

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 361**

51 Int. Cl.:

**G21C 17/017** (2006.01)

**G21C 15/25** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2014 PCT/US2014/062788**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2015 WO15116262**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2014 E 14880971 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 3100276**

54 Título: **Aparato y procedimiento para inspeccionar remotamente tuberías y soldaduras de fijación de tuberías**

30 Prioridad:

**31.01.2014 US 201461933952 P**  
**15.10.2014 US 201414514465**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.09.2018**

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC**  
**(100.0%)**  
**1000 Westinghouse Drive Suite 141**  
**Cranberry Township, PA 16066, US**

72 Inventor/es:

**FOLEY, KEVIN J.;**  
**BROWN, NATHAN A. y**  
**BARRETT, CHARLES R.**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 682 361 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 procedimiento para inspeccionar remotamente tuberías y soldaduras de fijación de tuberías

**Antecedentes**

1. Campo

5 La presente invención versa, en general, acerca de herramientas y procedimientos no destructivos de inspección y, más en particular, acerca de tales herramientas y procedimientos que pueden ser empleados para inspeccionar ubicaciones de difícil acceso, tales como en torno a las soldaduras en bombas de chorro de reactores de agua en ebullición.

2. Técnica relacionada

10 Un reactor nuclear produce energía eléctrica calentando agua en una vasija a presión del reactor que contiene un núcleo de reactor nuclear de material fisil para generar vapor que es utilizado, a su vez, para accionar una turbina de vapor. Una vasija a presión del reactor de un reactor de agua en ebullición tiene, normalmente, una forma generalmente cilíndrica y está cerrada en ambos extremos, por ejemplo, por una cabeza inferior y por una cabeza superior separable. Normalmente, una guía superior está separada por encima de una placa del núcleo en la vasija  
 15 a presión del reactor. Una envoltura del núcleo, o envoltura, rodea normalmente el núcleo y está soportada por una estructura de soporte de la envoltura. En particular, la envoltura tiene una forma generalmente cilíndrica y rodea tanto la placa del núcleo como la guía superior. Hay un espacio o anillo ubicado entre la vasija cilíndrica a presión del reactor y la envoltura de forma cilíndrica.

20 En un reactor de agua en ebullición, bombas tubulares huecas de chorro, colocadas en el anillo de la envoltura, proporcionan el flujo requerido de agua del núcleo del reactor. La porción superior de las bombas de chorro, conocida como el mezclador de entrada, está colocada lateralmente y soportada en dos contactos rígidos opuestos en abrazaderas de retención mediante un encaje accionado por gravedad. Las abrazaderas de retención soportan el mezclador de entrada fijándose al tubo ascendente adyacente de la bomba de chorro. La porción inferior de la bomba de chorro, conocida como el difusor, está acoplada con el mezclador de entrada mediante una junta de dilatación. La junta de dilatación entre el mezclador de entrada de la bomba de chorro y el collar del difusor de la  
 25 bomba de chorro tiene un espacio libre operativo con un diámetro de aproximadamente 0,381 mm que acomoda el movimiento axial relativo de dilatación térmica entre las partes superior e inferior de la bomba de chorro y permite un caudal de derivación de la presión de accionamiento en el interior de la bomba.

30 El mezclador de entrada y el difusor, debido a su gran tamaño, están formados soldando entre sí una pluralidad de secciones cilíndricas. Específicamente, los extremos respectivos de secciones cilíndricas adyacentes están unidos con una soldadura circunferencial. Durante la operación del reactor, las juntas circunferenciales de soldadura pueden experimentar un agrietamiento por corrosión intergranular bajo tensión y un agrietamiento por corrosión bajo tensión potenciada por la irradiación en las zonas afectadas por el calor de la soldadura, lo que puede reducir la integridad estructural de la bomba de chorro. Diversos otros componentes y estructuras en el reactor nuclear han experimentado defectos similares debido al entorno hostil. En consecuencia, es importante comprobar  
 35 periódicamente estos componentes para evaluar su integridad estructural y determinar la necesidad de reparación. La inspección ultrasónica es una técnica conocida para detectar grietas en componentes de un reactor nuclear. Muchas de las áreas en un reactor nuclear que necesitan ser inspeccionadas pueden tener un acceso limitado y, por lo tanto, son difíciles de evaluar utilizando una herramienta de inspección. Por ejemplo, el tubo ascendente de la bomba de chorro y las soldaduras de codo son comprobados periódicamente en busca de agrietamientos. La presencia de agrietamientos puede reducir la integridad estructural de un tubo ascendente y de un codo de la bomba de chorro y, en casos extremos, tiene un impacto adverso en el flujo de refrigerante del reactor. Sin embargo, es difícil acceder al tubo ascendente y al codo de la bomba de chorro. El acceso a la instalación está limitado al espacio anular entre el exterior de la envoltura y el interior de la vasija a presión del reactor, entre bombas adyacentes de  
 40 chorro. El acceso a una operación de escaneado está restringido adicionalmente en el espacio estrecho entre el tubo ascendente de la bomba de chorro y la vasija, la envoltura u otras fijaciones soldadas, tales como la abrazadera del tubo ascendente o las abrazaderas de retención.

45 Además, las áreas de inspección en un reactor nuclear pueden ser muy radiactivas y pueden suponer riesgos de seguridad para el personal que trabaja en estas zonas. Por lo tanto, la inspección de estas zonas puede requerir, en su mayor parte, un dispositivo robótico que pueda ser instalado y operado de forma remota en el espacio estrechamente restringido.

50 La inspección y la reparación de reactores nucleares, tales como los reactores de agua en ebullición, implica, normalmente, pértigas y cuerdas controladas manualmente para manipular dispositivos de mantenimiento y/o el posicionamiento de estos dispositivos. Durante la parada del reactor, el mantenimiento de algunos componentes requiere la instalación de manipuladores o dispositivos de inspección con una profundidad de 9,14 a 30,48 metros en el refrigerante del reactor. Se requieren duraciones relativamente prolongadas para instalar o retirar los manipuladores y pueden tener un impacto en la duración de la parada de la central. Además, distintos ámbitos de

inspección pueden requerir varios manipuladores o reconfiguraciones distintos que requieren instalaciones y retiradas y costes adicionales de manipuladores. Las duraciones prolongadas no solo pueden tener un impacto en las duraciones de la parada de la central, sino que también aumentan la exposición a radiación y a contaminación del personal.

- 5 Las empresas explotadoras de centrales desean reducir el número de instalaciones y de retiradas de manipuladores para reducir la exposición radiológica al igual que el impacto sobre el coste y la parada de la central. Además, las empresas explotadoras de centrales desean reducir el coste y operar tan productivamente como sea posible. El documento US 6.169.776 B1 divulga un conjunto automatizado de inspección con las características de la porción de delimitación previa de la reivindicación 1.
- 10 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es minimizar el número de reconfiguraciones y el número de herramientas requeridas para llevar a cabo inspecciones. Además, un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un medio para inspeccionar componentes de difícil acceso, tales como las áreas de tubería del tubo ascendente de la bomba de chorro que han sido inaccesibles anteriormente con el utillaje existente.

### **Sumario**

- 15 Se consiguen estos y otros objetos mediante un conjunto automatizado de inspección que incluye un número de subconjuntos según se define en la reivindicación 1. Uno de los subconjuntos comprende un subconjunto de bastidor que tiene un primer lado y un segundo lado y una longitud y una anchura, siendo la anchura sustancialmente mayor que un grosor del subconjunto de bastidor entre el primer lado y el segundo lado. La longitud tiene un primer extremo y un segundo extremo en una dimensión longitudinal y el conjunto de bastidor está configurado para formar la estructura principal de soporte para el aparato automatizado de inspección. Un segundo subconjunto es el subconjunto del brazo de posicionamiento que está acoplado con el subconjunto de bastidor e incluye un brazo de soporte operable de forma remota para extenderse hacia fuera desde el primer lado, y retraerse hacia el mismo. Un brazo separador es operable de forma remota para extenderse hacia fuera desde el segundo lado, o retraerse hacia el mismo. En la posición extendida, el brazo de soporte y el brazo separador son operables para encajar el subconjunto de bastidor entre un miembro que ha de ser inspeccionado y una superficie opuesta al miembro que ha de ser inspeccionado. Un subconjunto de escaneado también está soportado desde el subconjunto de bastidor y está configurado para escanear al menos una porción del miembro para llevar a cabo la comprobación no destructiva deseada.

