

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 816 563**

51 Int. Cl.:

**G01B 5/08** (2006.01)

**G01B 7/12** (2006.01)

**G01B 11/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2014 E 19166171 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 3537097**

54 Título: **Dispositivo para moldear ranuras en elementos de tubería**

30 Prioridad:

**12.08.2013 US 201313964671**

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

**05.04.2021**

73 Titular/es:

**VICTAULIC COMPANY (100.0%)  
4901 Kesslersville Road  
Easton, PA 18040, US**

72 Inventor/es:

**PUZIO, MATTHEW, J.;  
DOLE, DOUGLAS, R.;  
PRICE, ANTHONY y  
VICARIO, DANIEL, B.**

74 Agente/Representante:

**MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia**

**ES 2 816 563 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**

5 Dispositivo para moldear ranuras en elementos de tubería

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería.

15 Antecedentes de la invención

Los elementos de tubería, que incluyen algún artículo similar a una tubería, como por ejemplo material de tubería, así como accesorios, incluyendo, por ejemplo, codos, tes y lineales, y componentes tales como válvulas, filtros, tapones para salidas y entradas, y las tomas para las salidas y entradas de bombas, se pueden unir herméticamente en relación extremo con extremo utilizando acoplamientos de tubería mecánica, cuyo ejemplo se describe en la patente de los Estados Unidos de América N°. 7,086,131.

Los acoplamientos están moldeados por dos o más segmentos unidos extremo con extremo mediante elementos de sujeción [tornillos pasadores] roscados. Durante su uso, los segmentos de acoplamiento se colocan rodeando los elementos de tubería, atrayéndose entre sí y se acoplan con los elementos de tubería al ajustar los elementos de sujeción [tornillos pasadores] roscados.

Los elementos de tubería pueden tener ranuras circunferenciales que se acoplan mediante claves que se proyectan radialmente sobre los acoplamientos de tubería para proporcionar restricción positiva a cargas de empuje experimentadas por los elementos de tubería cuando están bajo presión interna del fluido interno.

A menudo se coloca una junta elastomérica con forma de anillo, entre los segmentos de acoplamiento y los elementos de la tubería para asegurar la estanqueidad de fluido de la unión. La junta puede tener glándulas que usan la presión interna del fluido dentro de los elementos de tubería para aumentar la presión máxima en la que continua siendo efectivo para prevenir fugas. La junta tórica se comprime radialmente entre los segmentos de acoplamiento y los elementos de tubería para lograr el cierre hermético al fluido deseado.

Para moldear una unión hermética a fluido utilizando un acoplamiento mecánico con elementos de tubería ranurados es necesario controlar las dimensiones de las ranuras circunferenciales de los elementos de tubería de manera que las ranuras se acoplen correctamente a las claves de los elementos de acoplamiento y también permitir que los segmentos se muevan uno hacia a otro y compriman la junta lo suficiente para efectuar el cierre [sellado] hermético a los fluidos.

Las ranuras se pueden moldear trabajando en frío la pared lateral del elemento de tubería entre rodillos opuestos que son forzados uno hacia otro para desplazar material del elemento de tubería, habitualmente con medios hidráulicos, a la vez que giran alrededor de ejes de rotación sustancialmente paralelos. El elemento de tubería gira en respuesta (o los rodillos orbitan alrededor de la circunferencia de tubería) y la ranura se moldea alrededor de la circunferencia del elemento de tubería. El control dimensional de las ranuras se hace difícil por las tolerancias permisibles de las dimensiones de tubería.

Por ejemplo, para tubería de acero, las tolerancias sobre el diámetro pueden ser tan altas como +/- 1%, la tolerancia del grosor de pared es de -12,5% sin límite superior fijo, y la tolerancia por fuera de redondez es de +/- 1%. Estas tolerancias dimensionales relativamente altas presentan desafíos cuando se realizan las ranuras circunferenciales al trabajar en frío [la tubería].

Será ventajoso desarrollar un procedimiento y un aparato que mida activamente un parámetro, como el diámetro de la ranura, y que utilice tales medidas, al tiempo que se moldea la ranura, para controlar el movimiento de los rodillos que moldean la ranura a medida que moldean la ranura. Lo anterior evitará realizar la ranura de prueba y el procedimiento de medición o ajuste de la técnica anterior.

El documento US 2002/0112359 A1 - que forma la base para la presente invención- describe una herramienta y un procedimiento para indicar que se ha moldeado una ranura circunferencial de un diámetro exterior deseado en una tubería. La herramienta tiene un brazo que se puede montar de forma pivotante adyacente a la tubería para girar alrededor de un eje de giro sustancialmente paralelo al eje longitudinal de la tubería.

La tubería y el brazo giran relativamente entre sí alrededor del eje longitudinal, el brazo está sesgado hacia la tubería. En el brazo está montado una superficie de contacto, que se puede acoplar con la superficie exterior del

tubo dentro de la ranura. La geometría del brazo y la posición de la superficie de contacto es tal que el brazo se mueve a una posición angular predeterminada cuando el diámetro de la ranura alcanza un valor deseado. La superficie de contacto puede posicionarse de forma variable a lo largo del brazo para acomodar tubos o ranuras de varios diámetros.

5 El documento JP 2001 353532 A describe un método de hilado mediante el cual se hace girar una pieza. La pieza se somete a hilado presionando con un rodillo de trabajo desde una cara periférica exterior de la pieza hacia su centro axial de rotación, un rodillo de medición con el que se mide su diámetro de antemano se pone en contacto a presión con la pieza y se hacen girar conjuntamente durante la labor. Basado en un diámetro del rodillo de medición 41, un número de rotaciones del rodillo de medición 41 y un número de rotaciones de la pieza 15, se calcula un diámetro de la pieza 15, basado en el resultado del cálculo, se juzga si el trabajo es completado o no.

15 Sumario

20 La invención comprende un dispositivo para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería que tiene un eje longitudinal. En un ejemplo de realización, el dispositivo comprende un rodillo impulsor que puede girar alrededor de un eje del rodillo impulsor. El rodillo impulsor se puede acoplar a una superficie interior del elemento de tubería cuando el eje del rodillo impulsor está orientado sustancialmente paralelo al eje longitudinal del elemento de tubería.

25 Un rodillo de ranurado puede girar alrededor de un eje del rodillo de ranurado orientado sustancialmente en paralelo al eje del rodillo impulsor. El rodillo de ranurado se puede mover hacia el rodillo impulsor y alejarse del mismo para acoplar a la fuerza una superficie exterior del elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería y moldear la ranura en el mismo al girar el elemento de tubería. Un rodillo de un rodillo de soporte [libre o inactivo], puede girar alrededor de un eje de un rodillo de soporte orientado sustancialmente paralelo al eje del rodillo impulsor.

30 El un rodillo de soporte tiene un diámetro conocido. El un rodillo de soporte se puede mover hacia el rodillo impulsor y alejarse del mismo para acoplarse a una superficie exterior del elemento de tubería para que gire al girar el elemento de tubería. Un primer sensor determina un grado de rotación del rodillo de soporte y genera una primera señal indicativa del mismo. Un segundo sensor determina un grado de rotación del elemento de tubería y genera una segunda señal indicativa del mismo. Un sistema de control está adaptado para recibir las primeras y segundas señales y utilizar las primeras y la segundas señales para determinar el diámetro de la ranura y controlar el movimiento del rodillo de ranurado hacia y desde el rodillo impulso en respuesta al diámetro de la ranura.

35 En un ejemplo de realización particular, el primer sensor comprende un codificador rotacional asociado operativamente con el un rodillo de soporte. A modo de ejemplo adicional, el segundo sensor puede comprender una superficie reflectora de luz fijada a una superficie exterior del elemento de tubería. La superficie reflectora de luz contrasta con la superficie exterior del elemento de tubería. Se coloca un proyector de luz para proyectar luz sobre la superficie exterior del elemento de tubería y la superficie reflectora de luz fijada al mismo. Un detector está adaptado para detectar la luz proyectada por el proyector de luz al reflejarse en la superficie reflectora de luz, generando el detector una señal indicativa de la misma. El proyector de luz puede comprender, por ejemplo, un láser.

40 En otro ejemplo de realización, el segundo sensor puede comprender un imán fijado a una superficie del elemento de tubería. Un detector está adaptado para detectar un campo magnético. El detector genera una señal indicativa del mismo. El dispositivo de ejemplo puede comprender además un tercer sensor para medir un perfil de superficie de al menos una parte del elemento de tubería y generar una señal indicativa del mismo. En un ejemplo de realización particular, el tercer sensor comprende un láser adaptado para proyectar un rayo en forma de abanico a lo largo de al menos la parte del elemento de tubería. Un detector está adaptado para recibir un reflejo del rayo en forma de abanico desde la parte del elemento de tubería. Una unidad de cálculo convierte la reflexión en medidas que representan el perfil de la superficie mediante triangulación. El sensor genera la señal indicativa de las medidas y transmite la señal al sistema de control.

45 En un ejemplo de realización particular, el rodillo de ranurado está montado en un accionador que está controlado por el sistema de control. De manera similar, a modo de ejemplo, el un rodillo de soporte puede montarse en un accionador que está controlado por el sistema de control.

60 Breve descripción de los dibujos

65 Las figuras 1 y 1A son vistas isométricas de ejemplos de realizaciones de dispositivos para moldear ranuras circunferenciales en elementos de tubería.

La figura 2 es una vista isométrica de una parte del dispositivo mostrado en la figura 1.

Las figuras 3, 3A, 4 y 5 son vistas seccionales de una parte del dispositivo mostrado en la figura 1.

5 La figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de un procedimiento para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería.

La figura 7 es una vista en sección de la parte del dispositivo mostrado en la figura 1.

10 La figura 8 es una vista en sección longitudinal de un elemento de tubería que tiene una ranura circunferencial.

Las figuras 9 a 17 son diagramas de flujo que ilustran ejemplos de procedimientos para moldear ranuras en el elemento de tubería mostrado en la figura 8.

15

#### Descripción detallada

20 La figura 1 muestra un ejemplo de realización de un dispositivo 10 para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería. El dispositivo 10 comprende un rodillo impulsor 12 que puede girar alrededor de un eje 14. En este ejemplo, el rodillo impulsor 12 se hace girar alrededor del eje 14 mediante un motor eléctrico 16 colocado dentro de una carcasa 18 sobre cual está montado el rodillo impulsor. El rodillo impulsor 12 tiene una superficie exterior 20 que se puede acoplar con una superficie interior de un elemento de tubería como se describe  
25 continuación. Un rodillo de soporte [libre], que, en este ejemplo de realización, es un rodillo de ranurado 22 también se monta sobre la carcasa 18 para girar alrededor de un eje 24. Los ejes 14 y 24 son sustancialmente paralelos entre sí lo que les permite cooperar cuando al moldear una ranura circunferencial.

30 El rodillo de ranurado 22 está montado en la carcasa 18 a través de un yugo 26 que permite que el rodillo de ranurado se mueva hacia y desde el rodillo impulsor en la dirección indicada por la flecha 28 a la vez que mantiene los ejes 14 y 24 en relación sustancialmente paralela. El movimiento del yugo 26 y, por tanto del rodillo de ranurado 22 se realiza mediante un accionador 30. Los accionadores hidráulicos son ventajosos porque proporcionan un gran rango de alta fuerza que se puede ajustar con finos incrementos capaces de hacer ceder localmente el material de tubería para moldear progresivamente la ranura. Por supuesto que son factibles otros tipos de accionadores.

35 Tal y como se muestra en la figura 2, el dispositivo también incluye un primer sensor 32 para determinar el grado de rotación del rodillo de ranurado 22 alrededor del eje 24 durante el moldeado de la ranura circunferencial en el elemento de tubería. En este ejemplo de realización, el primer sensor 32 comprende un codificador giratorio. Los codificadores giratorios son ventajosos debido a que tienen excelente fiabilidad, capacidad de repetición, precisión y  
40 resolución, permitiendo normalmente dividir una revolución para en 600,060 pasos muy discretos que permiten una gran precisión en la medición de la rotación del rodillo de ranurado 22. El modelo de codificador giratorio LM10LC005BB20F00 suministrado por RLS de Ljubjana, Eslovenia sirve como un ejemplo práctico y apropiado para el dispositivo 10.

45 En general, al menos una revolución del elemento de tubería puede determinarse detectando una característica sobre el elemento de tubería una primera y una segunda vez a la vez que gira el elemento de tubería. La característica, por ejemplo, podría ser una característica que ocurre naturalmente, como por ejemplo un rasguño singular, un marcado por herramienta, una costura u otra característica que no se coloque en la tubería con algún propósito en particular. Sin embargo, es ventajoso colocar una característica sobre el elemento de tubería que sea  
50 detectable fácilmente para asegurar la determinación confiable y precisa de una revolución del elemento de tubería. A continuación se describen dos ejemplos, entendiéndose que también son factibles otros procedimientos de detección.

55 Con referencia nuevamente a la figura 1, el dispositivo 10 comprende un segundo sensor 34 para determinar el grado de rotación del elemento de tubería. La figura 3 muestra un ejemplo de un segundo sensor 34 que comprende un proyector de luz 36, por ejemplo, un láser, un detector 38, que detecta la luz del proyector a medida que se refleja desde el elemento de tubería 40, y una superficie reflectora de luz 42 que se fija a la superficie exterior 40b del elemento de tubería 40. La superficie reflectora de luz 42 puede ser especular, difusa, o tener un color diferente a  
60 aquel de la superficie exterior 40b del elemento de tubería 40 y de esa forma proporciona un contraste con la superficie exterior del elemento de tubería.

65 El sensor 34 también se conoce como un sensor de contraste debido a que el detector 38 detecta la diferencia entre luz proyectada reflejada desde la superficie exterior de tubería 40b y la superficie reflectora de luz contrastante 42. Los sensores de contraste 34 como los fabricados por Leuze Electronics de New Hudson, Michigan, con el número de modelo HRTL 38/66-S8 son factibles para el dispositivo 10 descrito en este documento. Cada vez que la superficie reflectora de luz 42 pasa por debajo de la luz del proyector 36 el detector detecta el reflejo del mismo y genera una señal que puede utilizarse para detectar y contar las revoluciones del elemento de tubería.

En una realización alterna, mostrada en la figura 3A, el segundo sensor 34 puede comprender un sensor magnético 35. El sensor magnético 35 también es un sensor de proximidad sin contacto que utiliza principios inductivos o capacitivos para detectar el paso de un imán 37 fijado a una superficie, por ejemplo, la superficie exterior 40b del elemento de tubería 40. Cada vez que el imán 37 pasa el sensor magnético 37 genera una señal que puede utilizarse para detectar y contar las revoluciones del elemento de tubería.

Tal y como se muestra en la figura 1, el dispositivo 10 también puede tener un tercer sensor 46 para medir un perfil de superficie de al menos una parte del elemento de tubería. Como se muestra en la figura 7, el tercer sensor 46 es un sensor de triangulación y comprende un láser 48 adaptado para producir un haz en forma de abanico 50 a lo largo de una parte de la superficie exterior 40b del elemento de tubería 40 en donde se va a medir el perfil 52. Un detector 54 está adaptado para recibir el reflejo del haz en forma de abanico desde la parte de superficie exterior del elemento de tubería. El tercer sensor 46 también incluye una unidad de cálculo 55 que utiliza triangulación para convertir el reflejo del haz en forma de abanico en medidas que representan el perfil de la superficie exterior.

