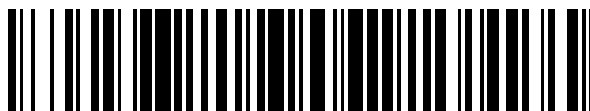


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 890 858**

51 Int. Cl.:

G01N 23/046 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2018** **E 18183074 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.09.2021** **EP 3431969**

54 Título: **Aparato y método para analizar fallos en un elemento tubular**

30 Prioridad:

17.07.2017 US 201762533538 P

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

24.01.2022

73 Titular/es:

MEDFORD, JAMES S. (100.0%)

P.O. Box 270

Magnolia, Texas 77353, US

72 Inventor/es:

MEDFORD, JAMES S.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 890 858 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aparato y método para analizar fallos en un elemento tubular

5 Referencia cruzada a la solicitud relacionada

La presente solicitud reivindica la prioridad de la solicitud de Estados Unidos n.º 62/533.538 presentada el 17 de julio de 2017.

10 Campo de la invención

La presente invención se refiere a la inspección de elementos tubulares para analizar fallos o defectos tales como grietas o picaduras en el elemento tubular, por ejemplo, una tubería. Más específicamente, la presente invención se refiere a un método y un aparato para evaluar fallos en una tubería después de una inspección en línea.

15 Antecedentes de la invención

Alrededor del mundo, hay millones de millas de tuberías que transportan de todo, desde agua hasta petróleo crudo. Las tuberías son vulnerables al ataque de corrosiones internas y externas, agrietamiento, daños a terceros y fallos de fabricación. Si bien es poco probable que una fuga de una tubería de agua provoque un daño ambiental significativo, una fuga de una tubería que transporta hidrocarburos o productos químicos puede crear un desastre ambiental. Por ejemplo, si la tubería transporta gas natural, una fuga puede provocar una explosión catastrófica. En un intento por mantener las tuberías operando de manera segura, se realizan inspecciones periódicas para encontrar fallos antes de que se conviertan en motivo de preocupación.

En el caso de tuberías enterradas, es habitual realizar una inspección en línea (ILI) mediante una tecnología denominada "limpieza por raspado inteligente". A este respecto, los ingenieros han desarrollado dispositivos llamados raspadores que se envían a través de un conducto enterrado para realizar inspecciones. En general, los raspadores se transportan a través del conducto por el flujo del líquido o el gas y pueden desplazarse o realizar inspecciones a distancias muy grandes. Habitualmente, los raspadores transportan un pequeño ordenador para recoger, almacenar y transmitir datos para su análisis.

Habitualmente, los raspadores usan ultrasonidos o acústica electromagnética para realizar las inspecciones. A este respecto, históricamente, se ha descubierto que las mediciones con estas herramientas son imprecisas hasta en un 50 % o más. Los métodos de evaluación directa usados en la actualidad son los ensayos por ultrasonidos multielemento (phased array) y por ultrasonidos manuales. Estos métodos no destructivos son capaces de detectar anomalías/fallos en la pared del conducto, sin embargo, son incapaces de dimensionar con precisión una anomalía/fallo en todos los planos tridimensionales, por ejemplo, longitud (X), anchura (Y) y profundidad (Z). De hecho, la dimensión Z es la más importante, ya que muestra lo lejos que se extiende el fallo entre las superficies interior y exterior de la tubería.

En consecuencia, una vez que un raspador determina que existe una anomalía en una tubería, con el fin de determinar las actividades de mitigación, el operario debe conocer todos los detalles del fallo. Hasta hoy, eso solo se ha logrado mediante la retirada de la sección de conducto y la evaluación en un laboratorio, a menudo solo para descubrir que el fallo no era un defecto de material. A este respecto, se sabe que la tomografía computarizada por rayos X (XCT) se ha usado en el laboratorio para investigar picaduras y grietas en muestras de oleoductos/gasoductos, puentes, aeronaves, plantas químicas, plantas de energía y otras estructuras de ingeniería civil para determinar la morfología X, Y y Z del fallo.

Los documentos US 20050041775 A1 y US 3445655 desvelan sistemas para la inspección radiográfica de cuerpos tubulares o conductos alargados, pero no desvelan un aparato donde un detector de rayos X de panel plano pueda moverse de manera selectiva.

Sumario de la invención

En un aspecto, la presente invención se refiere a un aparato para analizar fallos en un elemento tubular, específicamente, un elemento tubular metálico, tal y como se define en la reivindicación 1.

En otro aspecto más, la presente invención se refiere a un método para analizar fallos en una estructura, in situ, para determinar la morfología tridimensional de un fallo, por ejemplo, una grieta, tal y como se define en la reivindicación 14.

Estas y otras características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, en donde se hace referencia a las figuras de los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una representación esquemática de la posición relativa de un conducto de rayos X y un detector de panel plano en relación con un elemento tubular a inspeccionar de acuerdo con el método de la presente invención.

La figura 2 es una vista en alzado lateral de una realización del aparato de inspección de elementos tubulares de la presente invención en una posición fija en un elemento tubular.

La figura 3 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 3-3 de la figura 2.

La figura 4 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de las líneas 4-4 de la figura 2.

La figura 5 es una vista frontal en alzado de la realización del aparato de inspección mostrado en la figura 2.

La figura 6 es una vista en alzado, similar a la figura 2, que muestra las dos secciones de una realización del aparato de inspección de elementos tubulares de la presente invención.

La figura 7 es una vista en alzado tomada a lo largo de las líneas 7-7 de la figura 2 y que muestra una placa de detector de rayos X de panel plano montada en el aparato de inspección mostrado en la figura 2.

La figura 8 es una vista en planta desde arriba del montaje del detector de panel plano de rayos X mostrado en la figura 7.

La figura 9 es una vista en alzado lateral parcial de otra realización del aparato de inspección de elementos tubulares de la presente invención que muestra conjuntos para agarrar y mover el aparato de inspección de elementos tubulares longitudinalmente a lo largo del elemento tubular.

La figura 10 es una vista similar a la figura 9 que muestra los conjuntos de traslación de la figura 9 en engrane de accionamiento con un elemento tubular.

La figura 11 es una vista en alzado frontal parcial, parcialmente en sección, que muestra uno de los conjuntos de traslación usados en la realización de la figura 9.

La figura 12 es un diagrama de flujo de un método de inspección de un elemento tubular de acuerdo con la presente invención.

La figura 13 es una vista en alzado parcial, parcialmente en sección, que muestra un conjunto de transmisión para hacer rotar el carrusel.

La figura 14 es una vista tomada a lo largo de las líneas 14-14 de la figura 13.

La figura 15 es una vista tomada a lo largo de las líneas 15-15 de la figura 14.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Con referencia en primer lugar a la figura 1, se muestra una disposición de una fuente de rayos X y una placa de detector de panel plano en relación con un elemento tubular a inspeccionar usando el método y el aparato de inspección de la presente invención. La fuente de rayos X S está colocada, en la representación esquemática mostrada en la figura 1, diametralmente opuesta al detector D que emite un haz de rayos X que puede ser un haz cónico mostrado, en general, con una línea central C que se enfoca sobre el área de interés X en el elemento tubular T. Durante el uso, la placa de detector D se coloca en relación con el elemento tubular T de tal manera que el cono de rayos X propagado sobre la placa de detector D sea lo más grande posible. En el método y el aparato de la presente invención, la fuente S y el detector D siempre están centrados uno con respecto a otro. Por lo tanto, mientras que el elemento tubular T podría o puede estar descentrado con respecto a la fuente S y el detector D, dependiendo del O.D. del elemento tubular T, la fuente S y el detector D permanecen centrados uno con respecto a otro.

También se reconocerá, que la fuente S puede moverse o desplazarse hacia la derecha o hacia la izquierda como se ve con respecto a la figura 1 y como lo indican las flechas P, Q. Esta misma libertad de movimiento en el detector D también puede hacerse como lo muestran las flechas P', Q'. Por ejemplo, en el caso de un conducto de gran diámetro, el detector se desplazará, en general, hacia la izquierda o hacia la derecha, es decir, el centro del detector D no se encontraría sobre el diámetro del elemento tubular.

También se reconocerá que la fuente S puede moverse verticalmente, de nuevo con referencia a la visualización de la figura 1, de tal manera que la fuente S está más lejos o más cerca del elemento tubular T propagando o uniéndose de este modo la propagación del cono de rayos desde la fuente S sobre el elemento tubular T y el detector D.

Con referencia en primer lugar a las figuras 2 y 5, el aparato de inspección de conductos de la presente invención mostrado, en general, como 10, comprende unos elementos de almacén anulares espaciados axialmente primero y segundo, mostrados, en general, como 12 y 14. El elemento de almacén 12 tiene unos segmentos de almacén primero y segundo 16 y 18, mientras que el elemento de almacén 14 tiene unos segmentos de almacén primero y segundo 20 y 22. Hay un carrusel, mostrado, en general, como 30, que tiene unas llantas anulares o secciones laterales espaciadas axialmente primera y segunda, mostradas, en general, como 32 y 34.

La llanta 32 que está conectada al elemento de almacén 12 tiene unos segmentos primero y segundo 36 y 38, mientras que la llanta 34 que está conectada al elemento de almacén 14 tiene unos segmentos primero y segundo 40 y 42. Los segmentos de llanta 36 y 40 están conectados entre sí por dos espaciadores/tirantes, solo uno de los cuales, el espaciador 50, se muestra. De manera similar, los segmentos 38 y 42 están conectados entre sí por dos espaciadores o tirantes, solo uno de los cuales, el espaciador 52, se muestra. Un par de abrazaderas acodadas liberables y ajustables 54 y 56 mantienen juntos los segmentos de llanta 36 y 38. De la misma manera, un par similar

de abrazaderas, solo una de las cuales, la abrazadera 58, se muestra, mantienen juntos los segmentos de llanta 40 y 42.

