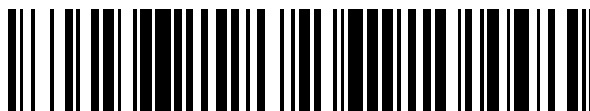


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 588**

51 Int. Cl.:

**B21D 17/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2014** E 16155634 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019** EP 3050641

54 Título: **Procedimiento y 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:

**27.07.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

**MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia**

**ES 2 775 588 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 Procedimiento y dispositivo para moldear ranuras en elementos de tubería

Campo de la invención

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

Antecedentes

15 Los elementos de tubería, que incluyen cualquier elemento similar a una tubería, como material de tubería, así como accesorios, incluidos, por ejemplo, codos, tes y lineales y componentes como válvulas, filtros, tapas de extremo y entradas y salidas de bombas, se pueden unir herméticamente en relación de extremo a extremo utilizando acoplamientos de tubería mecánicos, un ejemplo de lo ello se describe en la patente de los Estados Unidos número 7,086,131. Los acoplamientos están formados por dos o más segmentos unidos de extremo a extremo mediante elementos de sujeción [tornillos pasadores] roscados. En uso, los  
20 segmentos de acoplamiento se colocan alrededor de los elementos de la tubería atrayéndose entre sí y se acoplan con los elementos de tubería al ajustar los elementos de sujeción [tornillos pasadores] roscados.

25 Los elementos de tubería pueden tener ranuras circunferenciales que se acoplan mediante teclas que sobresalen radialmente sobre los acoplamientos de tubería para proporcionar una restricción positiva a las cargas de empuje que experimentan 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 tórica puede tener glándulas que usan la presión interna del fluido dentro de los elementos de la tubería para aumentar la presión máxima a la que sigue siendo efectiva para evitar fugas. La junta se comprime radialmente entre los segmentos de acoplamiento y los elementos de la tubería para lograr el sellado hermético deseado.  
30

35 Para crear una unión estanca a los fluidos utilizando un acoplamiento mecánico con elementos de tubería ranurados, es necesario controlar las dimensiones de las ranuras circunferenciales de los elementos de tubería para que las ranuras se acoplen correctamente a las teclas de los elementos de acoplamiento y también permitan que los segmentos se muevan uno hacia el otro y compriman la junta lo suficiente como para lograr el 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 el otro para desplazar el material del elemento de tubería, habitualmente por medios hidráulicos, mientras giran alrededor de ejes de rotación sustancialmente paralelos.  
40

45 El elemento de tubería gira en respuesta (o los rodillos orbitan alrededor de la circunferencia de la tubería) y la ranura se moldea alrededor de la circunferencia del elemento de tubería. El control dimensional de las ranuras se dificulta debido a las tolerancias permitidas de las dimensiones de la tubería. Por ejemplo, para tubos de acero, las tolerancias en el diámetro pueden ser tan altas como +/- 1%, la tolerancia de espesor de pared es -12,5% sin límite superior fijo, y la tolerancia fuera de redondez es +/- 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 que mida activamente un parámetro, como el diámetro de la ranura, y que utilice tales medidas, al tiempo que se forma la ranura, para controlar el movimiento de rodillos que forman la ranura. Lo anterior evitará realizar la ranura de prueba y procedimiento de medición/ajuste de la técnica anterior. El documento US 2002/0112359 A1, que forma la base para el preámbulo de la reivindicación 1, 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. Una superficie de contacto, acoplable con la superficie exterior de la tubería dentro de la ranura, está montada en el brazo.  
50  
55

60 Sumario

65 La invención hace referencia a un dispositivo para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería que tiene un eje longitudinal según la reivindicación 1. La invención además hace referencia a "un procedimiento para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería usando el dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 6 "según las reivindicaciones 7 y 17. El procedimiento se ve influido al usar un rodillo impulsor y un rodillo de ranurado según una de las reivindicaciones 1 a 6.

## ES 2 775 588 T3

- En un ejemplo de una realización, el procedimiento comprende: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor; acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería; moldear la ranura haciendo girar el elemento de tubería sobre el eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería; medir una circunferencia de la ranura mientras gira el elemento de tubería; determinar un diámetro de la ranura usando la circunferencia de la ranura; comparar el diámetro de la ranura con un rango de tolerancia deseado; y repetir el moldeo, medición, determinación y comparación hasta que el diámetro de la ranura esté dentro del rango de tolerancia deseado.
- Este ejemplo de un procedimiento puede comprender además: determinar un diámetro del elemento de tubería; comparar el diámetro del elemento de tubería con un rango de tolerancia para el diámetro del elemento de tubería; rechazar el elemento de tubería antes de moldear la ranura en el elemento de tubería si el diámetro del elemento de tubería no está dentro del rango de tolerancia para el diámetro del elemento de tubería.
- En un ejemplo particular del procedimiento, determinar el diámetro del elemento de tubería puede comprender: girar el elemento de tubería mientras el elemento de tubería está acoplado con el rodillo de ranurado, el rodillo de ranurado gira en respuesta al elemento de tubería; conocer un diámetro de una superficie del rodillo de ranurado acoplado con el elemento de tubería; determinar una serie de revoluciones del rodillo de ranurado, incluidas sus fracciones, para cada revolución del elemento de tubería; y calcular el diámetro del elemento de tubería, el número de revoluciones del rodillo de ranurado, incluidas sus fracciones, por revolución del elemento de tubería es proporcional al diámetro del elemento de tubería.
- A modo de ejemplo, determinar el número de revoluciones del rodillo de ranurado, incluidas sus fracciones, puede comprender contar el número de revoluciones del rodillo de ranurado, incluidas las fracciones del mismo, para al menos una de las revoluciones del elemento de tubería.
- En un ejemplo de realización del procedimiento, la determinación de al menos una de las revoluciones del elemento de tubería se efectúa: marcando una superficie exterior del elemento de tubería con una superficie reflectora de luz que contrasta con la superficie exterior del elemento de tubería; proyectar una luz resplandeciente sobre la superficie exterior del elemento de tubería; detectar un primer y un segundo reflejo de la luz desde la superficie reflectora de la luz mientras gira el elemento de tubería.
- En un ejemplo de una realización particular, acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería comprende pellizcar el elemento de tubería entre el rodillo de ranurado y el rodillo impulsor con la suficiente fuerza como para sostener el elemento de tubería entre ellos. Un ejemplo de una realización del procedimiento comprende unir una superficie interior del elemento de tubería con el rodillo impulsor y una superficie exterior del elemento de tubería con el rodillo de ranurado.
- A modo de ejemplo, el procedimiento también puede comprender seleccionar una velocidad de rotación para rotar el elemento de tubería basándose en al menos una característica del elemento de tubería. Al menos una de las características del elemento de tubería se puede seleccionar del grupo que consiste en un diámetro, un grosor de pared, un material del elemento de tubería y sus combinaciones.
- De manera similar, a modo de ejemplo, el procedimiento puede comprender además seleccionar una fuerza para forzar el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería basándose en al menos una característica del elemento de tubería. Al menos una de las características del elemento de tubería se puede seleccionar del grupo que consiste en un diámetro, un grosor de pared, un material del elemento de tubería y sus combinaciones.
- De nuevo a modo de ejemplo, el procedimiento puede comprender seleccionar una velocidad de alimentación del rodillo de ranurado para moldear la ranura en el elemento de tubería basándose en al menos una característica del elemento de tubería. Al menos una de las características del elemento de tubería se puede seleccionar del grupo que consiste en un diámetro, un grosor de pared, un material del elemento de tubería y sus combinaciones.
- En un ejemplo de una realización del procedimiento, el determinar el diámetro de la ranura comprende: conocer un diámetro de una superficie del rodillo de ranurado acoplado con la ranura dentro del elemento de tubería; determinar una serie de revoluciones del rodillo de ranurado, incluidas fracciones del mismo, para cada revolución del elemento de tubería; calcular el diámetro de la ranura, el número de revoluciones del rodillo de ranurado, incluidas sus fracciones, por revolución del elemento de tubería siendo proporcional al diámetro de la ranura.
- Además, a modo de ejemplo, determinar el número de revoluciones del rodillo de ranurado, incluidas sus fracciones, comprende contar el número de revoluciones del rodillo de ranurado, incluidas sus fracciones, para al menos una de las revoluciones del elemento de tubería.

En un ejemplo de una realización, la determinación de al menos una de las revoluciones del elemento de tubería se puede efectuar al: marcar una superficie exterior del elemento de tubería con una superficie reflectora de luz que contrasta con la superficie exterior del elemento de tubería; proyectar una luz resplandeciente sobre la superficie exterior del elemento de tubería; detectar un primer y un segundo reflejo de la luz desde la superficie reflectora de la luz mientras gira el elemento de tubería.

Además, un ejemplo de un procedimiento puede comprender además medir una pluralidad de dimensiones próximas a la ranura circunferencial en el elemento de tubería mientras se gira el elemento de tubería. En un ejemplo de una realización, el medir la pluralidad de dimensiones comprende medir al menos una dimensión seleccionada del grupo que consiste en una distancia desde un extremo de la ranura hasta un extremo de la tubería, un ancho de la ranura, una profundidad de la ranura, una altura abocinada de la tubería y sus combinaciones.

La invención abarca además un dispositivo para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería que tiene un eje longitudinal. En un ejemplo de una realización, el dispositivo comprende un rodillo impulsor que gira alrededor de un eje del rodillo impulsor. El rodillo impulsor se puede acoplar con una superficie interior del elemento de tubería cuando el eje del rodillo impulsor está orientado sustancialmente paralelo al eje longitudinal del elemento de tubería. Un rodillo de ranurado gira alrededor de un eje de rodillo de ranurado orientado sustancialmente paralelo al eje del rodillo impulsor. El rodillo de ranurado tiene un diámetro conocido. El rodillo de ranurado se puede mover desde y hacia el rodillo impulsor para acoplarse contudentemente a la superficie exterior del elemento de tubería y moldear la ranura en el mismo al girar el elemento de tubería. Se usa un primer sensor para determinar un grado de rotación del rodillo de ranurado y generar una primera señal indicativa del mismo. Se usa un segundo sensor para determinar un grado de rotación del elemento de tubería y generar una segunda señal indicativa del mismo. Un sistema de control está adaptado para recibir las señales primera y segunda, usar las señales primera y segunda para determinar un diámetro de la ranura, y controlar el movimiento del rodillo de ranurado hacia y desde del rodillo impulsor en respuesta al diámetro de la ranura.

A modo de ejemplo, el primer sensor puede comprender un codificador rotacional asociado operativamente con el rodillo de ranurado. También a modo de ejemplo, 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 colocan 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, que está adaptado para detectar la luz proyectada por el proyector de luz al reflejarse desde la superficie reflectora de luz, genera la señal indicativa del mismo. A modo de ejemplo, el proyector de luz puede comprender un láser. Además, por ejemplo, la superficie reflectora de luz puede seleccionarse del grupo que consiste en una superficie reflectora especular, una superficie reflectora difusa, una superficie reflectora de color contrastante y combinaciones de las mismas. En otro ejemplo de una realización, el segundo sensor comprende 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. En otra realización de ejemplo, el dispositivo 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. El tercer sensor puede, por ejemplo, comprender un láser adaptado para proyectar un haz en forma de abanico a lo largo de al menos la parte del elemento de tubería. Un detector recibe un reflejo del haz en forma de abanico de la parte del elemento de tubería. Una unidad calculadora convierte la reflexión en medidas que representan el perfil de la superficie mediante triangulación. La unidad calculadora genera la señal indicativa de las mediciones y transmite la señal al sistema de control.

A modo de ejemplo, el rodillo de ranurado se puede montar en un accionador controlado por el sistema de control, comprendiendo el accionador un pistón hidráulico, por ejemplo.

#### Breve descripción de los dibujos

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 que se muestra en la figura 1.

Las figuras 3, 3 A, 4 y 5 son vistas en sección de una parte del dispositivo que se muestra en la figura 1.

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 que se muestra en la figura 1.

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

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

Descripción detallada

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

20 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 mientras se mantienen los ejes 14 y 24 en una relación sustancialmente paralela. El movimiento del yugo 26 y, por lo tanto, del rodillo de ranurado 22 se realiza mediante un accionador 30. Los accionadores hidráulicos son ventajosos porque proporcionan una gran gama de alta fuerza ajustable en incrementos muy pequeños capaces de hacer ceder localmente el material de la tubería para moldear progresivamente la ranura. Por supuesto que otros tipos de accionadores son factibles.

30 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 moldeo de la ranura circunferencial en el elemento de tubería. En esta realización de ejemplo, el primer sensor 32 comprende un codificador giratorio. Los codificadores giratorios son ventajosos porque tienen una excelente fiabilidad, repetibilidad, precisión y resolución, por lo general permiten dividir una revolución en 600,060 pasos discretos para una gran precisión en la medición de la rotación del rodillo de ranurado 22. El codificador giratorio modelo LM101C005BB20F00 suministrado por RLS de Ljubjana, Eslovenia sirve como un ejemplo práctico apropiado para el dispositivo 10.

40 En general, al menos una revolución del elemento de tubería se puede determinar detectando una característica en el elemento de tubería por primera y segunda vez mientras el elemento de tubería gira. La característica, por ejemplo, podría ser una característica natural, como un rasguño singular, una marca hecha por una herramienta, una costura u otra característica que no se ha colocado en la tubería para ningún propósito en particular. Sin embargo, es ventajoso colocar una característica en el elemento de tubería que sea fácilmente detectable para asegurar la determinación confiable y precisa de una revolución del elemento de tubería. A continuación se describen dos ejemplos, entendiéndose que otros procedimientos de detección también son factibles.

45 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 del 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 tubo 40, y una superficie reflectora de luz 42 que es fijado 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 al de la superficie exterior 40b del elemento de tubería 40 y, por lo tanto, proporcionar un contraste con la superficie exterior del elemento de tubería. El sensor 34 también se conoce como sensor de contraste porque el detector 38 detecta la diferencia entre la luz proyectada reflejada desde la superficie exterior de la tubería 40b y la superficie reflectora de la luz de contraste 42. Los sensores de contraste como 34 son fabricados por Leuze Electronics de New Hudson, Michigan, siendo factible el número de modelo HRTL 3B / 66-S8 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 usarse para detectar y contar las revoluciones del elemento de tubería.

60 En una realización alternativa, mostrada en la figura 3 A, 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 35 genera una señal que se puede usar 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 50 en forma de abanico a lo largo de una parte de la superficie exterior 40b del elemento de tubería 40 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 la superficie exterior del elemento de tubería. El tercer sensor 46 también incluye una unidad calculadora 55 que usa triangulación para convertir la reflexión del haz en forma de abanico en medidas que representan el perfil de la superficie exterior.

Con referencia nuevamente a la figura 1, el dispositivo 10 también incluye un sistema de control 56. El sistema de control 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 46 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 la 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 [computadora] o un controlador lógico programable que tiene un software residente que interpreta las señales de los sensores 32, 34 y 46 y luego emite órdenes al accionador 30 y al motor 16 para efectuar las diversas funciones asociadas con el moldeo de las ranuras circunferenciales en los elementos de tubería. Juntos, el sistema de control 56, el accionador 30, el motor 16 y los sensores 32, 34 y 46 funcionan 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 [libre o tensor] 23 que está separado del rodillo de soporte [libre] 22. En esta realización de ejemplo, el rodillo de soporte 22 es un rodillo acanalado montado en el yugo 26 tal y como se describió anteriormente, y el segundo rodillo de soporte 23 está montado en un accionador 25 que está montado en el dispositivo 10a. El accionador 25 se controla mediante el sistema de control 56 y mueve el rodillo de soporte 23 hacia y desde del rodillo impulsor 12 para acoplar y desacoplar el rodillo de soporte 23 con el elemento de tubería. El rodillo de soporte 23 gira alrededor de un eje 27 sustancialmente paralelo al eje 14 y girará alrededor del eje 27 cuando se engancha con un elemento de tubería montado y girado por el rodillo impulsor 12.