Haciendo referencia nuevamente a la figura 1, el dispositivo 10 también incluye un sistema de control 56. El sistema de control sin 56 está en comunicación con los sensores 32, 34 y 46 así como con el motor eléctrico 16 y el accionador 30. La comunicación puede ser a través de líneas eléctricas dedicadas 58. El sistema de control recibe señales generadas por los sensores 32, 34 y 36 y envía órdenes al accionador 30 y al motor 16 para controlar el funcionamiento de las diversas partes del dispositivo 10 para moldear la ranura en los elementos de tubería. El sensor 32 genera señales indicativas de la rotación del rodillo de ranurado 22, el sensor 34 genera señales indicativas de la rotación del elemento de tubería 40 (véase también la figura 3); y el sensor 46 genera señales indicativas del perfil de la superficie exterior del elemento de tubería 40 (véase también la figura 7).

Estas señales se transmiten al sistema de control. El sistema de control 56 puede comprender un ordenador [computador] o controlador lógico programable que tiene un software propio [residente] para interpretar las señales desde los sensores 32, 34, 46 y luego emitir órdenes al accionador 30 y el motor 16 para realizar las diversas funciones asociadas con el moldeo de las ranuras circunferenciales en los elementos de tubería. De forma conjunta el sistema de control 56, accionador 30, motor 16 y sensores 32, 34 y 46 cooperan en un circuito de retroalimentación para moldear automáticamente las ranuras en una operación que se describe a continuación.

La figura 1A muestra un dispositivo 10a que tiene un segundo rodillo de soporte 23 que está separado del rodillo de soporte 22. En esta realización ilustrativa, el rodillo de soporte 22 es un rodillo de ranurado montado sobre el yugo 26 tal y como se describió anteriormente, y el segundo rodillo de soporte 23 está montado sobre un accionador 25 que está montado sobre el dispositivo 10a. El accionador 25 está controlado por el sistema de control 56 que mueve el rodillo de soporte 23 desde y hacia el rodillo impulsor 12 para acoplar y desacoplar el rodillo de soporte 23 con el elemento de tubería. El rodillo de soporte 23 puede girar alrededor de un eje 27 sustancialmente paralelo al eje 14 y girará alrededor del eje 27 cuando se acopla con un elemento de tubería que está montado sobre y que gira mediante el rodillo impulsor 12.

En esta realización, el rodillo de soporte 23 es utilizado para determinar el diámetro de elemento de tubería y el diámetro de ranura, y el rodillo de soporte (de ranurado) 22 se usa para soportar el elemento de tubería y moldear una ranura circunferencial. Con esa finalidad, el primer sensor 32 está asociado funcionalmente con el rodillo de soporte 23 y se utiliza para determinar el grado de rotación del rodillo de soporte 23 alrededor del eje 27 durante la determinación del diámetro de elemento de tubería y el moldeo de la ranura circunferencial en el elemento de tubería.

En este ejemplo de realización, el primer sensor 32 puede comprender nuevamente un codificador giratorio tal y como se describió anteriormente. El codificador giratorio cuenta el número de revoluciones y fracciones del mismo del rodillo de soporte 23 y genera una señal indicativa del mismo que se transmite al sistema de control 56 a través de un enlace de comunicación tal como las líneas por cable 58. El sistema de control 56 utiliza la información transmitida en las señales para determinar el diámetro del elemento de tubería y controlar el funcionamiento de la máquina durante el moldeo de la ranura tal y como se describe a continuación.

#### Funcionamiento del dispositivo

Un ejemplo de un procedimiento para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería que utiliza el dispositivo 10 se ilustra en las figuras 1 a 5 y en el diagrama de flujo de la figura 6. Tal y como se muestra en la figura 3, el elemento de tubería 40 está acoplado con el rodillo impulsor 12 (véase recuadro 62, figura 6). En este ejemplo, la superficie interior 40a del elemento de tubería 40 se coloca en contacto con el rodillo impulsor. A continuación, tal y como se describe en el recuadro 64 de la figura 6, el rodillo de ranurado 22 se mueve mediante el accionador 30 (bajo el comando del sistema de control 56) hacia el rodillo impulsor 12 hasta que se acopla la superficie exterior 40b del elemento de tubería 40. Es ventajoso pinzar [pellizcar] el elemento de tubería 40 entre el rodillo impulsor 12 y el rodillo de ranurado 22 con fuerza suficiente para retener de manera segura el elemento de tubería sobre el dispositivo 10.

En este punto, es posible determinar el diámetro del elemento de tubería 40 con el fin de aceptar el elemento de tubería y moldear la ranura circunferencial, o rechazar el elemento de tubería debido a que su diámetro está fuera del intervalo de tolerancia aceptado y de esa forma es incompatible con otros elementos de tubería del mismo tamaño nominal. El recuadro 66 en la figura 6 determina el diámetro del elemento de tubería y se efectúa midiendo la circunferencia de la tubería mientras el elemento de tubería 40 gira alrededor de su eje longitudinal 46 utilizando el rodillo impulsor 12 alimentado por el motor 16. El rodillo impulsor 12 a su vez, gira el elemento de tubería 40, lo que causa que el rodillo de ranurado 22 gire alrededor de su eje 24. Para mayor precisión de medición, es ventajoso si el rodillo de ranurado 22 gira en respuesta al elemento de tubería 40 sin deslizamiento.

El diámetro del elemento de tubería elemento de tubería 40 puede calcularse entonces al conocerse el diámetro de la superficie 22a del rodillo de ranurado 22 que está en contacto con el elemento de tubería 40, y al contar el número de revoluciones del rodillo de ranurado, incluyendo las fracciones de una rotación, para cada revolución del elemento de tubería. Si se conoce el diámetro D de la superficie del rodillo de ranurado 22a, entonces la circunferencia C del elemento de tubería 40 se puede calcular a partir de la relación  $C = (D \times \text{rev} \times \pi)$  en donde "rev" equivale al número de revoluciones del rodillo de ranurado 22 (incluidas las fracciones de una rotación) para una revolución del elemento de tubería. Una vez que se conoce la circunferencia C del elemento de tubería, el diámetro d del elemento de tubería se puede calcular a partir de la relación  $d=C/\pi$ .

En el dispositivo 10, el sensor 32, por ejemplo, un codificador giratorio, cuenta el número de revoluciones y fracciones del mismo (rev) del rodillo ranurado 22 y genera una señal indicativa del mismo. Cada revolución del elemento de tubería 40 es detectada y/o contada por el sensor 34, que genera señales indicativas del mismo. Por ejemplo, si el sensor 34 es un sensor de contraste como se describe anteriormente (véase la figura 3), detecta un primer y un segundo reflejo de la superficie reflectora de luz 42, que indican que ha detectado una revolución del elemento de tubería. Si el sensor 34 es un sensor magnético (figura 3A), detecta un primer y un segundo campo magnético, que indica que ha detectado o contado una revolución del elemento de tubería. Las señales del sensor 32 y el sensor 34 se transmiten al sistema de control 56, que realiza los cálculos para determinar el diámetro del elemento de tubería 40.

El sistema de control puede entonces presentar el diámetro de elemento de tubería a un operario para su aceptación o rechazo, o, el mismo sistema de control puede comparar el diámetro de elemento de tubería con un intervalo de tolerancia para tuberías de un tamaño nominal conocido y presentar una señal de "aceptación" o "rechazo" al operario. De tenerse en cuenta que para tal operación automatizada, el sistema control está programado con datos de tolerancias dimensional para elementos de tubería de varios tamaños estándares. El operario debe montar el rodillo de ranurado apropiado para el tamaño de tubería estándar y la ranura que se moldea e ingresar al sistema de control los elementos de tubería estándar particulares que se procesan. En respuestas a estas entradas el software residente dentro del sistema de control entonces utilizará los datos de referencia apropiados para determinar si el elemento de tubería tiene un diámetro que cae dentro del intervalo de tolerancia aceptable para elementos de tubería del tamaño estándar seleccionado.

El recuadro 70 de la figura 6 y la figura 4 ilustran el moldeado de una ranura 62 en el elemento de tubería 40. El rodillo impulsor 12 gira, haciendo girar con ello el elemento de tubería 40 alrededor de su eje longitudinal 68, que gira el rodillo de ranurado 22 alrededor del eje 24. Debe observarse que el eje de rotación 14 del rodillo impulsor 12, el eje de rotación 24 del rodillo de ranurado 22 y el eje longitudinal 68 del elemento de tubería 40 están sustancialmente paralelos entre sí. La expresión "sustancialmente paralelos" como se usa en el presente documento, significa en el intervalo de aproximadamente dos grados para permitir rotación sin fracción significativa pero también permitir que se generen fuerzas de seguimiento que mantienen el elemento de tubería acoplado con los rodillos impulsores y de ranurado durante rotación. Durante rotación del elemento de tubería, el accionador 30 (figura 1) fuerza el rodillo de ranurado 22 contra el elemento de tubería 40, trabajando así en frío el elemento de tubería, desplazando el material de elemento de tubería, y moldeando la ranura circunferencial 72.

Nótese que la fuerza ejercida por el accionador 30, así como la velocidad de alimentación del rodillo de ranurado 22 (es decir, la velocidad a la cual el rodillo de ranurado se mueve hacia el rodillo impulsor) y la velocidad de rotación del elemento de tubería pueden seleccionarse con base en una o más características del elemento de tubería 40. Tales características incluyen, por ejemplo, el diámetro de elemento de tubería, el grosor de pared (programa), y el material que comprende el elemento de tubería.

El operario o el sistema de control 56 pueden establecer la selección de los parámetros operativos tales como la fuerza, velocidad de alimentación y velocidad de rotación, en respuesta a las entradas del operario que especifican que se procesa la tubería particular. Por ejemplo, el sistema de control puede tener una base de datos de parámetros operativos preferidos y asociados con elementos de tubería estándar particulares de conformidad con el diámetro, el programa y el material.

Para la compatibilidad del elemento de tubería 40, con acoplamientos metálicos, es necesario que el diámetro final 74b (véase la figura 5) de la ranura 72 esté dentro de una tolerancia aceptable para que se procese el elemento de tubería de diámetro particular. Como se indica en el recuadro 76 (véase también la figura 4), para reproducir una ranura aceptable 72, el diámetro de ranura instantáneo 74a (es decir, el diámetro de ranura antes que logre su

diámetro final) se determina en intervalos al tiempo que el elemento de tubería 40 está girando. El diámetro de ranura instantáneo 74a, como se muestra en la figura 4, se determina utilizando señales desde el sensor 32 y el sensor 34 tal y como se describió anteriormente para determinar el diámetro del elemento de tubería 40 (figura 6, recuadro 66). Las señales del sensor 32, indicativas del número de revoluciones (y fracciones del mismo) del rodillo de ranurado 22, y señales del sensor 34, indicativas del número de revoluciones del elemento de tubería constituyen una medida de la superficie instantánea del elemento de tubería 40 dentro de la ranura 72. Estas señales se transmiten al sistema de control 56 que utiliza la información de las señales para determinar (es decir, calcular) en diámetro instantáneo 74a de la ranura 72 (obsérvese que el diámetro de la superficie 22a del rodillo de ranurado 22 que moldea la ranura es conocido).

Como se muestra en el recuadro 78, el sistema de control entonces compara el diámetro instantáneo de la ranura con el intervalo de tolerancia apropiado para diámetros de ranura para que se procese la tubería particular. Como se muestra en el recuadro 80, si el diámetro de ranura instantáneo no está dentro del intervalo de tolerancia apropiado, por ejemplo, el diámetro de ranura instantáneo es mayor que el diámetro aceptable más grande para el elemento de tubería particular que se procesa, entonces el sistema de control 56 continúa moldeando la ranura 72 al girar el elemento de tubería 40 alrededor de su eje longitudinal 58 mientras fuerza el rodillo de ranurado 22 contra el elemento de tubería para desplazar material del elemento de tubería, determinando el diámetro instantáneo 74a de la ranura 72 a la vez que gira el elemento de tubería 40, y comparando el diámetro instantáneo de la ranura con el intervalo de tolerancia para el diámetro de la ranura hasta que el diámetro de ranura está dentro del intervalo de tolerancia aceptable para el diámetro de la ranura.

Una vez que el diámetro final de la ranura 74b está en un diámetro según el objetivo predeterminado, el sistema de control 56 detiene el movimiento del rodillo de ranurado 22 hacia el rodillo de ranurado 12, pero continua la rotación del elemento de tubería durante una rotación completa para asegurar una profundidad de ranurado uniforme. Entonces, la rotación se detiene y el rodillo de ranurado 22 se aleja del rodillo impulsor 12 de manera que el elemento de tubería 40 pueda retirarse del dispositivo 10. Otro ejemplo del procedimiento para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería se describe utilizando el dispositivo 10a mostrado en la figura 1A. Esta realización tiene dos rodillos de soporte [rodillos libres] separados, el rodillo de soporte 22, que es un rodillo de ranurado, y el rodillo de soporte 23, que es un rodillo de medición.

Tal y como se describió anteriormente, el elemento de tubería se acopla con el rodillo impulsor 12 (véase el recuadro 62, figura 6). A continuación, como se describe en el recuadro 64 de la figura 6, el rodillo de ranurado 22 es movido por el accionador 30 (bajo la orden del sistema de control 56) hacia el rodillo impulsor 12 hasta que se acopla la superficie exterior del elemento de tubería. Es ventajoso pinzar el elemento de tubería entre el rodillo impulsor 12 y el rodillo de ranurado 22 con fuerza suficiente para retener de manera segura el elemento de tubería en el dispositivo 10. El sistema de control 56 también ordena al accionador 35 mover el rodillo de soporte 23 en acoplamiento con la superficie exterior del elemento de tubería.

En este punto, es posible determinar el diámetro del elemento de tubería con el fin de aceptar el elemento de tubería y moldear la ranura circunferencial, o rechazar el elemento de tubería debido a que su diámetro está fuera del intervalo de tolerancia aceptado y de esa forma sería incompatible con otros elementos de tubería del mismo tamaño nominal. El recuadro 66 en la figura 6 determina el diámetro del elemento de tubería y se realiza midiendo la circunferencia del elemento de tubería mientras lo gira alrededor de su eje longitudinal utilizando rodillo impulsor 12 impulsado por el motor 16. El rodillo impulsor 12 al girar, a su vez gira el elemento de tubería, lo que causa que el rodillo de soporte 23 gire alrededor de su eje 27.

Para una mayor precisión de la medición, es ventajoso si el rodillo de soporte 23 gire en respuesta al elemento de tubería sin deslizamiento. El diámetro del elemento de tubería se puede calcular entonces al conocer el diámetro de la superficie del rodillo de soporte 23 que está en contacto con el elemento de tubería, y contando el número de revoluciones del rodillo de soporte 23, incluyendo fracciones de una rotación, para cada revolución del elemento de tubería. Si se conoce el diámetro D del rodillo de soporte 23, entonces la circunferencia C del elemento de tubería se puede calcular a partir de la relación  $C = (D \times \text{rev} \times \Pi)$  en donde "rev" equivale al número de revoluciones del rodillo de soporte 23 (incluyendo fracciones de una rotación) para una revolución del elemento de tubería. Una vez que se conoce la circunferencia C del elemento de tubería, el diámetro d del elemento de tubería puede calcularse a partir de la relación  $d=C/\Pi$ .