Tal y como se observa mejor en la figura 2, hay una pluralidad de pinzas roscadas espaciadas circunferencialmente 59 que, como se muestra en esta realización, son tornillos de ajuste alargados, que se reciben a través de orificios pasantes roscados en los elementos de armazón 12 y 14, y que, como se ha visto, pueden ajustarse de manera selectiva para engranar y colocar los elementos de armazón 12 y 14 alrededor de la pared exterior del elemento tubular T. El número, tipo y espaciamiento de las pinzas 59 pueden variar, siendo la única condición que, si se desea colocar el aparato de inspección 10 concéntricamente con respecto al elemento tubular T, habría, en general, al menos tres de tales pinzas 59, preferentemente separadas 120° aproximadamente. Se entenderá que puede usarse cualquier tipo de conjuntos de agarre o centrado para engranar el conducto a examinar. Como se ve mejor con referencia a la figura 2, cuando los segmentos de llanta 36, 38 y 40, 42 se conectan usando abrazaderas, por ejemplo, las abrazaderas 54, 56 y 58, los elementos de armazón 12, 14 y las llantas 32, 34 forman de manera eficaz una estructura similar a una jaula en relación circundante con el elemento tubular T.

Interconectado a los segmentos de llanta 38 y 42 hay un portador de fuente de rayos X mostrado, en general, como 60. El portador 60 está compuesto por unos muñones o monturas espaciados axialmente primero y segundo 62 y 64 que tienen unos elementos de conector 62A y 64A, respectivamente, recibiendo los elementos de conector 62A y 64A de manera rotatoria los extremos opuestos de una varilla roscada 66. Unido operativamente a la varilla roscada 66 hay un motor paso a paso 68, que puede hacer rotar la varilla 66. Una fuente de rayos X, mostrada, en general, como 70 está montada en una base 71. La base 71 incluye un collar 73 que está roscado internamente y que recibe la varilla roscada 66 en una disposición de tipo piñón y cremallera. En consecuencia, se apreciará que, si el motor paso a paso 68 hace rotar la varilla 66, la base 71 y, por lo tanto, la fuente de rayos X 70 se moverán longitudinalmente a lo largo de la varilla 66.

Tal y como se observa mejor en la figura 5, unidos a las llantas 32 y 38 están los hierros angulares 73 y 75, respectivamente. Atornilladas a los muñones 62 y 64 están las placas 63 y 67 que se extienden debajo de una pata de los hierros angulares 75 y 73, respectivamente. Hay un par de travesaños 77 y 79 conectados en sus extremos opuestos a los muñones 62 y 64. Los travesaños 77, 79 forman una pista o carril sobre el que se monta el portador 71 a medida que la fuente de rayos X 70 se mueve a lo largo de la varilla roscada 66. Se entenderá que, mediante un acuíñamiento adecuado, la fuente de rayos X 70 podría moverse más, lateralmente hacia fuera de las llantas. Además, se apreciará que la fuente de rayos X podría montarse adecuadamente para estar más cerca, de hecho, entre las llantas.

En la figura 2, el aparato de inspección de la presente invención se muestra en su estado ensamblado. Como se ve mejor con referencia a la figura 6, en el estado desensamblado, los pares respectivos de los segmentos de armazón y los segmentos de llanta son, en general, semicirculares y, en consecuencia, tienen superficies o caras que, cuando se ensambla el aparato 10, están en una relación de apoyo entre sí. Las caras diamétricas de apoyo de los pares de segmentos de llanta 36, 38 y 40, 42 tienen unas formaciones de hojas superpuestas (véase la figura 6), 76 y 78, que son unas formaciones de hojas diametralmente opuestas 80 y 82. Cada una de las formaciones de hojas tiene una serie de agujeros que, cuando las caras de apoyo de los segmentos de llanta 36 y 38 se juntan en una relación de apoyo, están en correspondencia, por lo que las combinaciones de tuerca/perno 84 y 86 pueden recibirse en los orificios correspondientes para conectar los segmentos 36 y 38. Se entenderá que también está presente una estructura similar en los segmentos de llanta 40 y 42. Como también puede verse con referencia a la figura 2, cada par de segmentos de llanta también está conectado por unas abrazaderas liberables 54 y 56. Además, cada uno de los segmentos de llanta lleva un conjunto de bisagra mostrado, en general, como 90 y 92, comprendiendo los conjuntos de bisagra un soporte 94 fijado al segmento de llanta 38 mediante combinaciones de tuerca y perno. El soporte 94 se extiende lateralmente hacia fuera desde la periferia del segmento de llanta 38 y lleva un pasador de pivote 96. Un elemento de bisagra en forma de L 98 tiene una ranura alargada 100 a través de la que se recibe el pasador de pivote 96. Como se ve en la figura 2, en la posición ensamblada, una pata del elemento de bisagra 98 está fijada al segmento de llanta 36 por medio del conjunto de tuerca y perno 102.

Con referencia ahora a la figura 6, puede verse que, si se retiran los conjuntos de tuerca y perno 84, pueden separarse las hojas 76 y 78. De la misma manera, si se retiran los conjuntos de tuerca y perno 85 en las hojas superpuestas 80 y 82, y, además, si se retiran los conjuntos de tuerca y perno 102 del elemento de bisagra en forma de L 98, el segmento de llanta 38 puede separarse en las superficies de apoyo y el segmento 38 puede hacerse pivotar alrededor del pasador 96 para permitir que el aparato se retire de su relación circundante con el elemento tubular T, como se ve en la figura 6.

Como se ve en la figura 6, los elementos de armazón 16 y 18 en sus caras diamétricas de apoyo tienen unos orificios correspondientes en los que se reciben los pasadores de posición 110 y 112, respectivamente. Los pasadores de posición 110 y 112 garantizan una alineación adecuada cuando se ensambla el aparato de la presente invención en una relación circundante con un elemento tubular.

Será evidente a partir de la descripción dada anteriormente, que, mientras los elementos de armazón están estacionarios cuando el aparato de inspección está conectado en relación circundante con el elemento tubular T,

puede hacerse que el carrusel 30 rote en relación con el elemento de armazón como se describe a continuación.

Ahora se hace referencia a las figuras 3, 4 y 5. Como se muestra en la figura 5, hay unos motores primero y segundo 200 y 202 conectados por unos soportes 204 y 205 a los segmentos de armazón 16 y 20, respectivamente. Tal y como puede verse en la figura 4, el árbol de motor 206 está conectado a un engranaje recto 208. El engranaje recto 208 se engrana con un engranaje de anillo 210 que está colocado en un rebaje anular 212 del segmento de armazón 16. Hay una pluralidad de ejes espaciados circunferencialmente 214 que se extienden a través del segmento de armazón 16 en los que están montados los rodillos 216.

El segmento de llanta 20 se conecta al engranaje de anillo 210 a través de una serie de pernos espaciados circunferencialmente 220 que se extienden a través de una placa de espaciador anular 222, recibiendo los pernos 220 en orificios roscados espaciados circunferencialmente en el engranaje de anillo 210. Aparece una disposición similar con respecto al motor 202 y el segmento de llanta 42. Por lo tanto, a medida que el motor 200 hace rotar el árbol 206 y el engranaje recto 208, los dientes engranados del engranaje recto 208 y el engranaje de anillo 210 accionan el engranaje de anillo 210 que se desplaza sobre los rodillos 216. Dado que el engranaje de anillo 210 está conectado al segmento de llanta 38, el resultado es la rotación de la llanta 32. Esta misma construcción y método de operación también describe la acción del motor 202 y la rotación de la llanta 34.

Pasando ahora a las figuras 13-15, se muestra un conjunto de transmisión alternativo para usar en la rotación de las llantas, por ejemplo, la llanta 32. Debe entenderse que, si bien la siguiente descripción se aplica solo a la llanta 32, puede aplicarse igualmente a la llanta 34. Pasando a continuación a la figura 13, se ilustra un conjunto de transmisión por tornillo sin fin mostrado, en general, como 700. El conjunto de transmisión por tornillo sin fin 700 comprende una caja de engranajes 702 en la que está articulado de manera rotatoria un conjunto de tornillo sin fin mostrado, en general, como 704. El tornillo sin fin 704 comprende un árbol 706, cuyos extremos están articulados de manera rotatoria en unos cojinetes 708 y 709. Un tornillo sin fin 710 y un engranaje biselado 712 están montados en y pueden rotar con el árbol 706. Conectado a la llanta 32 por pernos hay una rueda de tornillo sin fin 720, cuyos dientes pueden engranarse con los dientes del tornillo sin fin 710. Una cubierta sustancialmente anular 722 se superpone a la rueda de tornillo sin fin 720, estando la cubierta 722 conectada a la caja de engranajes 702.

Como se muestra en la figura 14, la caja de engranajes 702 está conectada al armazón 16. Como también puede verse, la rueda de tornillo sin fin 720 está conectada al segmento de llanta 38. La figura 14 también representa cómo el tornillo sin fin 710 está enchavetado al árbol 706. La rueda de tornillo sin fin 720 se desplaza sobre una pluralidad de rodillos espaciados circunferencialmente 740, solo uno de los cuales se muestra en la figura 14. Por motivos de claridad, se muestra un motor 742 que, como se ve mejor en la figura 15, acciona el tornillo sin fin 710.

Pasando a continuación a la figura 15, puede verse que el motor 742 está conectado a la caja de engranajes 702 y tiene un árbol de transmisión 744 que está conectado al árbol de engranaje biselado 746 del engranaje biselado 748. Por lo tanto, puede verse que a medida que el motor 742 hace rotar el árbol 746, el engranaje biselado 748 engranado con el engranaje biselado 712 acciona el árbol 706 y, en consecuencia, el tornillo sin fin 710 que a su vez acciona la rueda de tornillo sin fin 720. Se entenderá que la disposición de transmisión por tornillo sin fin mostrada en las figuras 13-15 puede ser deseable en lugar del conjunto de transmisión mostrado en la figura 4, ya que tiene la ventaja de transmitir un par más alto. Sin embargo, debe entenderse que puede usarse cualquier conjunto de transmisión para hacer rotar el carrusel 30. Además, debe entenderse que, si bien el sistema de transmisión descrito anteriormente, por ejemplo, las figuras 4 y 13-15, contempla un conjunto de transmisión en cada llanta, en ciertos casos, solo puede usarse un único sistema de transmisión en una llanta.

Pasando ahora a las figuras 7 y 8, se muestra una conexión de un detector de rayos X de panel plano al carrusel 30 de la presente invención. Dos barras transversales espaciadas circunferencialmente 300 y 302 están conectadas en sus extremos opuestos a las llantas espaciadas del carrusel 30.