En esta realización, el rodillo de soporte 23 se usa para determinar el diámetro del elemento de tubería y el diámetro de la ranura, y el rodillo de soporte (ranurado) 22 se usa para soportar el elemento de tubería y moldear una ranura circunferencial. Con ese fin, el primer sensor 32 está asociado operativamente con el rodillo de soporte 23 y se usa para determinar el grado de rotación del rodillo de soporte 23 alrededor del eje 27 durante la determinación del diámetro del 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 rotatorio 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 como por ejemplo mediante líneas cableadas 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 del procedimiento para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería usando el dispositivo 10 se ilustra en las figuras 1 a 5 y en el diagrama de flujo de la figura 6. Como se muestra en la figura 3, el elemento de tubería 40 se acopla con el rodillo impulsor 12 (véase el 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, y tal como se describe en el recuadro 64 de la figura 6, el rodillo de ranurado 22 es movido por el accionador 30 (mediante una orden del sistema de control 56) hacia el rodillo impulsor 12 hasta que se acopla en la superficie exterior 40b del elemento de tubería 40. Es ventajoso que se pellizque el elemento de tubería 40 entre el rodillo impulsor 12 y el rodillo de ranurado 22 con suficiente fuerza para sostener de manera segura el elemento de tubería en el dispositivo 10. En este punto, es posible determinar el diámetro del elemento de tubería 40 para aceptar elemento de tubería y moldear la ranura circunferencial, o rechazar el elemento de tubería porque su diámetro está fuera del rango de tolerancia aceptado y, por lo tanto, ser 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 gira el elemento de tubería 40 sobre su eje longitudinal 68 usando el rodillo impulsor 12 accionado por el motor 16. El rodillo impulsor 12 a su vez hace girar el elemento de

tubería 40, que hace que el rodillo de ranurado 22 gire alrededor de su eje 24. Para una mayor precisión de la medición, es ventajoso que el rodillo de ranurado 22 gire en respuesta al elemento de tubería 40 sin deslizarse. El diámetro del elemento de tubería 40 se puede calcular entonces conociendo el diámetro de la superficie 22a del rodillo de ranurado 22 que está en contacto con el elemento de tubería 40, y contando el número de revoluciones del rodillo de ranurado, incluidas las fracciones de una rotación, para cada revolución del elemento de tubería. Si se conoce el diámetro D de la superficie 22a del rodillo de ranurado, 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" es igual 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 del elemento de tubería d 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 de ranurado 22 y genera una señal indicativa del mismo. Cada revolución del elemento de tubería 40 es detectada y/o contada mediante el sensor 34, que genera señales indicativas del mismo. Por ejemplo, si el sensor 34 es un sensor de contraste tal y como se describe anteriormente (véase la figura 3), detecta un primer y un segundo reflejo de la superficie reflectora de luz 42, lo que indica que ha detectado o contado una revolución del elemento de tubería. Si el sensor 34 es un sensor magnético (figura 3A), detecta un primer y un segundo campo magnético, lo 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 mostrar el diámetro del elemento de tubería a un operario para su aceptación o rechazo, o el sistema de control en sí mismo puede comparar el diámetro del elemento de tubería con un rango de tolerancia para tuberías de un tamaño nominal conocido y mostrar al operario una señal de "aceptar" o "rechazar". Tenga en cuenta que para dicha operación automatizada, el sistema de control se programa con datos de tolerancia dimensional para elementos de tubería de varios tamaños estándar. El operario debe montar el rodillo de ranurado apropiado para el tamaño de tubería estándar y la ranura que se está moldeando e ingresar al sistema de control los elementos de tubería estándar particulares que se están procesando. En respuesta a estas entradas, el software residente dentro del sistema de control utilizará los datos de referencia adecuados para determinar si el elemento de tubería tendrá un diámetro que se encuentre dentro del rango de tolerancia aceptable para elementos de tubería del tamaño estándar seleccionado.

El recuadro 70 de la figura 6 y la figura 4 ilustran el moldeo de una ranura 72 en el elemento de tubería 40. El rodillo impulsor 12 gira, haciendo girar así el elemento de tubería 40 alrededor de su eje longitudinal 68, que hace girar el rodillo de ranurado 22 sobre el eje 24. Obsérvese 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 paralelo", tal y como se usa en el presente documento, significa dentro de aproximadamente 2 grados para permitir la rotación sin fricción significativa, pero también permite que se generen fuerzas de seguimiento que mantengan el elemento de tubería acoplado con el accionamiento y los rodillos de ranurado durante la rotación. Durante la rotación del elemento de tubería, el accionador 30 (figura 1) fuerza al rodillo de ranurado 22 contra el elemento de tubería 40, trabajando así en frío el elemento de tubería, desplazando el material del elemento de tubería y moldeando la ranura circunferencial 72.

Téngase en cuenta 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 que el rodillo de ranurado se mueve hacia el rodillo impulsor) y la velocidad de rotación del elemento de tubería se puede seleccionar en base a una o más características del elemento de tubería 40. Tales características incluyen, por ejemplo, el diámetro del elemento de tubería, el grosor de la pared (esquema) y el material que comprende el elemento de tubería. El operario puede establecer la selección de los parámetros operativos, como la fuerza, la velocidad de avance y la velocidad de rotación, o el sistema de control 56 en respuesta a las entradas del operario que especifican la tubería particular que se procesa. Por ejemplo, el sistema de control puede tener una base de datos de parámetros operativos preferidos asociados con elementos de tubería estándar particulares de acuerdo con el diámetro, el programa y el material.

Para la compatibilidad del elemento de tubería 40 con acoplamientos mecánicos, es necesario que el diámetro final 74b (véase la figura 5) de la ranura 72 esté dentro de una tolerancia aceptable para el elemento de tubería de diámetro particular que se procesa. Como se indica en el recuadro 76 (véase también la figura 4), para producir una ranura aceptable 72, el diámetro de la ranura instantáneo 74a (es decir, el diámetro de la ranura antes de que alcance su diámetro final) se determina a intervalos mientras el elemento de tubería 40 está girando. El diámetro de la ranura instantánea 74a, tal y como se muestra en la figura 4, se determina usando señales del sensor 32 y el sensor 34 como se describe 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 las señales del sensor 34, indicativas del número de revoluciones del elemento de tubería, constituyen una medida de la circunferencia instantánea del elemento de tubería 40 dentro de la ranura 72. Estas señales se transmiten

al sistema de control 56 que utiliza la información en las señales para determinar (es decir, calcular) el diámetro instantáneo 74a de la ranura 72 (tenga en cuenta que el diámetro de la superficie 22a del rodillo de ranurado 22 moldeando la ranura es conocido).

5 Como se muestra en el recuadro 78, el sistema de control compara el diámetro instantáneo de la ranura con el rango de tolerancia apropiado para los diámetros de ranura para la tubería particular que se procesa. Como se muestra en el recuadro 80, si el diámetro de ranura instantánea no está dentro del rango de tolerancia apropiado, por ejemplo, el diámetro de ranura instantánea es mayor que el diámetro aceptable más grande para el elemento de tubería particular que se procesa, entonces el sistema de control 56  
10 continúa formando el ranura 72 haciendo girar el elemento de tubería 40 alrededor de su eje longitudinal 68 mientras se fuerza el rodillo de ranurado 22 contra el elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería, determinando el diámetro instantáneo 74a de la ranura 72 mientras gira el elemento de tubería 40, y comparar el diámetro instantáneo de la ranura con el rango de tolerancia para el diámetro de la ranura hasta que el diámetro de la ranura esté dentro del rango de tolerancia aceptable para el  
15 diámetro de la ranura.

Una vez que el diámetro final de la ranura 74b está en un diámetro objetivo predeterminado, el sistema de control 56 interrumpe el movimiento del rodillo de ranurado 22 hacia el rodillo impulsor 12, pero continúa la rotación del elemento de tubería durante al menos una rotación completa para garantizar una profundidad de ranurado uniforme. Luego se detiene la rotación y el rodillo de ranurado 22 se aleja del rodillo impulsor  
20 12 para que el elemento de tubería 40 se pueda retirar del dispositivo 10.

Otro ejemplo de un procedimiento para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería se describe usando el dispositivo 10a que se muestra en la figura 1A. Esta realización tiene dos rodillos de soporte 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 (mediante una orden del sistema de control 56) hacia el rodillo impulsor 12 hasta que se acopla en la superficie exterior del elemento de tubería.  
25 Es ventajoso pellizcar el elemento de tubería entre el rodillo impulsor 12 y el rodillo de ranurado 22 con suficiente fuerza para sostener de manera segura el elemento de tubería en el dispositivo 10.

El sistema de control 56 también ordena al accionador 25 que mueva el rodillo de soporte 23 para que encaje con la superficie exterior del elemento de tubería. En este punto, es posible determinar el diámetro del elemento de tubería para aceptar el elemento de tubería y moldear la ranura circunferencial, o rechazar el elemento de tubería porque su diámetro está fuera del rango de tolerancia aceptado y, por lo tanto, sería incompatible con otros elementos de tubería del mismo tamaño nominal. El cuadro 66 en la figura 6 determina el diámetro del elemento de tubería y se realiza midiendo la circunferencia del elemento de tubería mientras lo hace girar sobre su eje longitudinal utilizando el rodillo impulsor 12 accionado por el motor 16. El rodillo impulsor 12 a su vez hace girar el elemento de tubería, lo que hace que el rodillo de soporte 23 gire alrededor de su eje 27. Para una mayor precisión de la medición, es ventajoso que el rodillo de soporte 23 gire en respuesta al elemento de tubería sin deslizarse.  
35 40

El diámetro del elemento de tubería se puede calcular conociendo 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, incluidas las 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 puede calcularse a partir de la relación  $C = (D \times \text{rev} \times \Pi)$  donde "rev" es igual al número de revoluciones del rodillo de soporte 23 (incluidas fracciones de rotación) para una revolución del elemento de tubería. Una vez que se conoce la circunferencia C del elemento de tubería, el diámetro del elemento de tubería d se puede calcular a partir de la relación  $d=C/\Pi$ .  
45 50

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 se cuenta mediante el sensor 34 (por ejemplo, un sensor de contraste o un sensor magnético), que genera señales indicativas del mismo. 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. El sistema de control puede mostrar el diámetro del elemento de tubería a un operario para su aceptación o rechazo, o el sistema de control en sí puede comparar el diámetro del elemento de tubería con un rango de tolerancia para tuberías de un tamaño nominal conocido y mostrar al operario una señal de "aceptar" o "rechazar".  
55 60

El recuadro 70 de la figura 6 ilustra el moldeo de una ranura en el elemento de tubería. El rodillo impulsor 12 gira, haciendo girar así el elemento de tubería alrededor de su eje longitudinal, que hace girar el rodillo ranurador 22 sobre su eje 24 y el rodillo de soporte 23 sobre su eje 27. Obsérvese 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 están sustancialmente paralelos entre sí. Durante la  
65



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 del elemento de tubería y formando la ranura circunferencial. También durante la 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 la compatibilidad del elemento de tubería con acoplamientos mecánicos, es necesario que el diámetro final de la ranura esté dentro de una tolerancia aceptable para el elemento de tubería de diámetro particular que se procese. Como se indica en el recuadro 76, para producir una ranura aceptable, el diámetro de la ranura instantánea (es decir, el diámetro de la ranura antes de que alcance su diámetro final) se determina a intervalos mientras el elemento de tubería está girando. El diámetro de la ranura instantánea se determina utilizando señales del 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 las señales del sensor 34, indicativas del número de revoluciones del elemento de tubería, constituyen una medida de la circunferencia instantánea del elemento de tubería dentro de la ranura que está moldeando el rodillo de ranurado 22. Estas señales se transmiten al sistema de control 56 que usa la información en las señales para determinar (es decir, calcular) el diámetro instantáneo de la ranura (téngase en cuenta que el diámetro de rodillo de soporte 23 en contacto con el elemento de tubería es conocido).

Como se muestra en el recuadro 78, el sistema de control compara el diámetro instantáneo de la ranura con el rango de tolerancia apropiado para los diámetros de ranura para la tubería particular que se procesa. Como se muestra en el recuadro 80, si el diámetro de ranura instantánea no está dentro del rango de tolerancia apropiado, por ejemplo, el diámetro de ranura instantánea es mayor que el diámetro aceptable más grande para el elemento de tubería particular que se procesa, entonces el sistema de control 56 continúa formando el ranura haciendo girar el elemento de tubería sobre su eje longitudinal mientras fuerza el rodillo de ranurado 22 contra el elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería, determinando el diámetro instantáneo de la ranura (a través del rodillo de soporte 23 y su sensor asociado 32) mientras haciendo girar el elemento de tubería y comparando el diámetro instantáneo de la ranura con el rango de tolerancia para el diámetro de la ranura hasta que el diámetro de la ranura esté dentro del rango de tolerancia aceptable para el diámetro de la ranura.

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

Tal y como se muestra en la figura 7, el sensor de triangulación 46 también se puede usar para medir una pluralidad de dimensiones del elemento de tubería 40 próximo a la ranura 72. Como se muestra en la figura 8, dimensiones tales como la distancia 88 desde el extremo de la tubería 40 hasta la ranura 72, el ancho 90 de la ranura, la profundidad 92 de la ranura y la altura de abocinado 94 del elemento de tubería se pueden medir para crear un perfil del extremo de la tubería. Se puede producir un ensanchamiento como resultado del proceso de ranurado y la altura del ensanchamiento es la altura del extremo del elemento de tubería por encima del diámetro de la tubería. Esta información se puede transmitir al sistema de control para compararla 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 efectúa mientras se hace girar el elemento de tubería y comprende proyectar un haz de luz 50 en forma de abanico a lo largo 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 por un sensor 54 (recuadro 98). Una unidad calculadora 55, operativamente asociada con el sensor 54 usa métodos de triangulación para calcular las dimensiones de la parte del elemento de tubería 40 barrida 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 cableadas 58. La información dimensional así obtenida se puede mostrar y/o evaluar en una base de datos para caracterizar el elemento de tubería como procesada.

En la figura 10 se muestra otro ejemplo de un procedimiento para moldear una ranura circunferencial en un elemento de tubería que tiene un eje longitudinal y que usa un rodillo impulsor y un rodillo de ranurado. Este ejemplo de un procedimiento comprende: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 102); acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubo (recuadro 104); moldear la ranura haciendo girar el elemento de tubería sobre 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 se hace girar el elemento de tubería (recuadro 108); determinar una pluralidad de diámetros de la ranura usando la pluralidad de circunferencias de la ranura (recuadro 110); calcular un cambio en el diámetro de la ranura por revolución del elemento de tubería (recuadro 112); calcular una cantidad de revoluciones del elemento de tubería necesarias para moldear una ranura del

diámetro deseado utilizando el cambio de 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).

5

El procedimiento que se muestra en la figura 10 es un procedimiento predictivo que utiliza la tasa de cambio del diámetro por revolución del elemento de tubería para predecir cuándo dejar de moldear la ranura desplazando el material del elemento de tubería. Dado que es posible que la predicción no produzca un diámetro de ranura tan preciso como se desee, las etapas adicionales, que se muestran 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 detención (recuadro 124).