En el dispositivo 10a, el sensor 32, por ejemplo, un codificador giratorio, cuenta el número de revoluciones y fracciones del mismo del rodillo de soporte 23 y genera una señal indicativa del mismo. Cada revolución del elemento de tubería se detecta y/o cuenta por el sensor 34 (por ejemplo, un sensor de contraste o un sensor magnético), que genera señales indicativas del mismo. Las señales de sensor 32 y el sensor 34 se transmiten al sistema de control 56, que realiza los cálculos para determinar el diámetro del elemento de tubería. El sistema de control entonces puede presentar el diámetro del elemento de tubería a un operario para aceptación o rechazo, o, el mismo sistema de control puede comparar el diámetro de elemento de tubería con un intervalo de tolerancia para tuberías de un tamaño nominal conocido y presentar una señal de "aceptación" o "rechazo" al operario.

El recuadro 70 de la figura 6 ilustra el moldeado de una ranura en el elemento de tubería. El rodillo impulsor 12 gira, y con ello hace girar el elemento de tubería alrededor de su eje longitudinal, que gira el rodillo de ranurado 22

alrededor de su eje 24 y el rodillo de soporte 23 alrededor de su eje 27. Debe observarse que el eje de rotación 14 del rodillo impulsor 12, el eje de rotación 24 del rodillo de ranurado 22, el eje de rotación 27 del rodillo de soporte 23 y el eje longitudinal del elemento de tubería son sustancialmente paralelos entre sí. Durante rotación del elemento de tubería, el accionador 30 fuerza el rodillo de ranurado 22 contra el elemento de tubería, trabajando así en frío el elemento de tubería, desplazando el material de elemento de tubería, y moldeando la ranura circunferencial. También durante rotación del elemento de tubería, el accionador 25 mantiene el rodillo de soporte 23 en contacto con el elemento de tubería dentro de la ranura que está moldeando el rodillo de ranurado 22.

Para compatibilidad del elemento de tubería con acoplamientos mecánicos, es necesario que el diámetro final de la ranura esté dentro de una tolerancia aceptable para que se procese el elemento de tubería de diámetro particular. Tal y como se indicó en el recuadro 76, para producir una ranura aceptable, el diámetro de ranura instantáneo (es decir, el diámetro de ranura antes que alcance su diámetro final) se determina en intervalos mientras está girando el elemento de tubería. El diámetro de ranura instantáneo se determina utilizando señales desde el sensor 32 y el sensor 34 como se describe anteriormente para determinar el diámetro del elemento de tubería (figura 6, recuadro 66).

Las señales del sensor 32, indicativas del número de revoluciones (y fracciones del mismo) del rodillo de soporte 23, y señales del sensor 34, indicativo del número revoluciones del elemento de tubería, constituyen una medida de la circunferencia instantánea del elemento de tubería dentro de la ranura que se moldea mediante el rodillo de ranurado 22. Estas señales se transmiten al sistema de control 56 que utiliza la información en las señales para determinar (es decir, calcular) el diámetro instantáneo de la ranura (debe tenerse en cuenta que el diámetro del rodillo de soporte 23 que está en contacto con el elemento de tubería se conoce). Como se muestra en el recuadro 78, el sistema de control compara entonces el diámetro instantáneo de la ranura con el intervalo de tolerancia apropiado para diámetros de ranura para la tubería particular que se procesa.

Tal y como se muestra en el recuadro 80, si el diámetro de ranura instantáneo no está dentro del intervalo de tolerancia apropiado, por ejemplo, el diámetro de ranura instantáneo es mayor que el diámetro aceptable más grande para el elemento de tubería particular que se procesa, entonces el sistema de control 56 continúa moldeando la ranura haciendo girar el elemento de tubería alrededor de su eje longitudinal mientras fuerza el rodillo de ranurado 22 contra el elemento de tubería para desplazar el material del elemento de ranura, determinando el diámetro instantáneo de la ranura (a través del rodillo de soporte 23 y su sensor asociado 32) a la vez que gira el elemento de tubería, y comparando el diámetro instantáneo de la ranura con el intervalo de tolerancia para el diámetro de la ranura hasta que el diámetro de la ranura está dentro del intervalo de tolerancia aceptable para el diámetro de la ranura.

Una vez que el diámetro de ranura final está a un diámetro objetivo predeterminado, el sistema de control 56 detiene el movimiento del rodillo de ranurado 22 hacia el rodillo impulsor pero continúa la rotación del elemento de tubería al menos para una rotación completa para asegurar una profundidad de ranura uniforme. Entonces, la rotación se detiene y el rodillo de ranurado 22 y el rodillo de soporte 23 se alejan del rodillo impulsor 12 de manera que pueda removerse el elemento de tubería del dispositivo 10a.

Tal y como se muestra en la figura 7, el sensor de triangulación 46 también se puede utilizar para medir una pluralidad de dimensiones del elemento de tubería 40 próximas a la ranura 72. Como se muestra en la figura 8, dimensiones tal como la distancia 88 del extremo de tubería 40 a la ranura 42, la anchura 90 de la ranura, la profundidad de la ranura, y la altura de ensanchamiento 94 del elemento de tubería se pueden medir para crear un perfil del extremo de tubería. Se puede producir un ensanchamiento como resultado del proceso de ranurado y la altura de ensanchamiento es la altura del extremo del elemento de tubería sobre el diámetro de tubería. Esta información se puede transmitir al sistema de control para comparar con tolerancias aceptables para estas dimensiones para un elemento de tubería estándar.

Tal y como se representa en las figuras 7 y 9, la medición de la pluralidad de dimensiones se realiza al girar el elemento de tubería y comprende proyectar un haz de luz 50 en forma de abanico a lo largo de una longitud de la superficie del elemento de tubería 40 que incluye la ranura circunferencial 72 (véase la figura 9, recuadro 96). La reflexión del haz 50 es detectada mediante un sensor 54 (recuadro 80). Una unidad de cálculo 55, asociada operativamente con el sensor 54 utiliza procedimientos de triangulación para calcular las dimensiones de la zona del elemento de tubería 40 barridas por el haz 50 (recuadro 100). La información dimensional se codifica en señales que se transmiten al sistema de control 56 (véase la figura 1), en este ejemplo a través de líneas por cable 58. La información dimensional así obtenida de esta forma se puede presentar y/o evaluar en una base de datos para caracterizar el elemento de tubería cuando se procesa.

En la 10 se muestra otro ejemplo de un procedimiento para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería que tiene un eje longitudinal que utiliza un rodillo impulsor y un rodillo de ranurado. Este ejemplo de procedimiento comprende: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 102); acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería (recuadro 104); moldear la ranura al girar el elemento de tubería alrededor de su eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería (recuadro 106); medir una pluralidad de circunferencias de la ranura mientras gira el elemento de tubería (recuadro 108); determinar una pluralidad de diámetros de la ranura utilizando la pluralidad de

circunferencias de la ranura (recuadro 110); calcular un cambio en diámetro de la ranura por revolución del elemento de tubería (recuadro 112); calcular un número de revoluciones del elemento de tubería necesarias para moldear una ranura de un diámetro deseado utilizando el cambio en diámetro por revolución de la ranura (recuadro 114); contar el número de revoluciones del elemento de tubería (recuadro 116); y dejar de forzar el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería al alcanzar el número de revoluciones necesarias para moldear la ranura del diámetro deseado (recuadro 118).

El procedimiento que se muestra en la figuras 10 es un procedimiento predictivo que utiliza la velocidad de cambio del diámetro por revolución del elemento de tubería para predecir cuándo detener el moldeo de la ranura al desplazar el material del elemento de tubería. Al ser posible que la predicción no produzca un diámetro de ranura tan preciso como se desee, las etapas adicionales, mostradas a continuación, pueden ser ventajosas: medir el diámetro de la ranura (recuadro 120); comparar el diámetro de la ranura con el diámetro deseado (recuadro 122); repetir las etapas de moldeo, medición, determinación, cálculo, recuento y parada (etapa 124).

Las figura 11 muestra un procedimiento predictor-corrector similar para moldear la ranura. Sin embargo, este procedimiento se basa en la circunferencia de la ranura, no el diámetro. En un ejemplo particular el procedimiento comprende: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 126); acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería (recuadro 128); moldear la ranura al girar el elemento de tubería sobre el eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar material del elemento de tubería (recuadro 130); medir una pluralidad de circunferencias de la ranura mientras gira el elemento de tubería (recuadro 132); calcular un cambio en circunferencia de la ranura por revolución del elemento de tubería (recuadro 134); calcular un número de revoluciones del elemento de tubería necesario para moldear una ranura de una circunferencia deseada utilizando el cambio en circunferencia por revolución del elemento de tubería (recuadro 136); contar el número de revoluciones del elemento de tubería (recuadro 138); y detener el forzado del rodillo de ranurado contra el elemento de tubería después de alcanzar el número de revoluciones necesarias para moldear la ranura de la circunferencia deseada (recuadro 140).

Nuevamente, con el fin de tener en cuenta el moldeo impreciso de ranuras utilizando la predicción, se pueden añadir las siguientes etapas: medir la circunferencia de la ranura (recuadro 142); comparar la circunferencia de la ranura a la circunferencia deseada (recuadro 144); repetir los etapas de moldeo, medición, cálculo, recuento y parada (recuadro 146).

Los procedimientos descritos hasta ahora utilizan la alimentación sustancialmente continua del rodillo de ranurado hacia el elemento de tubería. Sin embargo, puede haber ventajas en eficiencia y precisión del rodillo de ranurado si se hace avanzar en incrementos discretos como se describe en el procedimiento mostrado en la figura 12 y tal y como se describe a continuación: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 148); acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería (recuadro 149); moldear la ranura girando el elemento de tubería alrededor del eje longitudinal a la vez que se fuerza el rodillo de ranurado a una distancia discreta dentro del elemento de tubería para desplazar material del elemento de tubería a una revolución del elemento de tubería (recuadro 150); medir una circunferencia de la ranura mientras gira el elemento de tubería (recuadro 152); determinar un diámetro de la ranura utilizando la circunferencia de dicha ranura (recuadro 154); comparar el diámetro de la ranura con un intervalo de tolerancia para el diámetro de la ranura (recuadro 156); y hasta que el diámetro de ranura está dentro del intervalo de tolerancia: repetir los etapas de moldeo, determinación y comparación (recuadro 158).

Puede ser además más ventajoso variar el tamaño de la distancia discreta sobre la cual se mueve el rodillo de ranurado, por ejemplo al disminuir la distancia discreta para cada revolución a medida que el diámetro se acerca al intervalo de tolerancia. Lo anterior puede permitir más precisión en el moldeo de ranura de disminuir el tiempo necesario para moldear una ranura.

El ejemplo del procedimiento descrito en la figura 13 también utiliza incrementos discretos de la distancia recorrida por el rodillo de ranurado, pero basa el control del rodillo de ranurado en las mediciones de la circunferencia de la ranura, tal y como se describe a continuación: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 160); acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería (recuadro 162); moldear la ranura girando el elemento de tubería sobre el eje longitudinal a la vez que fuerza el rodillo de ranurado a una distancia discreta dentro del elemento de tubería para desplazar material del elemento de tubería a una revolución del elemento de tubería (recuadro 164); medir una circunferencia de la ranura mientras gira el elemento de tubería (recuadro 166); comparar la circunferencia de la ranura con un rango de tolerancia para la circunferencia de la ranura (recuadro 168); y hasta que la circunferencia de la ranura está entre el intervalo de tolerancia: repetir los etapas de moldeo, medición y comparación (recuadro 170).

Nuevamente, puede ser más ventajoso variar el tamaño de la distancia discreta sobre la cual se mueve el rodillo de ranurado, por ejemplo disminuyendo la distancia discreta para cada revolución a medida que el diámetro se acerca al intervalo de tolerancia. Lo anterior puede permitir una mayor precisión en el moldeo de ranuras y disminuir el tiempo necesario para moldear una ranura.

En el ejemplo del procedimiento mostrado en la figura 14, los aspectos de predictor-corrector se combinan con el

movimiento etapa a etapa discreto del rodillo de ranurado tal y como se describe a continuación: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 172); acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería (recuadro 174); moldear la ranura girando el elemento de tubería sobre el eje longitudinal a la vez que se fuerza el rodillo de ranurado a una distancia discreta dentro del elemento de tubería para desplazar material del elemento de tubería a una revolución del elemento de tubería (recuadro 176); calcular un número de revoluciones del elemento de tubería necesario para moldear una ranura de un diámetro deseado utilizando la distancia discreta por revolución de la ranura (recuadro 178); contar el número de revoluciones del elemento de tubería (recuadro 180); y detener el forzado del rodillo de ranurado dentro del elemento de tubería la distancia discreta después de alcanzar el número de revoluciones necesarias para moldear la ranura del diámetro deseado (recuadro 182).

Nuevamente, puede ser ventajoso añadir las siguientes etapas al procedimiento mostrado en la figura 14: medir el diámetro de la ranura (recuadro 184); comparar el diámetro de la ranura con el diámetro deseado (recuadro 186); repetir los etapas de moldeado, medición, cálculo, recuento y parada (recuadro 188).

En el ejemplo de la realización del procedimiento de la figura 15, la profundidad de ranura 92 (véase también la figura 8) se utiliza para controlar el movimiento del rodillo de ranurado tal y como se describe a continuación: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 190); acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería (recuadro 192); medir el diámetro del elemento de tubería mientras gira el elemento de tubería alrededor del eje longitudinal (recuadro 194); calcular una tolerancia de profundidad de ranura deseada correspondiente a una tolerancia de diámetro de ranura deseada (recuadro 196); moldear la ranura girando el elemento de tubería sobre el eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar material del elemento de tubería (recuadro 198); mientras gira el elemento de tubería, medir la profundidad de ranura (recuadro 200); comparar la profundidad de ranura con la tolerancia de profundidad de ranura deseada (recuadro 202); y repetir el moldeado de la ranura, midiendo la profundidad de ranura, y comparar la profundidad de ranura con la tolerancia de profundidad de la ranura deseada hasta que la profundidad de la ranura esté dentro de la tolerancia de profundidad de ranura deseada (recuadro 204).

La figura 16 muestra un ejemplo de un procedimiento en donde se utiliza el diámetro de ranura para controlar el movimiento del rodillo de ranurado, tal y como se describe a continuación: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 205); acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería (recuadro 206); determinar un diámetro del elemento de tubería a la vez que gira el elemento de tubería alrededor del eje longitudinal (recuadro 208); determinar una tolerancia de diámetro de ranura deseada con base en el diámetro del elemento de tubería (recuadro 210); moldear la ranura girando el elemento de tubería sobre el eje longitudinal a la vez que se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar material del elemento de tubería (recuadro 212); determinar el diámetro de ranura mientras gira el elemento de tubería (recuadro 214); comparar el diámetro de ranura con la tolerancia de diámetro de ranura deseada (recuadro 216); repetir el moldeado de la ranura y determinar el diámetro de ranura hasta que el diámetro de ranura está dentro de la tolerancia diámetro de ranura deseada (recuadro 218).