- 20 En una realización, el conjunto automatizado de inspección incluye, además, un subconjunto pivotante de la orientación que incluye un acoplamiento por articulación pivotante giratoria. El subconjunto pivotante de la orientación está conectado con el primer extremo del subconjunto de bastidor. El subconjunto pivotante de la orientación está configurado, mediante el acoplamiento por articulación pivotante giratoria para orientar el subconjunto de bastidor en una de dos posiciones verticales ya sea con el primer extremo arriba o el segundo extremo arriba.

- 35 En otra realización más, el conjunto automatizado de inspección incluye un subconjunto de entrada/sujeción fijado al segundo extremo del subconjunto de bastidor y configurado para posicionar el conjunto automatizado de inspección en la ubicación que ha de ser inspeccionada. De forma deseable, un subconjunto de escaneado está soportado desde el segundo extremo del subconjunto de bastidor e incluye una cabeza de escaneado con forma sustancialmente de herradura dimensionada para recibir el miembro que ha de ser escaneado, una articulación de acoplamiento de la cabeza de escaneado de tipo muñeca, una articulación de acoplamiento del soporte colgante lineal y una caja de accionamiento lineal operable para mover uno o más transductores a lo largo del miembro que ha de ser inspeccionado en una dirección vertical, horizontal, radial y circunferencial con respecto al miembro, con el conjunto de bastidor en línea con el miembro.

- 40 En otra realización más, el brazo de soporte está formado con la forma general de una horquilla. Cuando el miembro que ha de ser inspeccionado es una tubería o un codo de tubería, el brazo de soporte tiene, preferentemente, un extremo externo con forma generalmente de "U" configurado para aceptar la tubería o el codo de tubería en la abertura de la "U". De forma deseable, el brazo de soporte está configurado para girar alejándose del subconjunto de bastidor. De forma similar, es preferible que el brazo separador esté configurado para girar alejándose del conjunto de bastidor. En una realización tal, el brazo de soporte es operado para moverse hidráulicamente mientras que se opera el brazo separador para moverse neumáticamente. En tal disposición, el brazo de soporte puede comprender dos miembros de soporte separados a lo largo de la dimensión longitudinal del conjunto de bastidor, siendo cada uno de los miembros operable para extenderse desde el primer lado, o retraerse hacia el mismo, del subconjunto de bastidor. De forma deseable, en tal disposición, los extremos exteriores del brazo separador están colocados a lo largo del segundo lado del subconjunto de bastidor, de forma que se acople a la superficie opuesta a una elevación entre una primera elevación y una segunda en el miembro que ha de ser inspeccionado con la que hacen contacto los dos miembros, respectivamente.

Preferentemente, el conjunto de escaneado aloja al menos un dispositivo de inspección seleccionado de un grupo de sensores que comprenden un transductor ultrasónico, un transductor de corriente parásita y un dispositivo de captura de imágenes de vídeo. El conjunto automatizado de inspección también incluye, preferentemente, una copa

de montaje configurado para acoplarse de forma remota con el subconjunto de bastidor para posicionar vertical y horizontalmente el conjunto automatizado de inspección con respecto al miembro que ha de ser inspeccionado.

La presente invención también contempla, según la reivindicación 12, un procedimiento para la inspección de una tubería utilizando un conjunto automatizado de inspección según la reivindicación 1, que comprende las etapas de:

- 5 transportar un conjunto de escaneado hasta la tubería, encajar de forma remota el conjunto de escaneado entre la tubería y una superficie opuesta para soportar el conjunto de escaneado en una posición deseada a una distancia fija desde la tubería que ha de ser inspeccionada, extendiendo el brazo de soporte y el brazo separador opuesto desde lados opuestos del subconjunto de bastidor del conjunto automatizado de inspección, para hacer contacto con la tubería y la superficie opuesta y escanear una superficie de la tubería.

10 **Breve descripción de los dibujos**

A partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferentes se puede obtener una comprensión adicional de la invención reivindicada de aquí en adelante cuando sea leída junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una vista en sección, con partes recortadas, de una vasija a presión del reactor nuclear de agua en ebullición;

- 15 la Figura 2 es una vista en perspectiva de una porción de la vasija a presión y de la envoltura con partes recortadas para mostrar parte del detalle de un conjunto de bomba de chorro mostrado en la Figura 1;

la Figura 3 es una vista en perspectiva de una realización de un manipulador dentro del ámbito de las reivindicaciones definidas de aquí en adelante, que es particularmente adecuado para inspeccionar las soldaduras en áreas de difícil acceso de la bomba de chorro mostrada en la Figura 2;

- 20 la Figura 4 es una vista lateral de la realización del manipulador mostrado en la Figura 3;

la Figura 5 es una vista en perspectiva de la realización del manipulador mostrado en la Figura 3 con el subconjunto pivotante de la orientación girado en la dirección opuesta y un elemento de sujeción instalado;

- 25 la Figura 6 es una vista lateral del manipulador mostrado en la Figura 3 colocado sobre un codo en un tubo ascendente de la bomba de chorro, encajado entre el tubo ascendente y la vasija del reactor;

la Figura 7 es una vista posterior de una porción del manipulador mostrado en la Figura 6 con el subconjunto de entrada apoyado sobre una sección transversal del codo del tubo ascendente, que revela el subconjunto de escaneado del manipulador;

- 30 la Figura 8 es una vista lateral del manipulador mostrado en la Figura 3 con el subconjunto de cabeza de escaneado girado 90 grados y posicionado en torno al miembro que ha de ser inspeccionado mientras que el manipulador está encajado entre el miembro y la envoltura;

la Figura 9 es una vista ampliada en perspectiva desde arriba del subconjunto de escaneado que muestra la caja de accionamiento; y

- 35 la Figura 10 es una vista ampliada en perspectiva desde abajo de la caja de accionamiento mostrada en la Figura 9.

35 **Descripción de la realización preferente**

La Figura 1 es una vista en sección, con partes recortadas, de una vasija 10 a presión del reactor nuclear de agua en ebullición. La vasija 10 a presión del reactor tiene una forma generalmente cilíndrica y está cerrada en un extremo por una cabeza inferior 12 y en su otro extremo por una cabeza superior separable 14. Una parte lateral 16 se extiende desde la cabeza inferior 12 hasta la cabeza superior 14. La pared lateral 16 incluye una brida 18 sobre la cual se sella la cabeza superior 14. Una envoltura 20 del núcleo con forma cilíndrica en el interior de la vasija 10 a presión rodea un núcleo 22 del reactor. La envoltura 20 está soportada en un extremo por un soporte 24 de la envoltura e incluye una cabeza separable 26 de la envoltura en el otro extremo. Hay formado un anillo 28 entre la envoltura 20 y la pared lateral 16. Una plataforma 30 de bomba, que tiene una forma anular, se extiende entre el soporte 24 de la envoltura y la pared lateral 16 de la vasija a presión del reactor. La plataforma 30 de bomba incluye una pluralidad de aberturas circulares 32, alojando cada abertura un conjunto 34 de bomba de chorro. Los conjuntos 34 de bomba de chorro están distribuidos circunferencialmente en torno a la envoltura 20 del núcleo.

- 40 Se genera calor en el núcleo 22 a partir de haces 36 de barras combustibles de material fisiónable. El agua a la que se hace circular ascendentemente a través del núcleo 22 es convertida, al menos parcialmente, en vapor. Los generadores 38 de vapor separan el vapor del agua, a la que se hace que vuelva a circular. Se elimina el agua residual del vapor mediante los secadores 40 de vapor. El vapor sale de la vasija 10 del reactor a través de una tobera 42 de salida de vapor cerca de la cabeza superior 14 de la vasija.