10

15

La 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 en 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 haciendo girar el elemento de tubería sobre el eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar el 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 la circunferencia de la ranura por revolución del elemento de tubería (recuadro 134); calcular un número de revoluciones del elemento de tubería necesarias para moldear una ranura de una circunferencia deseada usando el cambio de circunferencia por revolución del elemento de tubería (recuadro 136); contar el número de revoluciones del elemento de tubería (recuadro 138); y dejar de forzar el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería al alcanzar el número de revoluciones necesarias para moldear la ranura de la circunferencia deseada (recuadro 140).

20

25

30

Nuevamente, para tener en cuenta el moldeo impreciso de surcos utilizando la predicción, se pueden agregar las siguientes etapas: medir la circunferencia de la ranura (recuadro 142); comparar la circunferencia de la ranura con la circunferencia deseada (recuadro 144); repetir las etapas de formación, medición, cálculo, recuento y detención (recuadro 146).

35

40

45

Los procedimientos descritos hasta ahora utilizan una alimentación sustancialmente continua del rodillo de ranurado hacia el elemento de tubería. Sin embargo, puede haber ventajas en eficiencia y precisión si el rodillo de ranurado se hace avanzar en incrementos discretos como se describe en el procedimiento que se muestra en la figura 12 y 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 sobre el eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado una distancia discreta dentro del elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería para una revolución del elemento de tubería (recuadro 150); medir una circunferencia de la ranura mientras se hace girar el elemento de tubería (recuadro 152); determinar un diámetro de la ranura usando la circunferencia de la ranura (recuadro 154); comparar el diámetro de la ranura con un rango de tolerancia para el diámetro de la ranura (recuadro 156); y hasta que el diámetro de la ranura esté dentro del rango de tolerancia: repetir las etapas de formación, determinación y comparación (recuadro 158).

50

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 rango de tolerancia. Esto puede permitir una mayor precisión en el moldeo de ranuras y disminuir el tiempo necesario para moldear una ranura.

55

60

El ejemplo de un 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, 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 mientras se fuerza el rodillo de ranurado una distancia discreta dentro del elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería para 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 esté dentro del rango de tolerancia: repetir dichos pasos de formación, medición y comparación (recuadro 170).

65

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 rango de tolerancia. Esto puede permitir una mayor precisión en el moldeo de ranuras y disminuir el tiempo necesario para moldear una ranura.

En el ejemplo de un procedimiento que se muestra en la figura 14, los aspectos del predictor-corrector se

combinan con el movimiento escalonado discreto del rodillo de ranurado 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 haciendo girar el elemento de tubería sobre el eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado una distancia discreta dentro del elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería para una revolución del elemento de tubería (recuadro 176); calcular una serie de revoluciones del elemento de tubería necesarias para moldear una ranura del 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 dejar de forzar el rodillo de ranurado en el elemento de tubería la distancia discreta al alcanzar el número de revoluciones necesarias para moldear la ranura del diámetro deseado (recuadro 182).

Nuevamente, puede ser ventajoso agregar las siguientes etapas al procedimiento que se muestra 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 las etapas de formación, medición, cálculo, recuento y detención (recuadro 188).

En el ejemplo de una realización del procedimiento de la figura 15, la profundidad de la ranura 92 (véase también la figura 8) se usa 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 un 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 haciendo girar el elemento de tubería sobre el eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería (recuadro 198); mientras gira el elemento de tubería, medir la profundidad de la ranura (recuadro 200); comparar la profundidad de la ranura con la tolerancia de profundidad de ranura deseada (recuadro 202); y repetir el moldeo de la ranura, midiendo la profundidad de la ranura y comparando la profundidad de la ranura con la tolerancia de profundidad de 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 el que el diámetro de la ranura se usa para controlar el movimiento del rodillo de ranurado, 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 mientras gira el elemento de tubería sobre el eje longitudinal (recuadro 208); determinar una tolerancia de diámetro de ranura deseada basada en el diámetro del elemento de tubería (recuadro 210); moldear la ranura haciendo girar el elemento de tubería sobre el eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería (recuadro 212); determinar el diámetro de la ranura mientras gira el elemento de tubería (recuadro 214); comparar el diámetro de la ranura con la tolerancia deseada del diámetro de la ranura (recuadro 216); repetir el moldeo de la ranura y determinar el diámetro de la ranura hasta que el diámetro de la ranura esté dentro de la tolerancia deseada del diámetro de la ranura (recuadro 218).

La figura 17 ilustra un ejemplo de un procedimiento en el que la circunferencia de la ranura se usa para controlar el movimiento del rodillo de ranurado, como se describe a continuación: acoplar el elemento de tubería con el rodillo impulsor (recuadro 220); acoplar el rodillo de ranurado con el elemento de tubería (recuadro 224); medir una circunferencia del elemento de tubería mientras haciendo girar el elemento de tubería alrededor del eje longitudinal (recuadro 226); determinar una tolerancia de circunferencia de ranura deseada basada en el diámetro del elemento de tubería (recuadro 228); moldear la ranura haciendo girar el elemento de tubería sobre el eje longitudinal mientras se fuerza el rodillo de ranurado contra el elemento de tubería para desplazar el material del elemento de tubería (recuadro 230); medir la circunferencia de la ranura mientras gira el elemento de tubería (recuadro 232); comparar la circunferencia de la ranura con la tolerancia de circunferencia de la ranura deseada (recuadro 234); repetir el moldeo de la ranura, midiendo la circunferencia de la ranura y comparar las etapas de la circunferencia de la ranura hasta que la circunferencia de la ranura esté dentro de la tolerancia deseada de la circunferencia de la ranura (recuadro 236).

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

REIVINDICACIONES

5 1. Dispositivo (10) para moldear una ranura circunferencial (72) en un elemento de tubería (40) que tiene un eje longitudinal (68), el dispositivo (10) que comprende:

10 un rodillo impulsor (12) que gira alrededor de un eje del rodillo impulsor (14), el rodillo impulsor (12) se puede acoplar con una superficie interior del elemento de tubería (40) cuando el eje del rodillo impulsor (14) está orientado sustancialmente paralelo a al eje longitudinal (68) del elemento de tubería (40);

15 un rodillo de ranurado (22) que gira alrededor de un eje de rodillo de ranurado (24) orientado sustancialmente paralelo al eje del rodillo impulsor (14), el rodillo de ranurado (22) tiene un diámetro conocido, el rodillo de ranurado (22) se mueve hacia y desde dicho rodillo impulsor (12) para acoplarse contundentemente a una superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40) para desplazar el material del elemento de tubería (40) y moldearle la ranura (72) al girar el elemento de tubería (40)

20 caracterizado porque el dispositivo comprende además

un primer sensor (32) para determinar un grado de rotación del rodillo de ranurado (22) y generar una primera señal indicativa del mismo;

25 un segundo sensor para determinar un grado de rotación del elemento de tubería (40) y generar una segunda señal indicativa del mismo; y

30 un sistema de control (56) adaptado para recibir las señales primera y segunda, usar las señales primera y segunda para determinar el diámetro (74a) de la ranura (72), y controlar el movimiento del rodillo de ranurado (22) hacia y desde de el rodillo impulsor (12) en respuesta al diámetro (74a) de la ranura (72).

2. Dispositivo (10) según la reivindicación 1, en el que:

35 el primer sensor (32) comprende un codificador rotacional asociado operativamente con el rodillo de ranurado (22); o

el segundo sensor comprende:

40 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);

45 un proyector de luz (36) colocado para proyectar luz sobre la superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40) y la superficie reflectora de luz (42) fijada al mismo;

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.

50 3. Dispositivo (10) según la reivindicación 1, en el que el segundo sensor comprende:

55 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) colocado para proyectar luz sobre la superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40) y la superficie reflectora de luz (42) fijada al mismo; y

60 el proyector de luz (36) comprende un láser (48); o

la superficie reflectora de luz (42) se selecciona del grupo que consiste en una superficie reflectora especular, una superficie reflectora difusa, una superficie reflectora de color contrastante y combinaciones de las mismas.

65 4. Dispositivo (10) según la reivindicación 1, en el que el segundo sensor comprende:

un imán (37) fijado a una superficie del elemento de tubería (40);

un detector (35) adaptado para detectar un campo magnético, el detector (35) genera la señal indicativa del mismo.

- 5 5. Dispositivo (10) según la reivindicación 1, que comprende además un tercer sensor (46) para medir un perfil de superficie (52) de al menos una parte del elemento de tubería (40) y generar una señal indicativa del mismo; o el rodillo de ranurado (22) está montado en un accionador (25) controlado por el sistema de control (56).
- 10 6. Dispositivo (10) según la reivindicación 1, que comprende además un tercer sensor (46) para medir un perfil de superficie (52) de al menos una parte del elemento de tubería (40) y generar una señal indicativa del mismo; y en donde el tercer sensor (46) comprende:
- 15 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 una reflexión del haz en forma de abanico (50) desde la parte del elemento de tubería (40);
- 20 una unidad calculadora (55) para convertir la reflexión en mediciones que representan el perfil de superficie (52) usando triangulación, generando la señal indicativa de las mediciones y transmitiendo la señal al sistema de control (56).
- 25 7. Procedimiento para moldear una ranura circunferencial (72) en un elemento de tubería (40) usando el dispositivo (10) según una de las reivindicaciones 1 a 6, el procedimiento comprende
- acoplar el elemento de tubería (40) con el rodillo impulsor (12);
- 30 acoplar el rodillo de ranurado (22) con el elemento de tubería (40);
- moldear la ranura (72) haciendo girar el elemento de tubería (40) alrededor del eje longitudinal (68) mientras se fuerza el rodillo de ranurado (22) contra el elemento de tubería (40) para desplazar el material del elemento de tubería (40);
- 35 caracterizado porque el procedimiento comprende además
- medir la circunferencia de la ranura (72) mientras el elemento de tubería (40) gira;
- 40 determinar un diámetro (74a) de la ranura (72) usando la circunferencia de la ranura (72);
- comparar el diámetro (74a) de la ranura (72) con un rango de tolerancia deseado;
- repetir el moldeo, medición, determinación y comparación hasta que el diámetro de la ranura (72) esté dentro del intervalo de tolerancia deseado.
- 45 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además:
- determinar el diámetro del elemento de tubería (40);
- 50 comparar el diámetro del elemento de tubería (40) con un rango de tolerancia para el diámetro del elemento de tubería (40);
- rechazar el elemento de tubería (40) antes de moldear la ranura (72) en el elemento de tubería (40) si el diámetro del elemento de tubería (40) no está dentro del rango de tolerancia para el diámetro del elemento de tubería (40); preferiblemente
- 55 determinar el diámetro del elemento de tubería (40) comprende:
- 60 hacer girar el elemento de tubería (40) mientras el elemento de tubería (40) está acoplado con el rodillo de ranurado (22), el rodillo de ranurado (22) gira en respuesta al elemento de tubería (40);
- conocer el diámetro de la superficie (22a) del rodillo de ranurado (22) acoplado con el elemento de tubería (40);
- 65 determinar una serie de revoluciones del rodillo de ranurado (22), incluidas fracciones del mismo, para cada revolución del elemento de tubería (40); y

- 5                    calcular el diámetro del elemento de tubería (40), el número de revoluciones del rodillo de ranurado (22), incluidas las fracciones del mismo, por revolución del elemento de tubería (40) que es proporcional al diámetro del elemento de tubería (40); más preferiblemente
- 10                    determinar el número de revoluciones del rodillo ranurador (22), incluidas las fracciones del mismo, comprende contar el número de revoluciones del rodillo ranurador (22), incluidas las fracciones del mismo, durante al menos una revolución del elemento de tubería (40).
- 15                    9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además determinar un diámetro del elemento de tubería (40); comparar el diámetro del elemento de tubería (40) con un rango de tolerancia para el diámetro del elemento de tubería (40); rechazar el elemento de tubería (40) antes de moldear la ranura (72) en el elemento de tubería (40) si el diámetro del elemento de tubería (40) no está dentro del
- 20                    rango de tolerancia para el diámetro del elemento de tubería (40);
- 25                    determinar el diámetro del elemento de tubería (40) comprende: hacer girar el elemento de tubería (40) mientras el elemento de tubería (40) está acoplado con el rodillo de ranurado (22), el rodillo de ranurado (22) gira en respuesta al elemento de tubería (40); conocer el diámetro de la superficie (22a) del rodillo de ranurado (22) acoplado con el elemento de tubería (40); determinar una serie de revoluciones del rodillo de ranurado (22), incluidas fracciones del mismo, para cada revolución del elemento de tubería (40); calcular el diámetro del elemento de tubería (40), el número de revoluciones del rodillo de ranurado (22), incluidas las fracciones del mismo, por revolución del elemento de tubería (40) que es proporcional al diámetro del elemento de tubería (40);
- 30                    determinar el número de revoluciones del rodillo ranurador (22), incluidas las fracciones del mismo, comprende contar el número de revoluciones del rodillo ranurador (22), incluidas las fracciones del mismo, para al menos una revolución del elemento de tubería (40); y
- 35                    determinar al menos una de las revoluciones del elemento de tubería (40) al:
- 40                                       detectar una característica en el elemento de tubería (40) una primera y segunda vez mientras gira el elemento de tubería (40); o
- 45                                       marcar una superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40) con una superficie reflectora de luz (42) que contrasta con la superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40);
- 50                                       proyectar una luz resplandeciente sobre la superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40);
- 55                                       detectar un primer y un segundo reflejo de la luz desde la superficie reflectora de luz (42) mientras gira el elemento de tubería (40); o
- 60                                       colocar un imán (37) en la superficie de dicho elemento de tubería (40);
- 65                                       detectar un primer y un segundo campo magnético mientras gira el elemento de tubería (40).
10. Procedimiento según la reivindicación 7, en el que:
- el acoplamiento del rodillo de ranurado (22) con el elemento de tubería (40) comprende pellizcar el elemento de tubería (40) entre el rodillo de ranurado (22) y el rodillo impulsor (12) con la fuerza suficiente como para sostener el elemento de tubería (40) entre ellos; o
- el procedimiento comprende además acoplar una superficie interior del elemento de tubería (40) con el rodillo impulsor (12) y acoplar una superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40) con el rodillo de ranurado (22); o
- el procedimiento comprende además seleccionar una velocidad de rotación para hacer rotar el elemento de tubería (40) basándose en al menos una característica del elemento de tubería (40).
11. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además seleccionar una velocidad de rotación para rotar dicho elemento de tubería (40) basándose en al menos una característica de dicho elemento de tubería (40); y en el que dicha al menos una característica de dicho elemento de tubería (40) se selecciona del grupo que consiste en un diámetro, un espesor de pared, un material de dicho elemento de tubería (40) y combinaciones de los mismos.