La figura 17 muestra un ejemplo de un procedimiento en donde la circunferencia de ranura se utiliza para controlar el movimiento del rodillo de ranurado, tal y como se describe a continuación: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 220); acoplar el rodillo de ranurado con elemento de tubería (recuadro 224); medir una circunferencia del elemento de tubería mientras gira el elemento de tubería alrededor del eje longitudinal (recuadro 226); determinar una tolerancia de circunferencia de ranura deseada con base en el diámetro del elemento de tubería (recuadro 228); moldear la ranura al girar el elemento de tubería alrededor del eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar material del elemento de tubería (recuadro 230); medir la circunferencia de ranura mientras gira el elemento de tubería (recuadro 232); comparar la circunferencia de ranura con la tolerancia de circunferencia ranura deseada (recuadro 234); repetir el moldeado de la ranura, la medición de la circunferencial de ranura, y la comparación de las etapas de circunferencia de ranura hasta que la circunferencia de ranura está dentro de la tolerancia de circunferencia de ranura deseada (recuadro 236).

Los procedimientos y aparatos descritos en el presente documento proporcionan una mayor eficiencia en el moldeado de elementos de tubería ranurados que reducen la probabilidad de error humano, así como la frecuencia de ranuras mal moldeadas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo (10) para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería (40) que tiene un eje longitudinal (68), el dispositivo (10) comprende:
- 10 un rodillo impulsor (12) que puede girar alrededor de un eje del rodillo impulsor (14), el rodillo impulsor (12) es acoplable con una superficie interior del elemento de tubería (40) cuando el eje del rodillo impulsor (14) está orientado sustancialmente paralelo al eje longitudinal eje (68) del elemento de tubería (40);
- 15 un rodillo de ranurado (22) que puede girar alrededor de un eje del rodillo de ranurado orientado sustancialmente paralelo al eje del rodillo impulsor (14),
- el rodillo de ranurado (22) se puede mover hacia y alejarse del rodillo impulsor (12) de modo que a la fuerza se acopla con una superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40) para desplazar el material del elemento de tubería (40) y moldear la ranura en el mismo al girar el elemento de tubería (40);
- caracterizado por que el dispositivo comprende además
- 20 un rodillo de soporte giratorio alrededor de un eje del rodillo de soporte orientado sustancialmente paralelo a al eje del rodillo impulsor (14),
- 25 el rodillo de soporte tiene un diámetro conocido, el rodillo de soporte se puede mover hacia y alejarse del rodillo impulsor (12) para acoplarse a una superficie (40b) del elemento de tubería (40) para girar al girar el elemento de tubería (40);
- un primer sensor (32) para determinar un grado de rotación del rodillo de soporte y generar una primera señal indicativa del mismo;
- 30 un segundo sensor (34) para determinar un grado de rotación del elemento de tubería (40) y generar una segunda señal indicativa del mismo;
- 35 un sistema de control (56) adaptado para recibir las primeras y segundas señales, utilizar las primeras y segundas señales para determinar el diámetro de la ranura y controlar el movimiento del rodillo de ranurado (22) hacia y desde el rodillo impulsor (12) en respuesta al diámetro de la ranura.
2. Dispositivo (10) según la reivindicación 1, en el que el primer sensor (32) comprende un codificador rotacional asociado funcionalmente con el rodillo de soporte.
- 40 3. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el rodillo de ranurado (22) está montado en un accionador (30) controlado por el sistema de control (56).
4. Dispositivo según la reivindicación 1, en el que el rodillo de soporte está montado en un accionador (30) controlado por el sistema de control (56).
- 45 5. Dispositivo (10) según la reivindicación 1, en el que el segundo sensor (34) comprende:
- 50 una superficie reflectora de luz (42) fijada a una superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40), la superficie reflectora de luz (42) contrasta con la superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40);
- un proyector de luz (36) posicionado para proyectar luz sobre la superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40) y la superficie reflectora de luz (42) fijada al mismo;
- 55 un detector (38) adaptado para detectar la luz proyectada por el proyector de luz (36) tras la reflexión desde la superficie reflectora de luz (42), el detector (38) genera la señal indicativa de la misma.
6. Dispositivo (10) según la reivindicación 5, en el que el proyector de luz (36) comprende un láser (48).
7. Dispositivo según la reivindicación 5, en el que la superficie reflectora de luz (42) se selecciona del grupo que consiste en una superficie reflectante especular, una superficie reflectante difusa, una superficie reflectante de color contrastante y combinaciones de las mismas.
- 60 8. Dispositivo (10) según la reivindicación 1, en el que el segundo sensor (34) comprende:
- 65 un imán (37) fijado a una superficie del elemento de tubería (40);
- un detector (38) adaptado para detectar un campo ic de imán (37), el detector (38) genera la señal

indicativa del mismo.

9. Dispositivo según la reivindicación 1, que comprende además un tercer sensor (46) para medir un perfil de superficie de al menos una parte del elemento de tubería (40) y generar una señal indicativa del mismo.

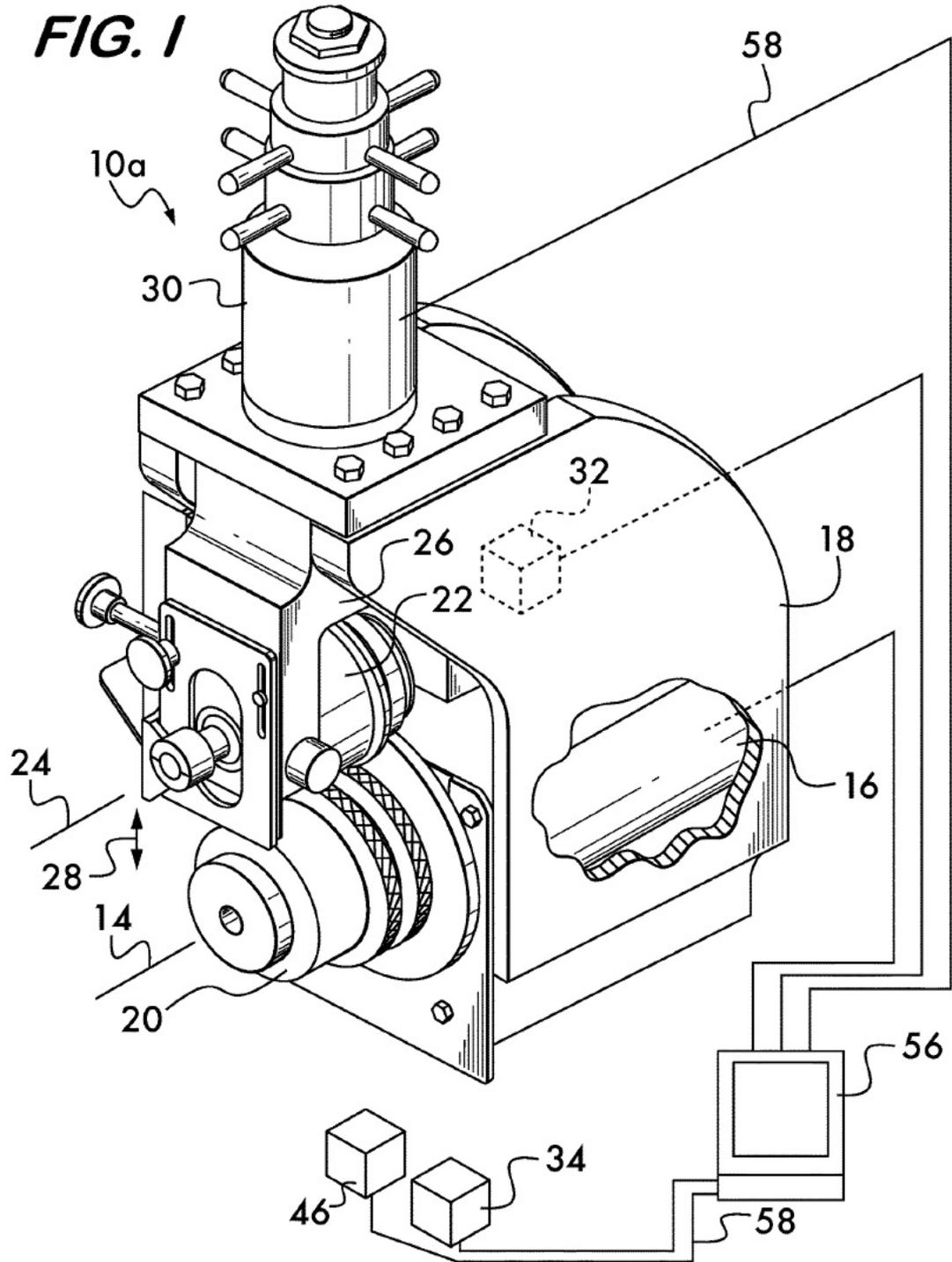
5 10. Dispositivo (10) según la reivindicación 8, en el que el segundo sensor (34) el imán (37) el elemento de tubería (40) el detector (38) el imán (37) el detector (38) el tercer sensor (46) comprenden:

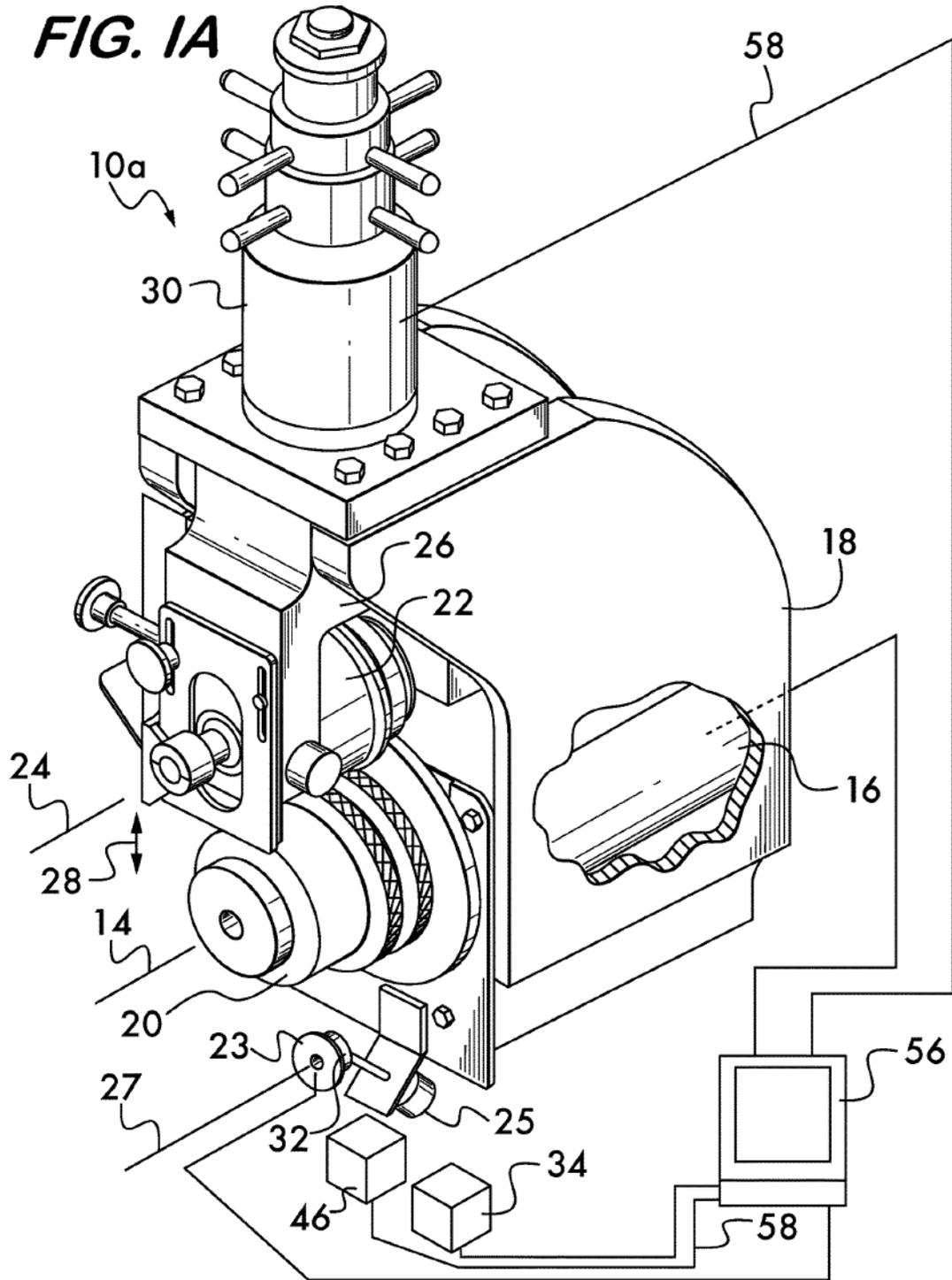
10 un láser (48) adaptado para proyectar un haz en forma de abanico (50) a lo largo de al menos la parte del elemento de tubería (40);

un detector (54) adaptado para recibir el reflejo del haz de luz en forma de abanico (50) desde la parte del elemento de tubería (40);

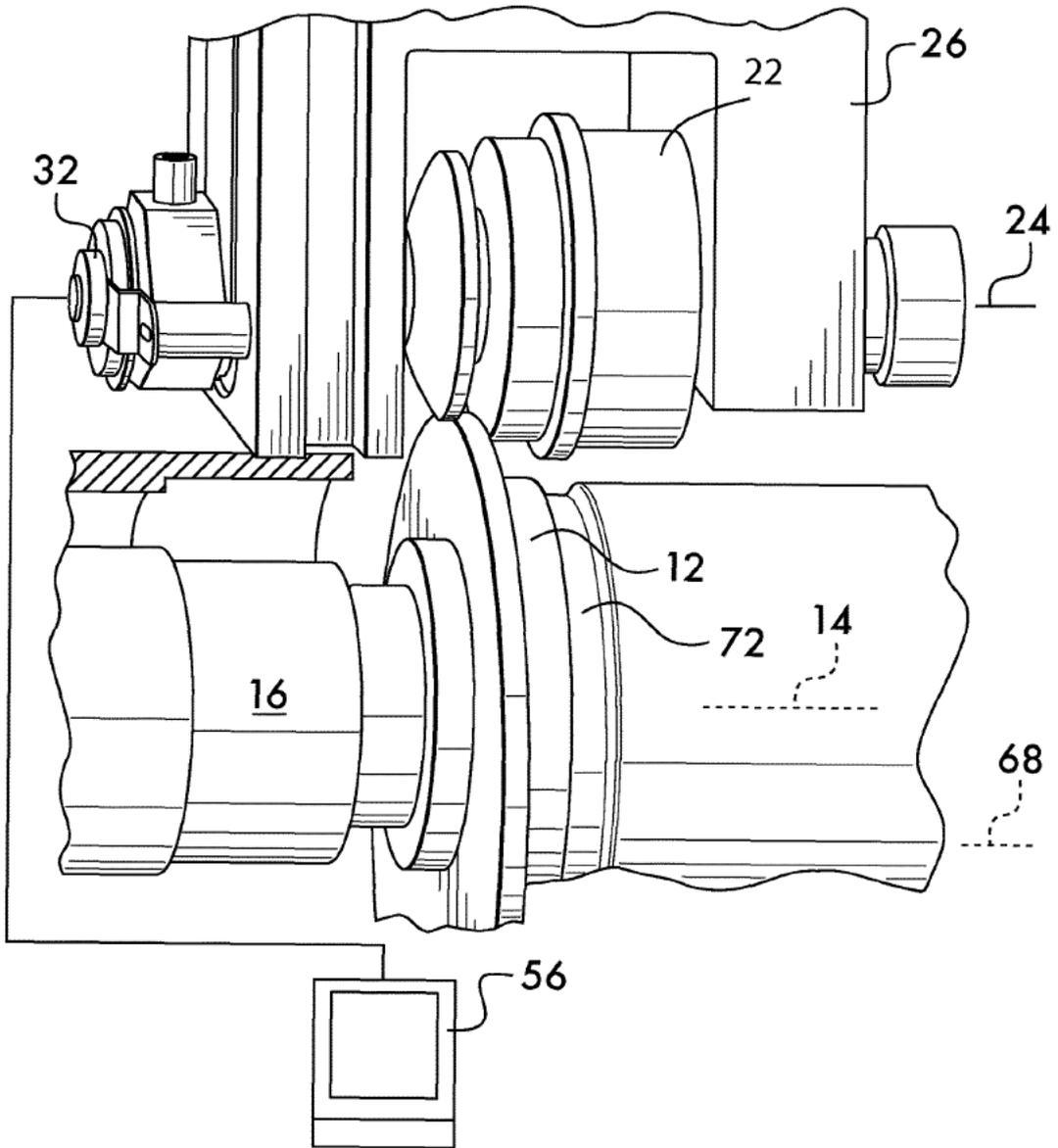
15 una unidad de cálculo (55) para convertir el reflejo en medidas que representan el perfil de superficie (52) usando triangulación, y generar la señal indicativa de las medidas y transmitir la señal al sistema de control (56).