- 45 La cantidad de calor generado en el núcleo 22 es regulada insertando y retirando barras 44 de control del material absorbente de neutrones, tal como, por ejemplo, hafnio. En la medida en que se insertan las barras 44 de control en los haces 36 de barras combustibles, absorben neutrones que estarían disponibles, si no, para fomentar la reacción de fisión en cadena que genera el calor en el núcleo 22. Los tubos guía 46 de las barras de control dirigen el movimiento vertical de las barras 44 de control durante la inserción y la retirada. Los mecanismos 48 de accionamiento de las barras de control realizan la inserción y la retirada de las barras 44 de control. Los mecanismos 48 de control de las barras de control se extienden a través de la cabeza inferior 12.

- 50 La cantidad de calor generado en el núcleo 22 es regulada insertando y retirando barras 44 de control del material absorbente de neutrones, tal como, por ejemplo, hafnio. En la medida en que se insertan las barras 44 de control en los haces 36 de barras combustibles, absorben neutrones que estarían disponibles, si no, para fomentar la reacción de fisión en cadena que genera el calor en el núcleo 22. Los tubos guía 46 de las barras de control dirigen el movimiento vertical de las barras 44 de control durante la inserción y la retirada. Los mecanismos 48 de accionamiento de las barras de control realizan la inserción y la retirada de las barras 44 de control. Los mecanismos 48 de control de las barras de control se extienden a través de la cabeza inferior 12.

Los haces 36 de barras combustibles están alineados mediante una placa 50 del núcleo ubicada en la base del núcleo 22. Una guía superior 52 alinea los haces 36 de barras combustibles según son bajados al núcleo 22. La placa 50 del núcleo y la guía superior 52 están soportadas por la envoltura 20 del núcleo.

5 La Figura 2 es una vista en perspectiva de una porción de la vasija y de la envoltura del reactor, con partes recortadas para mostrar algunos de los detalles de un conjunto 34 de bomba de chorro. Una tobera 54 de entrada se extiende a través de la pared lateral 16 de la vasija 10 a presión del reactor y está acoplada con un conjunto 34 de bomba de chorro. El conjunto 34 de bomba de chorro incluye un manguito térmico 56 que se extiende a través de la tobera 54 de entrada, un codo inferior 55 (solo visible parcialmente en la Figura 2), y un tubo ascendente 58. El tubo ascendente 58 se extiende entre la envoltura 20 y la pared lateral 16 de la vasija a presión del reactor, y sustancialmente paralelo a las mismas. Las abrazaderas 60 del tubo ascendente estabilizan el tubo ascendente 58 en el interior de la vasija 10 a presión del reactor.

10 El tubo ascendente 58 está acoplado con bombas 62 de chorro mediante un conjunto 64 de transición. Cada bomba 62 de chorro incluye una tobera 66 de la bomba de chorro, una entrada 68 de succión, un mezclador 70 de entrada y un difusor 72. La tobera 66 de la bomba de chorro está situada en la entrada 68 de succión que está ubicada en un primer extremo 74 del mezclador 70 de entrada. El difusor 72 está acoplado con un segundo extremo 76 del mezclador 72 de entrada mediante una junta 78 de dilatación. Debido a su gran tamaño, tanto el mezclador 70 de entrada como el difusor 72 están formados a partir de múltiples secciones cilíndricas. Las juntas circunferenciales 80 de soldadura unen las secciones cilíndricas entre sí.

15 La Figura 3 es una vista en perspectiva de una realización de un conjunto automatizado 82 de inspección dentro del ámbito de las reivindicaciones definidas de aquí en adelante, que puede emplearse para acceder a áreas de difícil acceso en torno a las soldaduras circunferenciales del conjunto de bomba de chorro, especialmente en áreas entre el conjunto de bomba de chorro y la envoltura. Las realizaciones del conjunto automatizado 82 de inspección ilustrado en las Figuras 3-5 tienen un número de subconjuntos que incluyen un subconjunto 84 de bastidor, un subconjunto 86 de brazo de posicionamiento (también denominado conjunto de brazo de soporte), un subconjunto de entrada o elemento 88 de sujeción, un subconjunto de copa 90 de montaje y un subconjunto 92 de escaneado. El subconjunto 84 de bastidor sirve de estructura principal de soporte para el aparato e incluye características 94 de montaje y carriles 96 de guía para el montaje y la fijación de todos los otros subconjuntos.

20 El subconjunto 86 de brazos de posicionamiento incluye al menos dos brazos separados 98 de horquilla accionados hidráulicamente, teniendo cada uno una forma generalmente de "U" con una abertura entre los dientes de la horquilla suficientemente grande para que encaje, al menos parcialmente, en torno a la tubería o al codo que ha de ser escaneado. Las dobles horquillas 98 son accionadas por el cilindro hidráulico 100 y pueden ser separadas de los carriles 96 y sustituidas por horquillas con dientes más cortos o largos para acomodar distintas aplicaciones. Los brazos 98 de la horquilla (es decir, los brazos de posicionamiento) pueden girar desde una posición plana sustancialmente contra el conjunto 84 de bastidor hasta al menos una posición aproximadamente vertical. Esto puede verse por la vista lateral en la Figura 4. Un brazo separador 102 se extiende desde el lado opuesto del subconjunto 84 de bastidor y es operado por un cilindro neumático 104 para que gire desde una posición sustancialmente plana paralela al subconjunto 84 de bastidor hasta una posición sustancialmente vertical, según se muestra en la vista lateral en la Figura 4, y actúa con los brazos 98 de posicionamiento para soportar el conjunto 82 de inspección. El brazo separador 102 puede ser parte del subconjunto 84 de bastidor o puede ser parte del subconjunto de brazos de posicionamiento y está ubicado, preferentemente, entre los brazos de la horquilla a lo largo de la dimensión alargada del subconjunto de bastidor. Los movimientos coordinados del subconjunto 86 de brazos de posicionamiento utilizado para las horquillas 98 y el brazo separador 102 permite un posicionamiento preciso el subconjunto 84 de bastidor del aparato con respecto a la tubería que está siendo comprobada, por ejemplo, el tubo ascendente 58. El mecanismo neumático 104 de accionamiento para el brazo separador 102 proporciona una fuerza operativa mucho más blanda sobre el brazo separador que es de tipo elástico en comparación con la fuerza hidráulica 100 más rígida sobre los brazos 98 de la horquilla que mantienen la cabeza de escaneado, cuando está completamente desplegada, a una distancia fija desde el miembro que ha de ser inspeccionado, mientras que el movimiento de tipo elástico del brazo separador garantiza que el conjunto automatizado de inspección permanezca encajado en su posición.

30 El subconjunto pivotante 106 de la orientación incluye una articulación giratoria pivotante 108 que fija el subconjunto pivotante de la orientación al subconjunto 84 de bastidor. El brazo adaptador giratorio 110 con la caja 112 de conexiones está limitado con un acoplamiento 114 por pasador de desconexión inmediata para cambiar las configuraciones (según se muestra en las Figuras 3 y 5). El brazo 110 es simétrico para una reconfiguración sencilla de una instalación en el sentido de las agujas del reloj a una instalación en contra del sentido de las agujas del reloj. Este movimiento pivotante proporciona un medio para orientar la herramienta en una orientación vertical boca arriba o boca abajo para acomodar distintas comprobaciones.

35 El subconjunto de entrada o elemento 88 de sujeción se fija al subconjunto 84 de bastidor, se extiende hacia el exterior bajo el subconjunto de escaneado y tiene el fin de colocar verticalmente el aparato bien apoyándolo sobre un codo de la tubería, o bien sujetándose a una fijación de la tubería. Los raíles 130 de entrada/laterales se fijan al bastidor y guían a la herramienta sobre el codo de la tubería y soportan el peso de la herramienta. Los raíles de

5 entrada/laterales pueden ser sustituidos por el elemento 128 de sujeción que puede ser utilizado para colgar el conjunto automatizado 82 de inspección de la abrazadera del tubo ascendente. Un conjunto de copa 116 de montaje, mostrado en la Figura 8, puede estar acoplado de forma remota con el subconjunto 84 de bastidor y es utilizado para posicionar verticalmente el conjunto 82 de inspección con respecto al extremo de la tubería o a la pieza de transición de la tubería.