12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además seleccionar la fuerza para forzar el rodillo de ranurado (22) contra el elemento de tubería (40) basado en al menos una característica del elemento de tubería (40); preferiblemente
- 5 al menos una de las características del elemento de tubería (40) se selecciona del grupo que consiste en un diámetro, un espesor de pared, un material del elemento de tubería (40) y combinaciones de los mismos.
- 10 13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además seleccionar una velocidad de alimentación del rodillo de ranurado (22) para moldear la ranura (72) en el elemento de tubería (40) basado en al menos una característica del elemento de tubería (40); preferiblemente
- 15 al menos una de las característica del elemento de tubería (40) se selecciona del grupo que consiste en un diámetro, un espesor de pared, un material del elemento de tubería (40) y combinaciones de los mismos.
14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que determinar el diámetro (74a) de la ranura (72) comprende:
- 20 conocer el diámetro de una superficie (22a) del rodillo de ranurado (22) acoplado con la ranura (72) dentro del elemento de tubería (40);
- 25 determinar una serie de revoluciones del rodillo de ranurado (22), incluidas fracciones del mismo, para cada revolución del elemento de tubería (40);
- 30 calcular el diámetro (74a) de la ranura (72), el número de revoluciones del rodillo de ranurado (22), incluidas las fracciones del mismo, por revolución del elemento de tubería (40) que es proporcional al diámetro (74a) de la ranura (72); preferiblemente
- 35 15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, en el que determinar el diámetro (74a) de la ranura (72) comprende:
- 40 conocer el diámetro de una superficie (22a) del rodillo de ranurado (22) acoplado con la ranura (72) dentro del elemento de tubería (40);
- 45 determinar una serie de revoluciones del rodillo de ranurado (22), incluidas fracciones del mismo, para cada revolución del elemento de tubería (40);
- 50 calcular el diámetro (74a) de la ranura (72), el número de revoluciones del rodillo de ranurado (22), incluidas las fracciones del mismo, por cada revolución del elemento de tubería (40) que es proporcional al diámetro (74a) de la ranura (72); preferiblemente
- 55 determinar el número de revoluciones del rodillo ranurador (22), incluidas las fracciones del mismo, comprende contar el número de revoluciones del rodillo ranurador (22), incluidas las fracciones del mismo, para al menos una revolución del elemento de tubería (40); y
- 60 que comprende además determinar al menos una de las revoluciones del elemento de tubería (40) al:
- 65 detectar una característica en el elemento de tubería (40) una primera y segunda vez mientras el elemento de tubería (40) gira; o
- 60 marcar una superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40) con una superficie reflectora de luz (42) que contrasta con la superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40);
- 65 proyectar una luz resplandeciente sobre la superficie exterior (40b) del elemento de tubería (40);
- 65 detectar un primer y un segundo reflejo de la luz desde la superficie reflectora de luz (42) mientras el elemento de tubo (40) gira; o

colocar un imán (37) en la superficie del elemento de tubería (40);

detectar un primer y un segundo campo magnético mientras gira dicho elemento de tubería (40).

5

16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además medir una pluralidad de dimensiones próximas a la ranura circunferencial (72) en el elemento de tubería (40) mientras el elemento de tubería (40) gira.

10

17. Procedimiento para moldear una ranura circunferencial (72) en un elemento de tubería (40) usando el dispositivo (10) según una de las reivindicaciones 1 a 6, comprendiendo el procedimiento:

acoplar el elemento de tubería (40) con el rodillo impulsor (12);

15

acoplar el rodillo de ranurado (22) con el elemento de tubería (40);

moldear la ranura (72) haciendo girar el elemento de tubería (40) alrededor del eje longitudinal (68) mientras se fuerza al rodillo de ranurado (22) una distancia discreta dentro del elemento de tubería (40) para desplazar el material del elemento de tubería (40) para una revolución del elemento de tubería (40);

20

calcular una serie de revoluciones del elemento de tubería (40) necesarias para moldear una ranura (72) de un diámetro deseado usando la distancia discreta por revolución de la ranura (72);

25

contar el número de revoluciones del elemento de tubería (40); y

dejar de forzar el rodillo de ranurado (22) dentro del elemento de tubería (40) la distancia discreta al alcanzar el número de revoluciones necesarias para moldear la ranura (72) del diámetro deseado.

30

18. Procedimiento según la reivindicación 17, que comprende además:

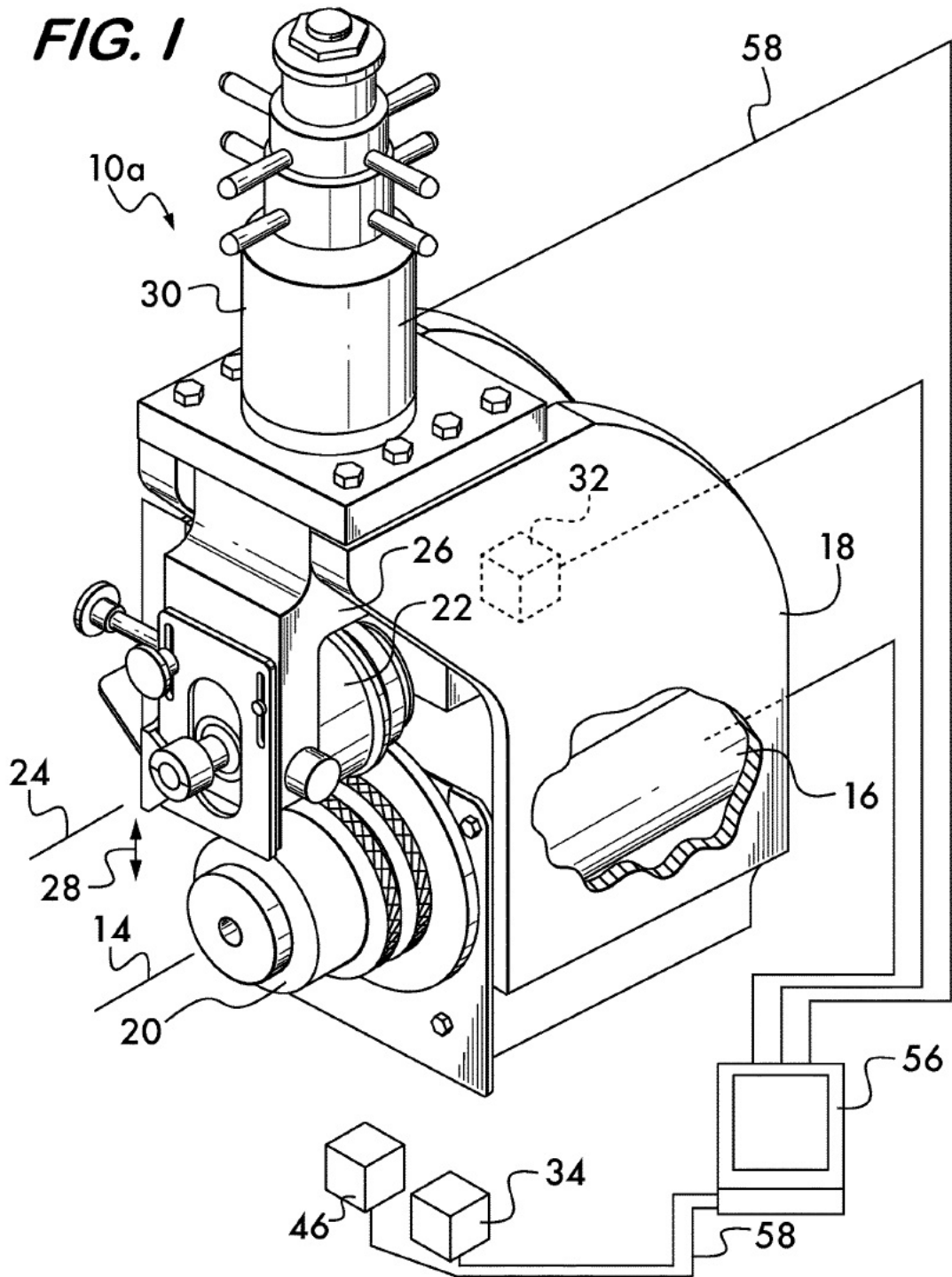
medir el diámetro de la ranura (72);

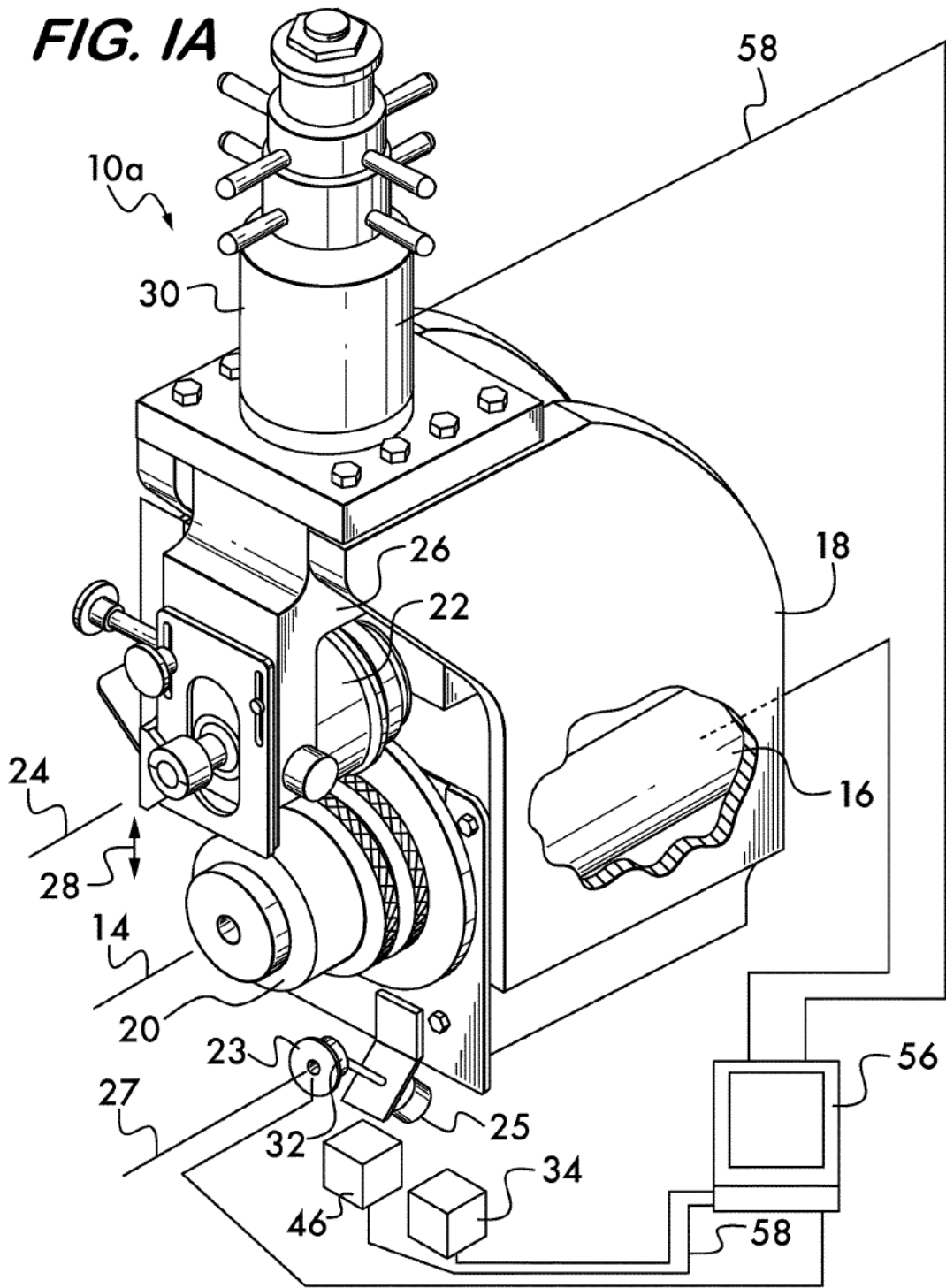
35

comparar el diámetro de la ranura (72) con el diámetro deseado;

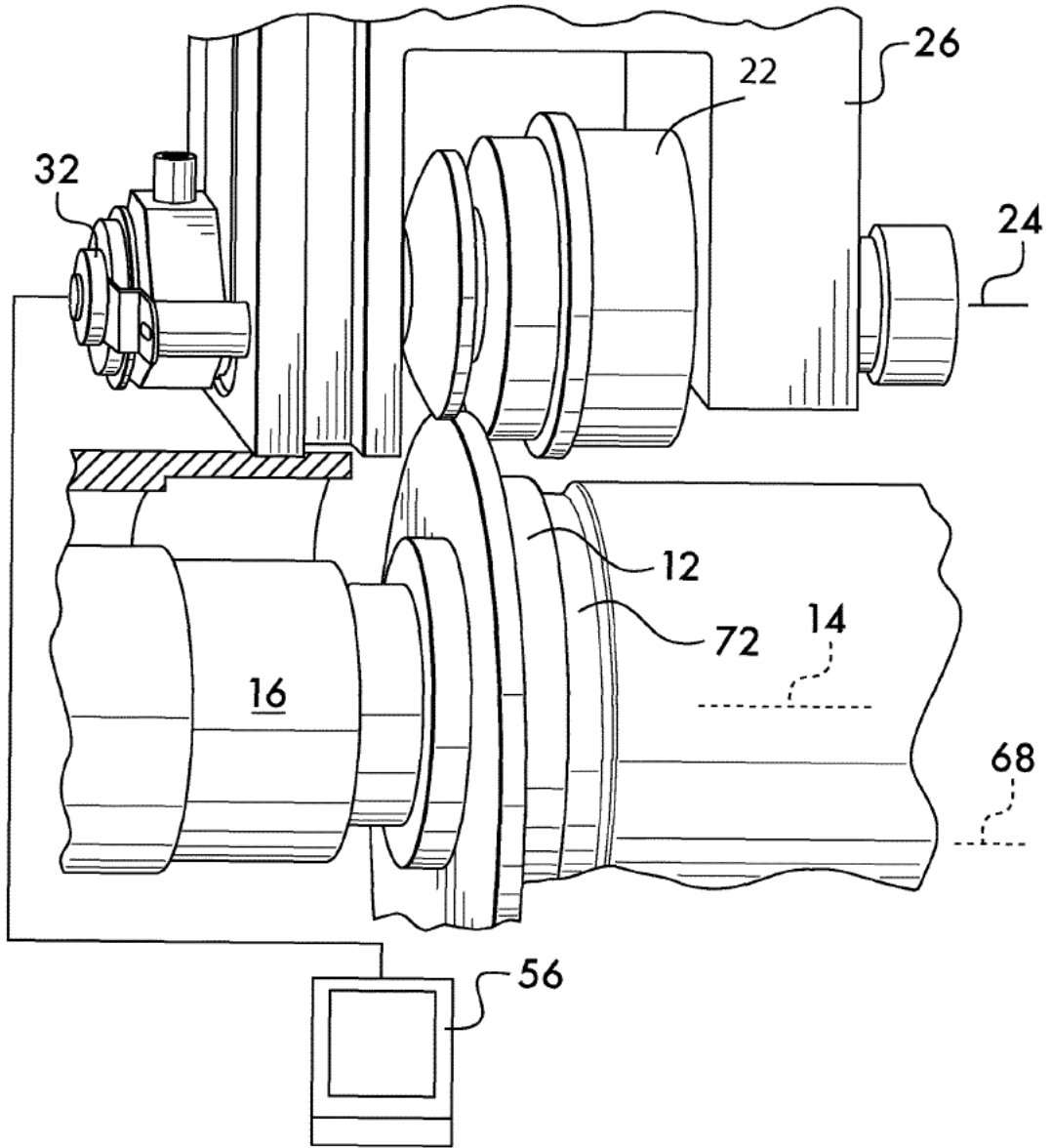
repetir las etapas de moldeo, cálculo, recuento y detención.



