pueden estar orientados de cara hacia el otro (flecha T) o de espaldas al otro (flecha A). En la disposición específica que se muestra, los bordes delanteros 24 de la tira 12 interior están orientados de cara hacia el otro, mientras que los bordes delanteros 24' de la tira exterior 14 están orientados de espaldas al otro. Esta disposición puede invertirse, de modo que los bordes delanteros 24 de la tira interior 12 están orientados de cara hacia el otro, mientras que los bordes delanteros 24' de la tira exterior 14 están orientados de espaldas al otro. Esta disposición inversa entre las tiras 12, 14 es tal que requiere que las tiras interior y exterior 12, 14 puedan colocarse una encima de la otra en una disposición escalonada, como se ve mejor en la figura 4. A partir de esta figura, se apreciará que el escalonamiento es igual a un paso de los nervios 20, 20', 22, 22' de tal manera que un nervio interior 20 derecho RH se ajusta por debajo y dentro de un nervio exterior 22 izquierdo LH, mientras que un nervio interior 22 izquierdo LH encajará debajo y dentro de un nervio exterior 22' derecho RH. Las tiras interior y exterior 12, 14, por lo tanto, están en cierta medida bloqueadas entre sí por la interacción de los bordes delanteros 24, 24' que están dispuestas para estar en proximidad cercana y preferentemente en contacto entre sí una vez montadas. En efecto, la disposición puede ser tal como para proporcionar un pequeño ajuste de interferencia entre las dos superficies de acoplamiento en la porción de contacto 28, 28'. El estrecho contacto en los puntos de contacto 28, 28' significa que cualquier carga axial colocada en el artículo tubular en la dirección de la flecha A_L se hace reaccionar a través de los puntos de contacto 28, 28' que, debido a la naturaleza del contacto y la relación angular θ' proporcionará una barrera sustancialmente mejorada a la compresión de los nervios y, por lo tanto, también para el desbloqueo del enclavamiento creado entre los mismos. Los expertos en la técnica apreciarán que para que el nervio se deslice fuera de su socio de enclavamiento, la tensión en el acero debe exceder el límite plástico del material, de tal manera como para causar el aplanamiento del nervio interior. Esta ventaja proporciona a la presente invención una de las mejoras técnicas sobre la técnica anterior. También se muestra en la figura 4 un hueco G entre bordes de bandas adyacentes que permite tolerancias de expansión térmica y de fabricación, pero que tiene un tamaño tal como para restringir a un mínimo la distancia axial sobre el que se proporciona una sola capa de las capas de refuerzo 12, 14 sobre el núcleo o revestimiento 30, como se ve mejor en la figura 5.

La figura 5 proporciona una vista en sección transversal más detallada de la sección de nervio y a partir de la cual se apreciará que los radios de curvatura R y la ubicación de los mismos, de las tiras interior y exterior 12, 14 (que se muestra con más detalle en las figuras 8 y 9) se seleccionan preferentemente de tal manera que se garanticen los huecos G' y G'' apropiados. El hueco G'' se proporciona en el borde trasero del nervio y, preferentemente, se extiende desde su pico 32 y hacia abajo a lo largo de las propias porciones de borde trasero 26, 26'. La función de este hueco es la de proporcionar un cierto grado de flexibilidad en el propio artículo tubular 10 terminado, y se apreciará que el hueco G'' se puede variar o incluso eliminar por completo si así se desea. Una disposición sin un hueco G'' sería más difícil de fabricar, pero sería más rígida. Una disposición con un mayor hueco G'' sería más fácil de fabricar, ya que las tolerancias serían inferiores, pero sería más flexible. Cualquier disposición o algo entre los dos sería apropiado para diferentes disposiciones y el presente diseño puede modificarse para adaptarse a la instalación y a los requisitos operativos para la flexibilidad. El hueco G' se proporciona en la base 34 del borde de ataque y se proporciona meramente para asegurar una separación entre las dos capas, ya que cada transición entre una dirección sustancialmente longitudinal (eje X) y una dirección sustancialmente transversal T. Este hueco G también ayuda a garantizar que las dos superficies de contacto de las capas interior y exterior 12, 14 se colocan en contacto entre sí tan pronto como sea posible, después de que existan sus respectivas curvas iniciales 36, 38 en la base 40, 42 de los bordes delanteros.

Las figuras 6 y 7 ilustran claramente las diferencias principales entre las capas interior 12 y exterior 14 y a partir de las que se apreciará que los radios de curvatura R asociados a la capa exterior 14 deben ser mayores que los radios de curvatura asociados con la capa interior, tal como para asegurar que las dos se asienten cómodamente una dentro de la otra. Además, estas figuras ilustran muy claramente la diferencia entre las direcciones de orientación de los nervios 24, 24' para cada una de las capas interior 12 y exterior 14 que, cuando se desplazan axialmente a lo largo del eje X entre sí por la mitad de una anchura de la banda, permitirá que cada capa se anide junto a la otra, como se muestra, y sin un hueco excesivo que se forma entre las mismas.