20

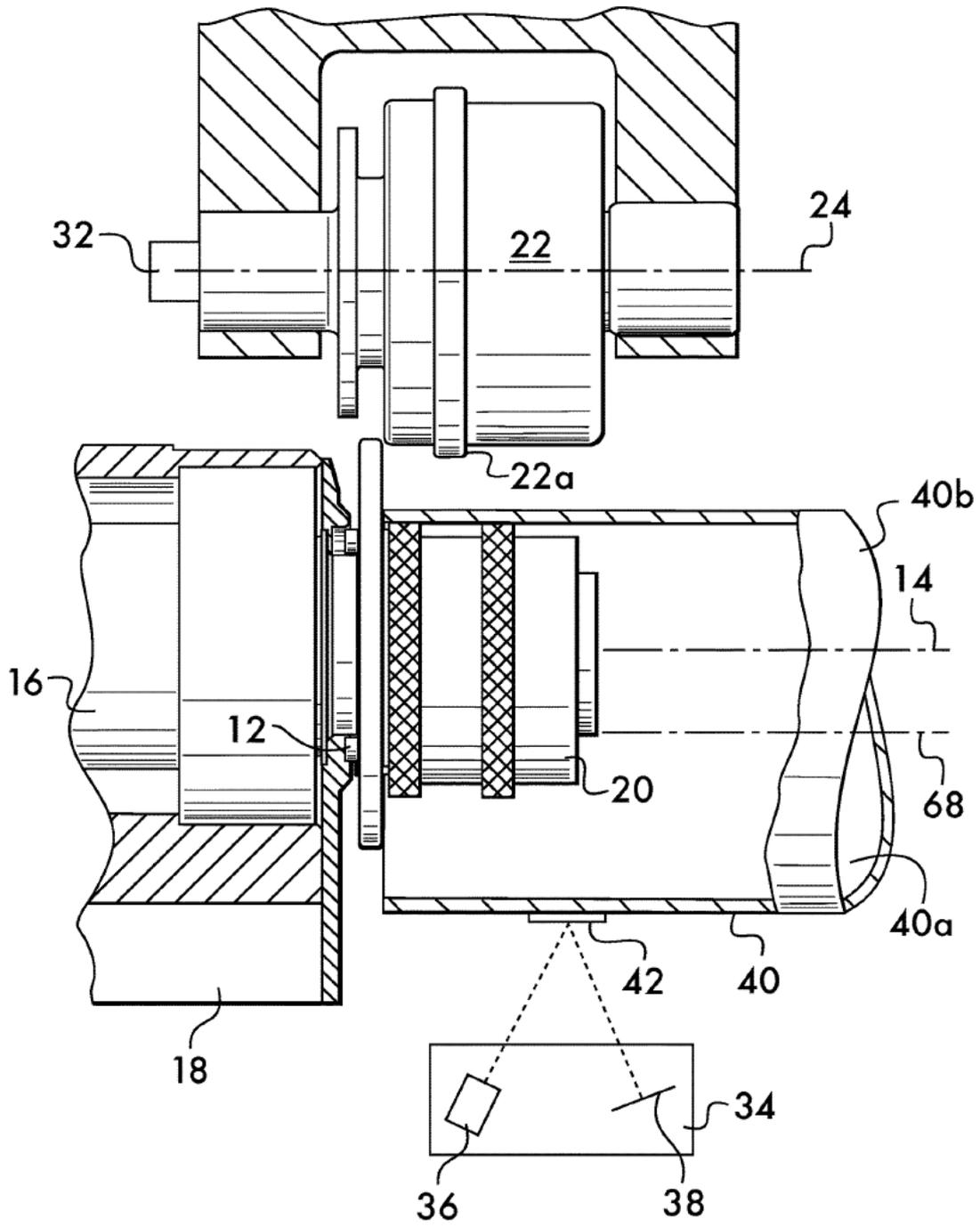




**FIG. 2**

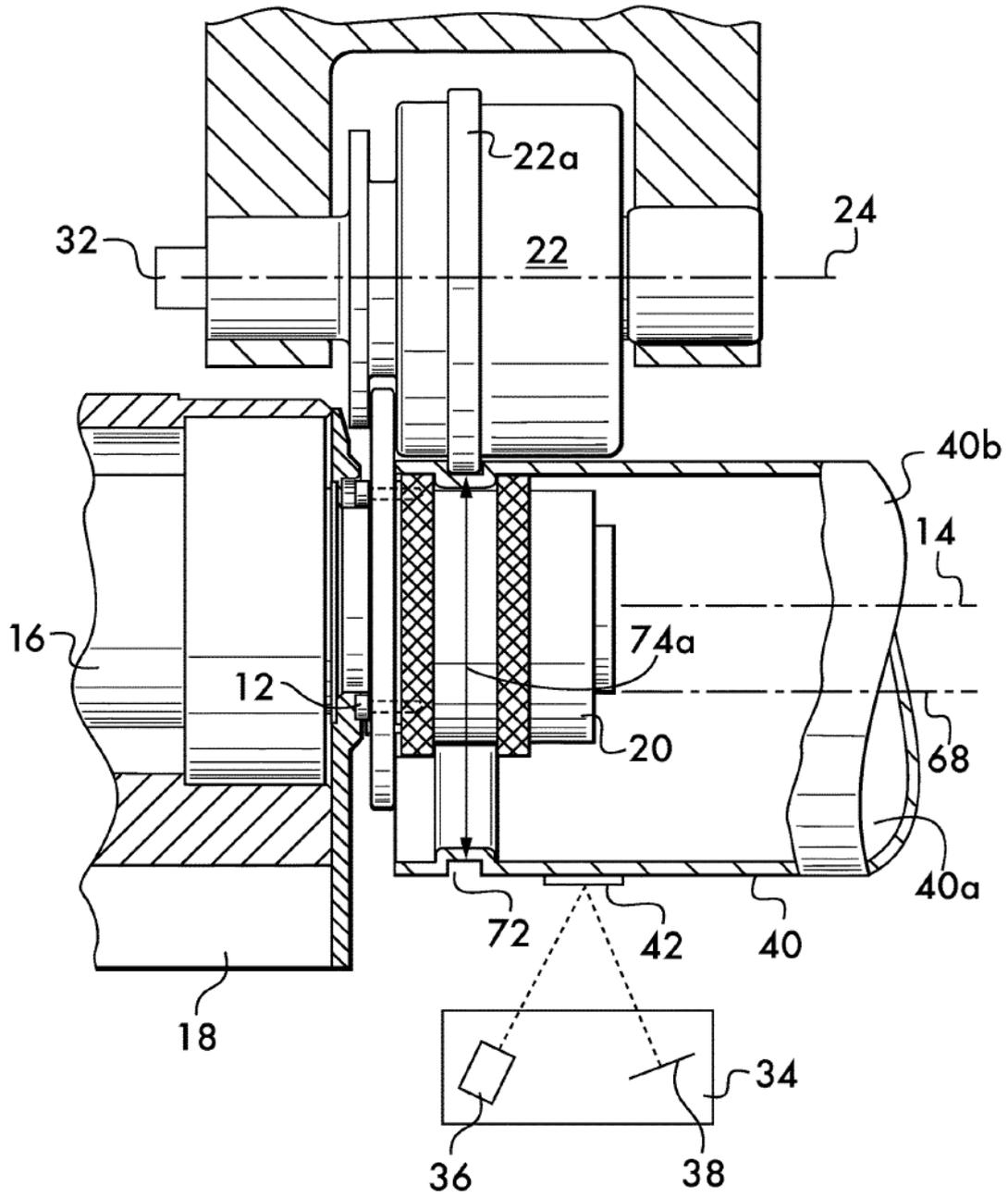


**FIG. 3**

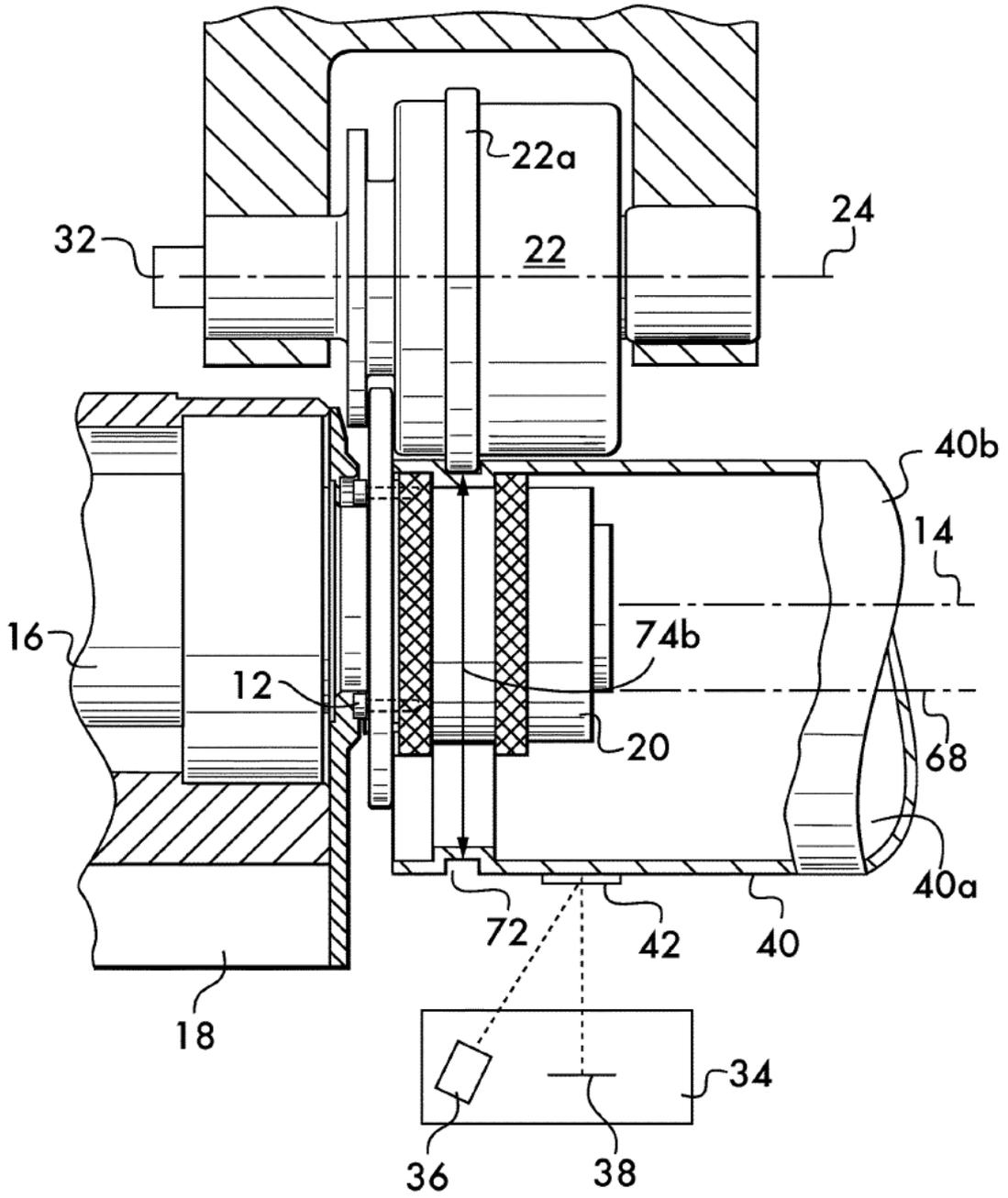




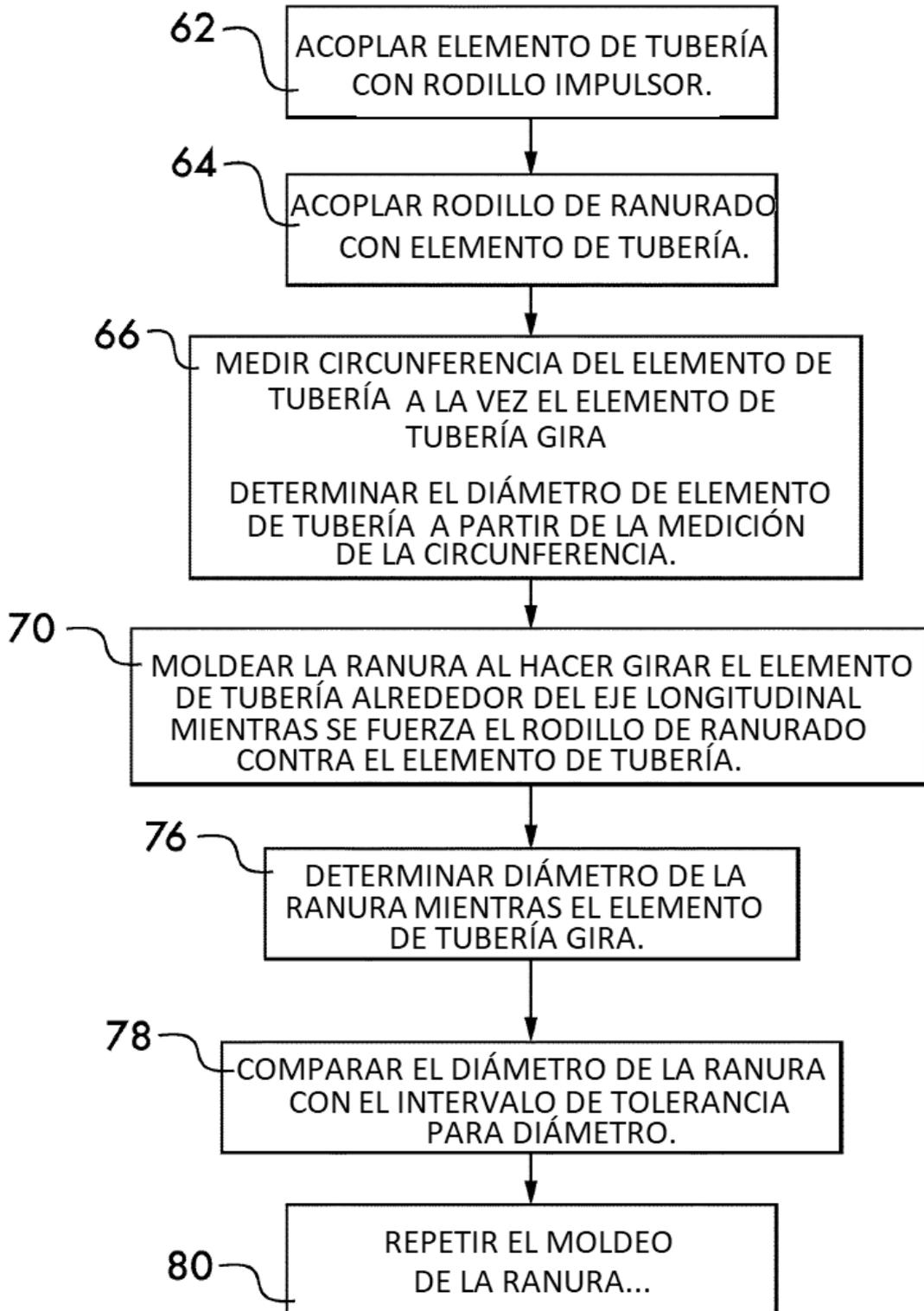
**FIG. 4**



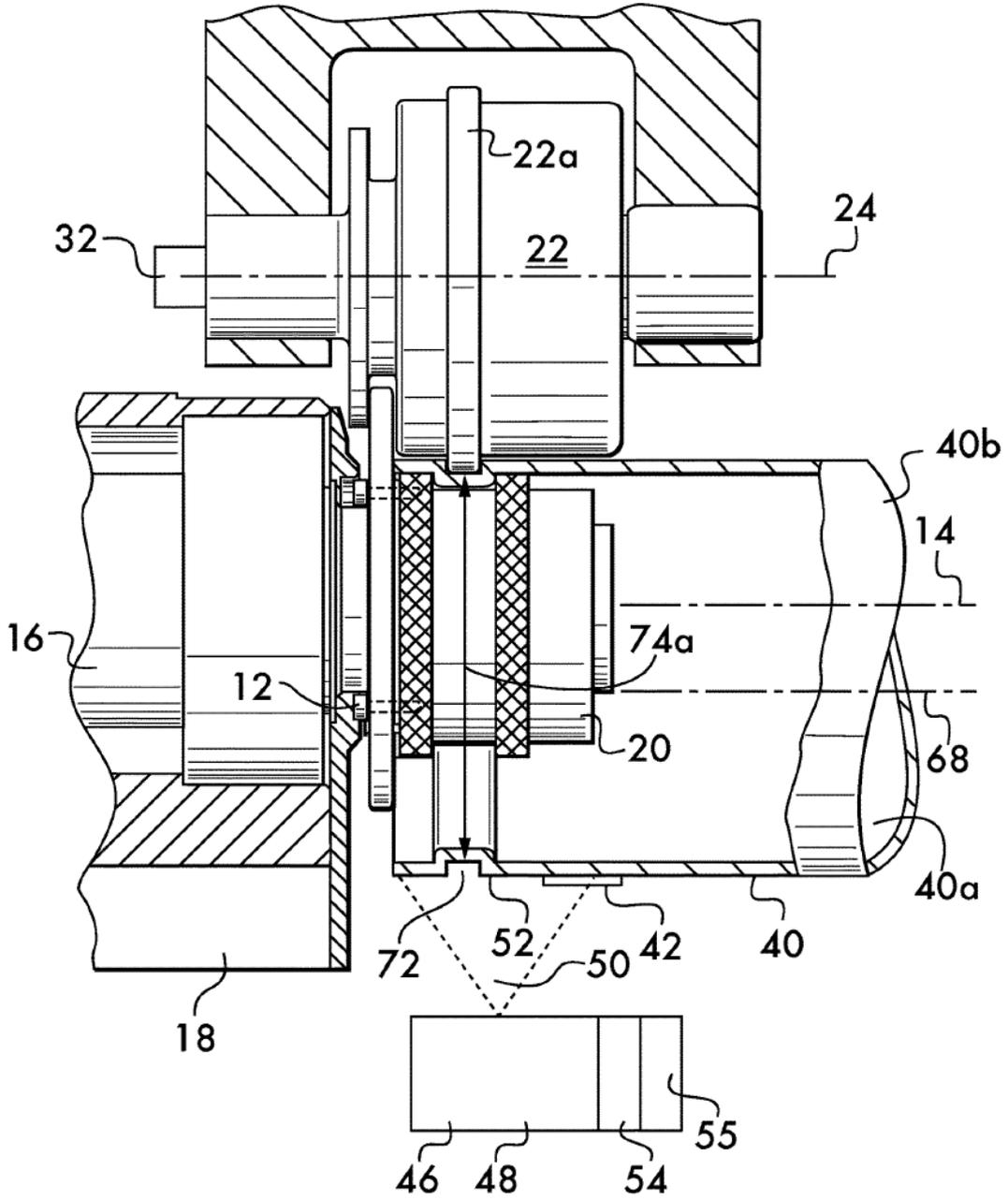