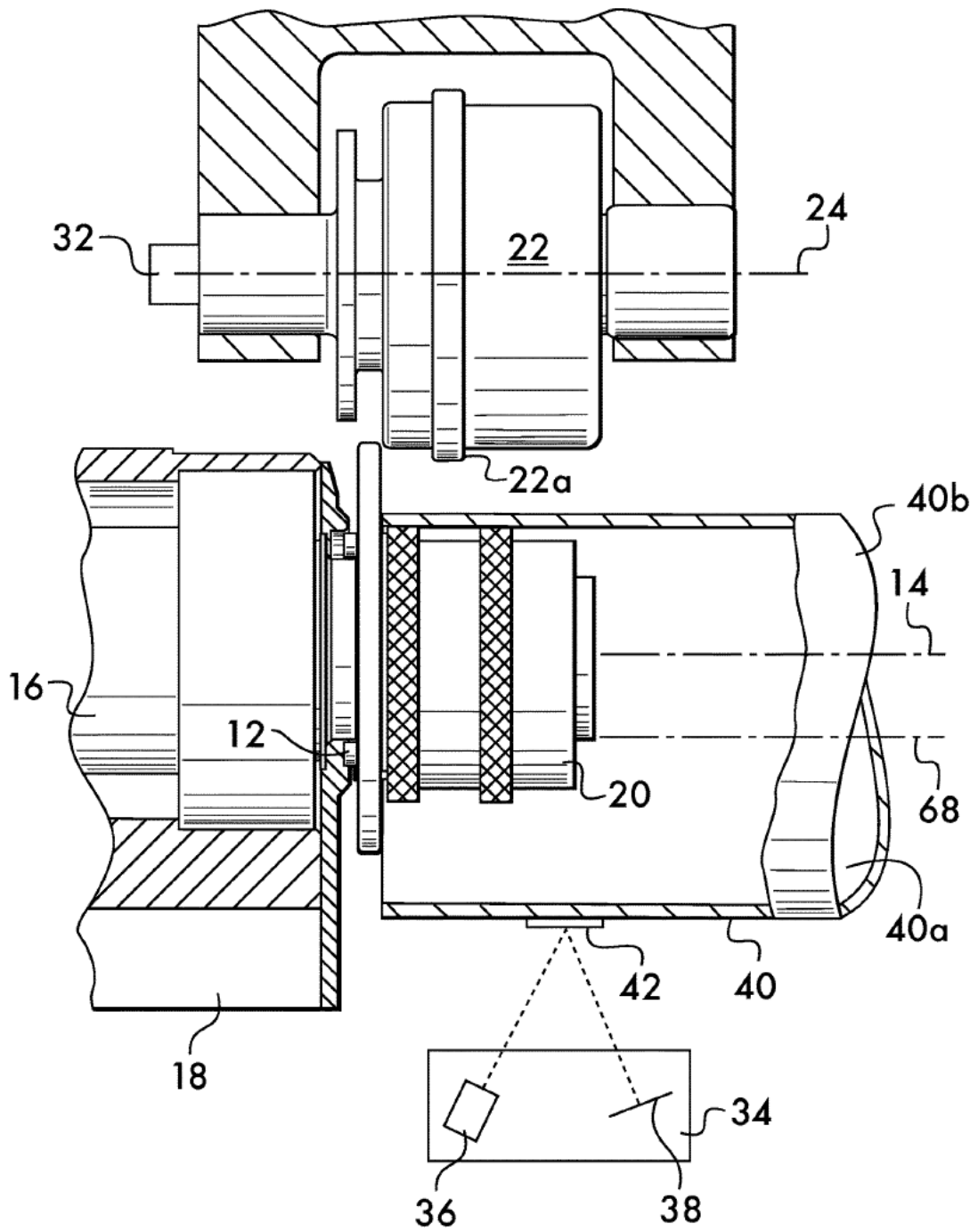




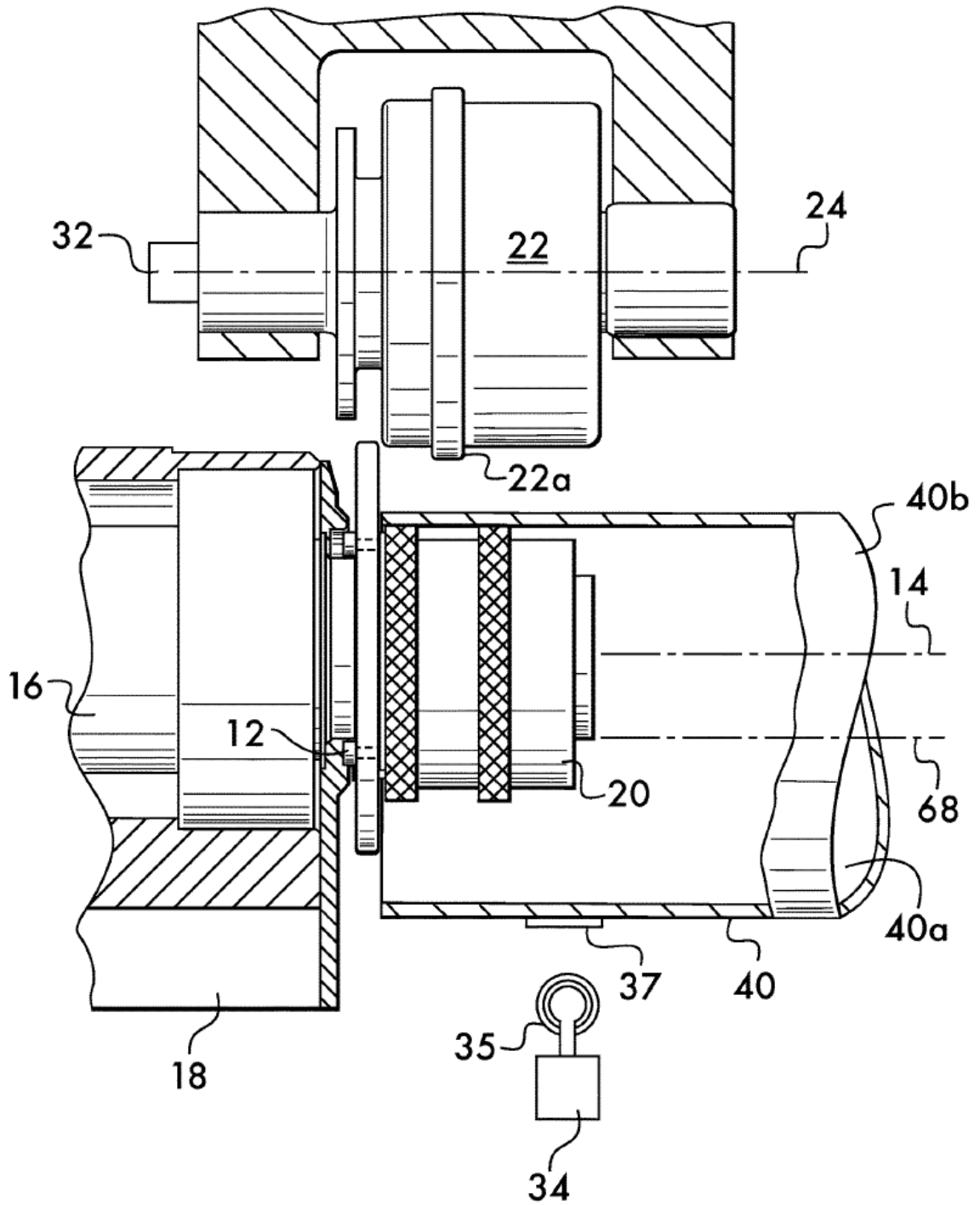
**FIG. 2**



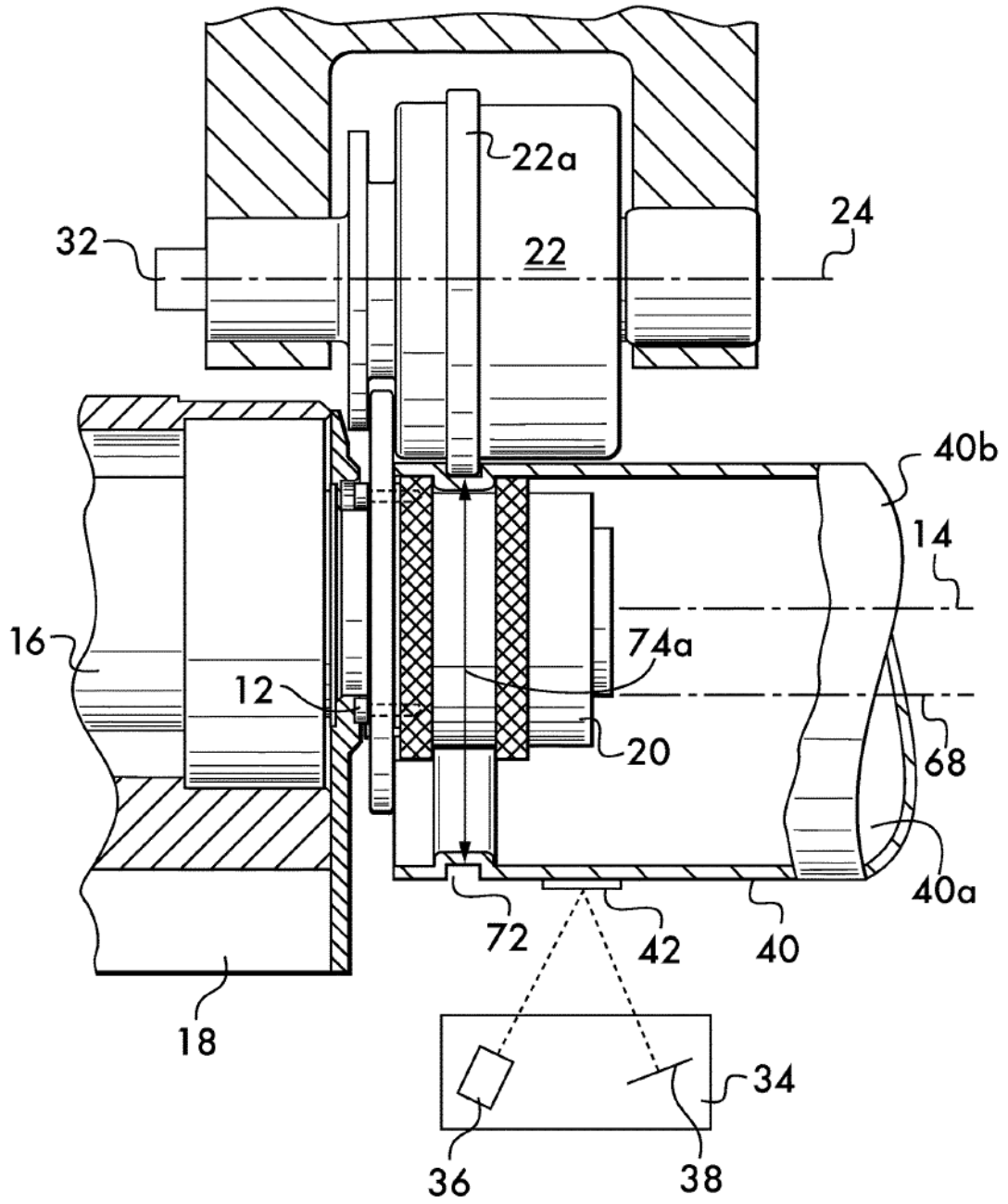
**FIG. 3**



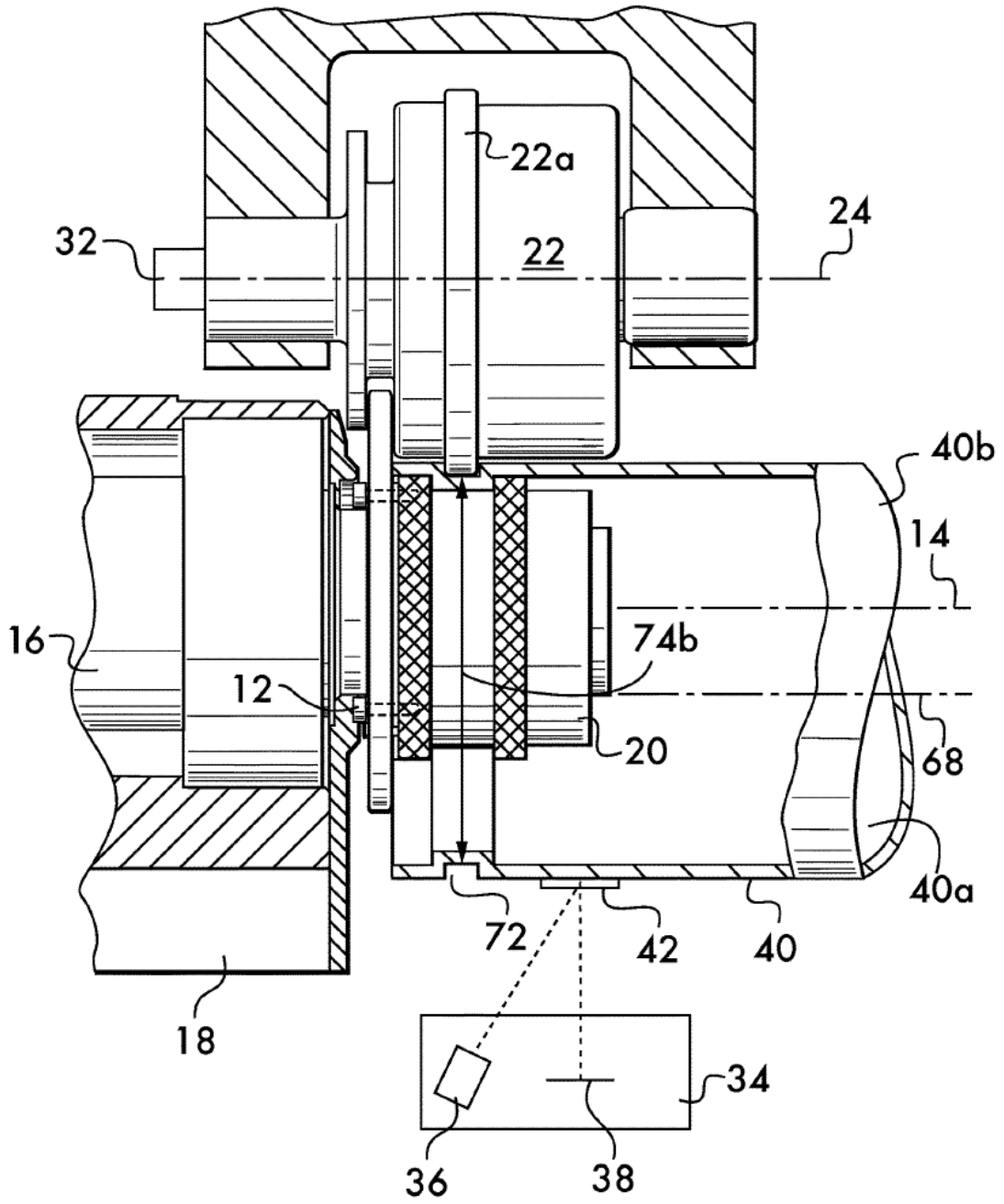
**FIG. 3A**



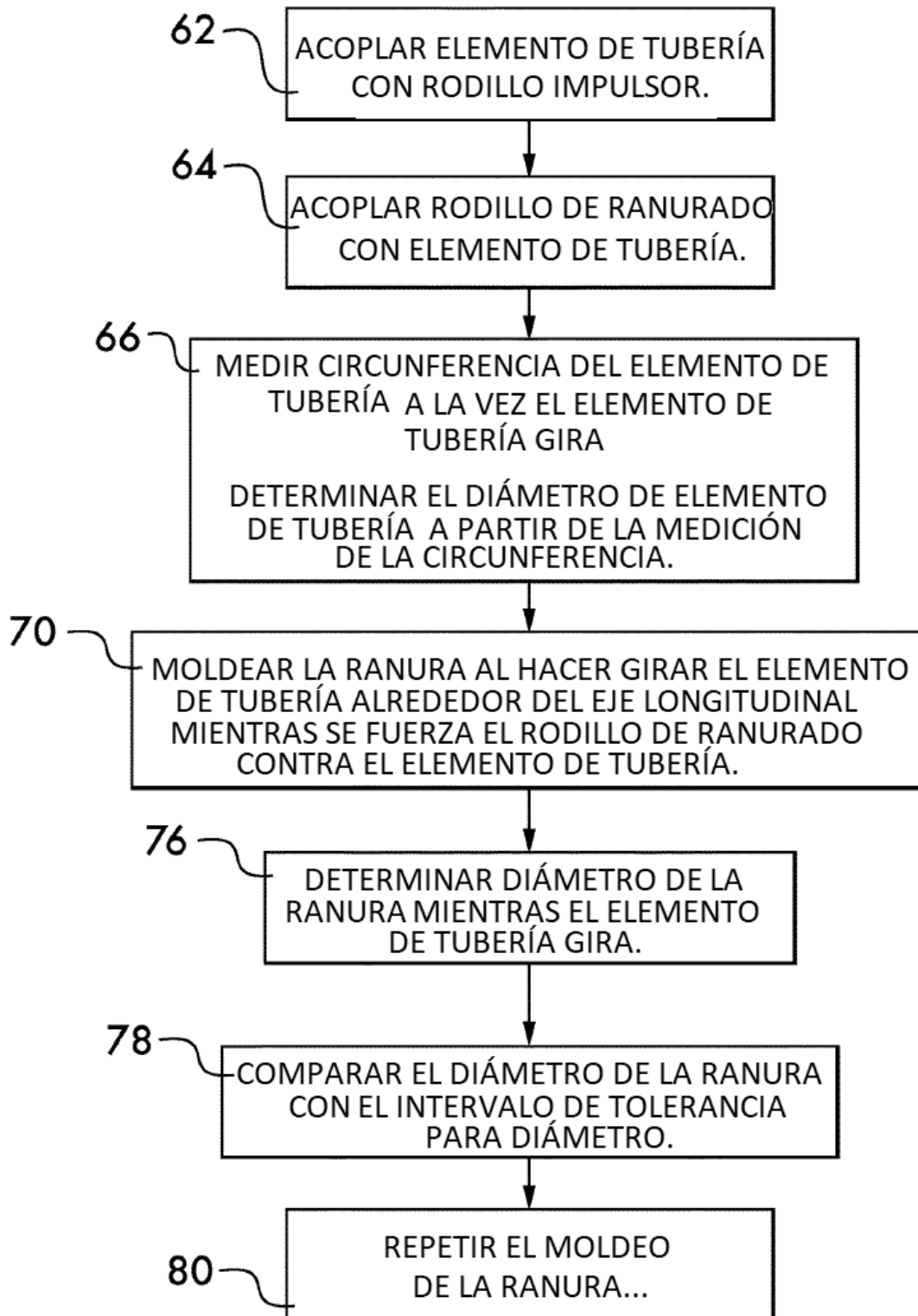