El detalle de los radios de curvatura R para las capas interior y exterior 12, 14 emparejadas típicas se muestran en detalle en las figuras 8 y 9 y a partir de las que se apreciará que los radios de curvatura se tendrían que variar si se varía el espesor T de las respectivas tiras.

Procedimiento de fabricación

El procedimiento de fabricación de un artículo tubular (10) como se describe anteriormente y que tiene un eje longitudinal X comprende las etapas de: proporcionar unas tiras interior y exterior (12, 14), formar un par de nervios que se extienden longitudinalmente (20, 22, 20', 22'), en dicha tira, formándose cada uno de dichos nervios de tal manera que se extienden a lo largo de dicho eje L que se extiende longitudinalmente en paralelo entre sí y formándose dichos nervios (20, 22, 20', 22') como nervios asimétricos que tienen un borde delantero (24, 24') que

forma una porción de contacto (28, 28') y dichas tiras se enrollan en relación de solapamiento enrollado en espiral, de tal manera que los bordes delanteros (24, 24') de las mismas están en contacto entre sí y dichas porciones de borde trasero (26, 26') se enrollan de tal manera que se separan entre sí una cantidad G".

5 Las figuras 10 y 11 proporcionan una comparación entre la presente invención (geometría de 2 nervios con propiedades dúplex/Docol y un número de otros diseños). Es deseable que la extensión axial o la tensión global no sea demasiado grande bajo presión interna o dará lugar al movimiento y posiblemente al fallo. La figura 10 compara el nuevo diseño designado de 2 nervios con 3 diseños de la técnica anterior 135 y 185 y un diseño que no es de la técnica anterior y que tiene dos capas, pero tiene solo un único nervio. La figura 11 compara el único nervio o reborde con el diseño de 2 nervios o rebordes. A partir de estas figuras, se apreciará que el nuevo diseño es igual o supera a muchos de los dispositivos de la técnica anterior porque la extensión no aumenta bajo presión a pesar del hecho de que comprende solo dos capas, mientras que la técnica anterior comprende tres capas.

15 La presente invención también emplea un ángulo de bobinado θ de hasta 30 grados en comparación con la disposición de la técnica anterior que es típicamente solo de 4 grados. Este aumento en el ángulo de bobinado en solitario aumenta la velocidad y la eficiencia de fabricación por un factor grande (tres en el caso de la configuración preferente en la que el ángulo de bobinado es de 12 grados). Se cree factible que ángulos de hasta 54 grados puedan ser alcanzable para ciertas aplicaciones y la presente invención se considera que cubre este intervalo.

20 El rendimiento de la presente invención en comparación con los perfiles de tiras conocidos se describirá ahora con referencia a las figuras 10 y 11 anteriores y 12 a 14, que describen los perfiles de tiras conocidos. La presente invención proporciona una geometría de 2 nervios con Dúplex S32205/Docol Roll y se presenta como tal en las tablas de rendimiento y gráficos comparativos. La comparación es con los resultados de las configuraciones de la técnica anterior analizadas bajo una carga de presión interna.

25 La geometría de dos nervios en el ejemplo de la presente invención consiste en dos tiras independientes, enrolladas helicoidalmente alrededor del revestimiento en 12' aproximadamente, creando una sección transversal de tira de 2 capas. Esta configuración se analizó con propiedades Dúplex S32205/Docol Roll. El espesor de la tira se incrementa a 0,75 mm. Una sección a través de la disposición de tira se muestra en la figura 4 adjunta.

30 El primer ejemplo comparativo de la técnica anterior se conoce como la geometría 135 y consta de una sola tira con 3 nervios simétricos, enrollados helicoidalmente alrededor del revestimiento en 4'. La tira se "sacude" dos veces entre los nervios, creando una sección transversal de tira de 3 capas. Este concepto fue analizado con las propiedades 316L/M190 y las propiedades Dúplex S32205/Docol Roll. Una sección a través del perfil de tira se muestra en la figura 12.

35 El segundo ejemplo comparativo de la técnica anterior se conoce como la geometría 185 y consta de una sola tira con 3 nervios asimétricos, enrollados helicoidalmente alrededor del revestimiento en 4'. La tira se "escalona" dos veces en las posiciones de los nervios, creando una sección transversal de tira de 3 capas. Este concepto se analizó con propiedades Dúplex S32205/Docol Roll. Una sección a través del perfil de tira se muestra en la figura 13.

40 El tercer ejemplo comparativo de la técnica anterior se conoce como la geometría Dreistem 185 y consta de tres tiras independientes, cada una con un solo nervio asimétrico, enrolladas helicoidalmente en 4' alrededor del revestimiento, creando una sección transversal de tira de tres capas. Este concepto se analizó con propiedades Dúplex S32205/Docol Roll. Una sección a través del perfil de tira se muestra en la figura 14.