Las barras 300 y 302 tienen unas ranuras en ángulo 304, 306 y 308, 310, respectivamente. La barra transversal 300 está conectada a los postes espaciados lateralmente 312 y 314 mientras que la barra transversal 302 está conectada a los postes espaciados lateralmente 316 y 318. Tal y como puede verse mejor en la figura 8, los postes 312, 314, 316 y 318 sobresalen a través de unos orificios que están en comunicación abierta con las ranuras 304, 306, 308 y 310. En los postes en un armazón 319 está montada de manera deslizante una placa de detector de panel plano de rayos X 320. La posición de la placa de detector de rayos X 320 en relación con el elemento tubular T variará dependiendo de parámetros tales como el diámetro del elemento tubular T, el área del elemento tubular T a examinar, etc. En consecuencia, en algunos casos, la placa de detector de rayos X 320 estará lo más cerca posible de la pared exterior del elemento tubular T, mientras que en otras ocasiones estará a una distancia predeterminada de la circunferencia del elemento tubular T. Por lo tanto, la placa de detector de rayos X 320 puede colocarse de manera selectiva en relación con el elemento tubular T, no solo con respecto a su colocación lateral, como se ha expuesto anteriormente con respecto a la figura 1, sino también su distancia radial del elemento tubular T. Con este fin, cuatro pernos de ajuste, 322, 324, 326 y 328, se reciben en los orificios respectivos para extenderse a través de las ranuras 304, 306, 308 y 310, respectivamente. Cuando se aflojen los pernos de ajuste 322, 324, 326 y 328, será evidente que permitirán que las ranuras se expandan ligeramente, por lo que el armazón 319 conectado al poste podrá moverse en las direcciones indicadas por la flecha A de la figura 7. En otras palabras, el detector de panel

plano puede acercarse o alejarse del elemento tubular T. Una vez colocados en la localización deseada, los tornillos de ajuste 322, 324, 326 y 328 pueden apretarse a continuación para retener el armazón 319 y, por lo tanto, el detector de rayos X de panel plano en su posición.

Como se ha expuesto anteriormente, también es preferible que la placa de detector 320 pueda ajustarse en las direcciones de la flecha C, es decir, transversalmente con respecto al elemento tubular T. A este respecto, el armazón 319 tiene unas pestañas laterales opuestas 321 y 323 en las que se forman unas ranuras que se extienden longitudinalmente 325 y 327, respectivamente. En consecuencia, cuando se aflojan los pernos de ajuste 322, 324, 326, 328, los postes y, por lo tanto, el armazón 319 al que están unidos los postes, tienen libertad para moverse en la dirección de la flecha C para colocar adecuadamente la placa de detector 320 con respecto al elemento tubular T.

Con referencia ahora a las figuras 9, 10 y 11, se muestra otra realización de la invención en donde las pinzas usadas para agarrar el elemento tubular T también incluyen mecanismos de accionamiento para trasladar el aparato 10 a lo largo de la longitud del elemento tubular T.

En aras de la brevedad, solo se describirá un segmento de un lado del armazón/carrusel, entendiéndose que el otro lado es el mismo. Pasando ahora a las figuras 9 y 11, puede verse que el segmento de armazón 400 tiene una parte de pestaña anular que se extiende radialmente hacia fuera 402, teniendo la parte de pestaña 402 una lengüeta anular que sobresale radialmente hacia fuera 406. Un segmento de anillo exterior 408 tiene una hendidura anular que se extiende radialmente hacia dentro 410 que es complementaria de la lengüeta 406. Por lo tanto, el segmento de anillo 408 y la parte de pestaña 402 están excluidos del movimiento lateral relativo. Sin embargo, el anillo 408, como se ve a continuación, tiene una libertad de rotación relativa limitada en relación con la pestaña 402.

Hay dos conjuntos de rodillos locos mostrados, en general, como 420 y 422, y dos conjuntos de rodillos impulsados mostrados, en general, como 424 y 426. En primer lugar, con respecto a los conjuntos de rodillos locos, se hará referencia al conjunto de rodillos locos 420, entendiéndose que, para todos los efectos, el conjunto de rodillos locos 422 es el mismo. El conjunto de rodillos locos 420 comprende un rodillo 430 transportado de manera rotatoria por un eje 428 montado en una horquilla 431. La horquilla 430 tiene unas orejas superior e inferior 432 y 434. Conectado de manera pivotante a la oreja 434 hay un enlace 436 que también está conectado de manera pivotante a un pasador 439 transportado por el segmento de armazón 400. Conectado de manera pivotante a la oreja 432 hay un enlace generalmente en forma de L 438, estando el enlace 438 colocado sobre un pasador de pivote 440 anclado en la parte de pestaña 402. El enlace en forma de L 438 está conectado de manera pivotante a un brazo de enlace 442 que, a su vez, está montado de manera pivotante en un pasador 444 anclado en el anillo 408. El enlace 442 está conectado de manera pivotante al pasador 444 y al enlace en forma de L 438 por medio del pasador de pivote 441.

En la realización mostrada en la figura 10, las pinzas/rodillos 430 están engranados por agarre con el elemento tubular T. Para lograr esto, hay un conjunto de cilindro de pistón 500, estando el cilindro 502 fijado de manera pivotante a la parte de pestaña 402 del segmento de anillo 400. El pistón 504 tiene un extremo distal que está conectado de manera pivotante a un pasador de pivote 444. Como puede verse comparando las figuras 9 y 10, cuando el pistón 504 se mueve en la dirección de la flecha B, mostrada en la figura 10, se hace rotar el anillo exterior 408 en la dirección de la flecha C, forzando el sistema de articulación de tipo paralelogramo descrito anteriormente los conjuntos de rodillos compuestos por horquillas 431 y rodillos 430 engranados con el elemento tubular T. Este motor puede verse con respecto a la flecha E. Se entenderá que mientras el grado de rotación del anillo 408 relativo a la pestaña 402 esté limitado, es suficiente para permitir que el sistema de articulación fuerce los rodillos 430 a engranarse por agarre con la pared exterior del elemento tubular T.

Como se ha indicado anteriormente, los conjuntos de rodillos 420 y 422 son rodillos locos mientras que los conjuntos de rodillos 424 y 426 son conjuntos de rodillos impulsados. Con referencia ahora a la figura 10, se describirá el conjunto de rodillos impulsados 424, entendiéndose que el conjunto de rodillos impulsados 426 es de construcción similar. Como en el caso de los conjuntos de rodillos locos, los conjuntos de rodillos impulsados tienen la misma articulación que interconecta la horquilla de los conjuntos de rodillos y el anillo 408. Montado en el segmento de anillo 400 hay un motor de engranajes 560 que tiene un árbol (no mostrado) conectado a un conjunto de engranajes frontales en una caja de engranajes 562, estando el conjunto de engranajes frontales conectado, a su vez, al árbol 564 que, a su vez, está conectado de manera fija al rodillo 566, por lo que la rotación del motor 560 a través del conjunto de engranajes frontales en la caja de engranajes 562 hace rotar el árbol 564 y, por lo tanto, el rodillo 566. En consecuencia, cuando los motores 560 están activados, los rodillos impulsados 566 que están engranados por agarre con la pared exterior del elemento tubular T trasladarán el aparato de inspección a lo largo de la longitud del elemento tubular T. Los motores pueden alimentarse por batería y activarse por control remoto.

Pasando ahora a la figura 12, se muestra un diagrama de flujo esquemático que describe, en general, el método de la presente invención. En una primera etapa 600, el aparato de la presente invención se coloca en relación circundante con un elemento tubular, por ejemplo, la tubería a inspeccionar. Es significativo que, con la presente invención, la inspección in situ de una tubería puede realizarse sin la necesidad de cortar la sección de interés de la tubería y hacer que se inspeccione en un sitio de laboratorio remoto.

En cualquier caso, en la etapa 602 se usa un programa informático para establecer un parámetro de control de

movimiento del movimiento del carrusel alrededor de la circunferencia del elemento tubular, pudiendo el programa informático operarse para establecer parámetros de control de movimiento basados en el tamaño del elemento tubular. En la etapa 604, se toma una primera imagen de rayos X bidimensional en una primera posición en la periferia del elemento tubular. En la etapa 606, usando un software de imagen adecuado, se recopilan y almacenan metadatos representativos de la imagen bidimensional, repitiéndose las etapas 604 y 606 como se indica en la etapa 5 608 para una rotación completa de 360° alrededor del elemento tubular. En la etapa 610, los metadatos recopilados se fusionan en una sola pila de imágenes. En la etapa 612, el software informático convierte la pila de imágenes bidimensionales fusionadas en una imagen tridimensional. En la etapa 614, el software de renderizado, u otro software adecuado, genera una imagen tridimensional de cualquier área sospechosa en el elemento tubular. En la 10 etapa 616, el programa informático aísla fallos/anomalías específicos que pueden estar presentes en las áreas sospechosas y que merecen un análisis más detallado. En la etapa 618, el programa informático dimensiona los fallos/anomalías para proporcionar las dimensiones X-Y-Z de los fallos/anomalías. En la etapa 620, el programa informático proporciona un informe detallado de los fallos/anomalías medidos, incluida su morfología X-Y-Z. Será fácilmente evidente que los fallos/anomalías y sus características morfológicas/dimensionales pueden visualizarse 15 en tiempo real en el sitio de la inspección o en una localización remota adecuada.

Aunque en el presente documento se han descrito realizaciones específicas de la invención con cierto detalle, se ha realizado únicamente con el fin de explicar los diversos aspectos de la invención, y no se pretende limitar el alcance de la invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

20

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) para analizar fallos en un elemento tubular (T), que comprende:

- 5 un armazón que tiene unas secciones laterales espaciadas axialmente primera y segunda (12, 14), teniendo cada una de dichas secciones laterales primera y segunda (12, 14) unos segmentos primeros (16, 20) y segundos (18, 22), estando dicho armazón adaptado para ser colocado alrededor de un elemento tubular (T); y un carrusel (30) montado de manera rotatoria en dicho armazón y adaptado para ser colocado alrededor de dicho elemento tubular (T), teniendo dicho carrusel (30) unas secciones laterales espaciadas axialmente tercera y cuarta (32, 34), teniendo cada una de dichas secciones laterales tercera y cuarta (32, 34) unos segmentos quintos (36, 40) y sextos (38, 42);
 10 una fuente de rayos X (70) montada en dicho carrusel (30);
 un detector de rayos X de panel plano (D) montado en dicho carrusel (30) a una distancia espaciada circunferencialmente de dicha fuente de rayos X (70), en donde dicho detector de rayos X de panel plano (D) puede moverse de manera selectiva radialmente hacia dentro y radialmente hacia fuera con respecto a dichas secciones laterales tercera y cuarta (32, 34) de dicho carrusel (30) y/o en donde dicho detector de rayos X de panel plano (D) puede moverse de manera selectiva en una segunda dirección paralela a dichas secciones laterales tercera y cuarta (32, 34) de dicho carrusel (30); y
 15 un conjunto de transmisión montado en dicho armazón y conectado operativamente a dicho carrusel (30) para hacer rotar dicho carrusel (30) en relación con dicho armazón.
 20

2. El aparato de la reivindicación 1, que comprende, además:

- 25 una primera pluralidad de pinzas de elemento tubular operables de manera selectiva y espaciadas circunferencialmente (59/430), conectadas a dicha primera sección lateral (12) de dicho armazón; y una segunda pluralidad de pinzas de elemento tubular operables de manera selectiva y espaciadas circunferencialmente (59/430), conectadas a dicha segunda sección lateral (14) de dicho armazón.