10 El subconjunto 92 de escaneado incluye una cabeza 118 de escaneado con forma de herradura dimensionada para recibir la tubería, una articulación 120 de acoplamiento de la cabeza de escaneado de tipo muñeca, una articulación 122 de acoplamiento de soporte colgante lineal y un caja 124 de accionamiento lineal. La cabeza 118 de escaneado aloja transductores 126 acoplados de forma amovible y proporciona un medio para mover estos transductores a lo largo de las soldaduras de la tubería para llevar a cabo inspecciones. El subconjunto 92 de escaneado acoplado con el subconjunto 84 de bastidor proporciona un medio para mover los transductores a lo largo de la tubería en una dirección vertical, horizontal, radial y circunferencial con respecto a la tubería o al codo de la tubería con la dirección longitudinal del bastidor orientada en línea con la tubería. La articulación 120 de acoplamiento de la cabeza de escaneado de tipo muñeca está colgada del eje X y la articulación de acoplamiento de la cabeza de escaneado de tipo muñeca, la articulación 122 de acoplamiento de soporte colgante lineal y la caja 124 de accionamiento lineal permiten una rotación de 90 grados y una carrera de aproximadamente 24,13 centímetros en la dirección Y (la dirección de la dimensión longitudinal del conjunto de bastidor) y una carrera de 3,18 centímetros en la dirección X (perpendicular a la superficie plana del conjunto de escaneado), lo que hace que el conjunto automatizado de inspección sea muy versátil.

20 Se puede obtener una comprensión más detallada del sistema de accionamiento del subconjunto de escaneado por referencia a las vistas ampliadas mostradas en las Figuras 9 y 10. El motor 132 acciona los sensores 126 en torno al carril 134 en la superficie interior de la cabeza 138 de escaneado con forma generalmente de "U" y el cilindro neumático 136 mueve los sensores 126 radialmente, de forma que los sensores puedan hacer contacto estrecho con la superficie del miembro que ha de ser inspeccionada, cuando se requiere un contacto estrecho. El motor 140 proporciona el movimiento de muñeca por medio del conjunto 142 de engranajes que permite una rotación de 90 grados de la cabeza 138 de escaneado. El motor 144, por medio del conjunto 146 de engranajes y la articulación 122 de acoplamiento del soporte colgante lineal, proporciona la carrera de 3,18 centímetros en la dirección X. Se consigue el movimiento en la dirección Y mediante el motor 148 y el engranaje transmisor 150 que se apoya sobre un carril dentado sobre el subconjunto 84 de bastidor. El subconjunto 84 de bastidor acoplado con el subconjunto 86 de brazos de posicionamiento, proporciona un medio para posicionar el bastidor en un espacio anular variable entre una tubería y una pared, por ejemplo, la envoltura, o vasija a presión, de forma que el sistema de accionamiento del subconjunto de escaneado pueda posicionar con precisión la cabeza 138 de escaneado en torno a la tubería o al codo y los sensores 126 sobre la porción del miembro que ha de ser barrida. Este diseño excepcional proporciona un medio para llevar a cabo de forma remota inspecciones automatizadas controladas remotamente de tuberías en áreas de acceso limitado sobre una variedad de soldaduras y de condiciones de la central.

40 La Figura 5 muestra el conjunto automatizado de inspección ilustrado en la Figura 4 con el subconjunto pivotante 106 de la orientación pivotado en la dirección opuesta y un conjunto 128 de sujeción en lugar de los raíles laterales de entrada en el subconjunto 88. Se puede emplear el conjunto de sujeción para fijar las diversas características de los componentes de fijación de la tubería para soportar adicionalmente el conjunto 82 de inspección. También se puede utilizar un raíl lateral 130 para proteger la cabeza 118 de escaneado y las sondas 126. La Figura 6 muestra el subconjunto 88 de entrada colocado sobre un codo 55 con los brazos 98 de la horquilla presionados contra el tubo ascendente 58 y el brazo separador 102 presionado contra la pared 16 de la vasija para encajar el conjunto 84 de bastidor en una posición de escaneado entre la pared de la vasija y el tubo ascendente 58. La Figura 7 muestra una vista frontal de la sección transversal del codo mostrado en la Figura 6 que muestra una mejor vista del raíl lateral 130 y del subconjunto 92 de escaneado. La Figura 8 muestra el subconjunto 82 de inspección encajado entre la pared 16 de la vasija (no mostrada) y el mezclador 74 de entrada en el que se puede bajar el subconjunto de inspección para inspeccionar las soldaduras circunferenciales 80 girando 90 grados hacia abajo la cabeza del subconjunto de escaneado para que se extienda en torno a una porción de la superficie de la soldadura que ha de ser barrida mientras que el subconjunto 84 de bastidor se encuentra en línea con el mezclador 74 de entrada.

50 La invención también contempla un procedimiento para la inspección de una tubería empleando el anterior aparato, que comprende las etapas de: transportar un conjunto de escaneado hasta la tubería; encajar de forma remota el conjunto de escaneado entre la tubería y una superficie opuesta para soportar el conjunto de escaneado en una posición deseada; y escanear una superficie de la tubería. El procedimiento también puede incluir las etapas de posicionar el conjunto de escaneado en la ubicación deseada a lo largo de la tubería y extender los brazos opuestos desde lados opuestos del subconjunto de bastidor del conjunto de escaneado para hacer contacto tanto con la tubería como con la superficie opuesta.

60 La invención está definida por las reivindicaciones. Aunque se han descrito en detalle realizaciones específicas de la invención, los expertos en la técnica apreciarán que se podrían desarrollar diversas modificaciones y alternativas a estos detalles en vista de las enseñanzas generales de la divulgación. En consecuencia, se pretende que las realizaciones particulares divulgadas sean únicamente ilustrativas y no limitantes en cuanto al alcance de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un conjunto automatizado (82) de inspección que incluye varios subconjuntos que comprenden:
  - 5 un subconjunto (84) de bastidor, que tiene un primer lado y un segundo lado que tiene una longitud y una anchura, siendo la anchura sustancialmente mayor que un grosor del subconjunto de bastidor entre el primer lado y el segundo lado, y teniendo la longitud un primer extremo y un segundo extremo a lo largo de una dimensión longitudinal de la longitud, estando configurado el subconjunto de bastidor para formar la estructura principal de soporte para el conjunto automatizado (82) de inspección; un subconjunto (86) de brazos de posicionamiento, acoplado con el subconjunto (84) de bastidor, que incluye un brazo (98) de soporte operable de forma remota para que se extienda hacia fuera desde el primer lado, o se retraiga hacia el mismo, del subconjunto (84) de bastidor; un brazo separador (102); y
  - 10 un subconjunto (92) de escaneado soportado desde el subconjunto (84) de bastidor y configurado para escanear al menos una porción de un miembro que ha de ser inspeccionado;
 