Rendimiento de la presente invención

50 Los casos de presión interna y de carga axial se han analizado para la geometría con propiedades dos nervios Dúplex S32205/Docol Roll. Los resultados de estos análisis se han comparado con los resultados previamente obtenidos del análisis 3D bajo carga de presión interna. Una lista completa de los casos de carga de presión interna analizados hasta la fecha aparece en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Estudios de casos de carga de presión interna

55

Estu	Model	Material del	Material de la tira/ángulo de
1	Geometría de autosolapado 135 - 3 nervios	316	M190 / 4°
2	Geometría de autosolapado 135 - 3 nervios	Dúplex	D1000 / 4°
3	Geometría de autosolapado 185 - 3 nervios	Dúplex	D1000/ 4°
4	Geometría de capas separadas Dreistem 185 de un	Dúplex	D1000 / 4°

5	Geometría de 2 nervios con Dúplex/Docol Roll (presente estudio)	Dúplex S32205	1000 /12°
---	---	---------------	-----------

Lo siguiente se puede concluir a partir de una comparación de la geometría de 2 nervios con propiedades Dúplex/Docol Roll con los estudios previos:

- 5 Para el caso de carga de presión interna, un 1 % de deformación plástica equivalente se obtiene en la tira a 155 bares para propiedades de geometría de 2 nervios Dúplex S32205/Docol Roll. Esto se compara bien con los estudios anteriores.
- 10 Una tensión plástica bruta en los nervios, lo que resulta en el aplanamiento y el desbloqueo de las tiras, se produce para la geometría de 2 nervios con propiedades Duplex S32205/Docol Roll a una presión de 210 bares. Esto se compara favorablemente con los estudios anteriores.
- 15 Bajo solamente la carga axial, la geometría de 2 nervios con propiedades Dúplex S32205/Docol Roll alcanza un 1% de tensión plástica equivalente aproximadamente a la misma carga que la carga de tapa de extremo equivalente cuando se aplica presión interna. Esto sugiere que el fracaso se debe principalmente al desbloqueo bajo carga axial.
- 20 El aumento de ángulo de bobinado de la tira es probable que aumente la rigidez axial de la tubería.
- 25 En todos los casos estudiados, la consecución de un 1 % de tensión plástica equivalente se produce en la capa de tira interior, ya sea en el radio superior del nervio, o en la esquina inferior del nervio.
- 30 Para la geometría de 2 nervios con propiedades Dúplex S32205/Docol Roll y la geometría Dreistern 185 con propiedades Dúplex S32205/Docol Roll (Estudios 4 y 5 de la Tabla 2.1), la separación axial entre capas es más probable que se convierta en grande cuando se aproxima el fallo final de la tubería. Esto es porque estas disposiciones utilizan múltiples capas de la tira. Bajo la presión interna, mayor separación axial se produce por la geometría Dreistern 185 con propiedades Dúplex S32205/Docol Roll, debido a la falta de enclavamiento del nervio en ese diseño. Para el presente estudio, la pérdida de enclavamiento es evidente a 210 bares aproximadamente. La Tabla 6.1 enumera las presiones de ruptura calculadas para todos los estudios previos para la comparación. Esto indica que el presente estudio se compara muy bien con los estudios anteriores.

Tabla 6.1 Presiones de ruptura indicadas de todos los estudios previos

Modelo	Presión resultante en el desbloqueo de las capas (bar)	Capa de tapa de Extremo resultante en el desbloqueo de las capas (kN)
Geometría de 2 nervios con propiedades Dúplex S32205/Docol Roll (presente estudio)	210	435
Geometría 135 con 316L/M190	205	422
Geometría 135 con Dúplex S32205/Docol Roll	219	449
Geometría 185 con Dúplex S32205/Docol Roll	210	435
Geometría Dreistern 185 con Dúplex	196	406

35 Un indicador útil para la comparación es la presión interna requerida para producir un 1 % de tensión plástica equivalente (salida Abaqus, PEEQ) en el material de la tira de refuerzo, lejos de los efectos de contorno. La Tabla 6.2 enumera las presiones internas calculadas requeridas para producir una tensión plástica equivalente al 1 % en las capas de tiras para todos los estudios realizados hasta la fecha, junto con las cargas axiales de tapa de extremo asociadas. Estos indican que la geometría de 2 nervios con propiedades Dúplex S32205/Docol Roll se compara razonablemente bien con los estudios anteriores.