3. El aparato de la reivindicación 1, en donde dichos segmentos quintos (36, 40) y sextos (38, 42) de cada una de dichas secciones laterales tercera (32) y cuarta (34) están conectados de manera abisagrada.

4. El aparato de la reivindicación 1, en donde dicho armazón y dicho carrusel (30) son anulares.

5. El aparato de la reivindicación 1, en donde dicha transmisión comprende un primer motor (200) conectado operativamente a dicha tercera sección lateral (32) de dicho carrusel (30).

6. El aparato de la reivindicación 5, en donde hay un segundo motor (202) conectado operativamente a dicha cuarta sección lateral (34) de dicho carrusel (30).

7. El aparato de la reivindicación 5, en donde hay un primer tren de engranajes que conecta dicho primer motor (200) a dicha tercera sección lateral (32) de dicho carrusel (30).

8. El aparato de la reivindicación 7, en donde dicho primer tren de engranajes comprende un primer engranaje recto (208) conectado a dicho primer motor (200) y un primer engranaje de anillo (210) conectado a dicha tercera sección lateral (32) de dicho carrusel (30).

9. El aparato de la reivindicación 7, en donde hay un segundo tren de engranajes que conecta dicho segundo motor (202) a dicha cuarta sección lateral (34) de dicho carrusel (30).

10. El aparato de la reivindicación 9, en donde dicho segundo tren de engranajes comprende un segundo engranaje recto (208) conectado a dicho segundo motor (202) y un segundo engranaje de anillo (210) conectado a dicha cuarta sección lateral (34) de dicho carrusel (30).

11. El aparato de la reivindicación 7, en donde dicho primer tren de engranajes comprende una primera transmisión por tornillo sin fin (700) que tiene un tornillo sin fin (710) y una rueda de tornillo sin fin (720), en donde, preferentemente, unos engranajes biselados primero y segundo (712, 748) conectan de manera motriz dicho tornillo sin fin (710) de dicha primera transmisión por tornillo sin fin a dicho primer motor (200).

12. El aparato de la reivindicación 9, en donde dicho segundo tren de engranajes comprende una segunda transmisión por tornillo sin fin (700) que tiene un tornillo sin fin (710) y una rueda de tornillo sin fin (720), en donde, preferentemente, unos engranajes biselados tercero y cuarto (712, 748) conectan de manera motriz dicho tornillo sin fin (710) de dicha segunda transmisión por tornillo sin fin (700) a dicho segundo motor (202).

13. El aparato de la reivindicación 1, en donde dicha fuente de rayos X (70) puede moverse de manera selectiva en un eje transversal a dichas secciones laterales tercera y cuarta (32, 34) de dicho carrusel (30).

14. Un método para analizar fallos en un elemento tubular (T) que tiene una pared con una superficie de pared interior y una superficie de pared exterior, que comprende:

- 5 1) colocar un armazón alrededor de dicha pared exterior de dicho elemento tubular (T), incluyendo dicho armazón un carrusel rotatorio (30) en relación circundante con dicho elemento tubular (T);
- 2) montar una fuente de rayos X (70) en dicho carrusel (30);
- 3) montar un detector de rayos X de panel plano (D) en dicho carrusel (30) a una distancia espaciada circunferencialmente de dicha fuente de rayos X (70), en donde dicho detector de rayos X de panel plano (D) puede moverse de manera selectiva radialmente hacia dentro y radialmente hacia fuera con respecto a dichas
- 10 secciones laterales tercera y cuarta (32, 34) de dicho carrusel (30) y/o en donde dicho detector de rayos X de panel plano (D) puede moverse de manera selectiva en una segunda dirección paralela a dichas secciones laterales tercera y cuarta (32, 34) de dicho carrusel (30);
- 4) tomar una primera imagen de rayos X bidimensional en una primera posición en dicho elemento tubular (T);
- 5) almacenar dicha primera imagen en una base de datos;
- 15 6) repetir las etapas 4) y 5) en intervalos sucesivos de rotación del carrusel (30) sobre un arco predeterminado de la pared exterior de dicho elemento tubular (T) para producir una multiplicidad de imágenes bidimensionales, siendo dicho arco al menos semicircular;
- 7) fusionar dicha multiplicidad de imágenes bidimensionales en una única pila de imágenes bidimensionales;
- 8) convertir dicha única pila de imágenes bidimensionales en una imagen tridimensional;
- 20 9) analizar dicha imagen tridimensional para aislar cualquier fallo en dicho elemento tubular; y
- 10) calcular las características tridimensionales de dicho fallo.

