

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 745 984**

51 Int. Cl.:

**B21D 9/03** (2006.01)

**B21D 9/05** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.03.2016 PCT/IB2016/051833**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016 WO16157115**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2016 E 16721233 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2019 EP 3277445**

54 Título: **Aparato para mejorar la calidad del doblado de tubos y método que usa ese aparato**

30 Prioridad:

**01.04.2015 IT PD20150068**

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

**04.03.2020**

73 Titular/es:

**BLM S.P.A. (100.0%)  
Vía Selvaregina, 30  
22063 Cantù (CO), IT**

72 Inventor/es:

**GHIOTTI, ANDREA**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 745 984 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**

Aparato para mejorar la calidad del doblado de tubos y método que usa ese aparato

5 La presente invención se refiere a un aparato para mejorar la calidad del doblado de tubos y a un método que usa el aparato.

10 A menudo son complejas las operaciones de doblado de tubos debido a inconvenientes que pueden surgir durante el procesamiento, tal como el retorno elástico del tubo que se acaba de doblar, el aplanamiento o el colapso del tubo, la variación de la deformación real con respecto a la deformación de diseño la cual puede observarse en un radio de curvatura diferente, o los defectos de formación y de superficie, incluyendo la formación de pliegues en la curva interior del tubo doblado.

15 Con una máquina de doblado de tubos, provista incluso de control numérico, es difícil de obtener el ángulo de doblado establecido debido al hecho de que el material que se está procesando, el cual típicamente es metálico, tiene una elasticidad tal que cuando el producto doblado se libera de la máquina tiende a reintegrar parte de la deformación que se le impuso, provocando el retorno elástico.

20 Cuando es posible, el retorno elástico se compensa con un exceso de doblado, imponiendo radios de curvatura que son más pequeños que los de la curvatura final de las partes.

25 Uno de los métodos de doblado más empleados es el doblado por estiramiento, el cual usa una máquina de doblado con la cual se sujeta el tubo entre una plantilla de doblado y un tensor y estos se hacen girar mientras que un tercer elemento y un cuarto elemento retienen la pieza en la región corriente arriba de la parte a ser doblada.

30 Otro método igualmente muy común que se prefiere a menudo para radios de curvatura relativamente grandes es el calandrado, según el cual el tubo se empuja a través de un conjunto de rodillos cuya distancia central puede cambiar para variar el radio de curvatura impuesto en el tubo. Con estos métodos el fenómeno de retorno elástico ocurre en momentos distintos.

35 En el primer caso, el retorno elástico ocurre en el instante cuando el tensor libera el tubo, mientras que con el calandrado ocurre continuamente en la salida del conjunto de rodillos que lo deforma.

40 Conocer la forma final de la parte procesada, y por lo tanto el retorno elástico, es fundamental porque permite al diseñador aplicar una corrección al ángulo de doblado o al radio de curvatura.

45 Actualmente, se conocen algunos métodos para medir el ángulo de doblado y la curvatura del tubo. El método más obvio es el que provee la retirada del tubo de la máquina de doblado y la verificación de la geometría final con instrumentos de medición adaptados. Sin embargo, este método es costoso tanto en términos de tiempo como en términos económicos.

50 Con el doblado por estiramiento, se conocen también soluciones que proveen el uso de sensores de contacto o de sistemas de visión combinados con emisores láser para determinar la orientación final de la parte del tubo corriente abajo de la curva.

55 Estos sistemas de medición tienen limitaciones significativas: el primero es adecuado para ser aplicado exclusivamente para la medición de ángulos comprendidos entre dos partes rectas, y con el último, la medición depende de las condiciones de iluminación y de limpieza de la superficie observada.

60 Con el doblado por calandrado, el hecho de que la curva no está comprendida entre dos partes rectas aumenta más la complejidad de la determinación del retorno elástico, ya que la posibilidad de medir el ángulo de doblado final de la orientación relativa de las dos partes ya no está disponible.

65 Se conocen los métodos los cuales usan aparatos de medición dispuestos en la región corriente abajo de los rodillos. Por ejemplo, es posible colocar tres sondas en contacto con la superficie de la parte, cuyas señales se procesan para determinar el radio de curvatura corriente abajo de los rodillos durante el doblado.

Además, las soluciones citadas no conducen por sí mismas a los dos métodos de doblado descritos antes y por lo tanto no toman en cuenta el hecho de que el procedimiento de doblado del tubo realizado en máquinas controladas numéricamente es un procedimiento altamente automatizado en el cual en muchos casos lo que se realiza no son curvas sencillas sino una serie de curvas que requieren reorientaciones continuas no solo del tubo sino algunas veces incluso del conjunto completo de plantillas y rodillos, y a menudo también la aplicación de ambos métodos de doblado al mismo componente. En este caso los elementos de medición, que son externos, deben reorientarse.

Como se mencionó anteriormente, pueden observarse otros inconvenientes durante las operaciones para doblar tubos, es decir, colapso, la formación de arrugas en la curva interior del tubo en la región de doblado y, no por último

ni el último, posibles desviaciones del radio de curvatura real del radio de diseño.

Este último es un inconveniente sustancial en el procedimiento para el doblado por calandrado, y en la actualidad se percibe particularmente una necesidad de vigilar el procedimiento para aplicar correcciones adecuadas en tiempo real. Sin embargo, no se conocen buenas soluciones.

Actualmente, para evitar el colapso del tubo y limitar el riesgo de formación de pliegues en la región de doblado, se usa un mandril extendido longitudinalmente el cual está compuesto sustancialmente de dos partes principales: una parte rígida, con la cual se asocia normalmente en un extremo una varilla rígida, y una serie de segmentos, conocidos comúnmente como "anillos", en la parte opuesta y de la parte rígida, las cuales están conectadas mutuamente por medio de uniones esféricas, a modo de ejemplo. Tal técnica se conoce por ejemplo del documento KR20110064522. Aunque en Italia este objeto se conoce comúnmente en el sector de doblado de tubos como "anima di piegatura" ("centro de doblado"), en países de habla Inglesa esto se conoce como un "mandril de doblado".

El mandril de doblado de tubo se inserta en el tubo antes del doblado, con la serie de anillos dispuestos en la parte del tubo que se va a curvar. El número de anillos es variable dependiendo de la longitud de la parte de tubo a ser curvada y estos anillos son capaces de seguir el cambio de forma del tubo durante el doblado.

El uso del mandril parece resolver el problema del colapso, pero no resuelve por completo el problema de la formación de pliegues, las cuales deben detectarse al final del procedimiento de doblado y examinarse a simple vista o por medio de sistemas de visión o sensores de proximidad, dependiendo de su grado, requiriendo instrumentos que son una adición a las máquinas de doblado y pueden analizar la parte procesada exclusivamente desde el exterior de la misma y al final de la deformación.

Un inconveniente adicional de los métodos y equipo conocido actualmente es que el doblado puede verificarse solo con instrumentos adaptados para cada requerimiento, es decir, los instrumentos dedicados para verificar el ángulo o la curvatura de doblado, un mandril para prevenir el colapso del tubo y de los instrumentos dedicados al análisis de los defectos de superficie.

El objetivo de la presente invención es proponer un aparato y un método para mejorar la calidad del doblado del tubo, al medir con precisión y en tiempo real el ángulo de doblado y la curvatura del tubo, reconocer cualesquier errores de deformación que puedan surgir durante el procedimiento de doblado, incluyendo el retorno elástico y las desviaciones del radio de curvatura establecido, para poder aplicar las correcciones apropiadas al procedimiento sin interrumpir sus mediciones.

Dentro del alcance de este objetivo, un objeto de la invención es proveer un método y un aparato que puedan aplicarse a múltiples tipos de procedimiento de doblado de tubo, incluyendo el doblado por estiramiento y doblado por calandrado.

Otro objeto de la invención es proveer un aparato que pueda usarse incluso en caso de ser necesario realizar una serie de curvas que requieran reorientaciones continuas del conjunto de plantillas y rodillos y/o la aplicación de múltiples métodos de doblado en el mismo componente.

Un objeto adicional de la invención también es el control de los pliegues provocados por el doblado en una manera diferente de lo que se ha propuesto a la fecha.

Este objetivo, así como estos y otros objetivos que serán más evidentes posteriormente, se logran mediante un aparato que mejora la calidad del doblado del tubo, adaptado para usarse en máquinas de doblado y que comprende un mandril sustancialmente extendido longitudinalmente, adaptado para ser insertado en un tubo a ser doblado y que tiene una parte rígida y una parte flexible dispuestas en serie, dicha parte flexible comprende una serie de segmentos de mandril conectados por medio de uniones articuladas, dicho aparato se caracteriza por que comprende:

- al menos un sensor sensible al movimiento, que es integral con al menos uno de dichos segmentos de mandril,
- medios para el procesamiento de la información de movimiento adquirida por dicho al menos un sensor.

La invención también se refiere a un método que usa el aparato descrito anteriormente, el cual consiste en:

- la inserción de dicho mandril en dicho tubo,
- la adquisición de la posición de dicho al menos un segmento de mandril con el cual es integral dicho al menos un sensor,
- el doblado de dicho tubo según parámetros de procedimiento preestablecidos,

- la detección del movimiento y medición del desplazamiento de dicho al menos un segmento de mandril, con el cual dicho al menos un sensor es integral, durante el doblado y/o después del doblado de dicho tubo,
- la comparación del desplazamiento medido con el desplazamiento de procedimiento preestablecido y, si son diferentes, el procesamiento de una corrección de dichos parámetros de procedimiento,
- el doblado dicho tubo una vez más o el doblado de otro tubo según los parámetros de procedimiento corregidos.