40 Tabla 6.2 Generación de presiones Internas 1 % PEEQ para todos los estudios previos

Modelo	Presión resultante en	Carga de tapa de extremo resultante en	Ubicación del pico
--------	-----------------------	--	--------------------

Geometría de 2 nervios con Dúplex S32205/Docol	155	317	Esquina inferior de la tira interior del nervio
Geometría 135 con 316L/M190	150	307	Parte superior de la tira del
Geometría 135 con Dúplex S32205/Docol Roll	166	340	Parte superior de la tira del nervio
Geometría 185 con Dúplex S32205/Docol Roll	160	332	Esquina inferior de la tira interior del nervio
Geometría 185 con Dúplex S32205/Docol Roll	176	365	Esquina inferior de la tira interior del nervio

NOTA: La geometría de 2 nervios con Dúplex S32205/Docol Roll (presente estudio) se enrolla en un ángulo de hélice de 12 grados, mientras que la geometría con 135 316L/M190 se envuelve en un ángulo de hélice de 4

5 La comparación de la tensión axial global contra la presión interna para cada configuración que se incluye el presente estudio se ilustra en la figura 10. El diseño de 2 nervios es al menos tan bueno como otras configuraciones en términos de rigidez axial. Un mayor contribución a la resistencia axial de la capa de la tira debido al aumento en el ángulo de bobinado puede dar cuenta de esto.

10 La figura 11 representa gráficamente una comparación de la separación axial entre las capas de tiras exteriores adyacentes calculadas en la geometría de un solo nervio Dreistern 185 y la geometría de 2 nervios bajo presión interna. Estas dos configuraciones se comparan, ya que son las únicas que incorporan múltiples capas de tiras independientes. Este gráfico indica una separación axial mucho más grande entre las capas de la geometría Dreistern 185, debido a la falta de enclavamiento de los nervios. Aunque un solo nervio reduciría la complejidad de fabricación de la extensión de la separación bajo carga solamente, se considera indeseable. Esto ilustra la eficacia del enclavamiento de 2 nervios de la invención que se divulga aquí.

15 Metodología,

20 El análisis en 3D de la geometría Helipipe se ha realizado utilizando el propósito general de código FEA Abaqus, versión 6,10-1 [2]. Todos los casos de carga se resuelven casi estáticamente usando el editor de resolución dinámica explícita. El solucionador explícito permite que todas las posibles interfaces de contacto que pueden surgir durante el análisis se generen en una única definición automática de los contactos. El solucionador explícito generalmente también tiene requisitos de memoria más bajos que el solucionador implícito a medida que aumenta el tamaño del modelo.

25 Ventajas de la presente invención

30 Se apreciará que la ventaja principal asociada con la presente invención es la eliminación de las etapas asociadas con las disposiciones de la técnica anterior y la eliminación de la necesidad de acomodar el cambio en el diámetro de la tira entre los diámetros interior y exterior de la misma. Sin embargo, además de estas ventajas, es evidente que la presente invención logra un rendimiento de presión muy comparable sin el requisito de la disposición auto-solapamiento compleja de la técnica anterior. El rendimiento de la presente invención también se consiguió con un grado más dúctil de material de la técnica anterior, como se detalla a continuación con referencia a los datos publicados para las calidades comerciales de acero de alta resistencia:

Grado comercial	Resistencia a la tracción mínima	Elongación mínima %	Radio de curvatura mínimo
Ducoil 1000DP	1000	7	2t
M190, Ducoil 1400M	1400	3	3t

REIVINDICACIONES

1. Un artículo tubular (10) que tiene un eje longitudinal X que comprende unas tiras separadas interior y exterior (12, 14) de material de superposición enrollado en espiral, que tienen cada una un eje longitudinal L y un primer y segundo bordes (16, 18, 16', 18'), caracterizado por que cada tira (12, 14) comprende dos o más nervios que se extienden longitudinalmente (20, 22, 20', 22'), cada uno de los cuales se extiende a lo largo de dicho eje que se extiende longitudinalmente L en paralelo entre sí y en el que dichos nervios (20, 22, 20', 22') comprenden cada uno unos nervios asimétricos que tienen un borde delantero (24, 24') que forma una porción de contacto (28, 28') y en el que dichos bordes delanteros (24, 24') están cada uno en contacto entre sí y que comprende además una porción de borde trasero sin contacto (26, 26') que están separadas entre sí en una cantidad G".
2. Un artículo tubular de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que dicha porción de contacto (28, 28') comprende una porción de dicho nervio (20, 22, 20', 22') que se extiende en un ángulo θ' respecto a dicho eje longitudinal X y por que dichas porciones de borde traseras (26, 26') se extienden en un ángulo θ'' con respecto a dicho eje longitudinal X y en el que dicho ángulo θ'' es mayor que dicho ángulo θ' .
3. Un artículo tubular (10) de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que dicho ángulo θ'' es mayor que dicho ángulo θ' de 20 grados o más.
4. Un artículo tubular de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que dicha porción de contacto (28, 28') comprende una porción de dicho nervio (20, 22, 20', 22') que se extiende en un ángulo θ' de entre 70 grados a 110 grados con respecto a dicho eje longitudinal X.
5. Un artículo tubular (10) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que dicha porción de contacto (28, 28') comprende una porción de dicho nervio (20, 22, 20', 22') que se extiende substancialmente perpendicular con respecto a dicho eje longitudinal X.
6. Un artículo tubular (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dichas porciones de borde traseras (26, 26') se extienden en un ángulo θ'' de entre 20 grados y 70 grados con respecto a dicho eje longitudinal X.
7. Un artículo tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que dichas porciones de borde traseras (26, 26') se extienden en un ángulo θ' de substancialmente 45 grados con respecto a dicho eje longitudinal X.
8. Un artículo tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que dichos bordes delanteros (24') de dicha tira exterior (14) están orientados de espaldas entre sí.
9. Un artículo tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que dichos bordes delanteros (24') de dicha tira interior (12) están orientados de cara entre sí.
10. Un artículo tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que dichos bordes delanteros (24') de dicha tira exterior (14) están orientados de cara entre sí.
11. Un artículo tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que dichos bordes delanteros (24') de dicha tira interior (12) están orientados de espaldas entre sí.
12. Un artículo tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por un hueco interior G entre bordes interiores adyacentes de la tira (16, 18).
13. Un artículo tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por un hueco G2 entre bordes exteriores adyacentes de la tira (16', 18').
14. Un artículo tubular (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por que el hueco interior G está dispuesto en una posición entre los nervios interiores (20', 22').
15. Un artículo tubular (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, caracterizado porque dicho hueco exterior G2 está dispuesto en una posición entre los nervios exteriores (20', 22').
16. Un artículo tubular (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, caracterizado por un núcleo interior (30) alrededor del cual se envuelven dichos bordes interior y exterior (12, 14).
17. Un artículo tubular de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque dichas tiras interior y exterior (12, 14) tienen un radio de curvatura natural menor que el radio R" de la porción exterior del núcleo interior (30).