**FIG. 4**



**FIG. 5**

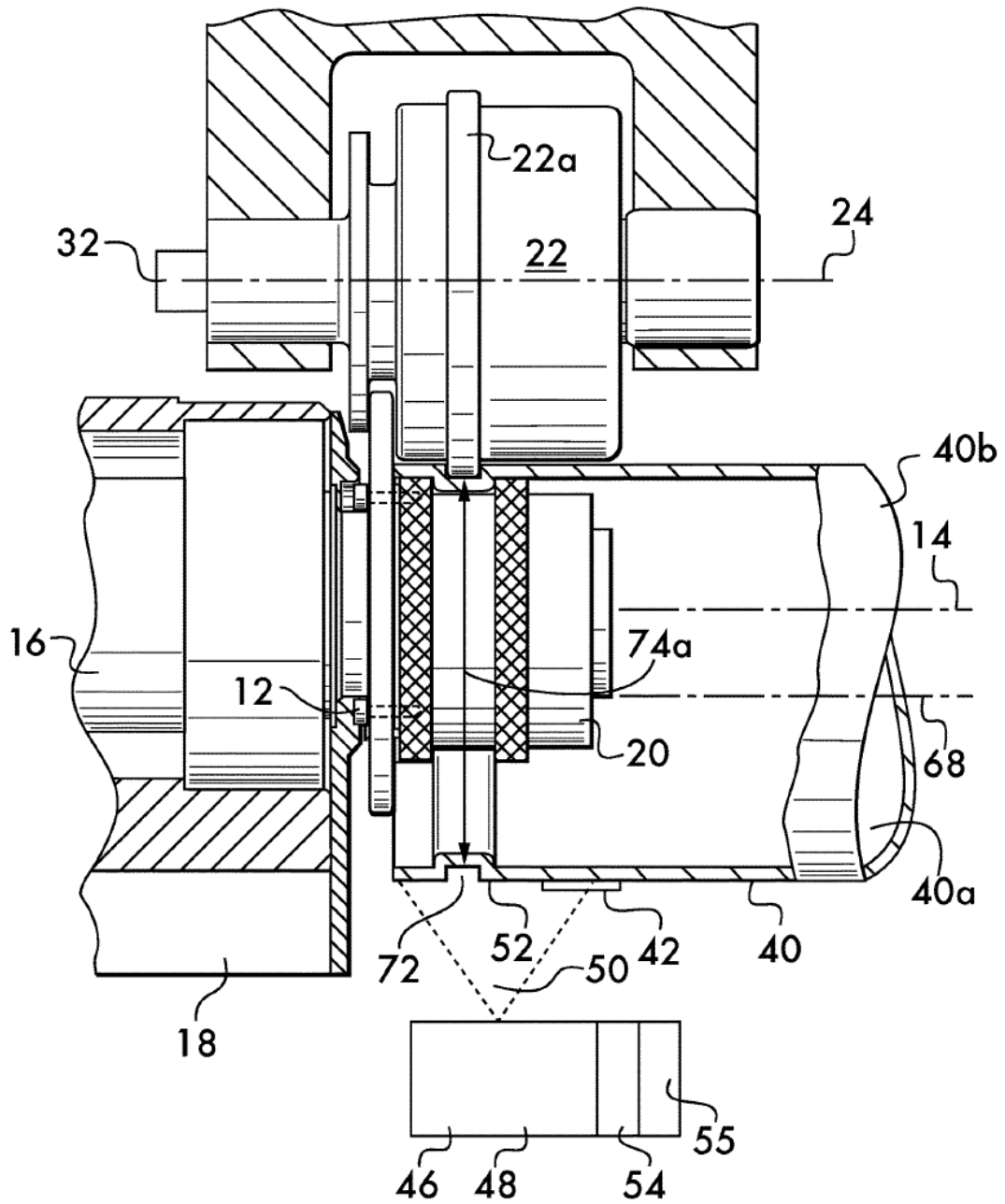


**FIG. 6**

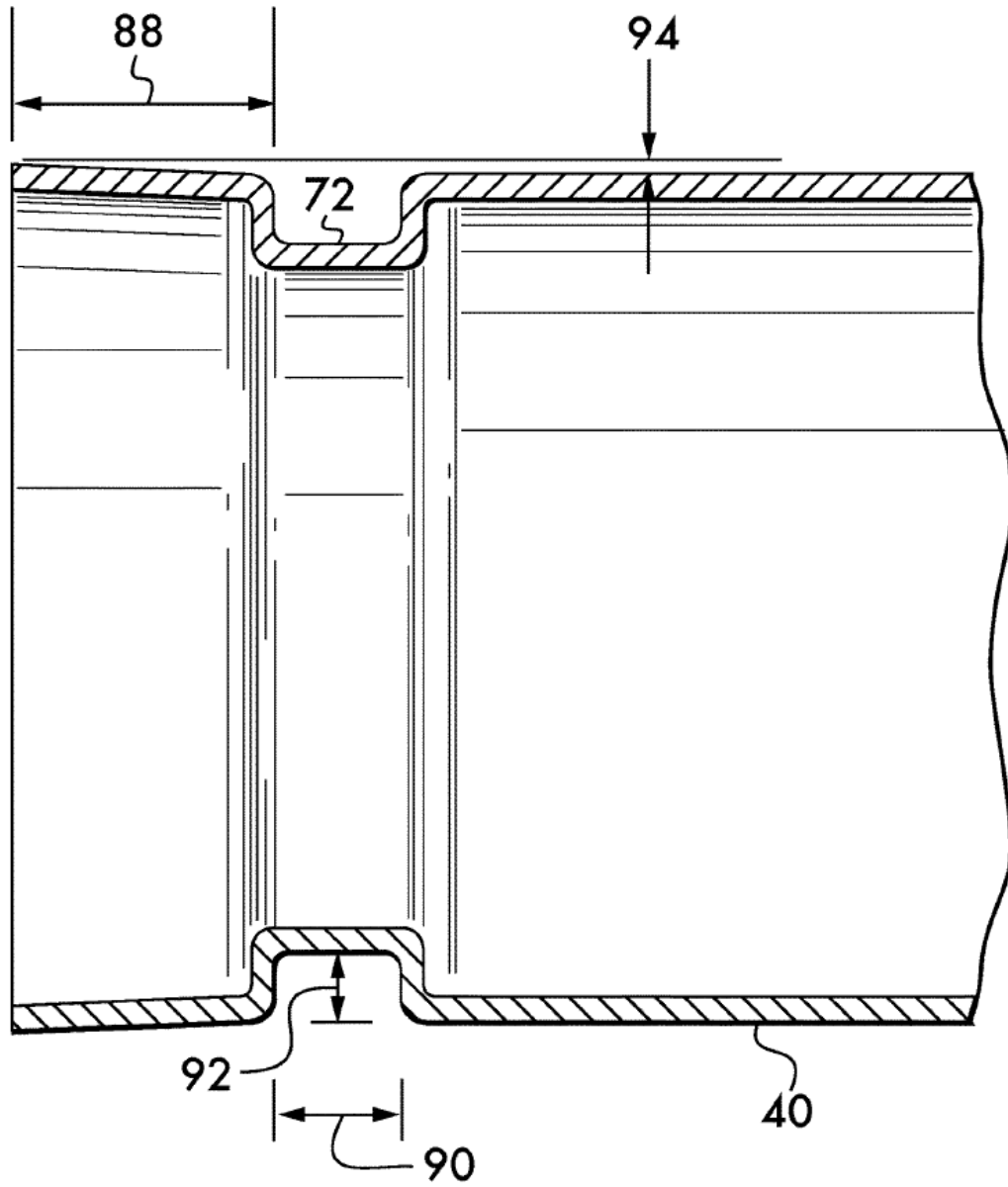




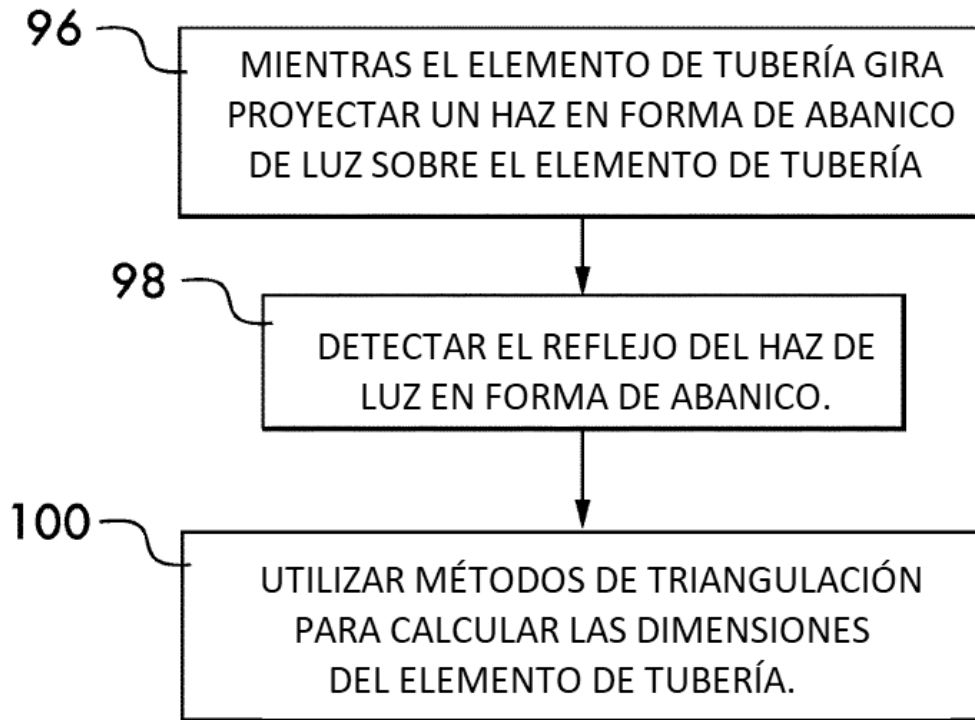
**FIG. 7**



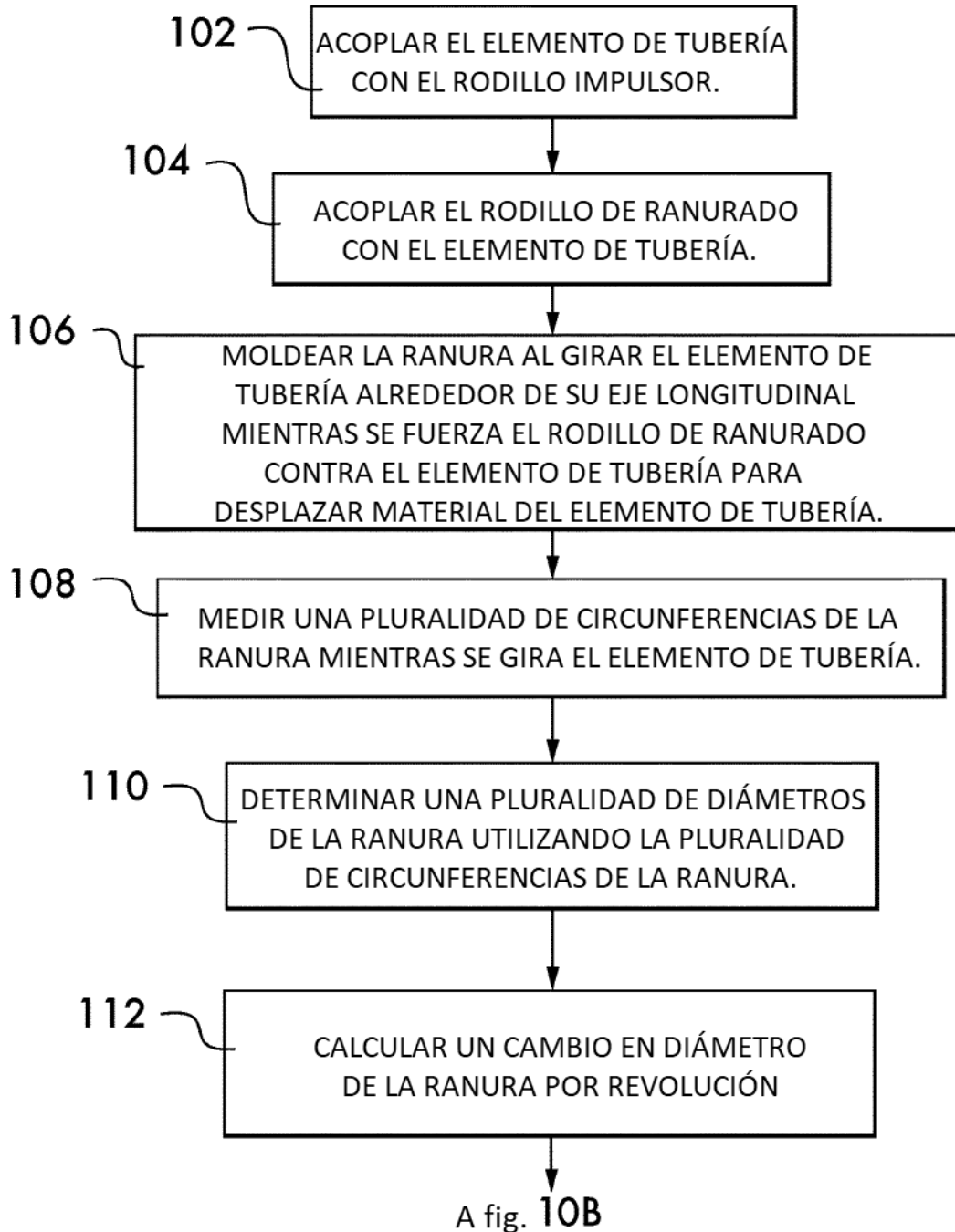