**caracterizado porque**

  - 15 dicho brazo de soporte comprende dos miembros de soporte separados a lo largo de la dimensión longitudinal del subconjunto (84) de bastidor, siendo operable cada uno de los miembros para que se extienda hacia fuera desde el primer lado, o se retraiga hacia el mismo, del subconjunto (84) de bastidor; dicho brazo separador (102) es operable de forma remota para extenderse hacia fuera desde el segundo lado, o retraerse hacia el mismo, del subconjunto (84) de bastidor, y siendo operables el brazo (98) de soporte y el brazo separador en una posición extendida para encajar el subconjunto (84) de bastidor entre un miembro que ha de ser inspeccionado y una superficie opuesta al miembro que ha de ser inspeccionado; y al menos uno del brazo separador (102) o del brazo (98) de soporte es operable para ser movido hidráulicamente.
- 25 2. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 1, que incluye un subconjunto pivotante (106) de la orientación que incluye una articulación giratoria pivotante (108) que acopla el subconjunto pivotante de la orientación con el primer extremo del subconjunto (84) de bastidor y configurado para orientar el subconjunto de bastidor en una de al menos dos posiciones verticales bien con el primer extremo arriba o bien con el segundo extremo arriba.
- 30 3. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 1, que incluye un subconjunto de entrada/sujeción (88) fijado al segundo extremo del subconjunto (84) de bastidor y configurado para posicionar el conjunto automatizado de inspección.
- 35 4. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 1, en el que el subconjunto (92) de escaneado está soportado desde el subconjunto (84) de bastidor e incluye un número de transductores, una cabeza (118) de escaneado con forma sustancialmente de herradura dimensionada para recibir el miembro que ha de ser escaneado, una articulación pivotante (120) de acoplamiento de la cabeza de escaneado y un caja (124) de accionamiento lineal operable para hacer girar la cabeza de escaneado y mover uno o más de los transductores (126) a lo largo del miembro que ha de ser inspeccionado en una dirección vertical, horizontal, radial y circunferencial con respecto al miembro, con el subconjunto de bastidor en línea con el miembro.
- 40 5. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 4, en el que el subconjunto (92) de escaneado está soportado desde uno del primer extremo o del segundo extremo del subconjunto (84) de bastidor y está configurado para moverse hacia el subconjunto de bastidor, o alejarse del mismo.
6. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 1, en el que el brazo (98) de soporte está conformado en la forma general de una horquilla.
- 45 7. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 6, en el que el miembro que ha de ser inspeccionado es una tubería o un codo de tubería y el brazo (98) de soporte tiene un extremo externo con forma generalmente de "U" configurado para aceptar la tubería o el codo de tubería en una abertura en la "U".
8. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 1, en el que el conjunto (92) de escaneado aloja al menos un dispositivo (126) de inspección y el dispositivo de inspección está configurado para moverse en torno a al menos una porción de la circunferencia del miembro y también está configurado para moverse radialmente hacia fuera desde el subconjunto (92) de escaneado para hacer contacto con una superficie del miembro.
- 50 9. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 1, en el que se opera el brazo (98) de soporte para que se mueva hidráulicamente.
- 55 10. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 9, en el que se opera el brazo separador (102) para que se mueva neumáticamente.

11. El conjunto automatizado (82) de inspección de la Reivindicación 1, en el que un extremo exterior del brazo separador (102) está posicionado a lo largo del segundo lado del subconjunto (84) de bastidor, de manera que se acople con la superficie opuesta a una elevación entre una primera elevación y una segunda en el miembro que ha de ser inspeccionado con la que hacen contacto los dos miembros, respectivamente.
- 5 12. Un procedimiento para la inspección de una tubería utilizando un conjunto automatizado de inspección según la Reivindicación 1, que comprende las etapas de:
- 10 transportar un conjunto (92) de escaneado hasta la tubería;  
encajar de forma remota el conjunto (92) de escaneado entre la tubería y una superficie opuesta para soportar el conjunto de escaneado en una posición deseada a una distancia fija de la tubería que ha de ser inspeccionado, extendiendo el brazo (98) de soporte y el brazo separador opuesto (102) desde lados opuestos del subconjunto (84) de bastidor del conjunto automatizado de inspección, para hacer contacto tanto con la tubería como con la superficie opuesta; y  
escanear una superficie de la tubería.
- 15 13. El procedimiento de la Reivindicación 12, que incluye las etapas de:
- operar hidráulicamente al menos el brazo (98) de soporte; y  
operar neumáticamente el brazo separador (102).