5 18. Un procedimiento de fabricación de un artículo tubular (10) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, y que tiene un eje longitudinal X que comprende proporcionar unas tiras interior y exterior (12, 14), caracterizado por las etapas de formación de un par de nervios que se extienden longitudinalmente (20, 22, 20', 22'), en dicha tira, formándose cada uno de dichos nervios de tal manera que se extienden a lo largo de dicho eje L que se extiende longitudinalmente en paralelo entre sí y formándose dichos nervios (20, 22, 20', 22') como nervios asimétricos que tienen un borde delantero (24, 24') que forma una porción de contacto (28, 28') y en el que dichas tiras se enrollan en relación de solapamiento enrollado en espiral, de tal manera que los bordes delanteros (24, 24') de las mismas están en contacto entre sí y dichas porciones de borde trasero (26, 26') se enrollan de tal manera que se separan entre sí una cantidad G".

10 19. Un par de tiras tubulares (12, 14), teniendo cada una un eje longitudinal L para la fabricación de un artículo tubular de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17, comprendiendo dichas tiras (12, 14) un par de nervios que se extienden longitudinalmente (20, 22 o 20', 22'), cada una de las cuales se extiende a lo largo de dicho eje L que extiende longitudinalmente en paralelo entre sí y en el que dichos nervios (20, 22 o 20', 22') comprenden cada uno unos nervios asimétricos que tienen un borde delantero (24 o 24') y una porción de borde trasero (26 o 26'), en el que dichos bordes delanteros (24') de dicha banda exterior (14) están orientados de espalda entre sí, estando cada uno de dichos bordes delanteros (24) de dicha tira interior (12) orientados de cara entre sí, o cada uno de dicho borde delantero (24') de dicha tira exterior (14) están orientados de cara entre sí y cada borde delantero (24) de dicha tira interior (12) está orientado de espaldas entre sí y en el que dichos bordes delanteros (24 o 24') están en ángulo según un ángulo para provocar el contacto entre los mismos cuando se colocan uno sobre el otro y en el que dichas porciones de borde delanteras (26 ó 26') están en ángulo en un ángulo tal como para crear un hueco G" entre las mismas cuando se coloca una sobre otra.