**FIG. 5**



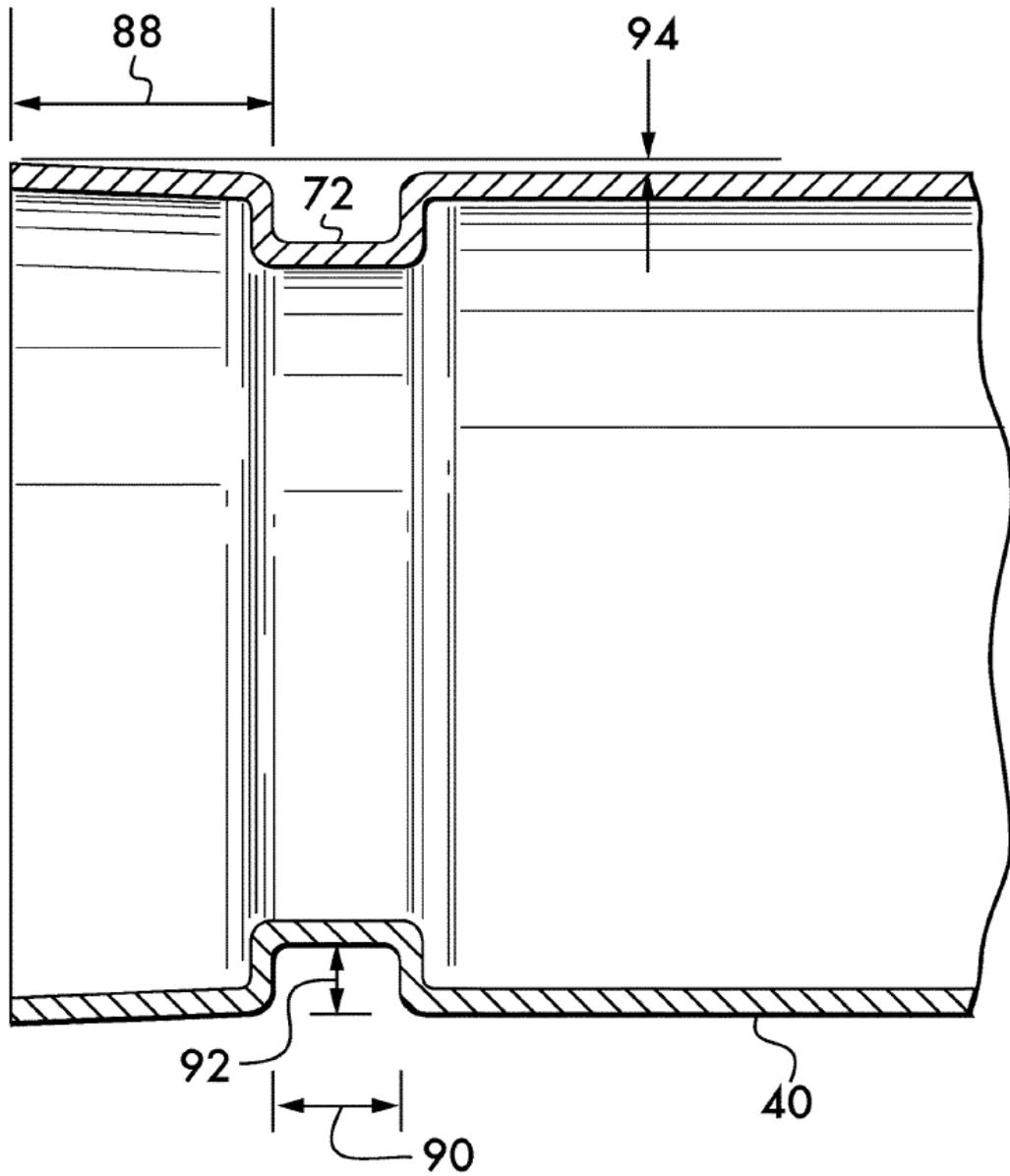
**FIG. 6**



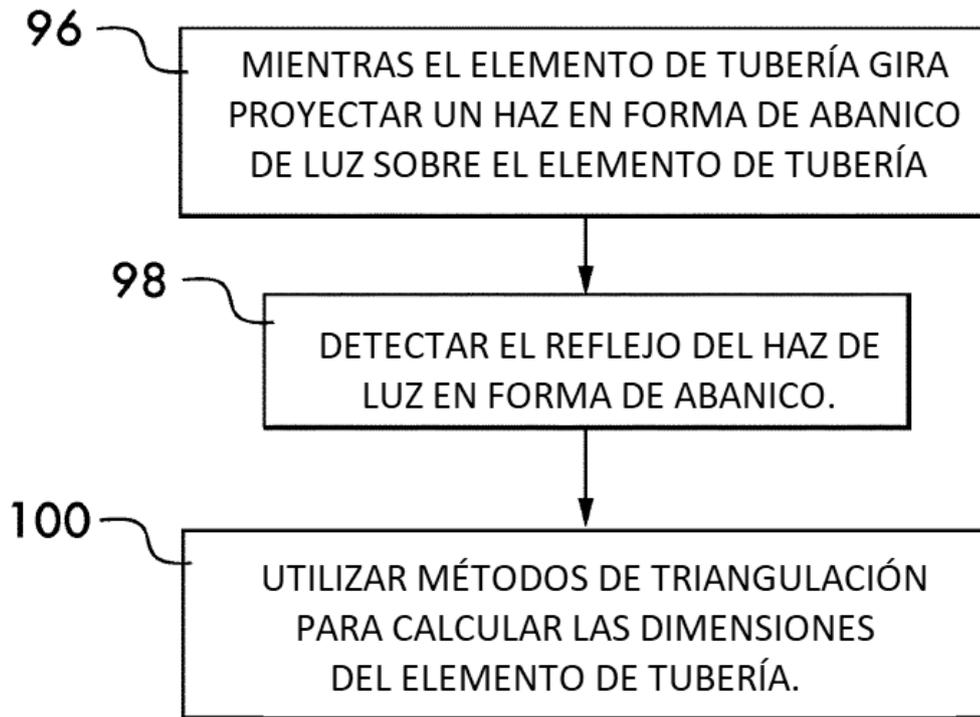
**FIG. 7**



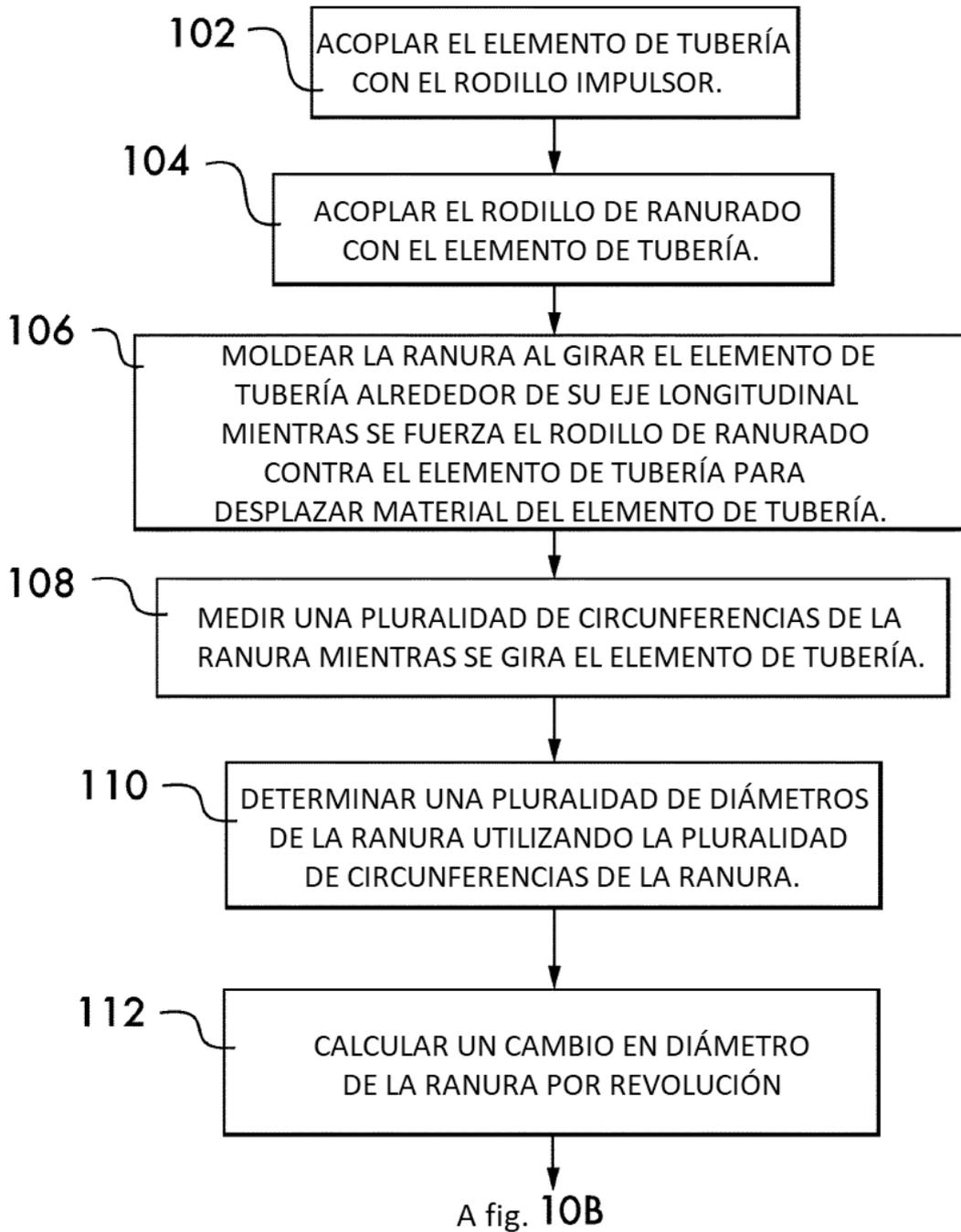
**FIG. 8**



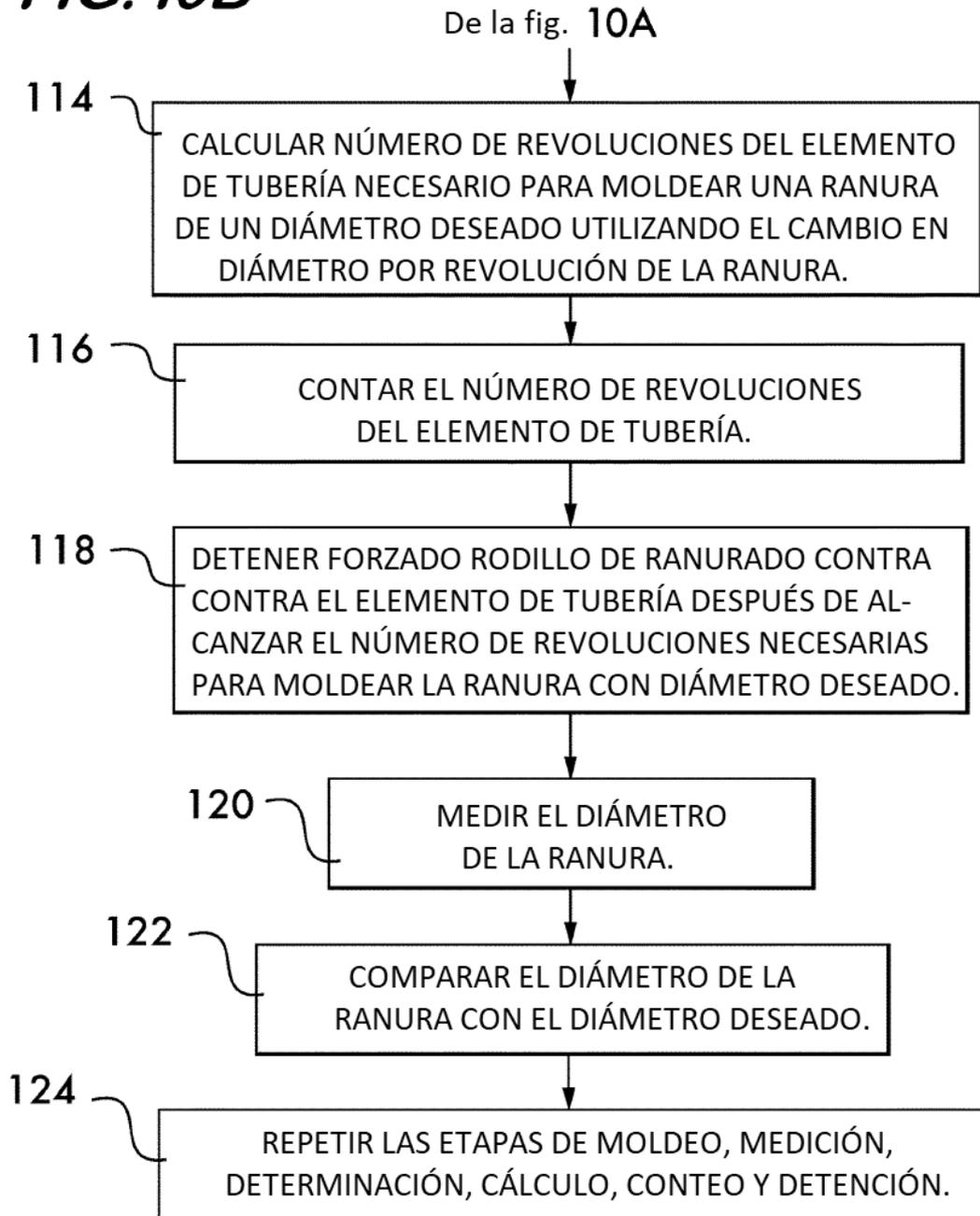