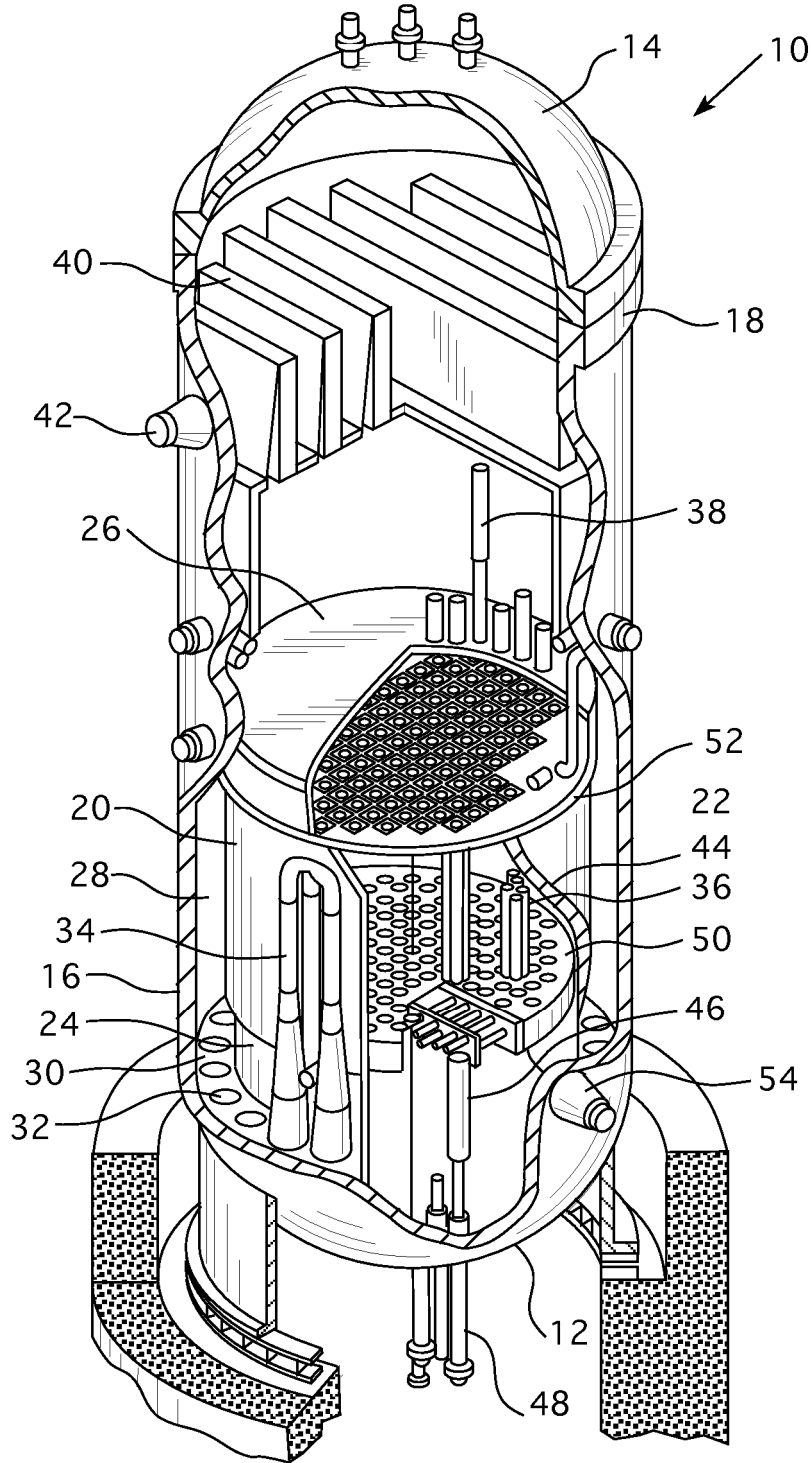


FIG. 1



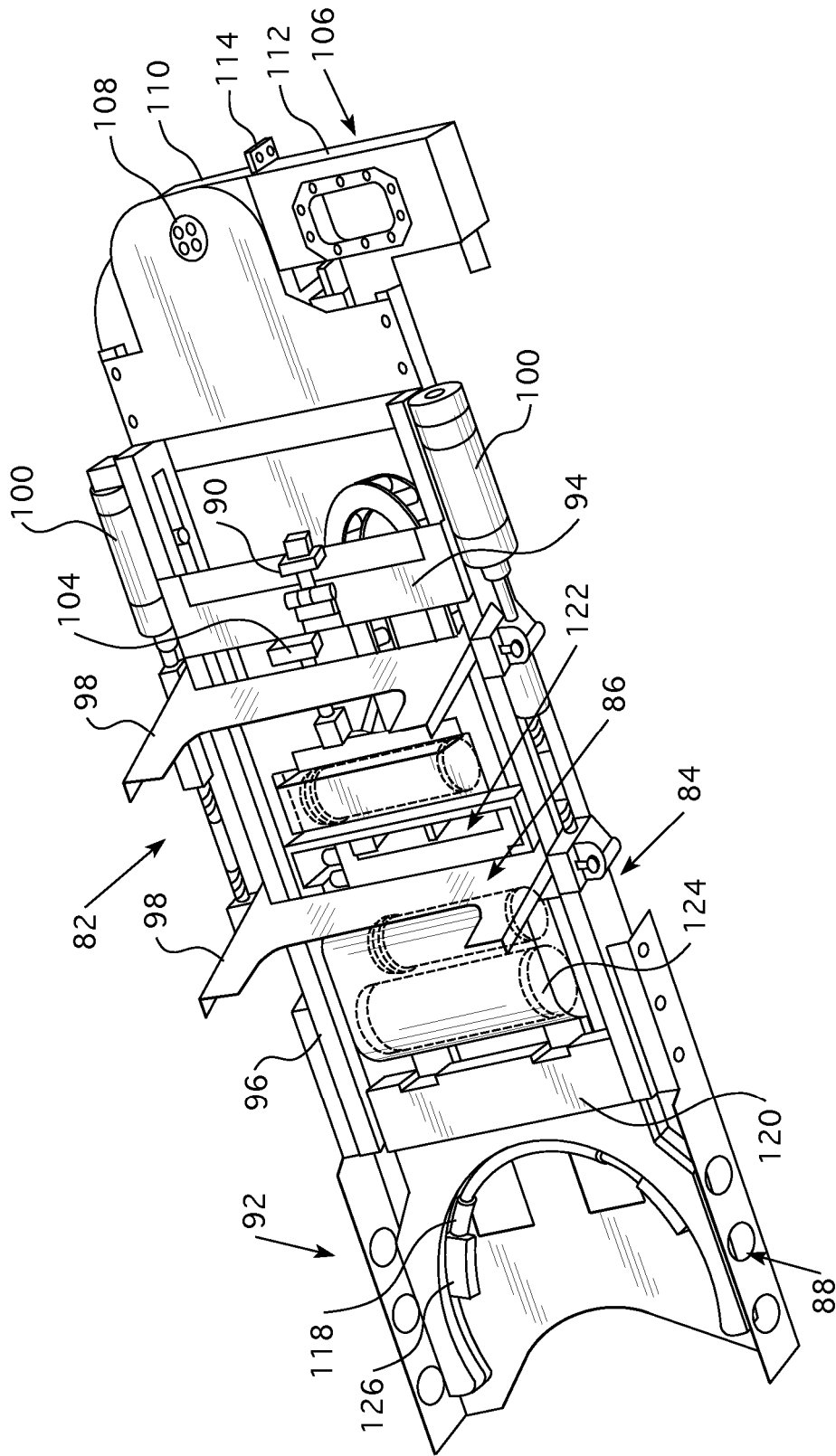
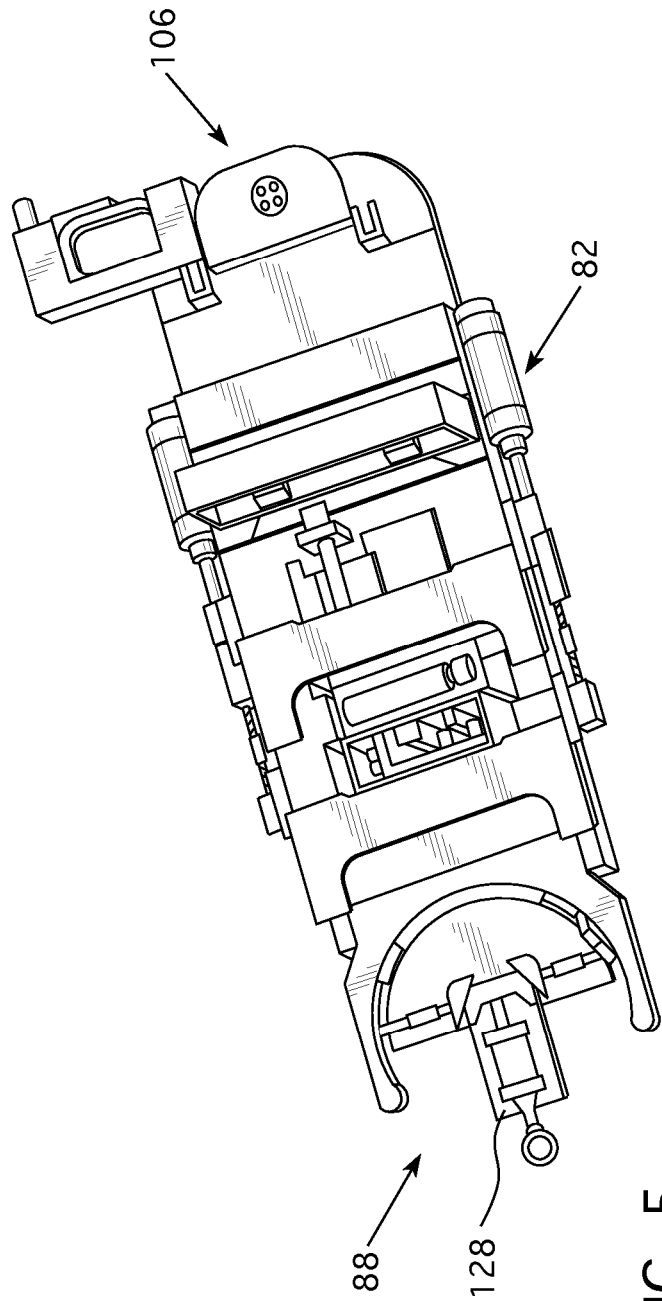
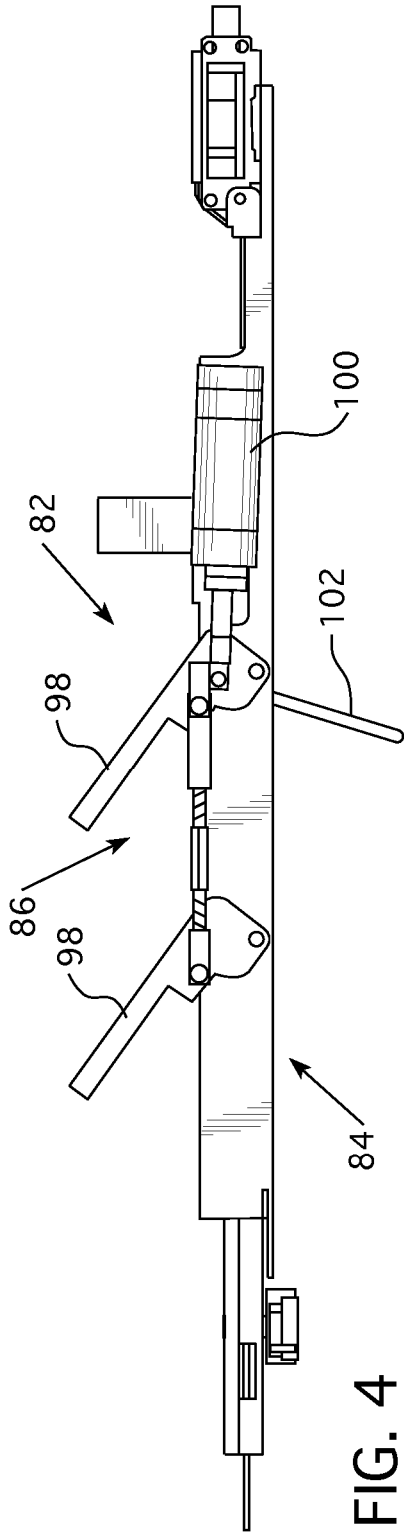