15

20

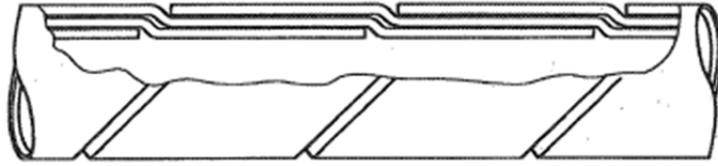


Fig. 1
TÉCNICA
ANTERIOR

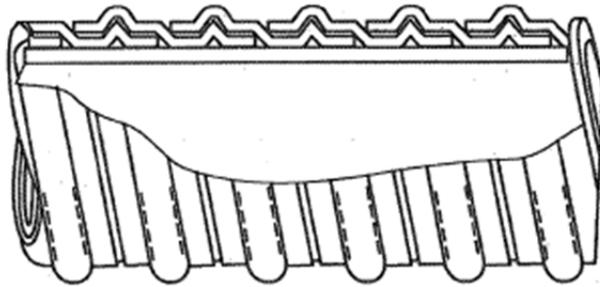


Fig. 2
TÉCNICA
ANTERIOR

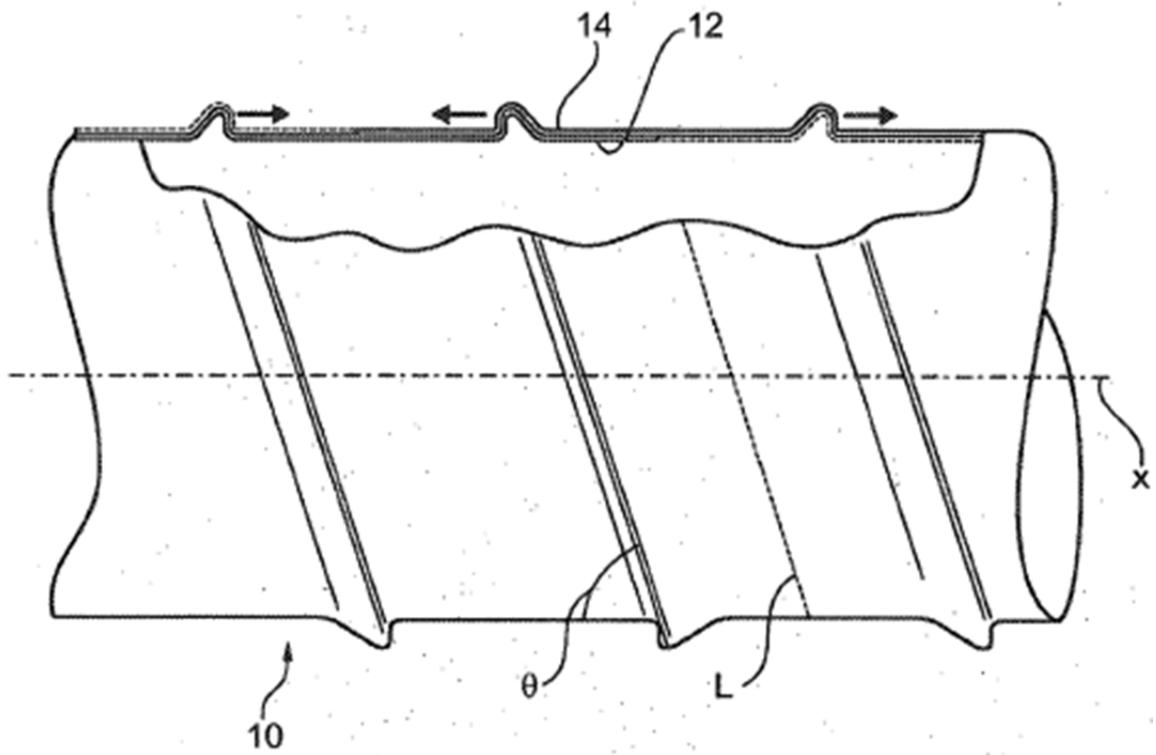