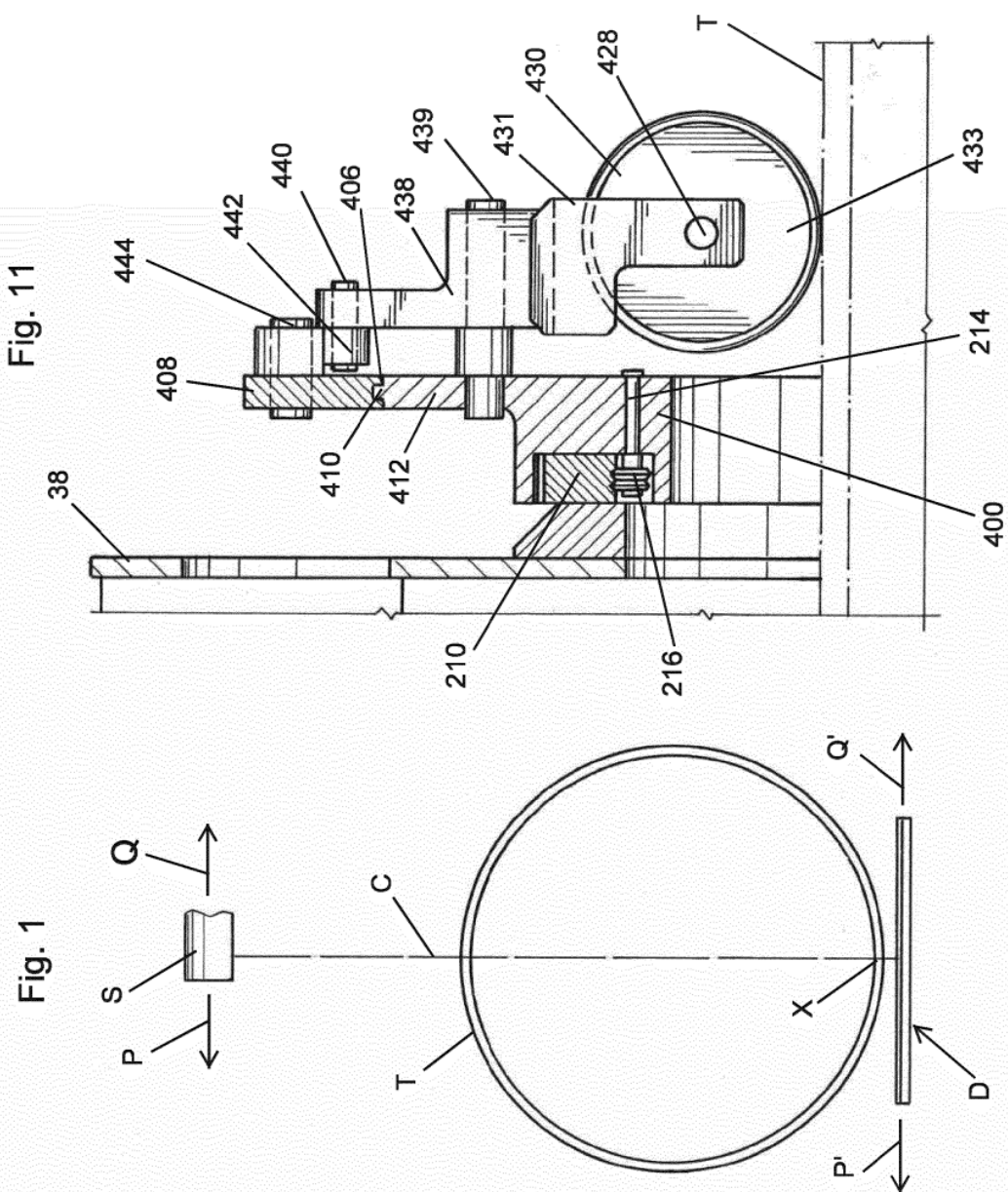


Fig. 2

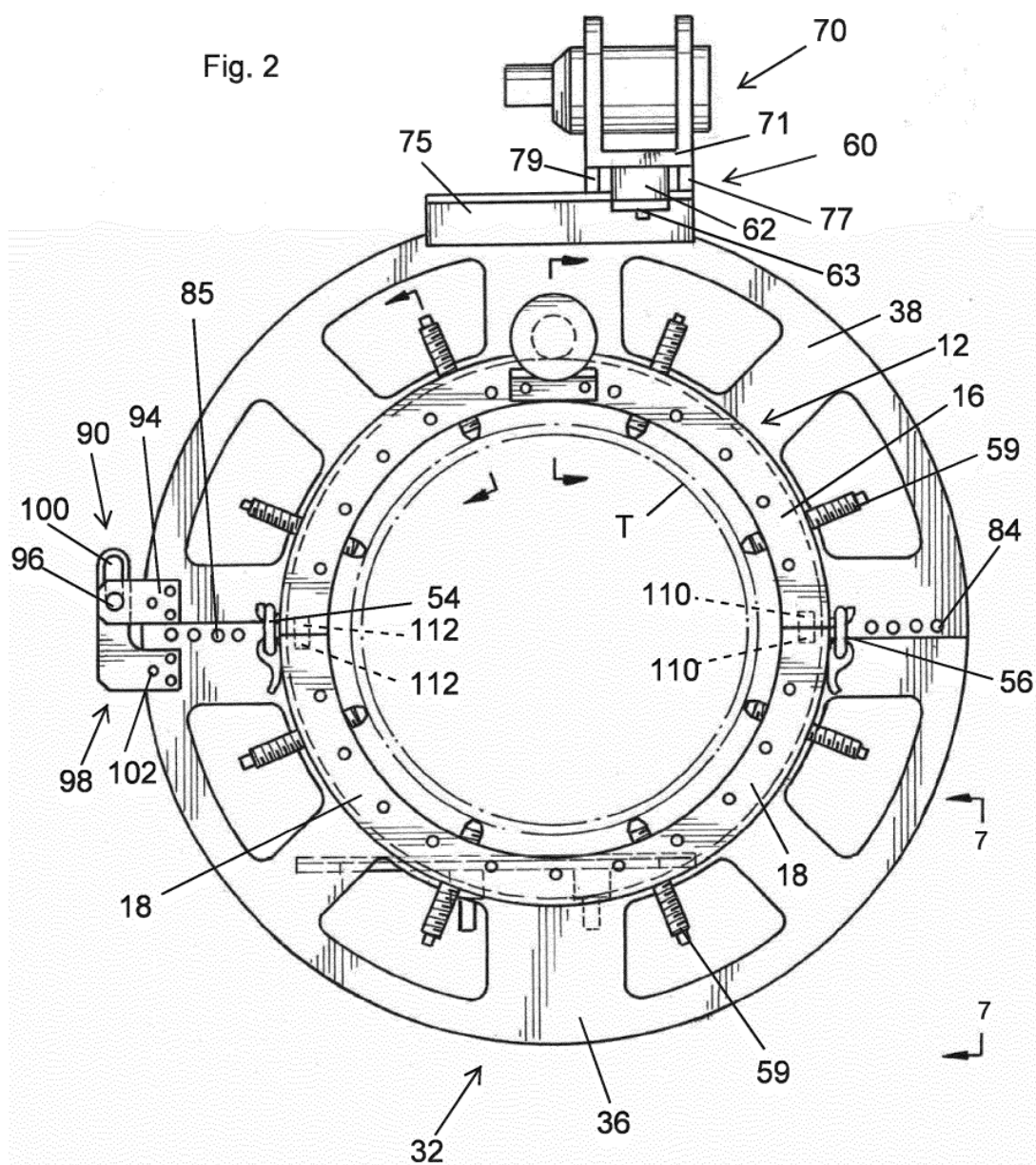


Fig. 4

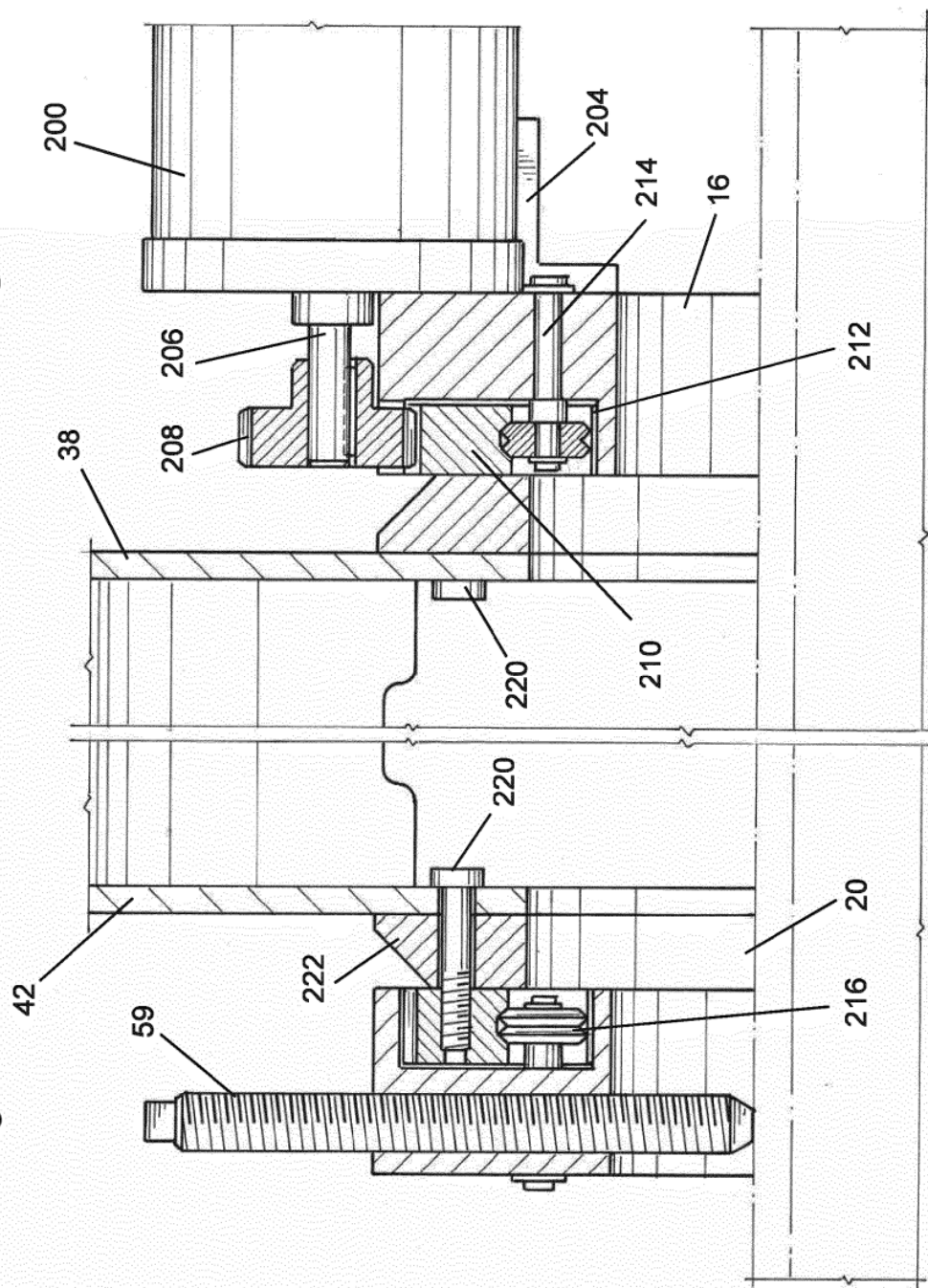