Características y ventajas adicionales de la invención se volverán más evidentes a partir de la descripción de dos formas de realización preferidas, pero no formas de realización exclusivas del aparato según la invención, que se ilustran por medio de un ejemplo no limitativo, en los dibujos anexos en donde:

La Figura 1 es una vista en perspectiva del aparato según la invención en una primera forma de realización del mismo;

La Figura 2 es una vista en sección transversal longitudinal del aparato de la Figura 1;

La Figura 3 es una vista en sección transversal de una parte del aparato según la invención en una variación de la primera forma de realización;

La Figura 4 es una vista en sección transversal longitudinal del aparato según la invención en una segunda forma de realización del mismo;

La Figura 5 es una vista del uso del aparato según la invención en su primera forma de realización durante el doblado de un tubo con una máquina de doblado por estiramiento;

La Figura 6 es una vista del uso del aparato según la invención en su primera forma de realización durante el doblado de un tubo con una máquina de calandrado;

La Figura 7 es una vista del uso del aparato según la invención en su segunda forma de realización durante el doblado de un tubo con una máquina de calandrado.

Con referencia a las Figuras 1 a 3 y a las Figuras 5 y 6, el aparato según la invención se designa en general por el número de referencia 10 en su primera forma de realización.

Comprende un mandril de doblado de tubo 11, el cual es de un tipo conocido en el sector y conocido en países de habla inglesa como "mandril de doblado".

El mandril 11, el cual tiene una extensión longitudinal y puede elaborarse de material metálico y/o material plástico, está adaptado para insertarse dentro del tubo 12 a ser doblado y tiene una parte rígida 13 y una parte flexible 14 las cuales se disponen en serie, como se ve claramente en la vista en perspectiva de la Figura 1 y en la vista en sección transversal de la Figura 2. Tiene preferiblemente una sección transversal circular, como se muestra, pero también puede tener otras formas como una función de la geometría del tubo a ser doblado.

En una manera completamente conocida, puede asociarse una varilla 15, mostrada en la Figura 5 y en la Figura 6, apropiadamente con el mandril 11 en el lado libre de la parte rígida 13 para insertarla dentro y extraerla del tubo 12.

También hay un tornillo 16 en la cavidad de la parte rígida 13, para la asociación de una parte interna 17 con la parte restante de la parte rígida 13. La parte flexible 14 está adaptada para doblarse dentro del tubo 12 según la curvatura del mismo y por esta razón comprende una serie de segmentos de mandril 18 los cuales se conectan por medio de uniones articuladas 19, claramente visibles en la Figura 2 en sección transversal.

El primer segmento de mandril 18, en el lado de la parte rígida 13, también está conectado al mismo por medio de una de estas uniones articuladas 19.

Estas uniones articuladas 19 son de un tipo conocido. En el ejemplo ilustrado están constituidas principalmente por una parte esférica 20 y por una parte hueca 21, cuya cavidad se perfila de manera complementaria a la parte esférica 20. De esta manera las uniones articuladas 19 pueden conectarse en serie al insertar la parte esférica 20 de uno dentro de la parte hueca 21 del otro. Las dos partes se conectan por una parte intermedia 22, la cual tiene una sección transversal estrechada para evitar impedir el movimiento de una unión en la otra. Cada unión está montada, en una manera conocida, de modo que la parte hueca 21 cae dentro de un respectivo segmento de mandril 18 y sobresale con la parte restante para entrar con su parte esférica 20 a la parte hueca 21 de otra unión similar articulada 19, la cual también está montada dentro de un respectivo segmento de mandril 18, creando de este modo la asociación entre los dos segmentos, excepto por una de las uniones, para las cuales la parte esférica 20 se inserta en una cavidad adaptada en la parte interna 17 de la parte rígida 13.

## ES 2 745 984 T3

De esta manera, el número de segmentos de mandril 18 puede variar según se requiera. En las Figuras 1, 2 y 5 el mandril 11 comprende, a modo de ejemplo, tres segmentos de mandril 18, mientras que la Figura 6 comprende, de nuevo a modo de ejemplo, cinco segmentos de mandril 18.

5 El aparato 10 también comprende un sensor sensible al movimiento 23, el cual integral con un segmento de mandril 18 cuyos movimientos serán detectados, y medios (no se muestran) para el procesamiento de información de movimiento detectado por el sensor 23.

10 En particular, dicho sensor 23 se instala en el segmento de mandril 18 en el extremo libre de la parte flexible 14. Dicho segmento de mandril 18 es al menos uno de la serie, y el sensor 23 se acomoda dentro de una caja protectora 24 la cual está fija al segmento de mandril 18 en virtud de cuatro tornillos de fijación 25.

15 El sensor 23 es parte de una plataforma de inercia (el sistema completo se indica para fines de simplificación como el sensor 23) para la detección de la orientación y los desplazamientos en un sistema de inercia. El ejemplo muestra un único sensor 23 y este sensor, se elige preferiblemente, pero no exclusivamente de entre un acelerómetro triaxial y un giroscopio triaxial, es sensible al movimiento y por lo tanto puede detectar el movimiento del segmento de mandril 18 en el cual se instala.

20 Como alternativa, puede estar presente tanto un acelerómetro como un giroscopio, montado en la misma plataforma.

También se pueden usar otros tipos de sensor, por ejemplo, que abarcan sensores o magnetómetros.

25 Los medios de procesamiento citados anteriormente comprenden al menos un programa de software y al menos un dispositivo de procesamiento de hardware, por ejemplo una computadora si es externa al tubo 12, a ser usada junto con el software, los cuales se adaptan para medir al menos los desplazamientos del segmento de mandril 18 con el cual el sensor 23 es integral, integrando la información recibida de dicho sensor 23.

30 Como una alternativa, el dispositivo de procesamiento puede consistir de un microcontrolador, a ser combinado con el programa de software, el cual se instala en el sensor, al cual se conecta para recibir la información, es decir, las señales de movimiento, a ser procesadas. En este caso, los medios de procesamiento también pueden comprender una computadora a la cual puede conectarse el dispositivo de procesamiento para posterior procesamiento de datos.

35 Como puede verse a partir de la figura en sección transversal, el mandril 11 tiene dos primeros orificios diametralmente opuestos 26 los cuales pasan longitudinalmente a través de la parte rígida 13 y, en serie con ellos, una serie de segundos orificios 27, cada uno de los cuales pasa a través de un correspondiente segmento de mandril 18 y los cuales también son diametralmente opuestos. Al menos el segmento de mandril 18 con el cual el sensor 23 es integral tiene dos canales 28, los cuales consisten sustancialmente de orificios transversales proporcionados en una dirección sustancialmente radial con respecto a dicho segmento de mandril 18, para la conexión de los segundos orificios 27 al interior de la caja protectora 24, la cual también tiene convenientemente dos orificios 29, en su acoplamiento a dicho segmento de mandril 18.

40 En los ejemplos ilustrados, los otros segmentos de mandril 18, excepto para la primera de las series, dispuesta en serie con la parte rígida 13, también tiene canales 28, pero también puede carecer de ellos.

45 El aparato 10 comprende convenientemente medios 30 para el suministro de energía eléctrica del sensor 23, el cual en la primera versión del aparato 10 comprende al menos un cable eléctrico 31 (uno en la ilustración, y mostrado sólo en la Figura 2), la cual conecta el sensor 23 a un sistema eléctrico que es externo al mandril 11, que pasa en serie a través de un orificio 29, un canal 28, una serie de segundos orificios 27 y un primer orificio 26.

50 En una segunda versión del aparato 10, del cual la Figura 3 muestra sólo una parte en el sensor 23 instalado en el segmento de mandril 18, los medios de suministro de energía eléctrica 30 comprenden una batería 32 la cual se acopla al sensor 23.

55 En este caso la caja protectora 24 del ejemplo ilustrado es convenientemente más larga para contener también la batería 32.

El aparato 10 comprende medios para la transmisión de los datos del sensor 23 a los medios de procesamiento, para la transmisión de radiofrecuencia o alámbrica.

60 El microcontrolador, si lo hay, o el sensor 23 puede de hecho enviar las señales, procesadas o a ser procesadas, al hardware externo mediante comunicación inalámbrica o por medio de cables.

65 En el ejemplo de la Figura 2, los medios de transmisión de datos comprenden un cable de transmisión de datos 33 el cual conecta el sensor 23 a los medios de procesamiento, externamente al tubo 12, al pasar en serie a través de un orificio 29, un canal 28, una serie de segundos orificios 27 y un primer orificio 26. El cable de transmisión de datos 33 permite la transmisión de las señales detectadas por el sensor 23 a los medios de procesamiento, o de los datos,

ya procesados por el microcontrolador, a una computadora externa para presentación o a la computadora para el control numérico de la máquina de doblado.

5 Como una función de la cantidad total de cables requeridos para el suministro de energía eléctrica y para la transmisión de datos, puede haber sólo uno o más que los dos primeros orificios 26 y correspondientemente solo uno o más que dos series de segundos orificios 27 y sólo uno o múltiples canales 28.

10 En la versión con una batería 32, el mandril 11 puede carecer de orificios y canales si la transmisión de datos se obtiene inalámbricamente.

Con referencia a las Figuras 4 y 7, el aparato según la invención se designa en general por el número de referencia 110 en su segunda forma de realización.