Fig. 3

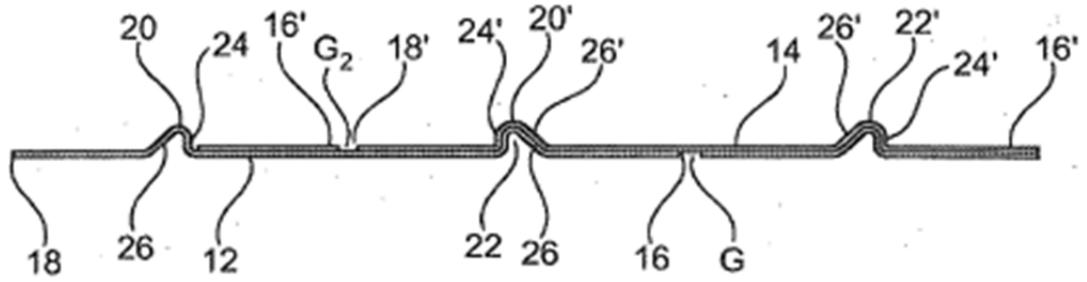


Fig. 4

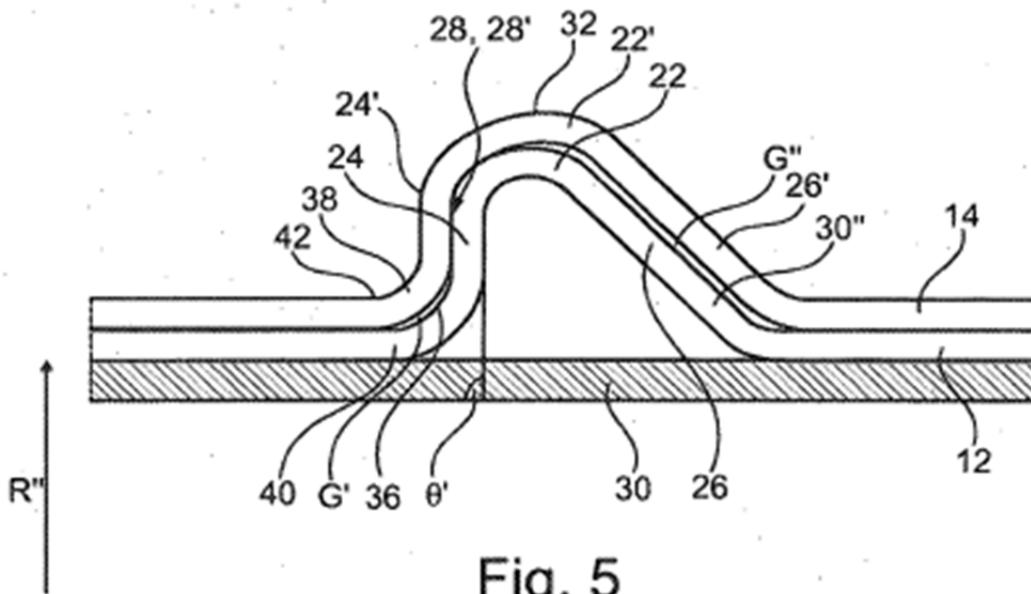


Fig. 5

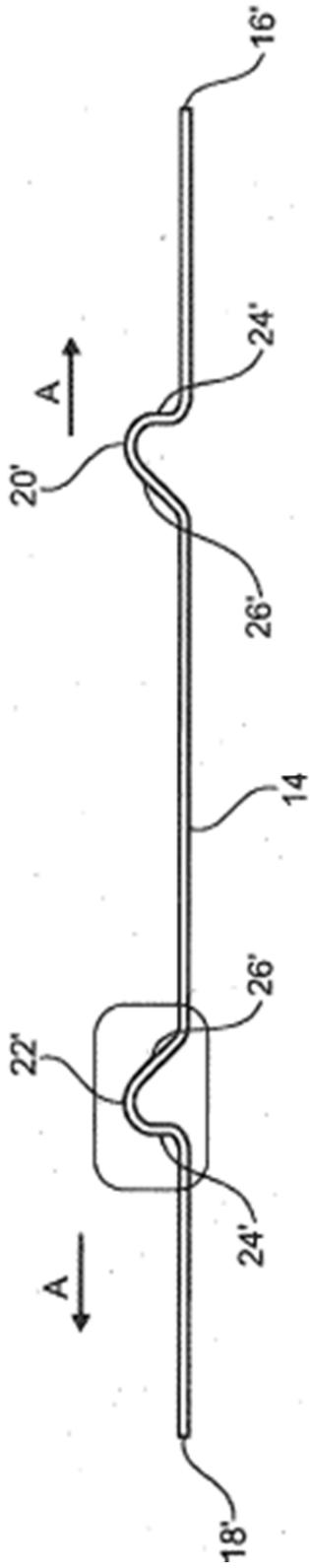


Fig. 6

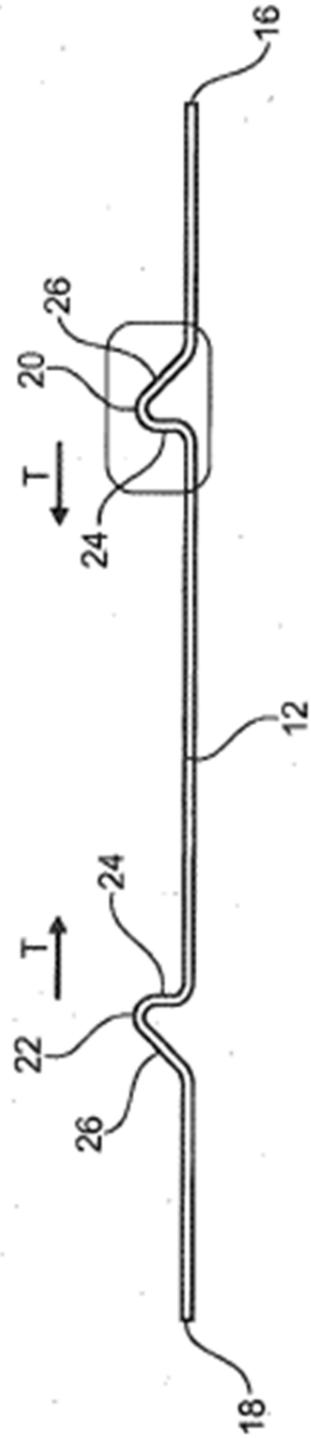