**FIG. 8**



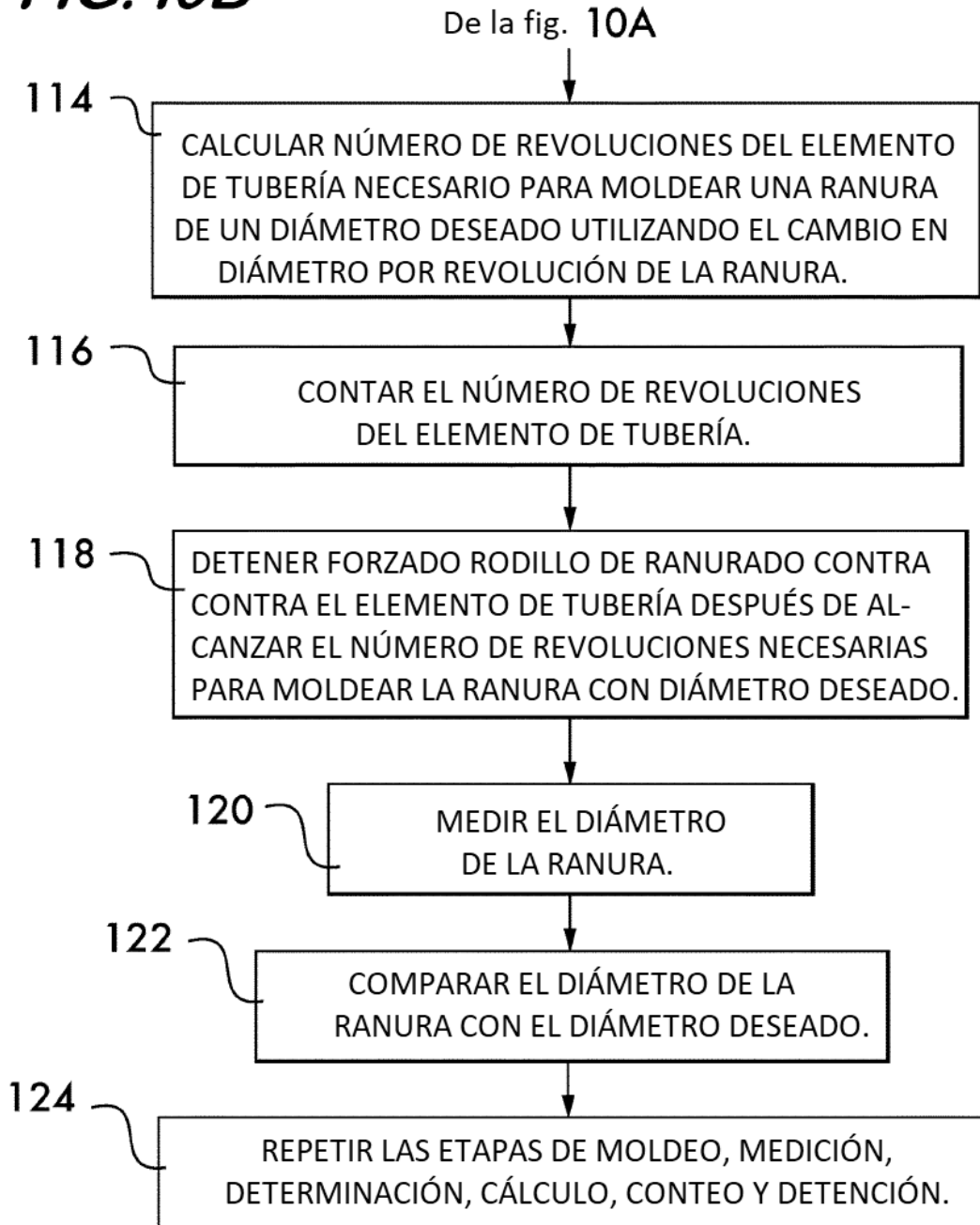
**FIG. 9**



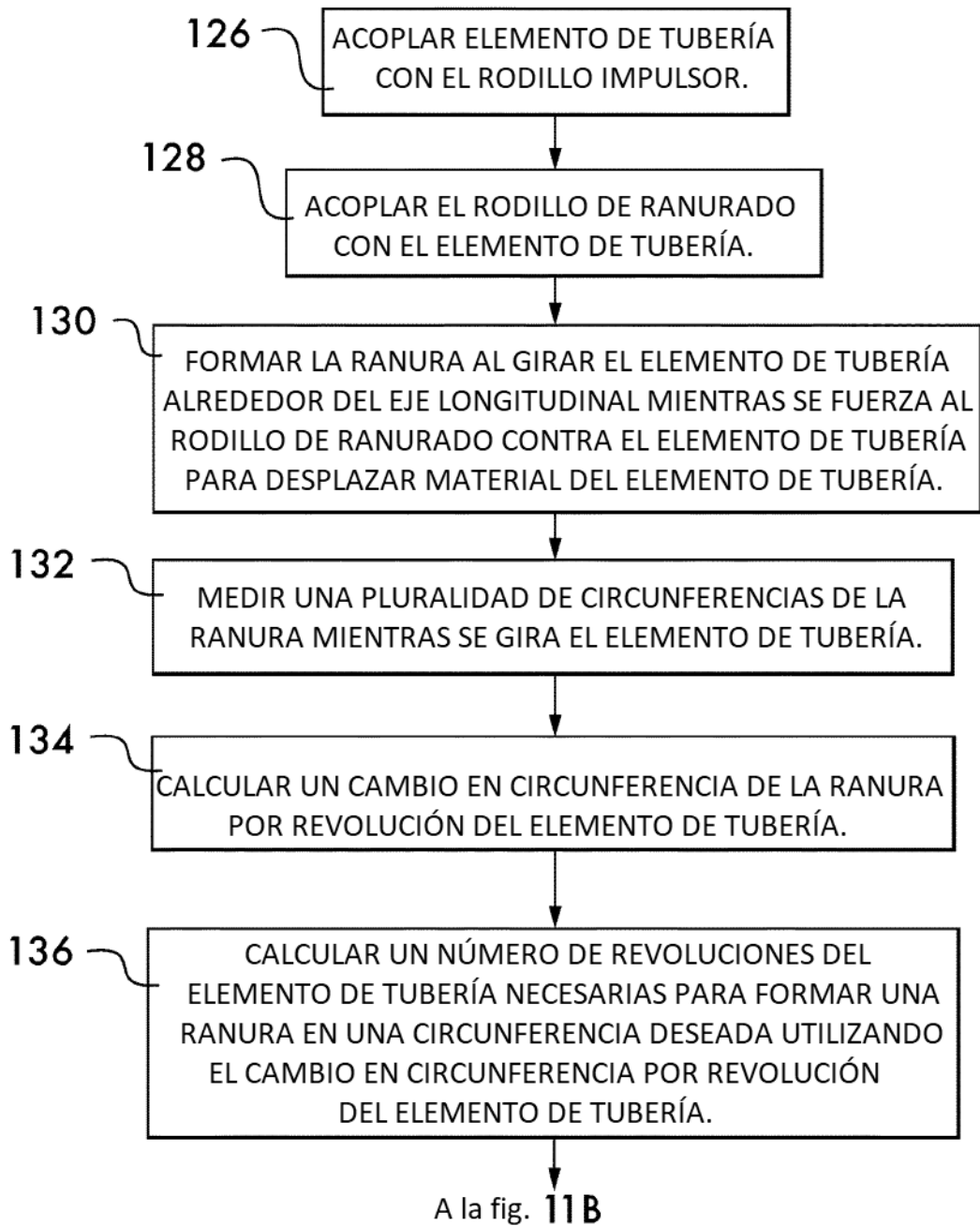
**FIG. 10A**



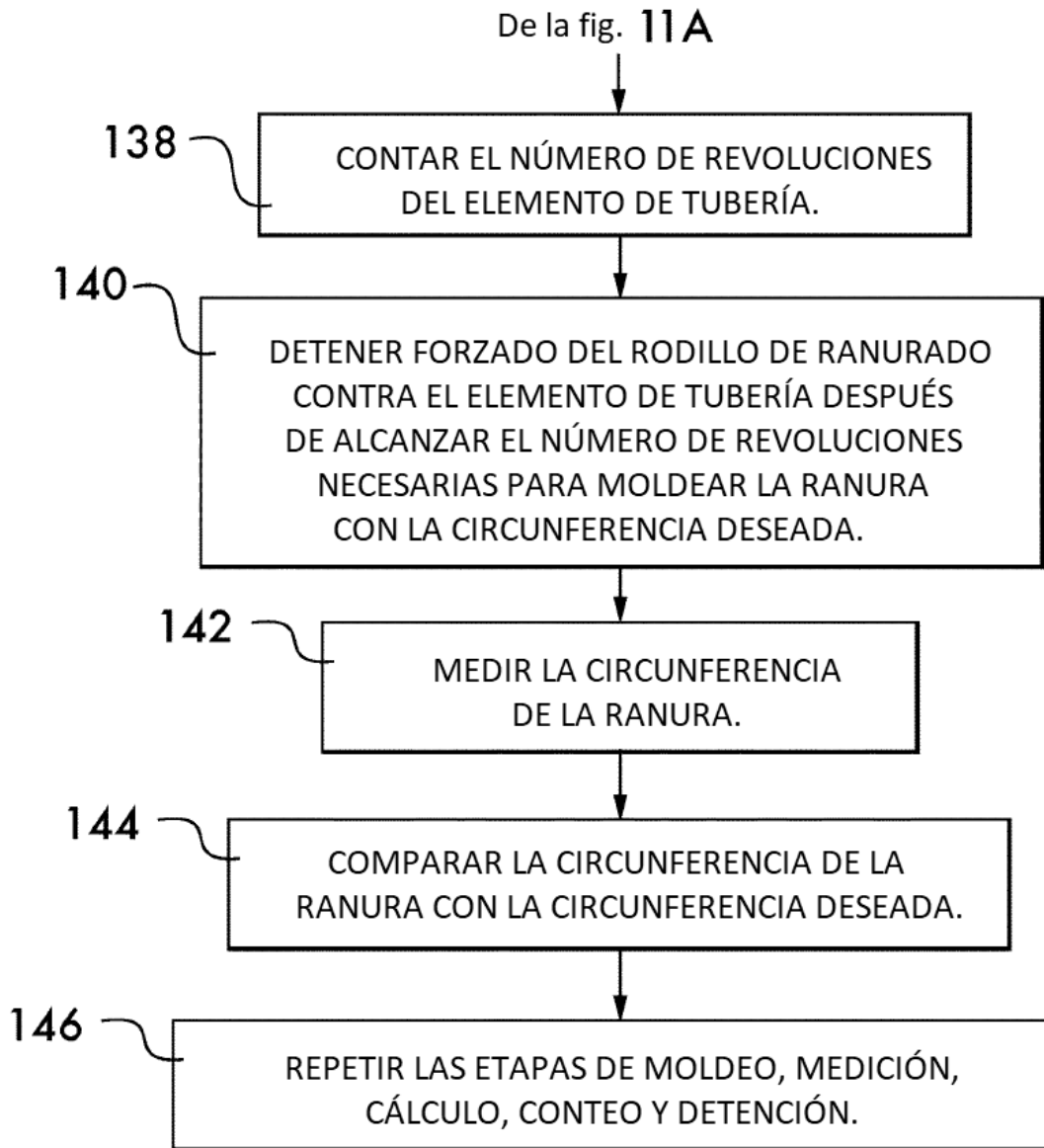
**FIG. 10B**



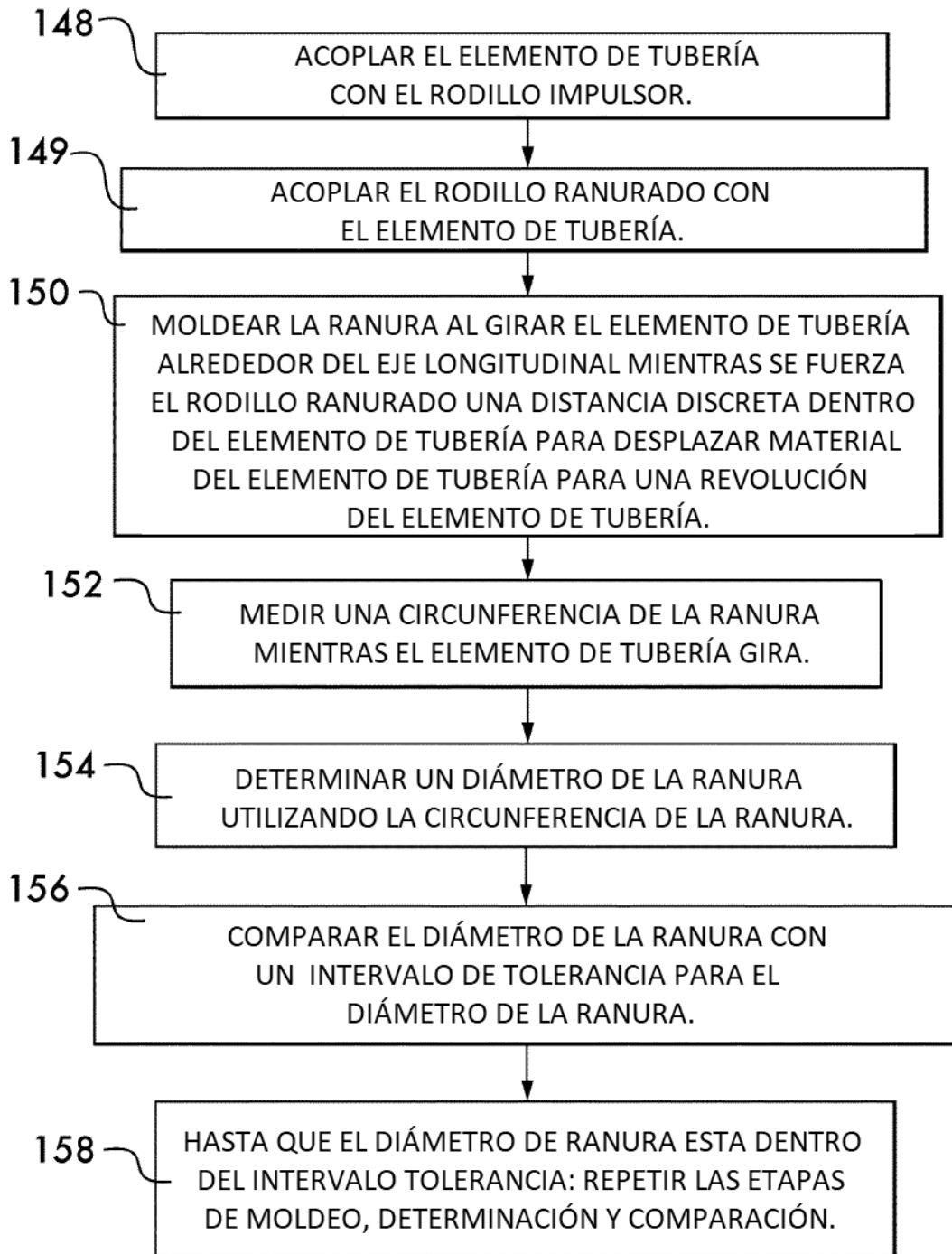
**FIG. IIA**



**FIG. IIB**

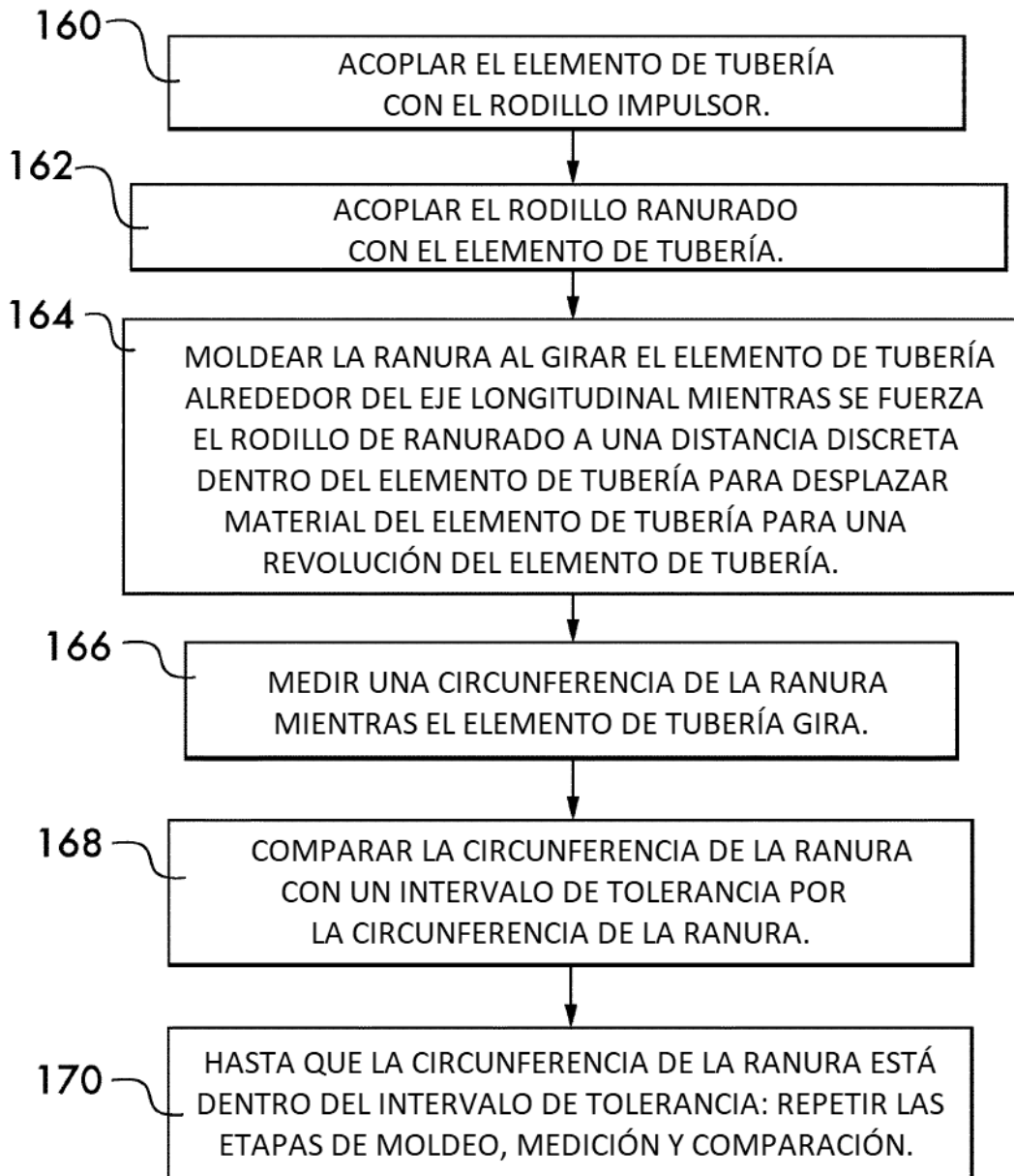