15 Comprende un mandril 111 para el doblado de tubos, el cual es de un tipo conocido en el campo.

El mandril 111, como en la forma de realización anterior, se extiende longitudinalmente y puede formarse de material metálico y/o plástico. Se adapta para insertarse dentro del tubo 12 a ser doblado, como se muestra en el ejemplo de la Figura 7, y tiene una parte rígida 113 y una parte flexible 114 la cual se dispone en serie.

20 La sección transversal de nuevo es circular, pero puede tener también otras formas.

25 Puede asociarse una varilla 115 convenientemente con el mandril 111 en el lado libre de la parte rígida 113, el cual tiene una cavidad dentro de la cual se atornilla un tornillo 116 para la asociación de una parte interna 117. La parte flexible 114 se adapta para doblarse dentro del tubo 12 según la curvatura de este último y por esta razón comprende, en esta forma de realización también, una serie de segmentos de mandril 118 los cuales están conectados por medio de uniones articuladas 119, que ya son visibles claramente en las vistas en sección transversal. El primer segmento de mandril 118, en el lado de la parte rígida 113, también está conectado al mismo por medio de una de estas uniones articuladas 119.

30 Estas uniones articuladas 119 son de tipo conocido y en los ejemplos ilustrados son similares a las mostradas para la forma de realización anterior. Están constituidas principalmente por una parte esférica 120 y por una parte hueca 121, cuya cavidad se perfila de manera complementara a la parte esférica 120, y están conectadas por una parte intermedia 122.

35 El número de segmentos de mandril 118 puede variar al conectarlos por medio de las uniones articuladas 119. En el ejemplo mostrado en la Figura 4, el mandril 111 tiene tres segmentos de mandril 118, mientras que en la Figura 7, de nuevo a modo de ejemplo, tiene cinco.

40 El aparato 110 también comprende al menos un sensor sensible al movimiento 123 el cual es integral con un segmento de mandril 118 cuyos movimientos serán detectados, y medios (no se muestran) para el procesamiento de la información de movimiento detectada por el sensor 123. En los ejemplos mostrados hay múltiples sensores 123, cada uno en un respectivo segmento de mandril 118 cuyos movimientos serán detectados. No obstante, puede haber más de un sensor 123 para cada segmento de mandril 118 a ser vigilado.

45 En esta forma de realización del aparato 110, cada sensor 123 se acomoda dentro de un respectivo segmento de mandril 118, en un receptáculo adaptado.

50 En el ejemplo de la Figura 4 hay tres segmentos de mandril 118, de los cuales solo los últimos dos, hacia el extremo libre de la parte flexible 114, se proveen con un sensor 123. Los desplazamientos del segmento de mandril 118 en serie con la parte rígida 113 son de menor interés, ya que de todos ellos es el segmento que sufre el último movimiento durante la flexión del mandril 111 en el tubo 12.

55 Por la misma razón, en el ejemplo de la Figura 7 sólo los últimos cuatro de los cinco segmentos de mandril 118 se proveen con un sensor 123.

60 Cada uno de los sensores 123 es parte de una plataforma de inercia (el sistema completo se indica para fines de simplificación como el sensor 123) para la detección de movimientos en un sistema de inercia. En este caso también, puede ser un acelerómetro triaxial o giroscopio triaxial, o ambos pueden montarse en la misma plataforma, en el caso donde hay dos sensores en el mismo segmento de mandril.

También se pueden usar otros tipos de sensor, por ejemplo, que abarcan sensores o magnetómetros.

65 Los medios de procesamiento citados anteriormente comprenden al menos un programa de software y al menos un dispositivo de procesamiento de hardware, por ejemplo una computadora externa, a ser usada junto con el software, la cual se adapta para medir al menos el desplazamiento de cada segmento de mandril 118 con el cual un sensor 123 es integral. Como una alternativa, el dispositivo de procesamiento puede consistir de un microcontrolador, a ser

combinado con el software, el cual se instala en el respectivo sensor 123, al cual se conecta para recibir la información, es decir, las señales de movimiento, a ser procesadas.

5 El microcontrolador también puede conectarse a otro dispositivo de procesamiento, por ejemplo una computadora externa, para el procesamiento posterior de datos, o a la computadora para el control numérico de la máquina de doblado.

10 La vista en sección transversal muestra que el mandril 111 tiene un primer orificio 126 el cual pasa longitudinalmente a través de la parte rígida 113 y, en serie con el mismo, una serie de segundos orificios 127, cada uno de los cuales pasa a través de un correspondiente segmento de mandril 118. Los segmentos de mandril 118 con los cuales un sensor 123 respectivo es integral, también tienen un canal semicircular 128 para la conexión entre el sensor 123 y el segundo orificio 127, para el paso de cables.

15 El aparato 110 comprende convenientemente medios 130 para el suministro de energía eléctrica de los sensores 123, los cuales comprenden al menos un cable eléctrico 131 (mostrado solo en esta Figura) para conectar cada sensor 123 a un sistema eléctrico que es externo al mandril 111, que pasa en serie a través de un canal 128, de los segundos orificios 127 y de un primer orificio 126. El cable eléctrico 131 tiene ramificaciones, cada una hacia un segmento de mandril 118, pero como una alternativa puede haber más de uno de esos cables, cada uno para cada sensor 123.

20 El aparato 110 comprende medios para la transmisión de los datos del sensor 123 a los medios de procesamiento, para la transmisión de radiofrecuencia o alámbrica.

25 El microcontrolador, si lo hay, o el sensor 123 puede de hecho enviar las señales, procesadas o a ser procesadas, al hardware externo mediante comunicación inalámbrica o por medio de cables.

30 En el ejemplo, la transmisión de las señales detectadas del sensor 123 a los medios de procesamiento de señal fuera del tubo 12, o de los datos ya procesados por el microcontrolador a una computadora externa para la presentación, ocurre inalámbricamente. Sin embargo, en versiones alternativas la transmisión puede obtenerse por medio de cables de transmisión de datos adaptados que conectan cada sensor o cada microcontrolador al hardware externo, que pasa a través del mandril 111 en los mismos orificios que el cable eléctrico 131.

35 Como una función de la cantidad total de cables requeridos para el suministro de energía eléctrica y la transmisión de datos, puede haber solo uno o más que dos primeros orificios 126 y solo uno o más de dos series de segundos orificios 127.

40 Según otras versiones del aparato 110 según la invención, no mostradas, además de un número diferente de segmentos de mandril con respecto a los mostrados, puede haber sensores en segmentos de mandril seleccionados, o incluso en solo uno de ellos, por ejemplo uno en el extremo libre de la parte flexible 114, como en la primera forma de realización.

45 Las Figuras 5 a 7 muestran procedimientos para el doblado del tubo usando el aparato según la invención en sus dos formas de realización 10 y 110 y con referencia a estas figuras se describe el método según la invención, el cual usa estas formas de realización del aparato 10 y 110.

50 En particular, la Figura 5 muestra el uso de un aparato 10 con una máquina de doblado por estiramiento 34, mientras que la Figura 6 y la Figura 7 muestran respectivamente el uso del mismo aparato 10, en una versión que tiene cinco segmentos de mandril 18, con una máquina de calandrado 35 y el uso del aparato 110 con dicha máquina de calandrado 35.

55 Como se muestra, la máquina de doblado por estiramiento 34, la cual es de tipo conocido, comprende una plantilla 36, un tensor 37, el cual está adaptado para cerrarse contra la plantilla para sujetar la parte a ser procesada, y un elemento de retención, en dos partes 38a y 38b, el cual está adaptado para mantener en posición al tubo 12 a ser doblado en la región corriente arriba de su parte a ser doblada.

60 La máquina de calandrado 35 (también mostrada en la Figura 7), de tipo conocido, comprende un conjunto de rodillos, incluyendo rodillos guía 39a (conocidos a menudo como rodillos de prensado) para el tubo 12, un rodillo de doblado 39b y un rodillo de formado 39c, los últimos dos están adaptados para determinar, por medio de su posición mutua, la curvatura del tubo 12 a medida que sale del mismo.

65 Con referencia a las Figuras 5 y 6, el método según la invención consiste en:

- la inserción del mandril 11 en el tubo 12 a ser doblado, con el sensor 23 integral con el segmento de mandril 18 en el extremo libre de la parte flexible 1,
- la adquisición de la posición del segmento de mandril 18 con el cual el sensor 23 es integral,

- el doblado del tubo 12 según parámetros de procedimiento preestablecidos,
- 5 – la detección del movimiento y medición del desplazamiento del segmento de mandril 18, con el cual el sensor 23 es integral, durante y/o después del doblado del tubo 12,
- la comparación del desplazamiento medido con el desplazamiento de procedimiento preestablecido y, si son diferentes, el procesamiento de una corrección a los parámetros de procedimiento,
- 10 – el doblado del tubo 12 una vez más o el doblado de otro tubo según los parámetros de procedimiento corregidos.

15 Tanto en un procedimiento de doblado con una máquina de doblado por estiramiento 34 como en un procedimiento de doblado con una máquina de calandrado 35, como se muestra respectivamente en la Figura 5 y en Figura 6, la inserción del mandril 11 dentro del tubo 12 provee el segmento de mandril 18, con el cual el sensor 23 es integral, para que se pueda disponer en una parte de tubo corriente abajo de la parte que no se va a doblar, como se muestra.

20 En particular, en el primer caso mostrado, se dispone en la parte a ser doblada, pero como una alternativa, con un mayor número de segmentos de mandril que esos mostrados, puede disponerse corriente abajo de dicha parte a ser doblada.

Con el mandril 11 insertado, se adquiere la posición inicial de dicho segmento de mandril 18.