Fig. 3

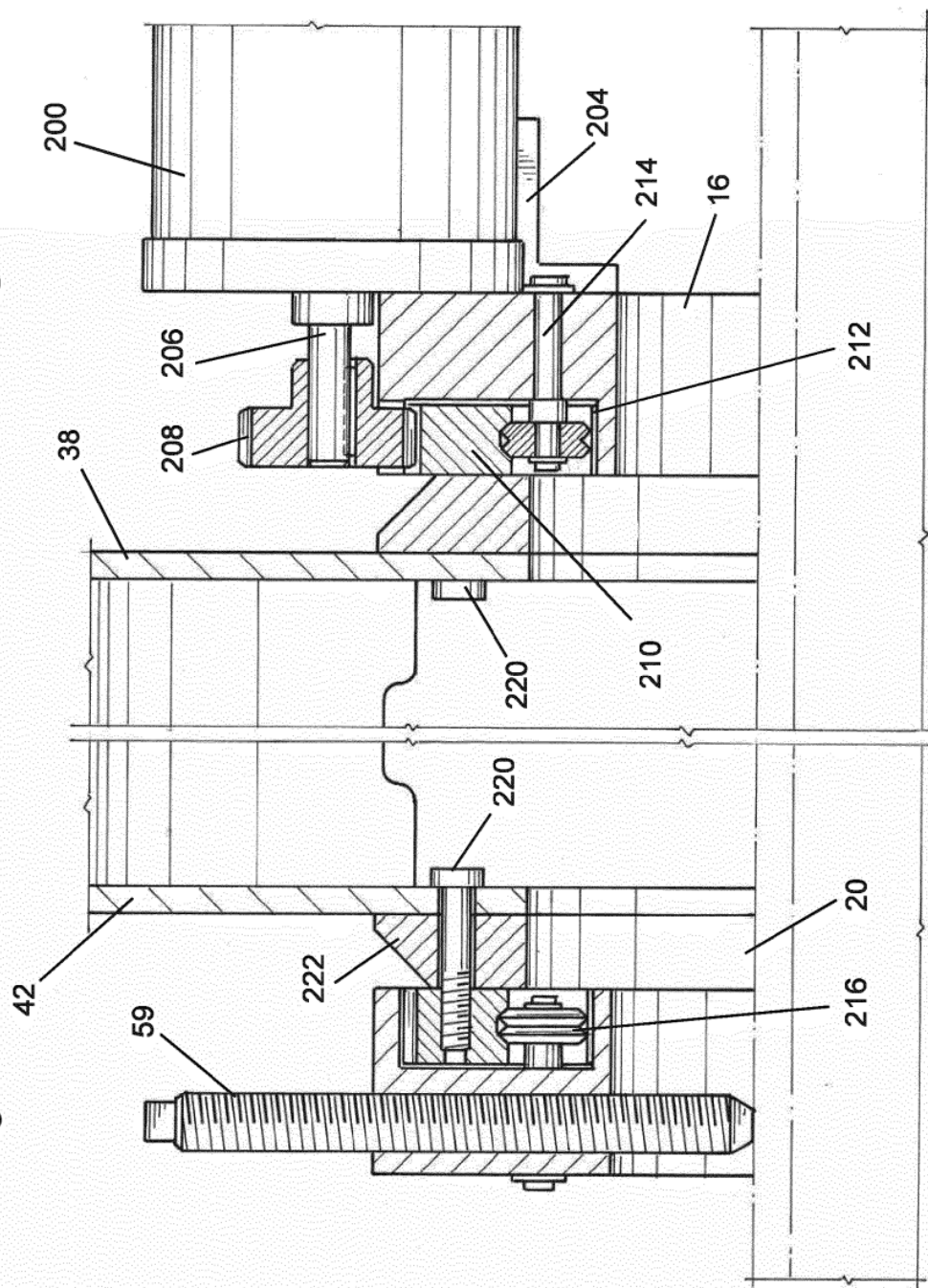


Fig. 5

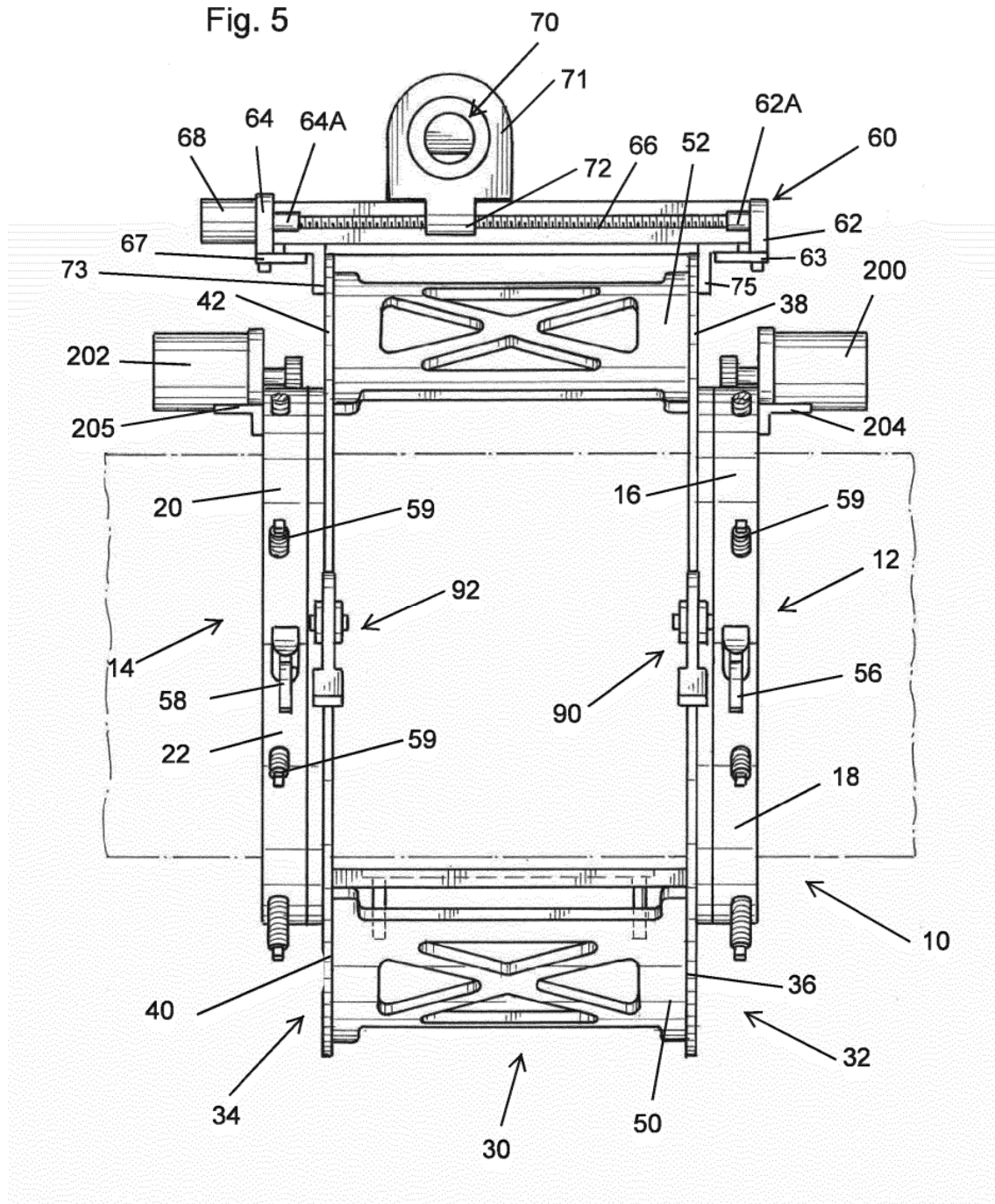
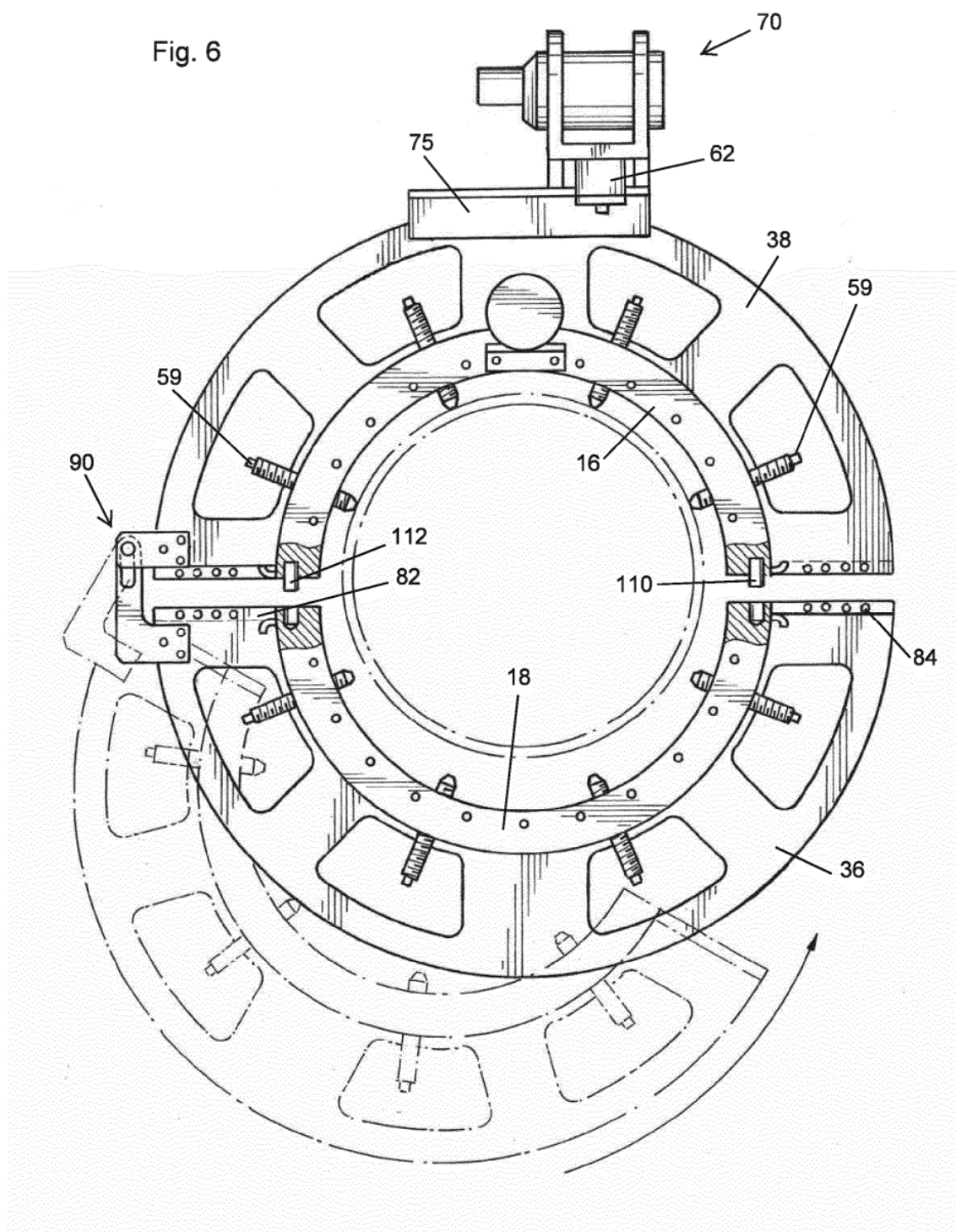