**FIG. 9**



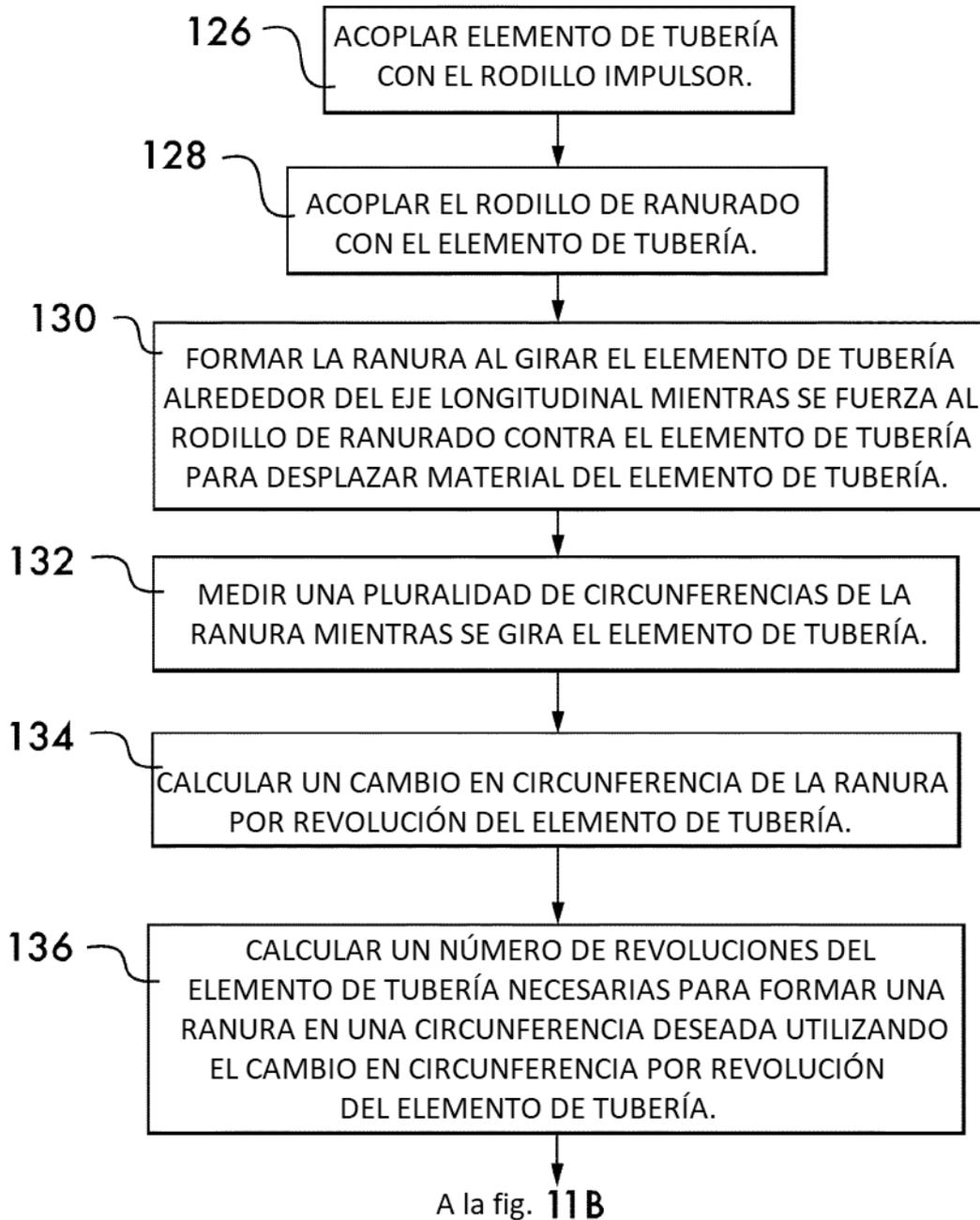
**FIG. 10A**



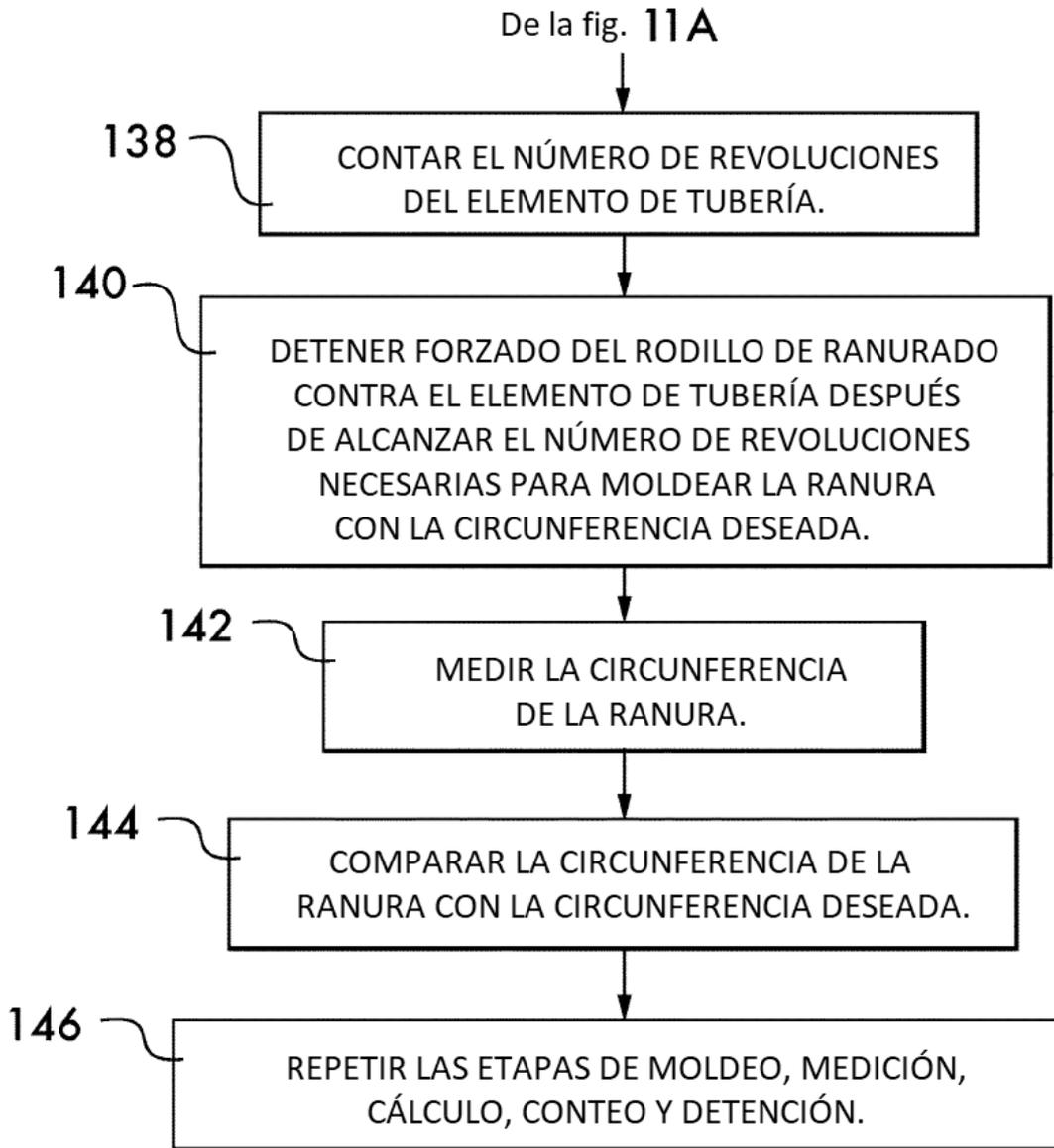
**FIG. 10B**



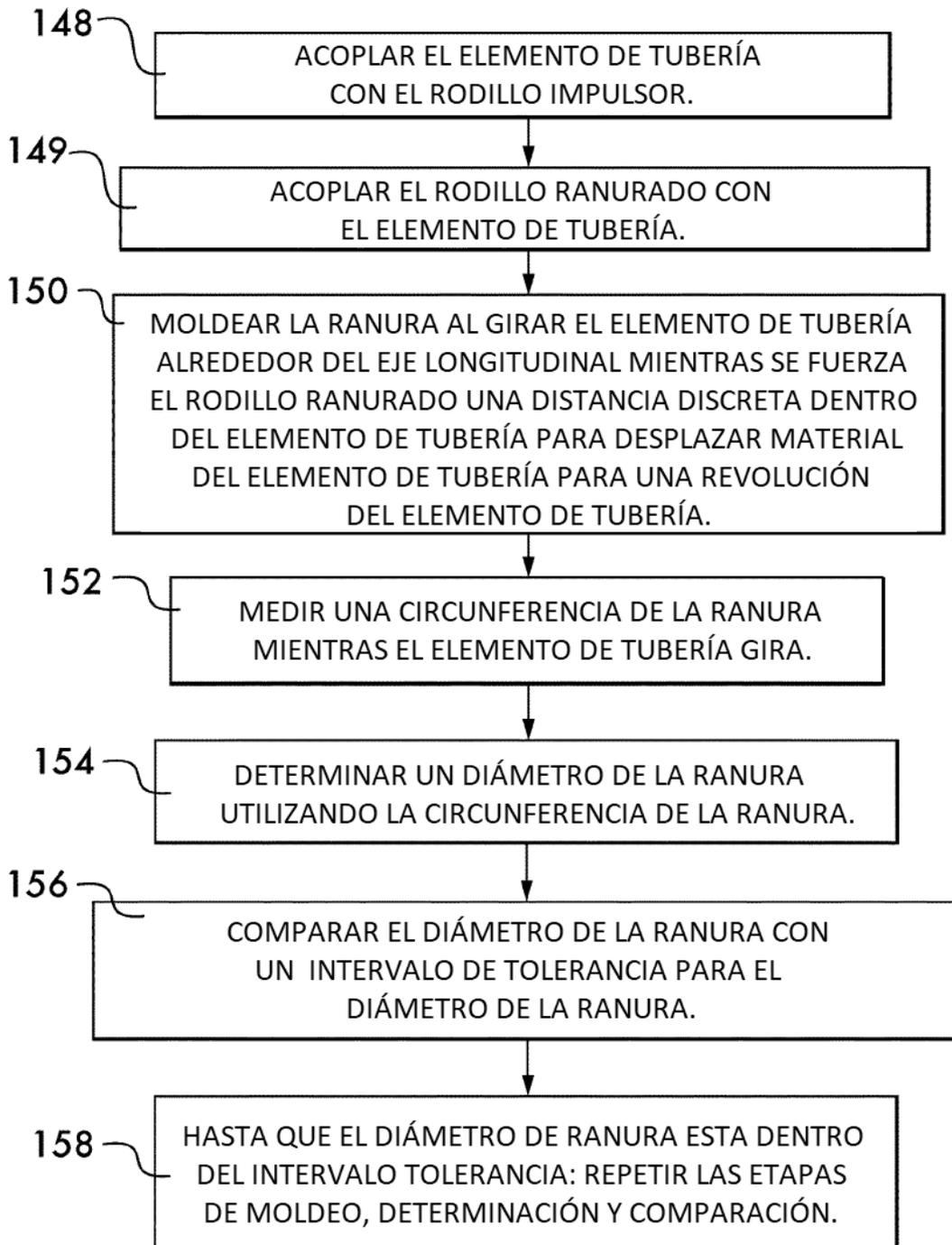
**FIG. IIA**



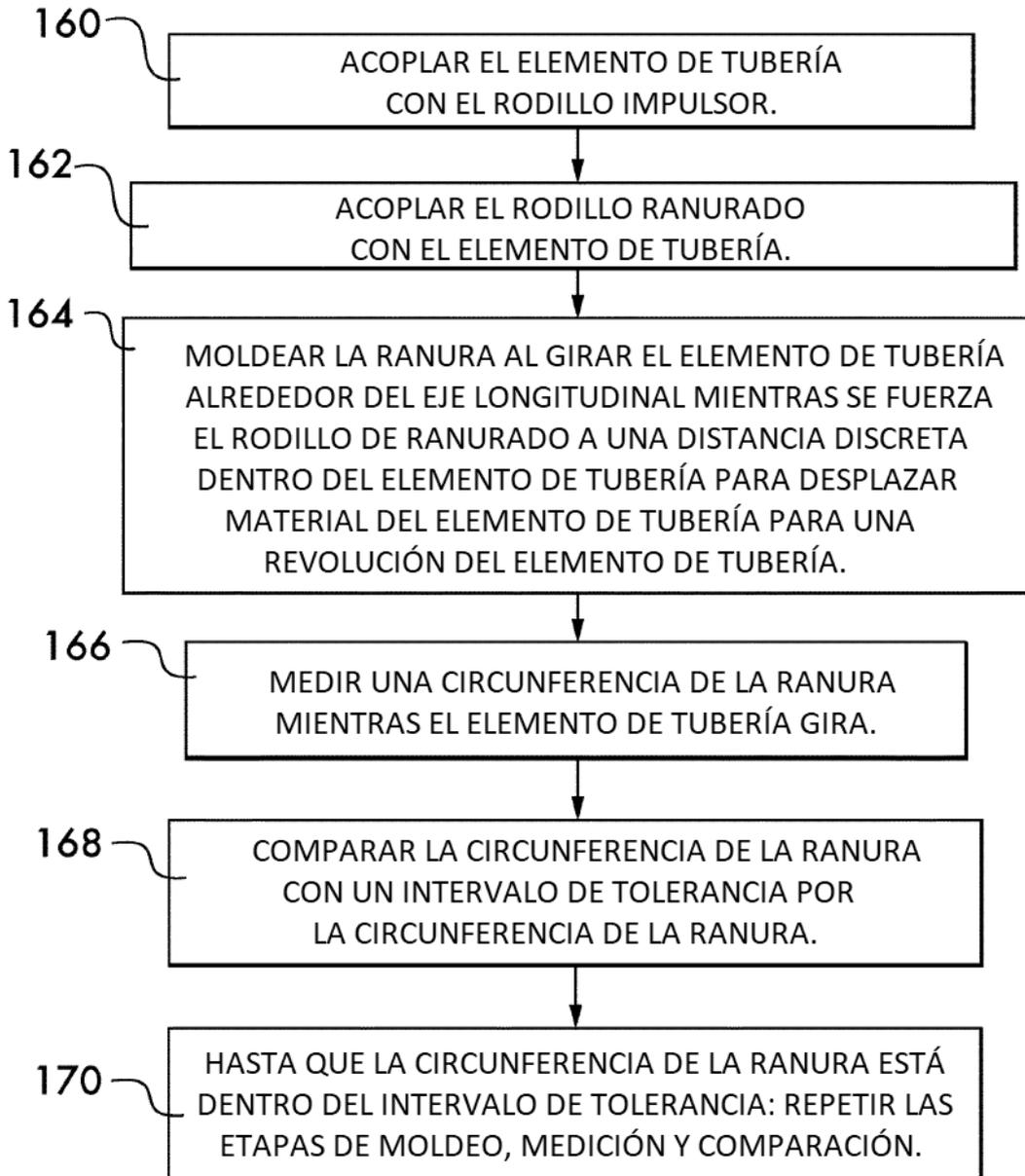