25 El doblado del tubo 12 debe realizarse según los parámetros de procedimiento preestablecidos, incluyendo el radio de curvatura y el ángulo de doblado (medido con respecto a la parte recta que no se va a doblar).

30 Durante el doblado, la detección y medición del movimiento del desplazamiento del segmento de mandril 18 ocurre con un sensor 23. En particular, en este paso, por medio del sensor 23, las señales relacionadas al movimiento del segmento de mandril 18 en el cual se monta se adquieren y se transmiten desde el sensor 23 a los medios de procesamiento y a continuación a un microcontrolador o al hardware que es externo al mandril 11, en virtud de los medios de transmisión de datos (es decir, el cable de transmisión de datos 33 o por radiofrecuencia, con comunicación inalámbrica), que los procesa para determinar el desplazamiento angular del segmento de mandril 18, y por lo tanto su posición. El procesamiento puede comprender la filtración y la integración de las señales cuando el sensor se constituye por un acelerómetro o por un giroscopio.

35 La plataforma de inercia es de hecho capaz de detectar aceleraciones y/o velocidades angulares con respecto a un sistema de referencia, y se basa en acelerómetros triaxiales y/o giroscopios triaxiales, y se conecta al dispositivo de procesamiento que adquiere las señales, las procesa al integrarlas para determinar el desplazamiento angular y al aplicar fórmulas trigonométricas, y las hace disponibles en la forma de coordenadas en el sistema de referencia elegido, proporcionado a cada instante la posición actualizada del segmento de mandril 18 en el cual se instala el sensor 23.

40 Para una máquina de doblado por estiramiento 34, el doblado requiere el tubo 12 a ser sujetado entre la plantilla 36 y el tensor 37 y requiere que éstos sean girados integralmente a través del ángulo de doblado. Por otro lado, con la máquina de calandrado 35, después de la colocación del mandril 11 el rodillo de formación 39c se desciende sobre el tubo 12, en la posición ilustrada, doblándolo hacia abajo (con respecto a la ilustración). Al mantener el rodillo de formación 39c en la misma posición, el tubo 12 se empuja a través del grupo de rodillos durante el doblado.

45 Entonces, cuando la máquina de doblado por estiramiento 34 se abre, moviendo el tensor 37 en alejamiento de la plantilla 36, puede observarse el retorno elástico de la parte doblada, como se muestra en la Figura 5.

50 La parte de tubo 20 corriente abajo de la curva, orientada en la posición establecida por el diseño y cuando la máquina sigue cerrada, se muestra en líneas discontinuas, con el tensor 37 también mostrado en líneas discontinuas, mientras que las líneas sólidas ilustran la misma parte de tubo 40, en la posición real, después del retorno elástico, con la máquina abierta. Se muestra el retorno elástico con el ángulo comprendido entre las dos posiciones de la parte de tubo 40 y se designa por el número de referencia 41.

55 El método provee que la detección y la medición del movimiento de desplazamiento del segmento de mandril 18 se realicen asimismo en este intervalo del método, si se dobla por medio de una máquina de doblado por estiramiento 34, y que estos se realicen en la manera ya descrita para el intervalo de doblado.

60 En este intervalo de tiempo, de hecho, la parte flexible 14 sufre una flexión en la dirección opuesta con respecto a la dirección de doblado anterior: el sensor 23 y los medios de procesamiento detectan y procesan instante por instante el movimiento del segmento de mandril 18, con el cual el sensor 23 es integral, regresando a la posición y la medición del desplazamiento angular del punto al interior del tubo 12 en el cual está presente el sensor 23, y por lo

tanto de la parte de tubo 40 (hasta la posición del sensor 23).

5 Al usar en cambio una máquina de calandrado 35, como se muestra en la Figura 6, el retorno elástico ocurre simultáneamente con el doblado del tubo 12 y por lo tanto el sensor 23 y los medios de procesamiento son capaces de proporcionar la posición y la medición del desplazamiento angular del punto al interior del tubo 12 en el cual está presente el sensor 23, por lo tanto sustancialmente de la parte de tubo 40 en el cual está dispuesto el segmento de mandril 18 con el sensor 23, instante por instante durante el doblado, también tomando en cuenta el retorno elástico. En esta Figura también, la parte del tubo curvado, que sufre retorno elástico, se designa por el número 40 y se muestra en líneas discontinuas en la posición de diseño y en líneas sólidas en la posición real a la salida del conjunto de rodillos. El retorno elástico se indica entre los ejes de la parte de tubo 40 en las dos posiciones y de nuevo se designa por el número de referencia 41.

15 En ambos procedimientos, cuando ocurre el retorno elástico, la comparación entre el desplazamiento angular medido y el desplazamiento de procedimiento preestablecido se usa para detectar una diferencia entre los dos y el método provee el procesamiento de una corrección a los parámetros de procedimiento, la cual consiste sustancialmente de la determinación de un ángulo de sobre-doblado en el procedimiento de estiramiento (dado por la suma del ángulo de doblado preestablecido y de la diferencia calculada) y la variación de la distancia central entre los rodillos en el procedimiento de calandrado, al cual el tubo 12 será sometido para obtener al final del procedimiento el doblado establecido por el diseño.

20 Si se usa la máquina de doblado por estiramiento 34, esta por lo tanto se cierra de nuevo y el conjunto constituido por la plantilla 36 y el tensor 37 se hace girar a través de un ángulo que es mayor que el ángulo de diseño anterior, según los parámetros de procedimiento corregidos.

25 Como una alternativa, el tubo 12, si no está en una condición en la cual pueda ser procesado de nuevo, se desecha y se dobla otro tubo similar según los parámetros de procedimiento corregidos.

30 De modo similar, si se usa la máquina de calandrado 35, el tubo 12 se desecha y se reemplaza con uno similar. Se mueve el rodillo de formado 39c y se repite el doblado según los parámetros de procedimiento corregidos, y por lo tanto con una nueva distancia central entre los rodillos.

Durante este nuevo doblado, la detección de movimiento y la medición del desplazamiento del segmento de mandril 18 se realizan de nuevo, como se realizó durante el doblado anterior.

35 Finalmente, el mandril 11 con el sensor 23 se extraen del tubo 12, al mismo tiempo que se detecta el movimiento y la medición del desplazamiento de dicho segmento de mandril 18, con el cual el sensor 23 es integral.

40 En esta parte del método, se identifica cualquier pliegue superficiales en la parte doblada del tubo 12 al comparar el desplazamiento medido con el desplazamiento esperado durante la extracción.

Si la comparación detecta que en la parte doblada ha habido uno o más desplazamientos angulares del segmento de mandril 18 los cuales son diferentes de los esperados, entonces hay pliegues y el tubo 12 se desecha cuando la diferencia de los valores de desplazamiento angular excede un valor de umbral preestablecido.

45 También en este intervalo del método, la detección y medición del movimiento de desplazamiento se realizan en la manera ya descrita para el paso de doblado.

El aparato 10 por lo tanto también es capaz de identificar cualquier defecto superficial, determinando el número y grado de los pliegues formados.

50 Durante el método descrito anteriormente, en ambos procedimientos de doblado, el aparato 10 es capaz de proveer instante por instante el desplazamiento y posición del segmento de mandril 18 durante y/o después del doblado y por lo tanto de determinar la desviación de la deformación real del tubo 12 de esa deformación nominal buscada.

55 Si se usa una máquina de calandrado 35, el mismo aparato 10 puede usarse al disponer el segmento de mandril con el cual el sensor es integral en una parte de tubo que está comprendida entre el eje de rotación del rodillo de doblado 39b y el eje de rotación del rodillo de formado 39c, por lo tanto en una región no afectada por el retorno elástico.

60 En este uso, el método es fundamentalmente el mismo. En este caso la detección y la medición realizadas durante el doblado pueden de hecho detectar un desplazamiento angular en el cual, si se compara con el esperado por el diseño, puede producir un valor del radio de curvatura que es diferente de uno preestablecido por el diseño.

65 En el cálculo del radio de curvatura, se tiene en cuenta el hecho de que se conoce por adelantado la posición del segmento de mandril con el sensor con la inserción del mandril dentro del tubo y por lo tanto también se conoce la longitud del arco que correspondes a la parte de tubo 12 comprendida entre el punto en el cual el sensor está

dispuesto y el rodillo de guía 39a que precede al rodillo de formado 39c. Además, también se conoce su desplazamiento angular con respecto a la posición recta, adquirida con detección y medición. Por medio de la aplicación de fórmulas trigonométricas es por lo tanto posible determinar el radio de curvatura del tubo 12.

- 5 La nueva posición del rodillo de formado 39c debe modificarse hasta que el aparato 110 detecte una posición angular que corresponda, con un cálculo inverso, a ese del radio de curvatura buscado.

Con referencia a la Figura 7, a continuación se describe el método según la invención en el uso del aparato 110 con una máquina de calandrado 35.

- 10 Si el mandril 111 estuviese provisto con un solo sensor 123 en el segmento de mandril 118 en el extremo libre, el aparato 110 podría usarse en una manera similar a lo que ya se ha descrito para el aparato 10.

- 15 En el caso ilustrado, el aparato 110 hace posible deducir la deformación real del tubo 12 instante por instante mediante la obtención de las posiciones actualizadas en múltiples puntos simultáneamente, y al medir el grado de doblado.