Fig. 6



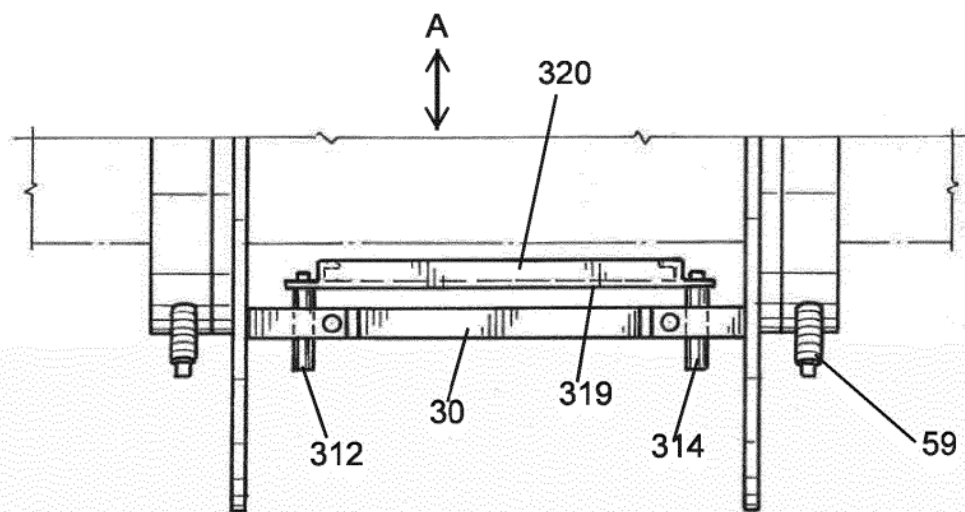


Fig. 7

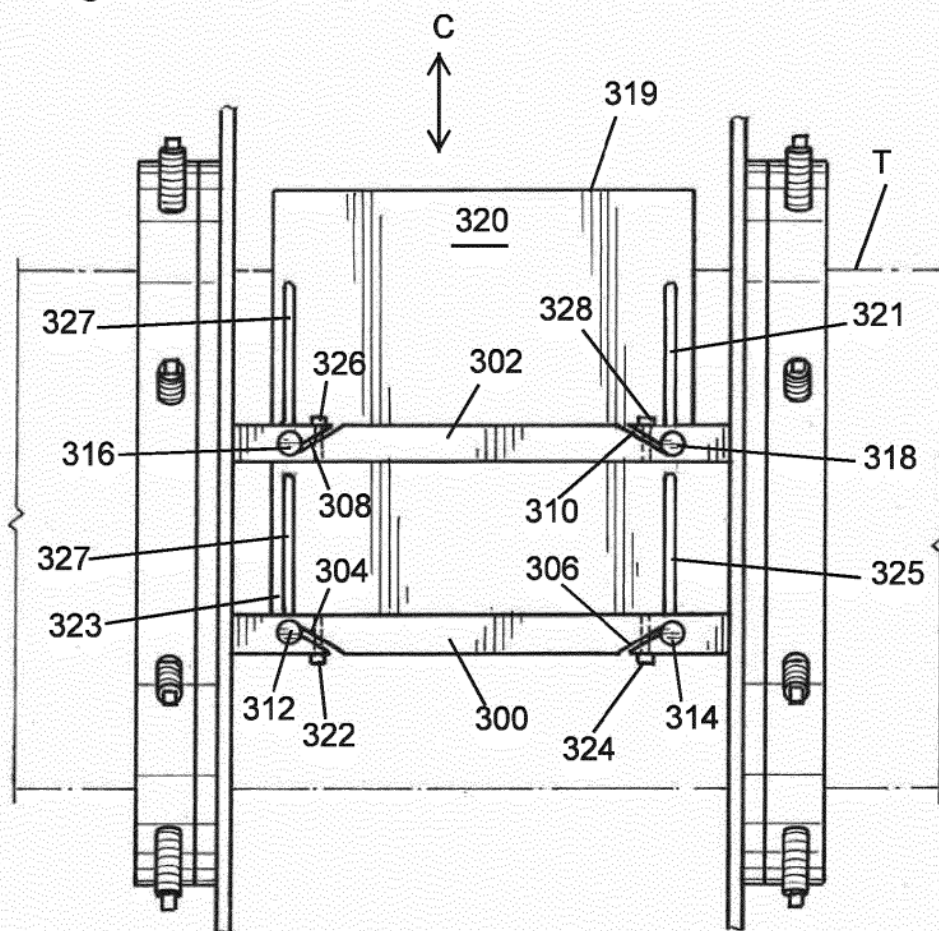
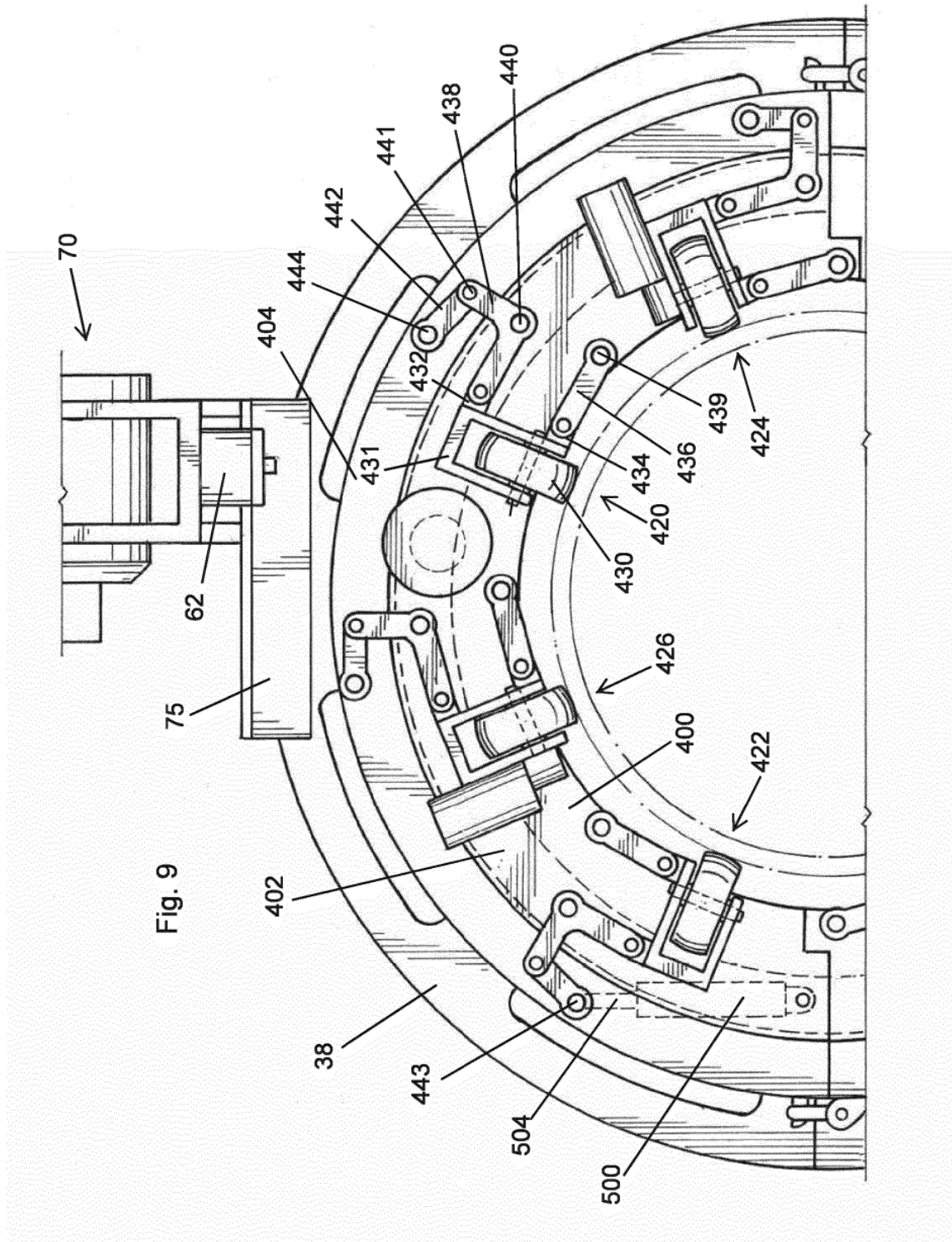
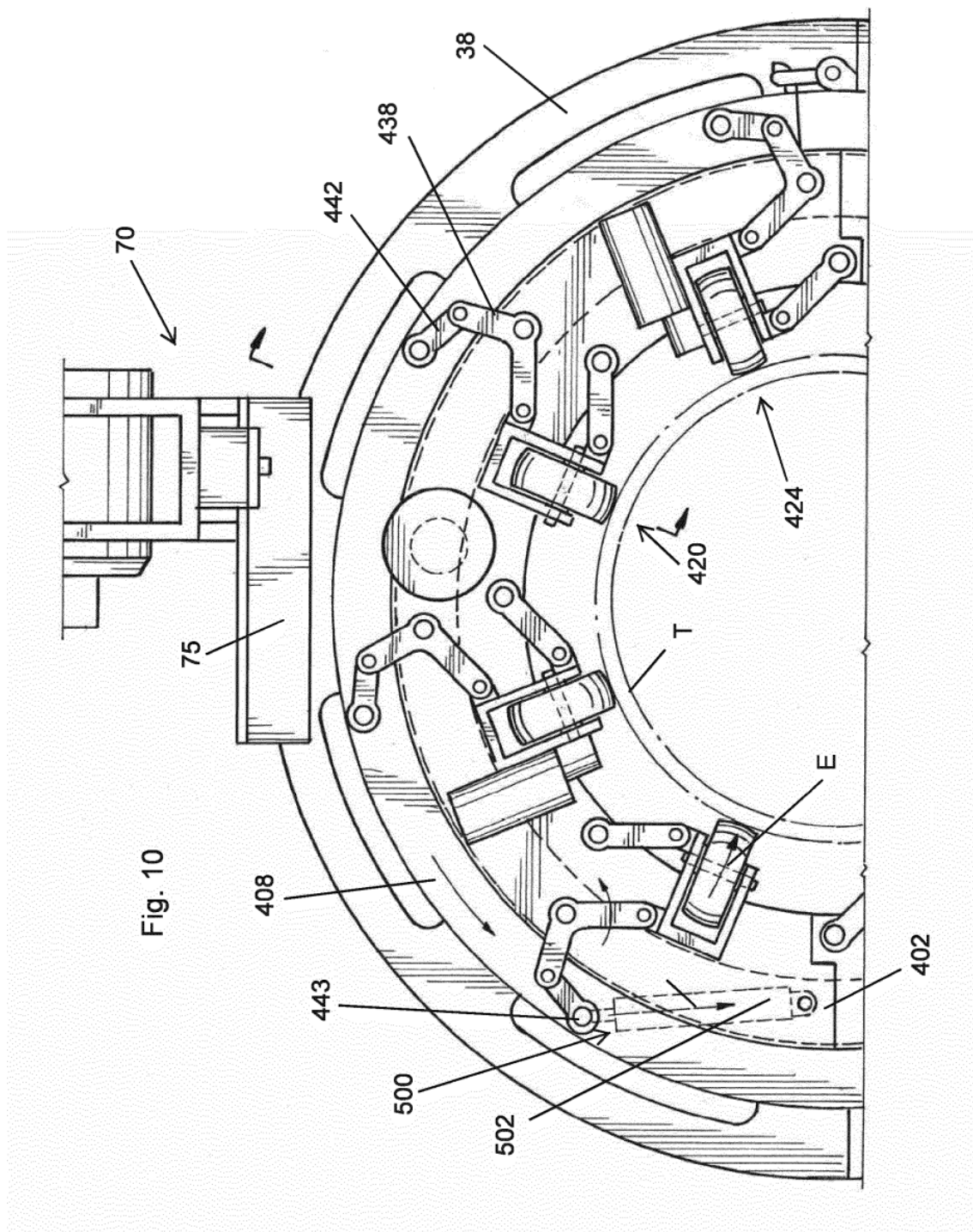