FIG. 3



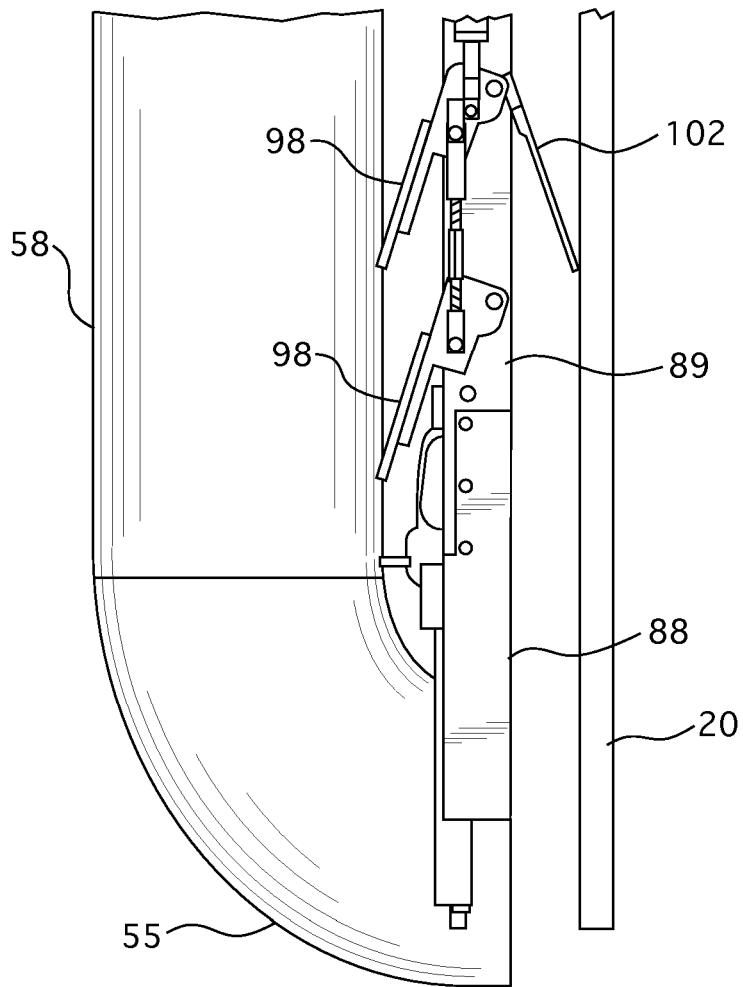


FIG. 6

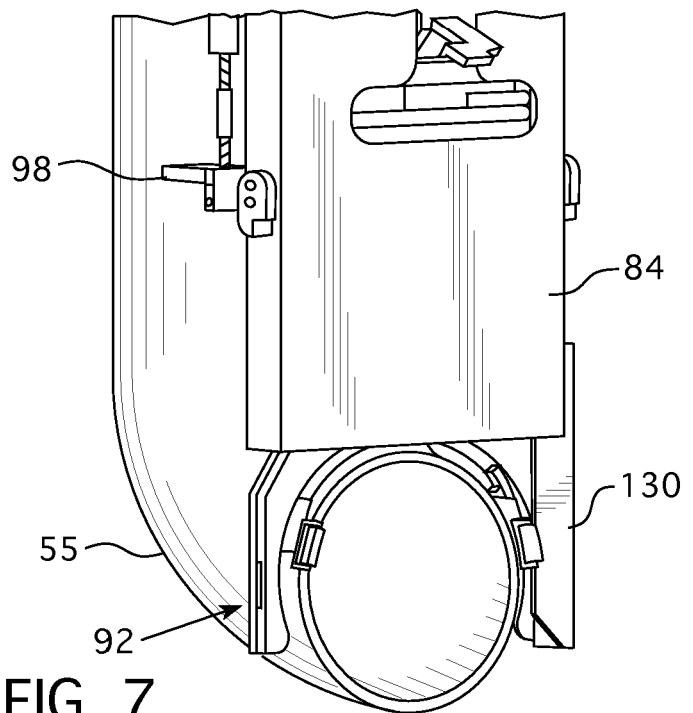


FIG. 7