El método que usa el aparato 110 consiste en:

- 20 – la inserción del mandril 111 en el tubo 12 a ser doblado,  
– la adquisición de la posición de cada segmento de mandril 118 con el cual el respectivo sensor 123 es integral,  
25 – el doblado del tubo 12 según parámetros de procedimiento preestablecidos,  
– la detección del movimiento y medición del desplazamiento de cada segmento de mandril 118 con el cual el respectivo sensor 123 es integral, durante el doblado del tubo 12,  
30 – la comparación del desplazamiento medido con el desplazamiento de procedimiento preestablecido y, si son diferentes, el procesamiento de una corrección a los parámetros de procedimiento,  
– el doblado del tubo 12 una vez más o el doblado de otro tubo según los parámetros de procedimiento corregidos.

- 35 La máquina de calandrado 35 mostrada es similar a la ya descrita e ilustrada en la Figura 6, con rodillos de guía 39a, un rodillo de doblado 39b y un rodillo de formado 39c.

- 40 El mandril 111 se inserta dentro del tubo 12, disponiendo al menos un segmento de mandril 118, tres en el caso ilustrado, con cada uno de los cuales un sensor 123 es integral, en una parte del tubo 12 que está comprendida entre el eje de rotación del rodillo de doblado 39b y el eje de rotación del rodillo de formado 39c, y al menos un segmento de mandril 118, uno en el caso mostrado (uno en el extremo libre del mandril 111), en una parte del tubo 12 corriente abajo de la parte que no se va a doblar.

- 45 En esta situación, se adquiere la posición de los segmentos de mandril 118 en la parte de tubo 12 a ser curvada y al mismo tiempo de segmentos de mandril 118 en la parte de tubo 12 comprendida entre los ejes de los rodillos, el rodillo de doblado 39b y el rodillo de formado 39c.

El doblado del tubo 12 debe realizarse según parámetros de procedimiento preestablecidos, incluyendo el radio de curvatura y el ángulo de doblado.

- 50 En el procedimiento de calandrado, después de la colocación del mandril 111 el rodillo de formado 39c se desciende sobre el tubo 12, en la posición ilustrada, doblándolo hacia abajo (con respecto a la ilustración).

- 55 A continuación se empuja el tubo 12 a través del conjunto de rodillos durante el doblado y al mismo tiempo puede ocurrir el fenómeno de un retorno elástico.

Durante el doblado, se forma el movimiento detección y medición del desplazamiento de cada segmento de mandril 118 en el cual está presente el sensor 123.

- 60 En particular, por medio del sensor 123 se adquieren las señales relacionadas al movimiento del segmento de mandril 118 en el cual se monta, y como ya se describió en el uso del aparato 10 estas se transmiten del sensor 123 a los medios de procesamiento, por lo tanto a un microcontrolador o a hardware que es externo al mandril 111, en virtud de los medios de transmisión de datos, preferiblemente transmisión de radiofrecuencia o con un cable de transmisión de datos, en caso de que esté presente. Los medios de procesamiento procesan las señales recibidas para determinar el desplazamiento angular de cada segmento de mandril 118 y por lo tanto su posición instante por  
65 instante a lo largo del tubo 12. El procesamiento comprende la filtración y la integración de las señales cuando los

sensores 123 están constituidos por un acelerómetro o por un giroscopio.

5 En la manera que ya se describió, la plataforma de inercia procesa al integrar las señales para determinar los desplazamientos angulares y al aplicar fórmulas trigonométricas y hacerlas disponibles en la forma de coordenadas en el sistema elegido, proporcionando a cada instante la posición actualizada de cada segmento de mandril 118 en el cual se instala un sensor 123.

10 Desde el inicio del doblado, se proporcionan la posición y la medición del desplazamiento angular de la parte de tubo 12 en la cual están presentes los sensores 123.

También en esta Figura, las líneas discontinuas muestran la parte del tubo 40, la cual es curva según la deformación preestablecida por el diseño, y la línea sólida muestra la parte real del tubo 40.

15 El retorno elástico de nuevo se designa por el número de referencia 41.

El sensor 123 y los medios de procesamiento detectan y procesan instante por instante el movimiento de cada segmento de mandril 118, con el cual está integrado un sensor 123 respectivo es integral, regresando la medición del desplazamiento angular de la parte de tubo 40, en cada punto donde está presente un sensor 123.

20 De la comparación entre el desplazamiento angular medido en estos puntos y el desplazamiento de procedimiento preestablecido, se detecta una diferencia entre los dos y por lo tanto el método provee el procesamiento de una corrección a los parámetros de procedimiento.

25 En particular, los desplazamientos angulares de los segmentos de mandril 118 en la parte curva que difieren de esos esperados por el diseño identifican el retorno elástico, mientras que cualquier desplazamiento en la parte comprendida entre el eje del rodillo de doblado 39b y el eje del rodillo de formado 39c indica un valor del radio de curvatura que es diferente del preestablecido por el diseño.

30 En el primer caso, la diferencia entre el desplazamiento angular preestablecido y el desplazamiento angular medido hace posible determinar un sobre-doblado, al variar la distancia central entre los rodillos para modificar en consecuencia la posición del rodillo de formado 39c con respecto al rodillo de doblado 39b.

35 Por el otro lado, en el segundo caso, la nueva posición del rodillo de formado 39c debe modificarse hasta que el aparato 110 detecta una posición angular que corresponde a esa del radio de curvatura buscado.

Por lo tanto es posible evaluar en tiempo real cualquier desviación de la deformación real con respecto a la deformación nominal establecida por el operador para compensar cualquier error al variar la posición del rodillo de formado 39c según los parámetros de procedimiento corregidos.

40 Como una alternativa, el tubo 12 se desecha y se reemplaza con uno similar. El rodillo de formado 39c se mueve y se repite el doblado en el nuevo tubo según los parámetros de procedimiento corregidos, por lo tanto con una nueva distancia central entre los rodillos.

45 Asimismo, con el aparato 110, se realiza la extracción del mandril 111 del tubo 12 mientras se detecta el movimiento y se mide el desplazamiento de cada segmento de mandril 118 con el cual un sensor 123 es integral.

50 Durante esta operación, se detecta cualesquiera pliegues de superficie en la parte doblada del tubo 12 al comparar el desplazamiento medido en el segmento de mandril 118 dispuesto en la parte curva, al final del procedimiento de doblado, con el desplazamiento esperado durante la extracción. Se rechaza el tubo 12 cuando la diferencia entre el desplazamiento medido y el desplazamiento esperado excede un valor de umbral preestablecido.

Durante la extracción, la detección de movimiento y la medición del desplazamiento se realizan en la manera que ya se describió para el paso de doblado.

55 La posibilidad de detectar la presencia, número y grado de pliegues hace posible rechazar las piezas no conformes sin verificar adicionalmente las operaciones en el tubo doblado.

60 El método según la invención es un método rápido y eficaz de vigilar el procedimiento y permite verificaciones a bajo costo incluso al usar máquinas de doblado anteriores las cuales no están equipadas con sensores de otro tipo.

El aparato 10, 110 y los métodos descritos hacen posible evaluar cualquier retorno elástico del tubo 12, al medir instantánea y directamente la desviación del perfil real del nominal establecido por el operador, y de compensar cualquier desplazamiento sin extraer el dispositivo del tubo y éste último de la máquina de doblado hasta que se termina el procedimiento de doblado.

65 Además, en virtud del aparato y de los métodos descritos también es posible vigilar los procedimientos de doblado

que requieren la ejecución de una serie de curvas, con las subsecuentes reorientaciones de las herramientas, por ejemplo del conjunto de plantillas y rodillos, simplemente al reposicionar el mandril en la región afectada por la curva, sin extraerlo del tubo.

5 Por lo tanto, el aparato según la invención se presta para ser usado en procedimientos industriales automatizados.

10 En la práctica se ha encontrado que la invención logra el objetivo y los objetos pretendidos, al proponer un aparato y un método para la mejora del doblado de tubos los cuales pueden aplicarse a múltiples tipos de procedimientos de doblado, al medir de manera precisa su deformación y cualquier retorno elástico del mismo, directamente en tiempo real.

El aparato según la invención se presta de hecho para vigilar el procedimiento de doblado por calandrado, ya que la medición de la curvatura y del retorno elástico no requiere la orientación relativa de dos partes rectas.

15 Se ha encontrado que el aparato puede vigilar cualquier defecto de superficie y desviaciones del perfil real del tubo deformado del nominal establecido por el diseño y de compensar por cualesquier errores de deformación durante el procedimiento de doblado mismo y sin tener que extraer la parte de la máquina de doblado antes de que hayan terminado todas las operaciones.

20 Se ha encontrado otra ventaja en que se puede realizar la vigilancia continuamente mediante los procedimientos de doblado que requieren la ejecución de una serie de curvas.

25 Una ventaja adicional del dispositivo según la invención es que es capaz de cumplir con múltiples requerimientos, es decir, de evitar el colapso del tubo y al mismo tiempo de vigilar la deformación y también de detectar la presencia de los defectos de superficie.

30 La invención así concebida es susceptible de numerosas modificaciones y variaciones, todas las cuales están dentro del alcance de las reivindicaciones anexas; todos los detalles se pueden reemplazar de manera adicional con otros elementos técnicamente equivalentes.