Fig. 8





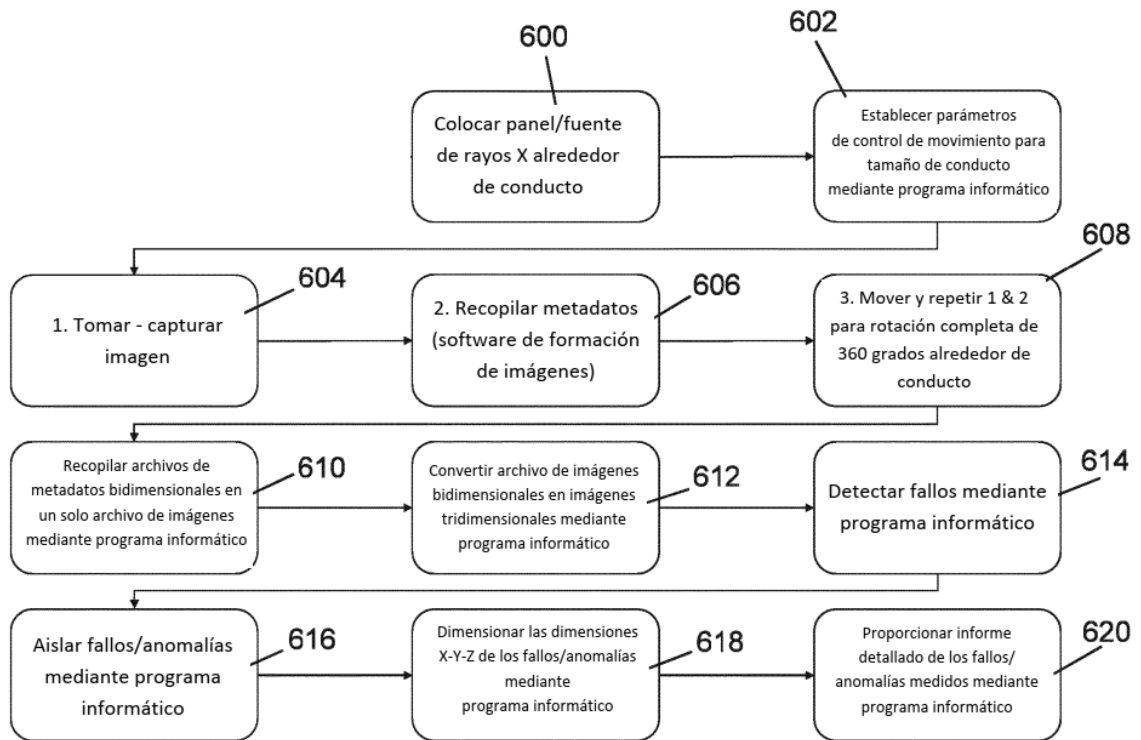


Fig. 12

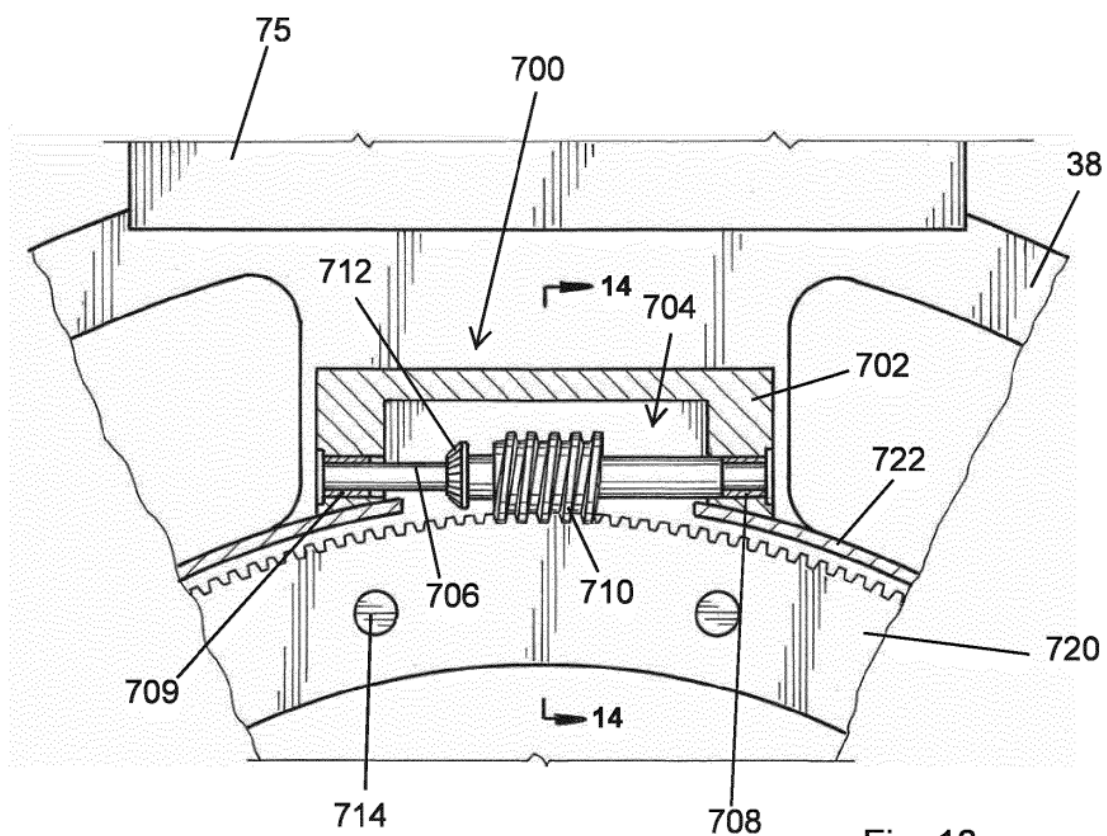


Fig. 13

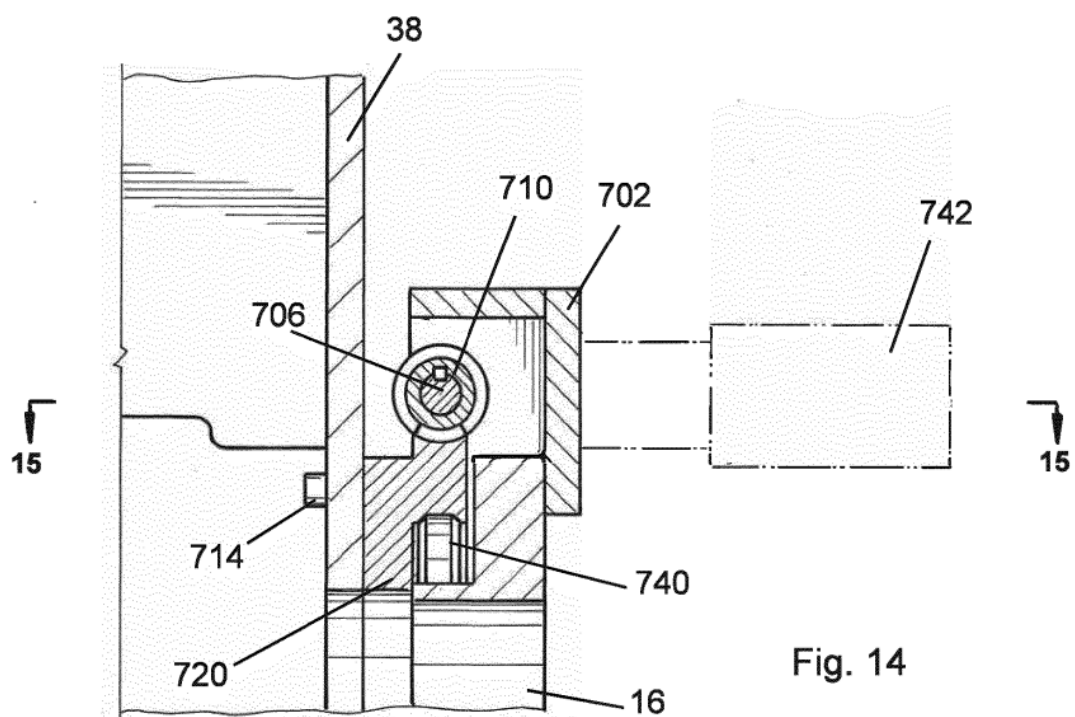


Fig. 14

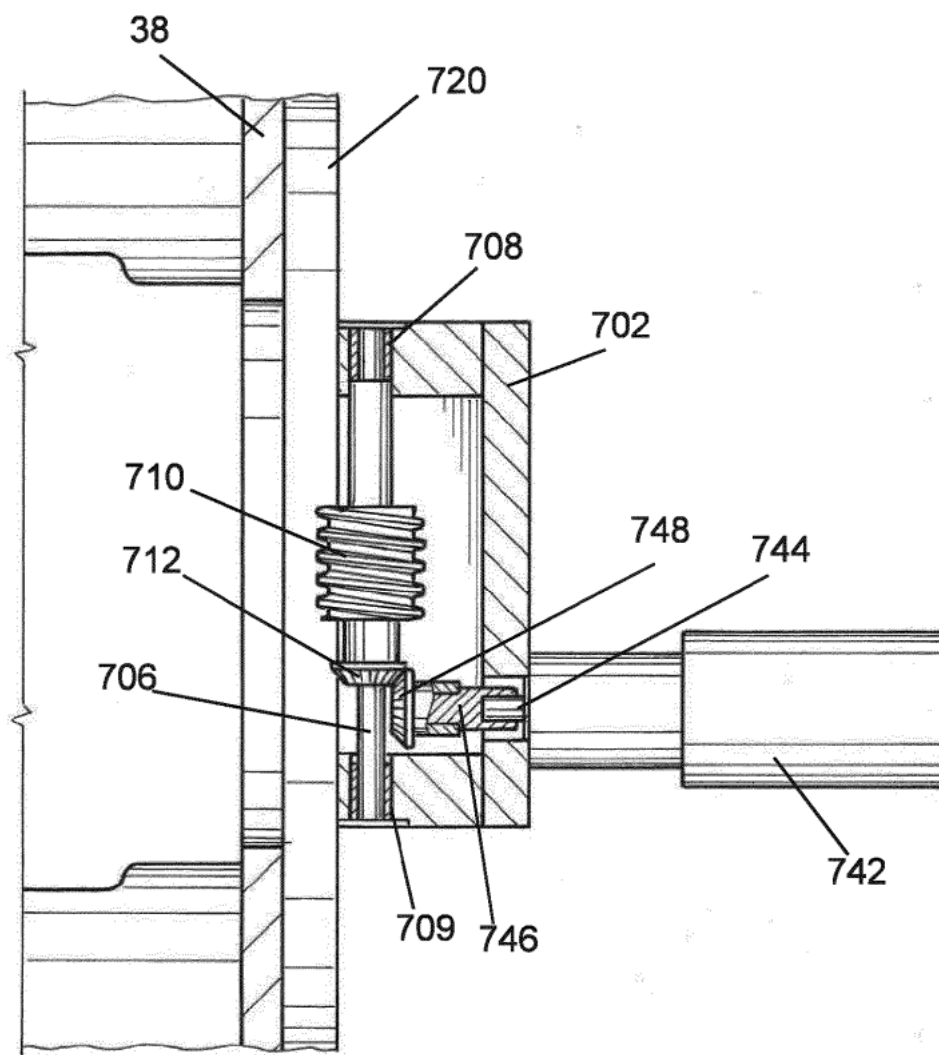


Fig. 15