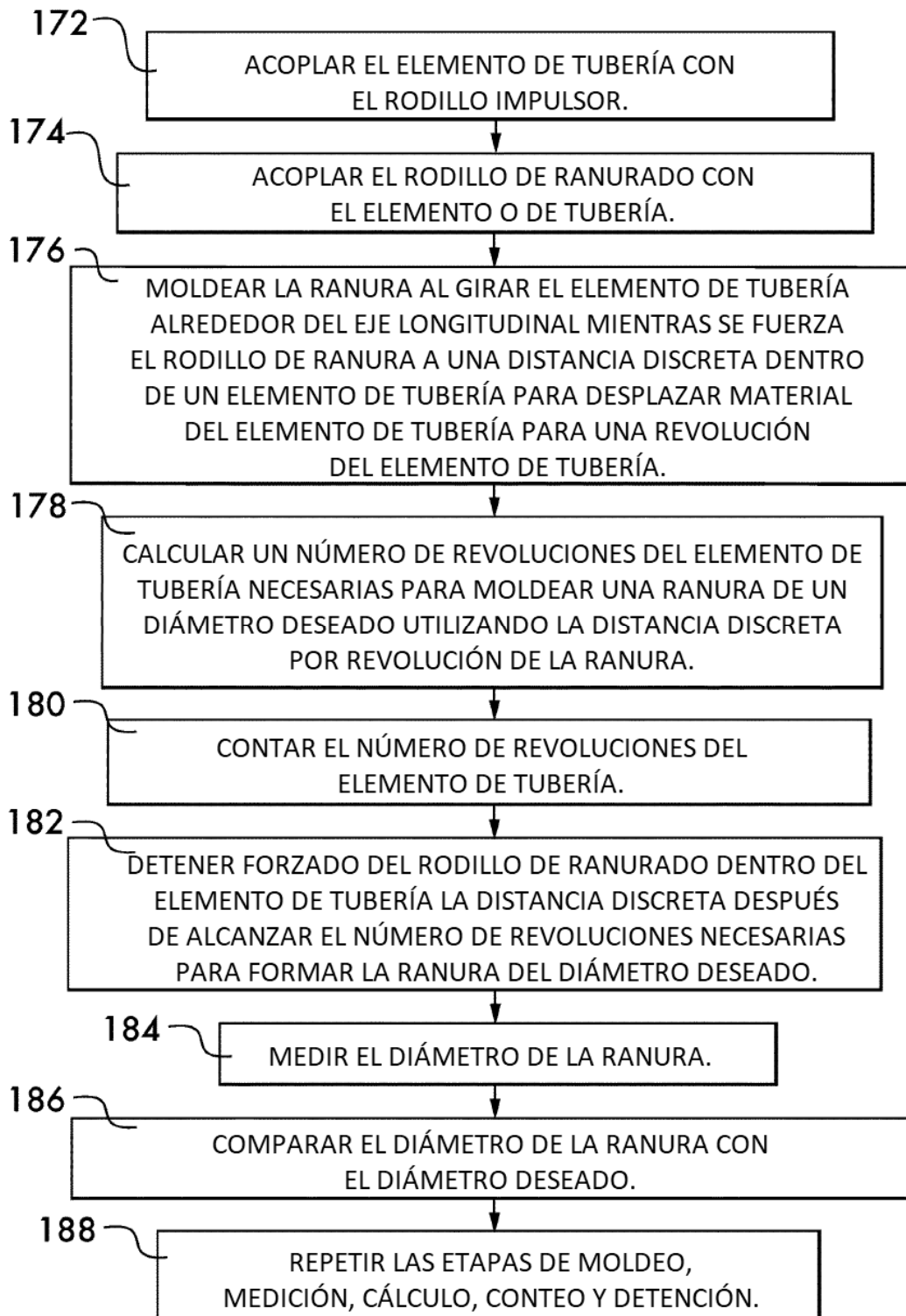
**FIG. 12**



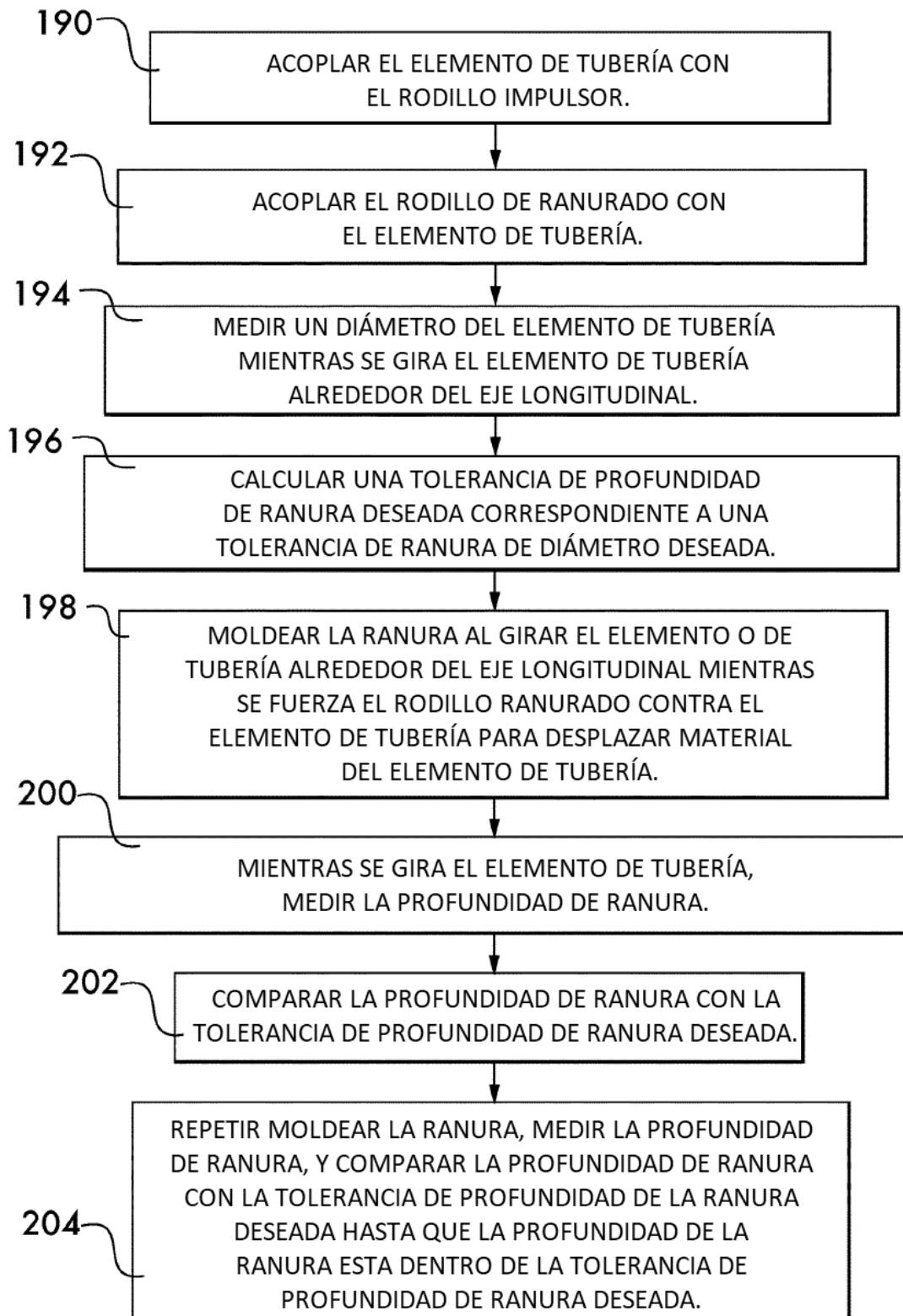


**FIG. 13**

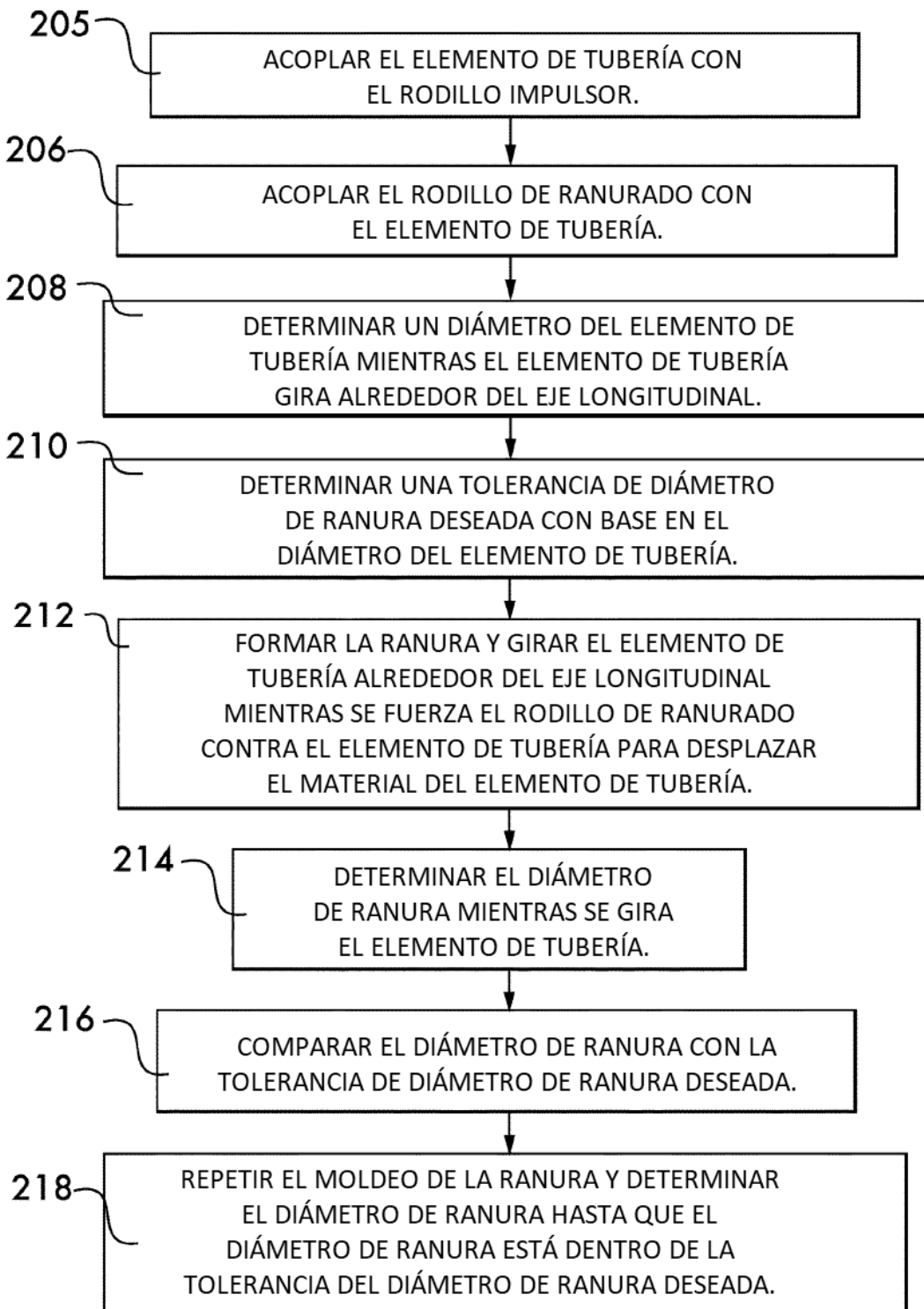


**FIG. 14**

**FIG. 15**



**FIG. 16**



**FIG. 17**