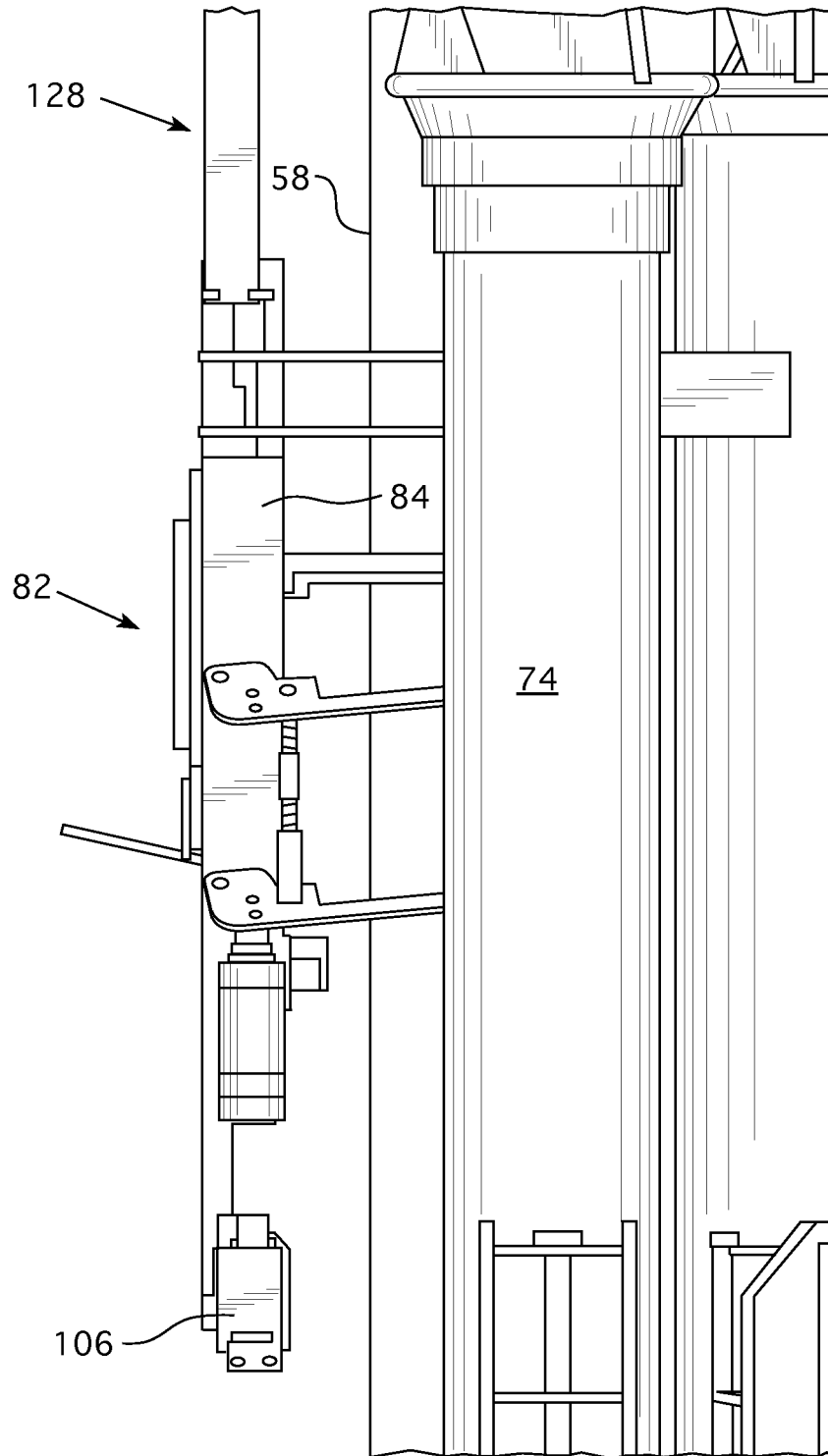


FIG. 8

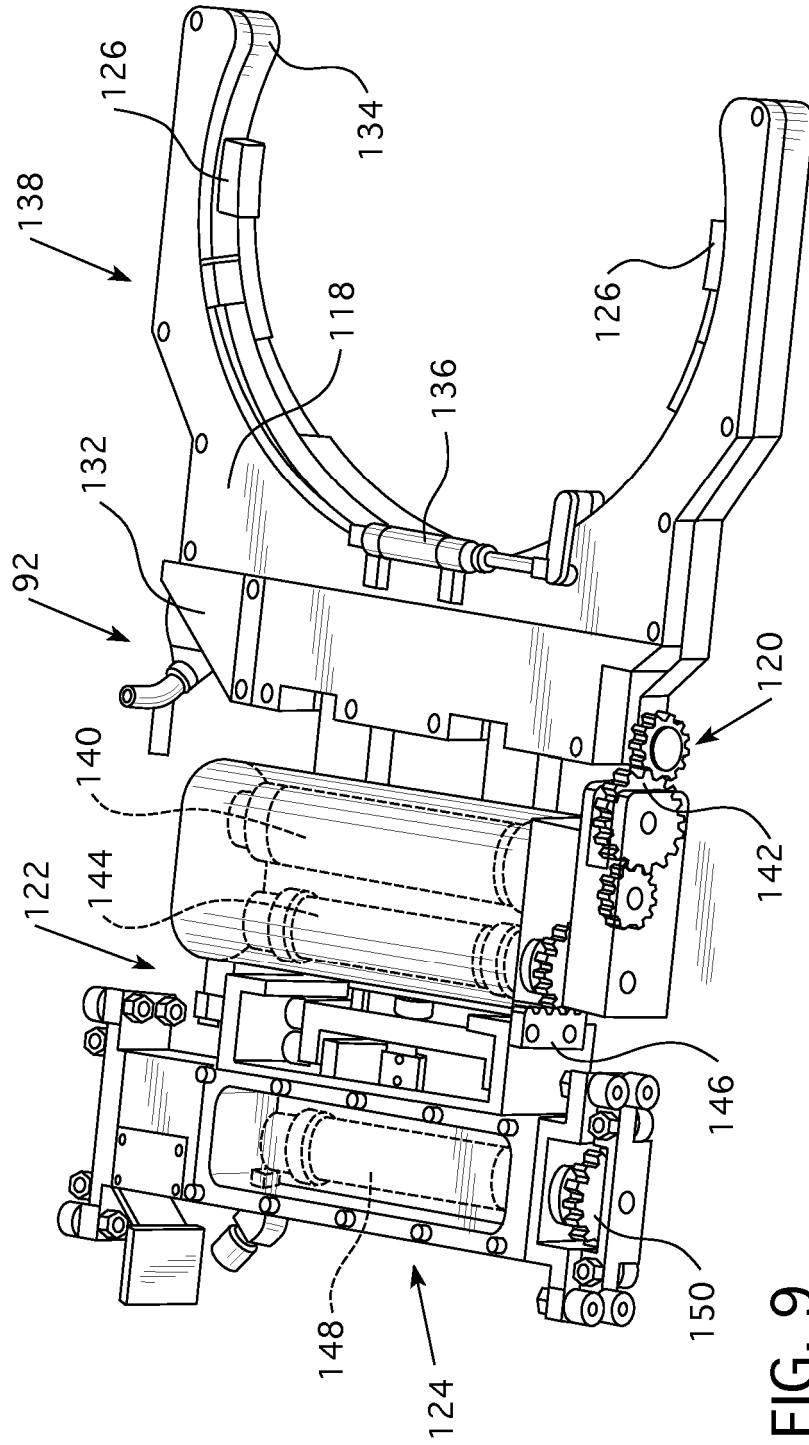


FIG. 9

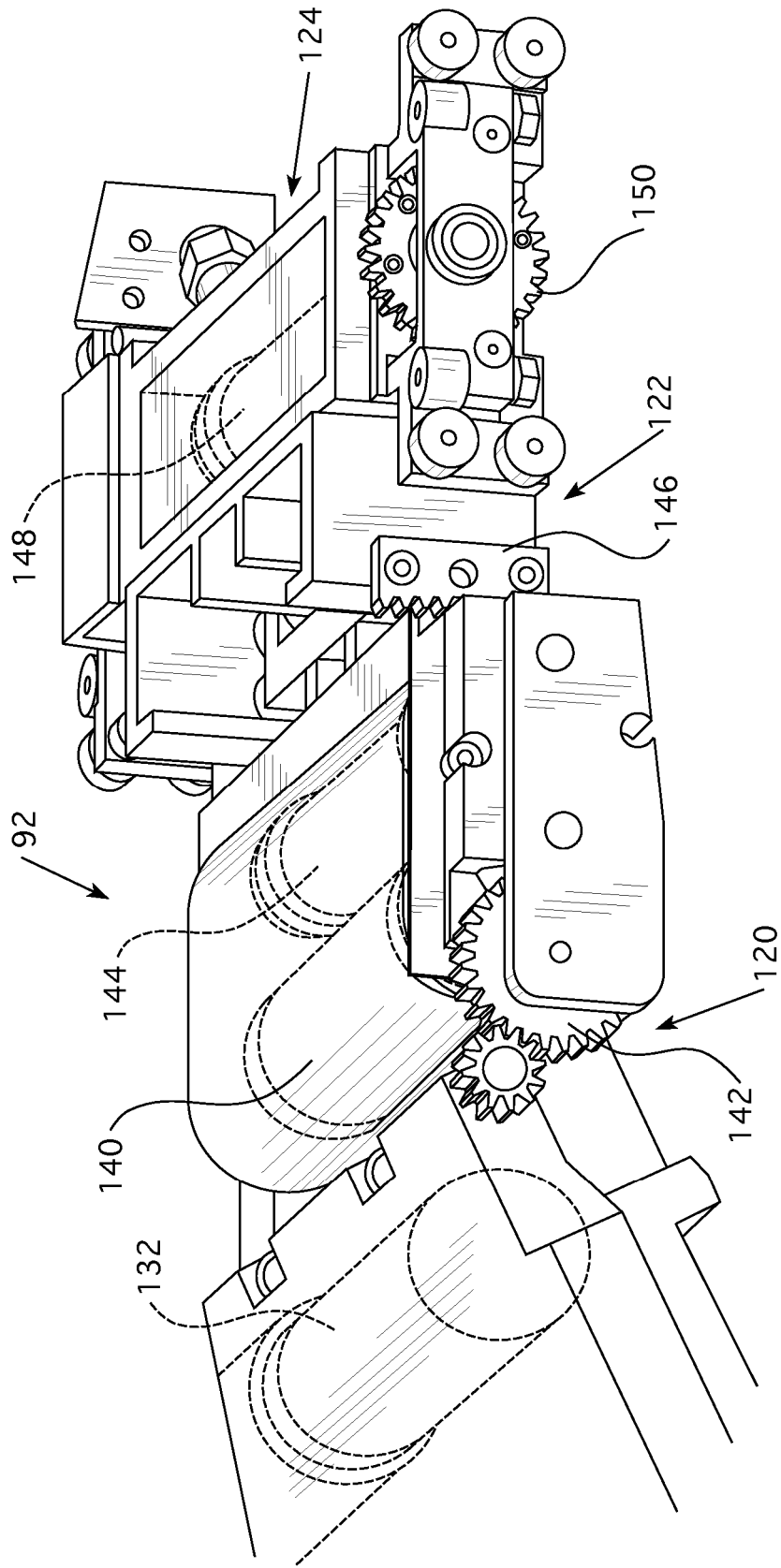


FIG. 10