**FIG. IIB**

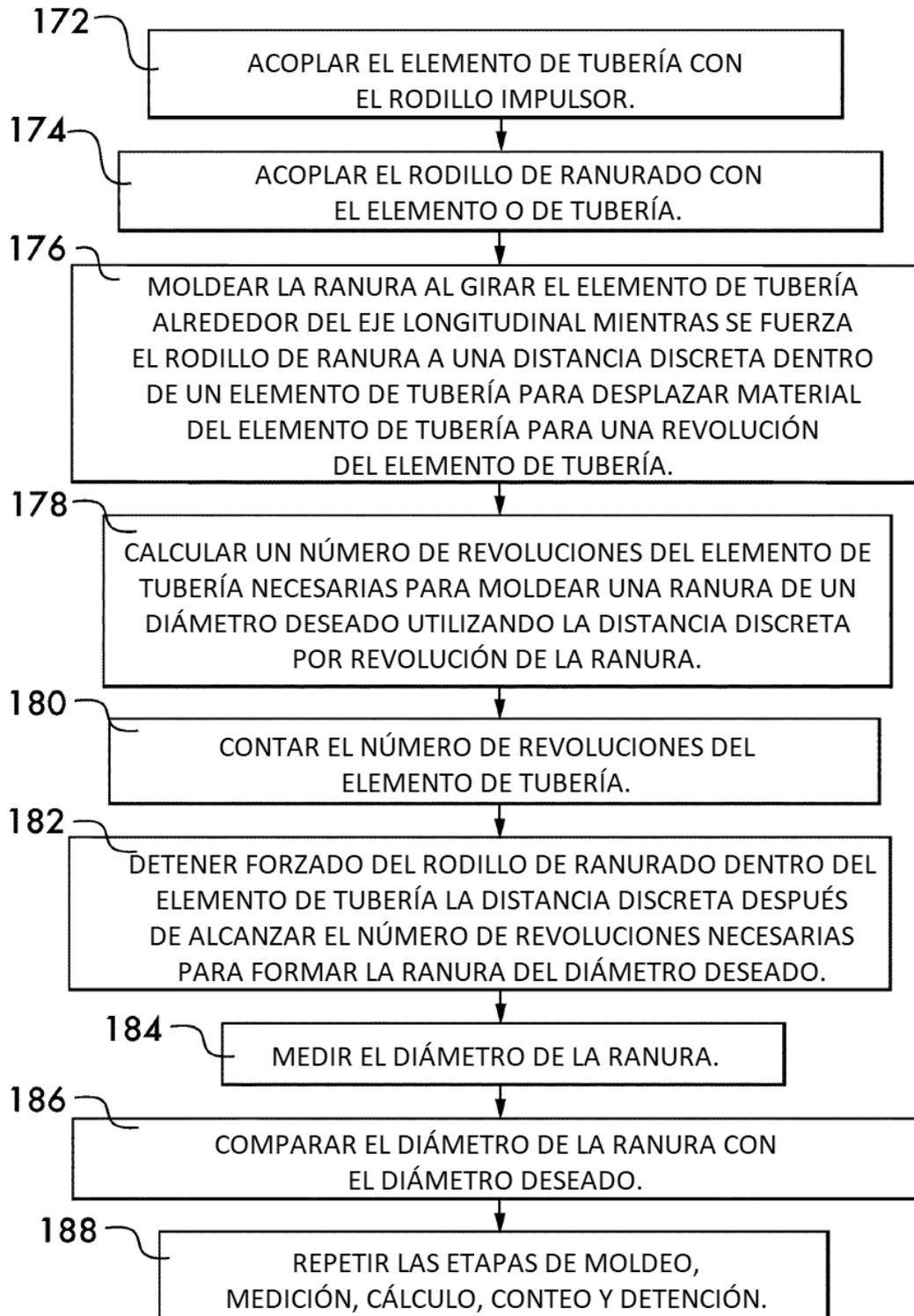


**FIG. 12**

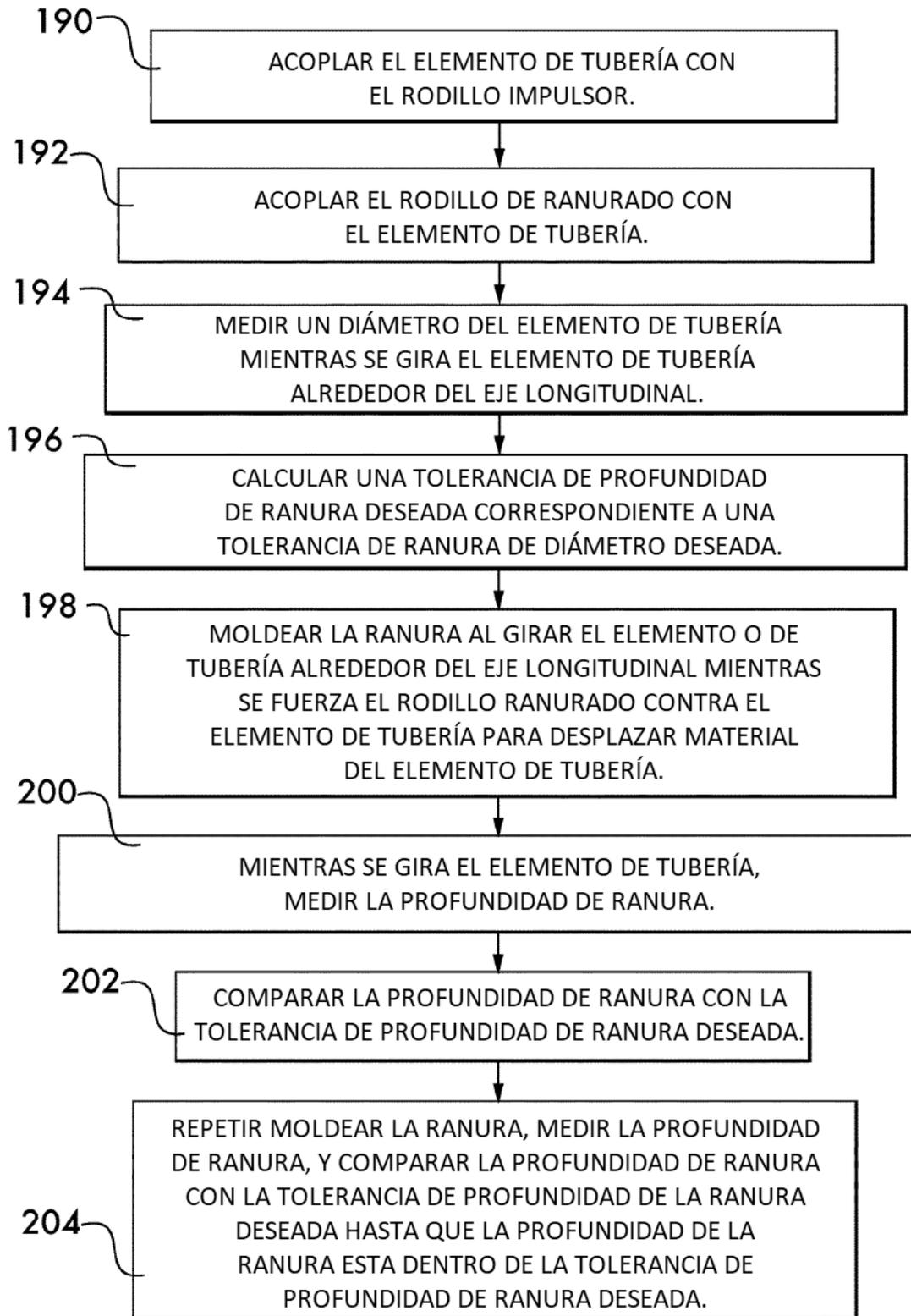


**FIG. 13**

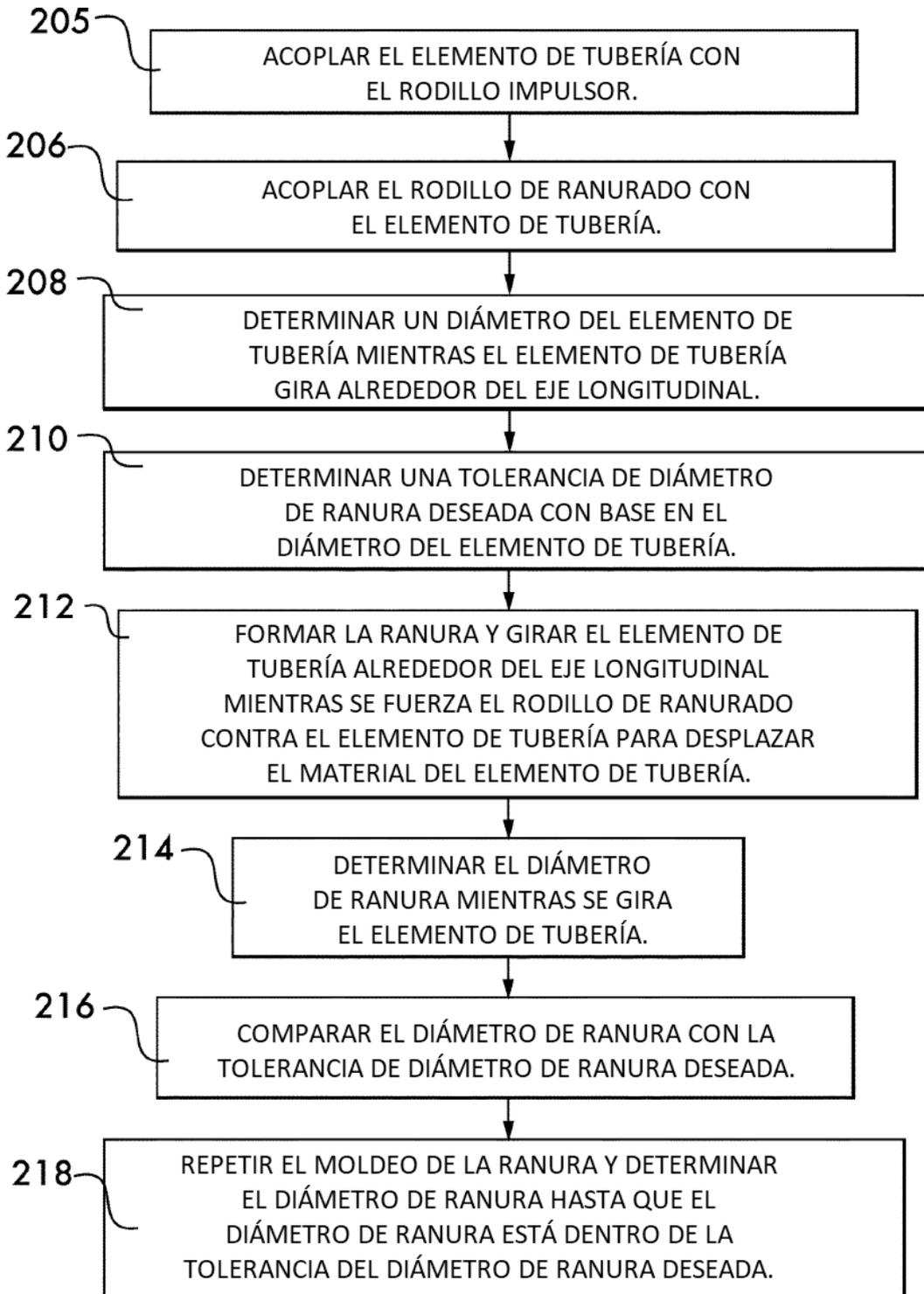


**FIG. 14**

**FIG. 15**



**FIG. 16**



**FIG. 17**