Fig. 7



Fig.8

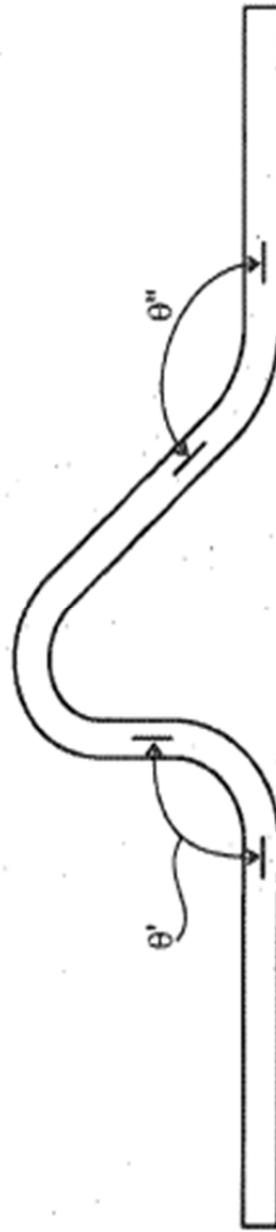


Fig.9

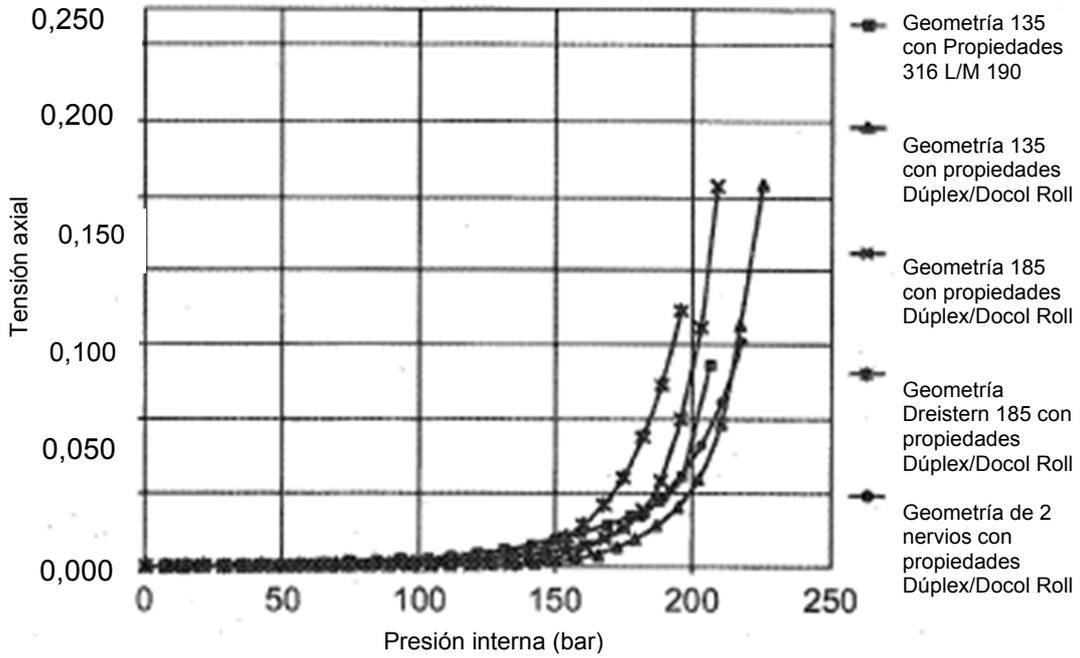


Fig. 10

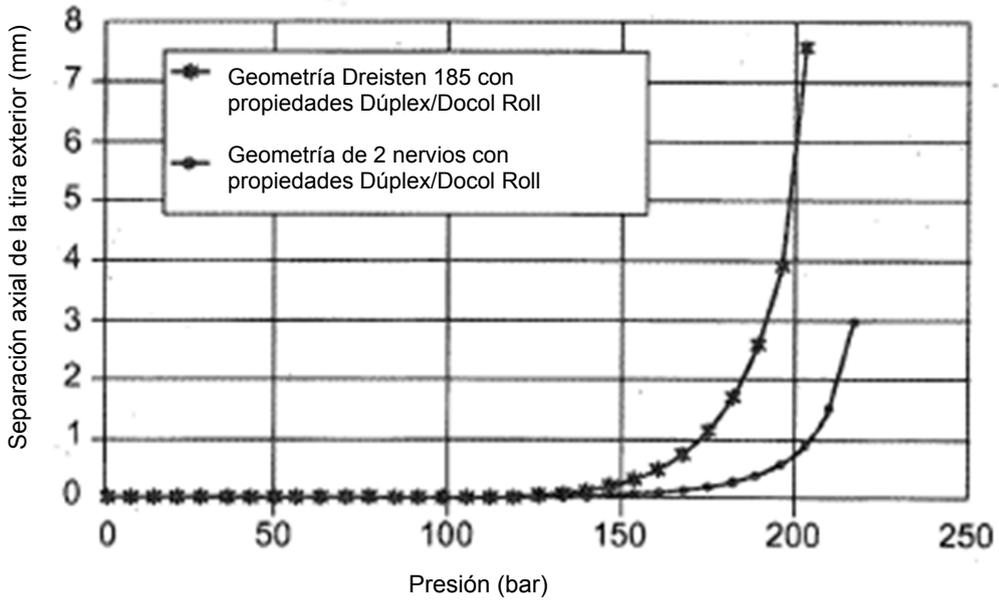


Fig. 11