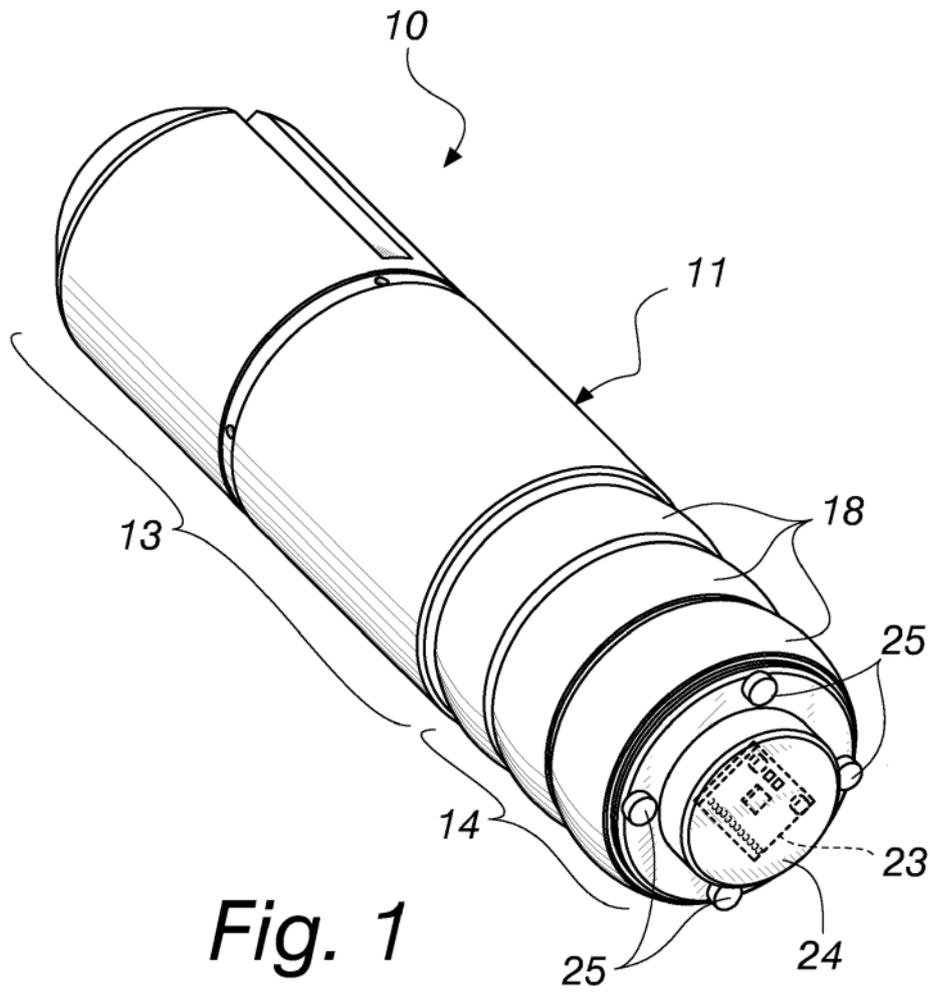
35 En la práctica, los componentes y materiales usados, siempre y cuando sean compatibles con el uso específico, así como las formas y dimensiones contingentes, pueden ser cualesquiera de acuerdo con los requerimientos y con el estado de la técnica.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (10, 110) para mejorar la calidad del doblado de tubos, adaptado para ser usado en máquinas de doblado y que comprende un mandril sustancialmente extendido longitudinalmente (11, 111), adaptado para ser insertado en un tubo (12) a ser doblado y que tiene una parte rígida (13, 113) y una parte flexible (14, 114) dispuestas en serie, dicha parte flexible (14, 114) comprende una serie de segmentos de mandril (18, 118) conectados por medio de uniones articuladas (19, 119), dicho aparato (10, 110) se caracteriza porque comprende:
- al menos un sensor sensible al movimiento (23, 123), el cual es integral con al menos uno de dichos segmentos de mandril (18, 118),
  - medios para el procesamiento de la información de movimiento adquirida por dicho al menos un sensor (23, 123).
2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado además porque dicho al menos un sensor (23) se instala en dicho segmento de mandril (18) en el extremo libre de dicha parte flexible (14).
3. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado además porque dicho al menos un sensor (123) se acomoda dentro de al menos uno de dichos segmentos de mandril (118).
4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado además porque dichos medios de procesamiento comprenden al menos un programa de software y al menos un dispositivo de procesamiento, a ser usado junto con dicho programa de software, los cuales están adaptados para medir los movimientos de dicho al menos un segmento de mandril (18, 118) con el cual al menos uno de dichos sensores (23, 123) es integral.
5. El aparato de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado además porque dicho dispositivo de procesamiento comprende al menos un microcontrolador en al menos uno de dichos sensores.
6. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado además porque comprende medios (30, 130) para el suministro de energía eléctrica de dicho al menos un sensor (23, 123).
7. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado además porque comprende medios para la transmisión de datos desde dicho sensor (23, 123) a dichos medios de procesamiento.
8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizado además porque dichos medios de transmisión de datos comprenden al menos un cable de transmisión de datos (33) el cual conecta dicho sensor (23) a dichos medios de procesamiento al pasar a través de al menos un primer orificio (26), el cual pasa longitudinalmente a través de dicha parte rígida (13), y una serie de segundos orificios (27), cada uno de los cuales pasa a través de uno de dichos segmentos de mandril (18), en serie con dicho primer orificio (26).
9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado además porque dicho al menos un sensor (23, 123) es un acelerómetro y/o un giroscopio.
10. Un método que usa el aparato (10, 110) según una o más de las reivindicaciones 1 a 9, el cual consiste en:
- la inserción de dicho mandril (11, 111) en dicho tubo (12),
  - la adquisición de la posición de dicho al menos un segmento de mandril (18, 118) con el cual dicho al menos un sensor (23, 123) es integral,
  - el doblado de dicho tubo (12) según parámetros de procedimiento preestablecidos,
  - la detección del movimiento y la medición del desplazamiento de dicho al menos un segmento de mandril (18, 118), con el cual dicho al menos un sensor (23, 123) es integral, durante el doblado y/o después del doblado de dicho tubo (12),
  - la comparación del desplazamiento medido con el desplazamiento del procedimiento preestablecido, en caso de ser diferentes, el procesamiento de una corrección a dichos parámetros de procedimiento,
  - el doblado de dicho tubo (12) de nuevo o el doblado de otro tubo según los parámetros de procedimiento corregidos.
11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado además porque en un procedimiento de doblado con una máquina de doblado por estiramiento (34) y/o con una máquina de calandrado (35), la inserción de dicho mandril (11, 111) dentro de dicho tubo (12) implica la disposición de al menos uno de dichos segmentos de mandril (18, 118), con el cual dicho al menos un sensor (23, 123) es integral, en una parte de dicho tubo (12)

corriente abajo de la parte que no se va a doblar.

- 5 **12.** El método de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado además porque en un procedimiento de doblado con una máquina de calandrado (35), del tipo que comprende un rodillo de doblado (39b) y al menos un rodillo de formado (39c) entre los cuales se empuja dicho tubo (12), la posición de este último se modifica con respecto a la posición de dicho rodillo de doblado (39b), la inserción de dicho mandril (111) dentro de dicho tubo (12) implica la disposición de al menos uno de dichos segmentos de mandril (118) con el cual dicho al menos un sensor (123) es integral en una parte de dicho tubo (12) que está comprendida entre el eje de rotación de dicho rodillo de doblado (39b) y el eje de rotación de dicho rodillo de formado (39c).
- 10 **13.** El método de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado además porque comprende la extracción de dicho mandril (11, 111) de dicho tubo (12), mientras que detecta el movimiento y la medición del desplazamiento de dicho al menos un segmento de mandril (18, 118) con el cual dicho al menos un sensor (23, 123) es integral.
- 15 **14.** El método de acuerdo con una o ambas de las reivindicaciones 10 y 13, caracterizado además porque la detección del movimiento y la medición del desplazamiento de dicho al menos un segmento de mandril (18, 118) con el cual dicho al menos un sensor (23, 123) es integral comprende:
- 20 – la adquisición de las señales relacionadas al movimiento de dicho segmento de mandril (18, 118) por medio de dicho al menos un sensor (23, 123),
- la transmisión de dichas señales desde dicho sensor (23, 123) a dichos medios de procesamiento,
- 25 – el procesamiento de dichas señales, por medio de dichos medios de procesamiento, para determinar el desplazamiento angular de dicho al menos un segmento de mandril (18, 118).



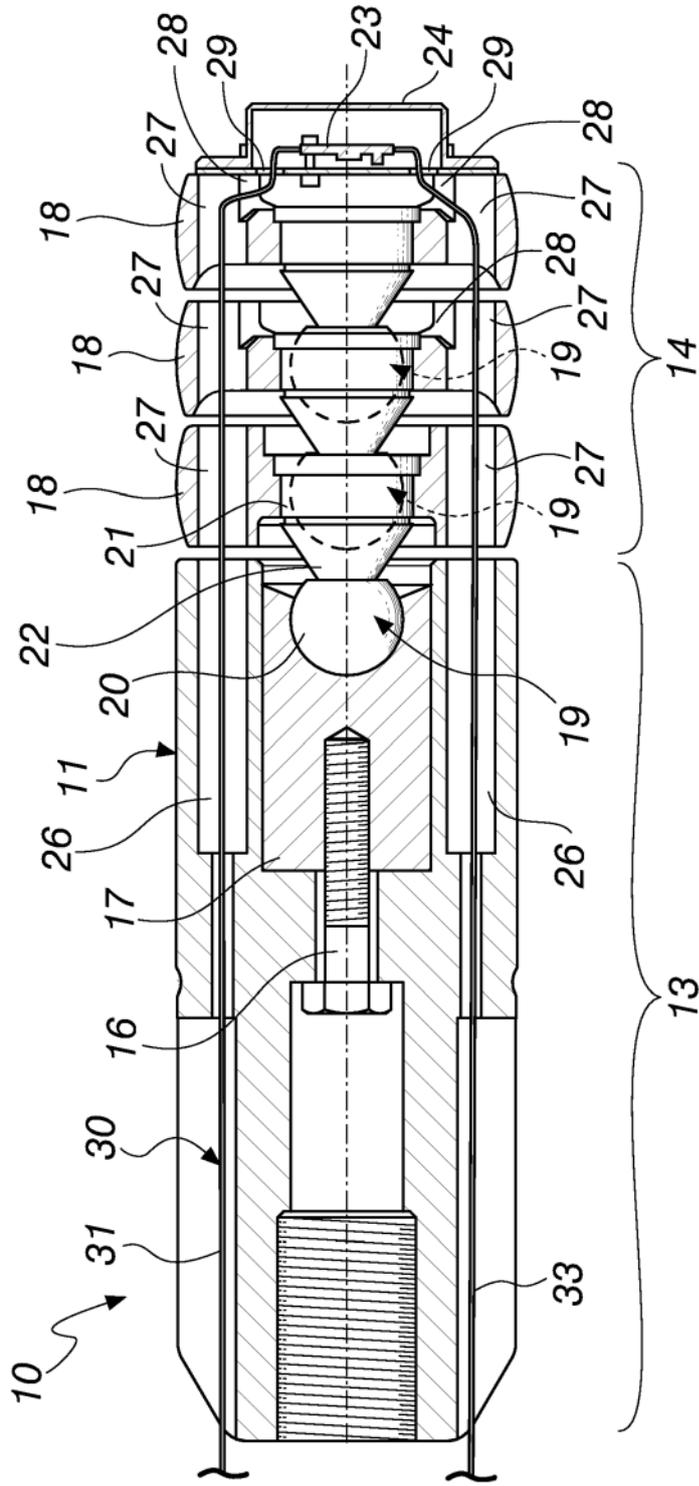
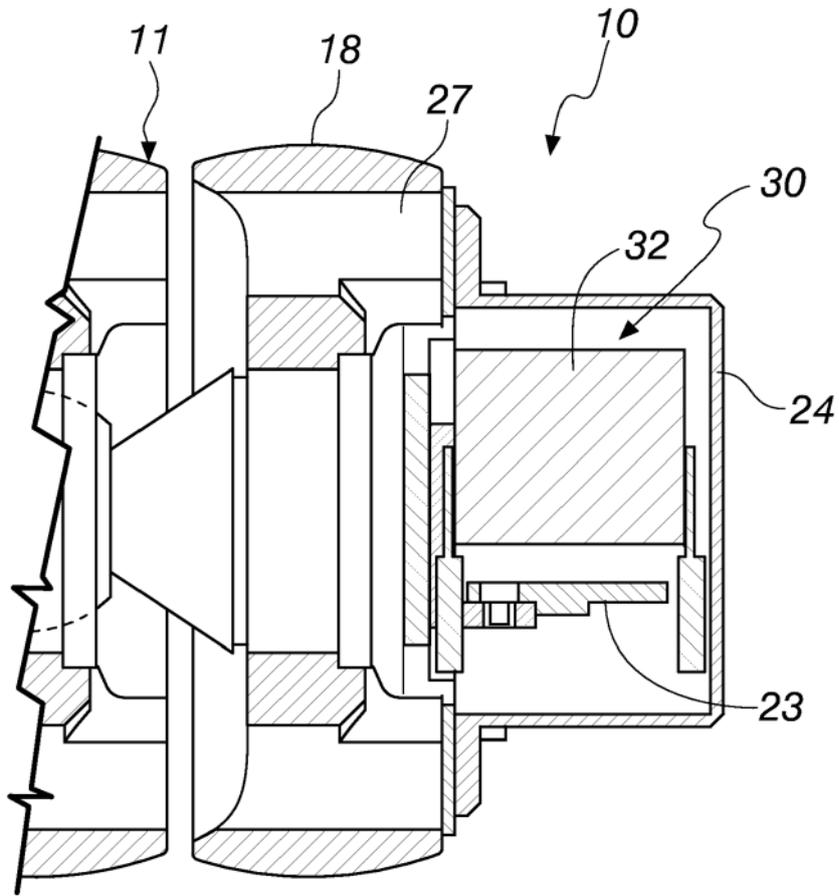


Fig. 2



*Fig. 3*

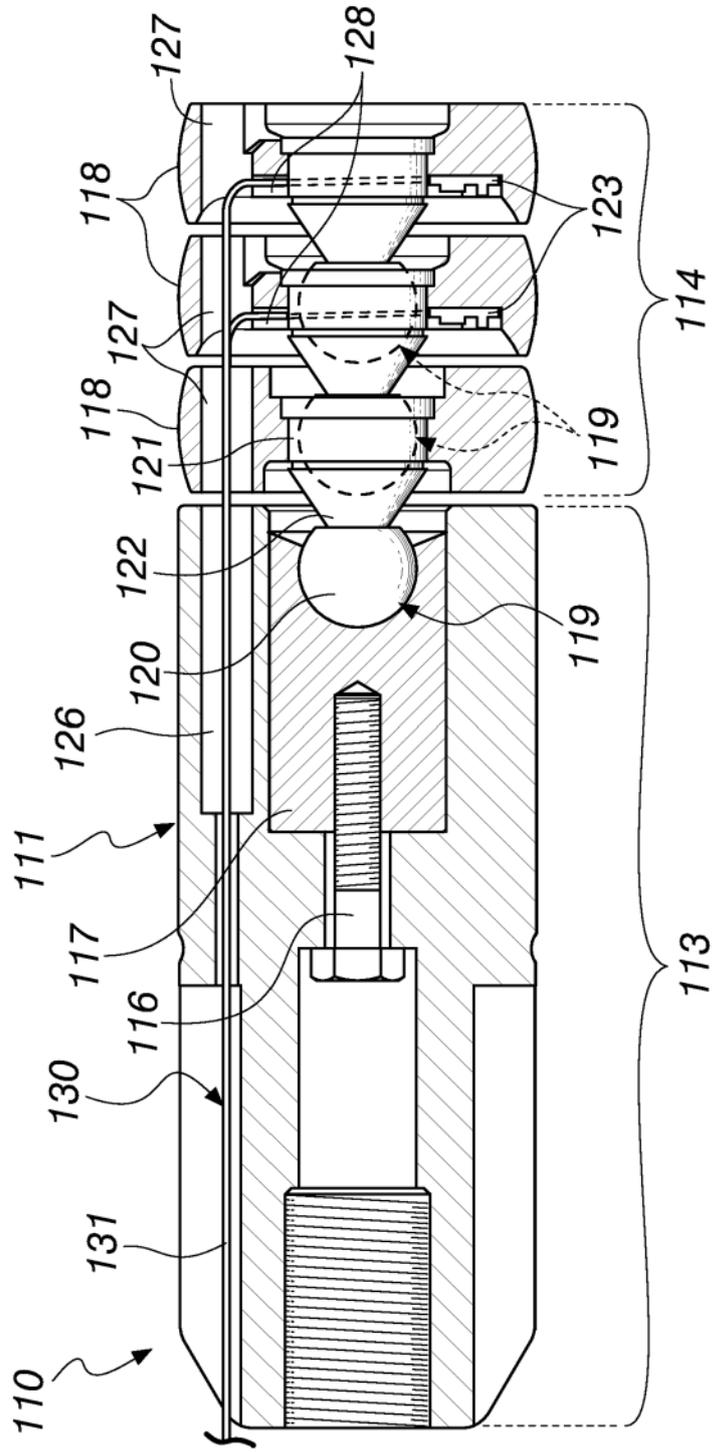
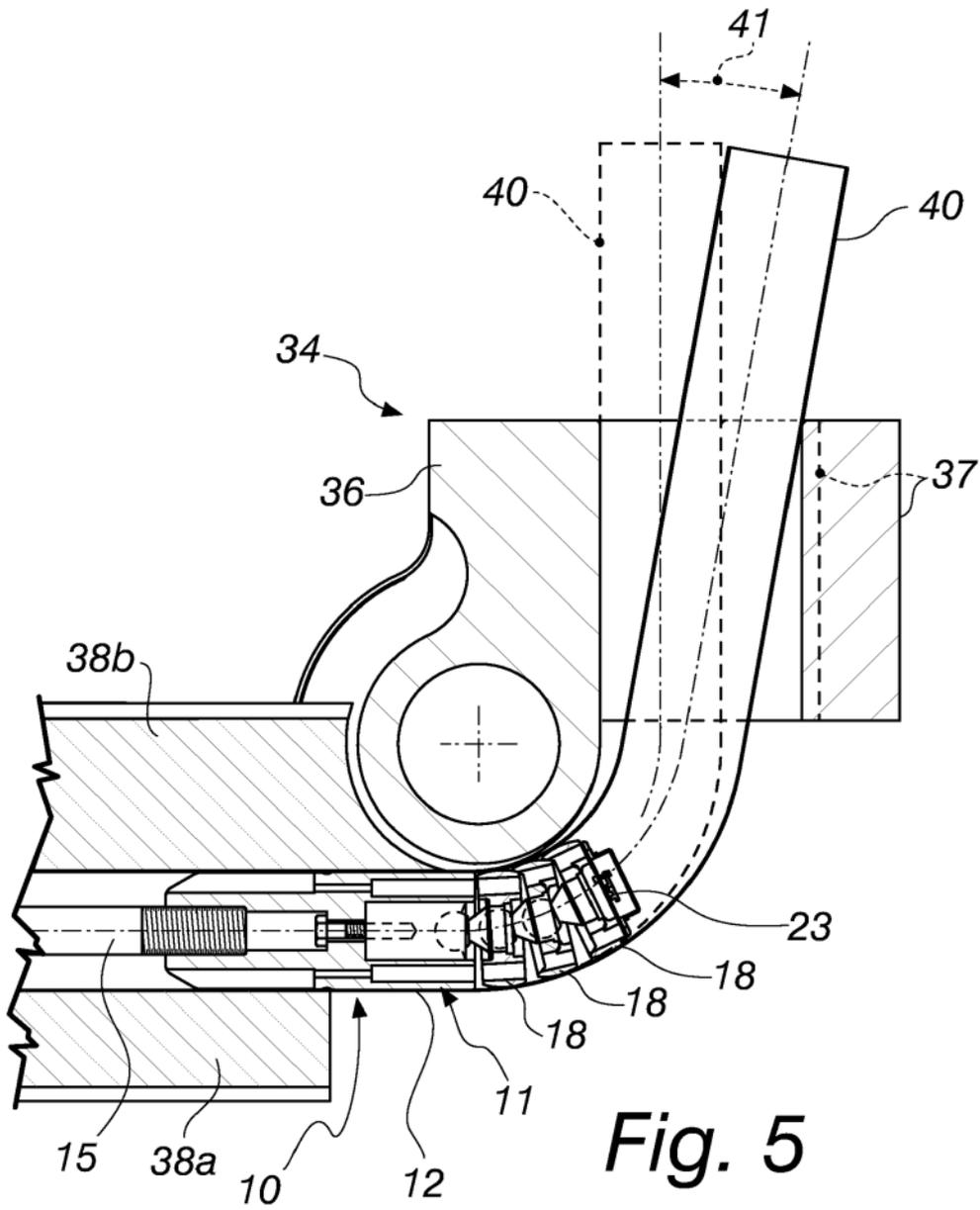


Fig. 4



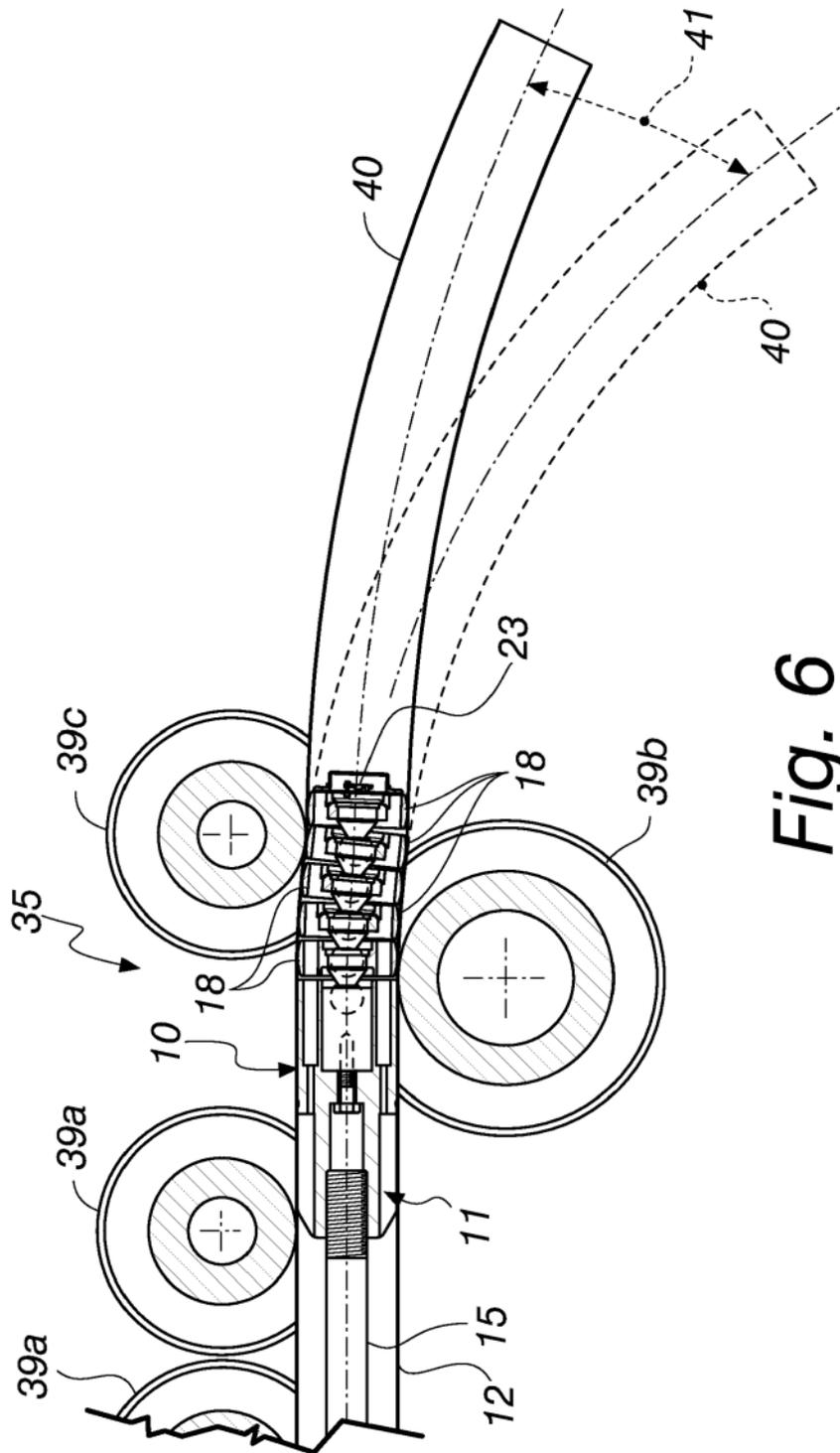


Fig. 6

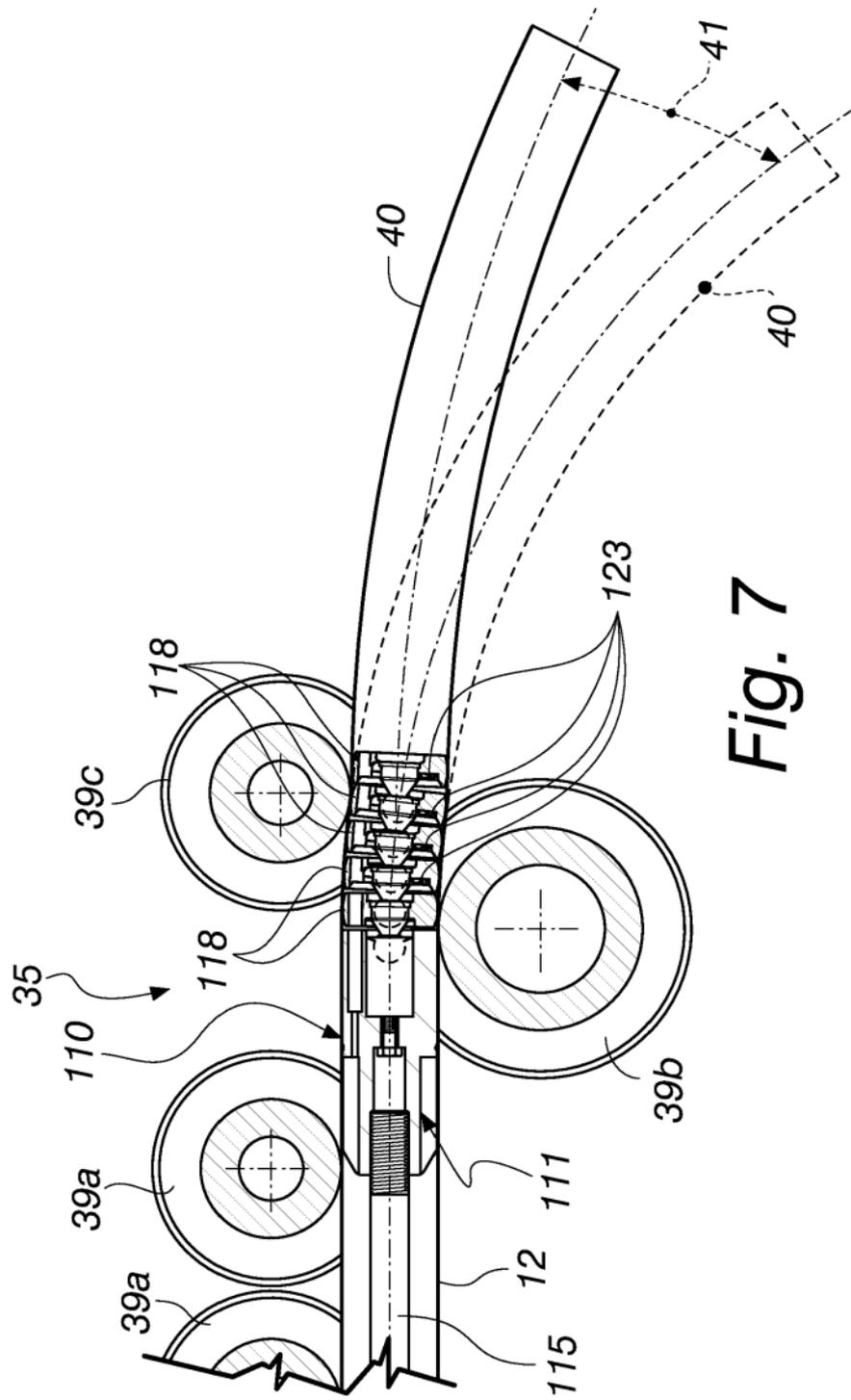


Fig. 7