

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 603**

51 Int. Cl.:

G01N 29/22 (2006.01)

G01N 29/265 (2006.01)

G21C 17/003 (2006.01)

G21C 17/013 (2006.01)

G21C 19/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2013 PCT/US2013/063633**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14113092**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2013 E 13871645 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.02.2018 EP 2907139**

54 Título: **Aparato y procedimiento de control de la posición de un sensor en áreas de acceso limitado dentro de un reactor nuclear**

30 Prioridad:

09.10.2012 US 201261711239 P

14.03.2013 US 201313802907

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

20.04.2018

73 Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)

1000 Westinghouse Drive
Cranberry Township, Pennsylvania 16066, US

72 Inventor/es:

FOLEY, KEVIN J.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 664 603 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 de control de la posición de un sensor en áreas de acceso limitado dentro de un reactor nuclear

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere en general a sistemas robóticos, y se refiere específicamente a un aparato y a un procedimiento mejorados para posicionar de manera remota un sensor, tal como una sonda ultrasónica, en áreas de acceso limitado dentro de un reactor nuclear.

Antecedentes de la invención

- 10 Un reactor nuclear produce energía eléctrica mediante el agua de calentamiento en un recipiente de presión del reactor que contiene un núcleo de combustible nuclear con el fin de generar vapor que se utiliza a su vez para impulsar una turbina de vapor. Diversos componentes y estructuras en un reactor nuclear se examinan periódicamente para evaluar su integridad estructural y determinar la necesidad de reparación. La inspección ultrasónica es una técnica conocida para detectar grietas en los componentes del reactor nuclear. Las áreas de inspección en el reactor nuclear pueden tener un acceso limitado y, por lo tanto, son difíciles de evaluar utilizando una herramienta de inspección. Por ejemplo, las soldaduras de la carcasa del núcleo se evalúan periódicamente para el agrietamiento por corrosión bajo tensión. La presencia de agrietamiento por corrosión bajo tensión puede disminuir la integridad estructural de la envoltura del núcleo. Sin embargo, la envoltura del núcleo es de difícil acceso. El acceso a la instalación está limitado al espacio anular entre la parte exterior de la envoltura y el interior del recipiente a presión del reactor, entre bombas de chorro adyacentes. El acceso a la operación de escaneado también está restringido dentro del espacio estrecho entre la envoltura y las bombas de chorro.

Además, las áreas de inspección en un reactor nuclear pueden ser altamente radiactivas y puede presentar riesgos de seguridad para el personal que trabaja en estas áreas. Por lo tanto, la inspección de estas áreas en su mayor parte puede requerir un dispositivo robótico que se pueda instalar de forma remota y operar dentro del espacio restringido.

- 25 La inspección y reparación de reactores nucleares, tales como reactores de agua hirviendo, consisten típicamente en postes y cuerdas controlados manualmente para manipular los dispositivos de mantenimiento y/o el posicionamiento de estos dispositivos. Durante el cierre del reactor, el mantenimiento de algunos componentes requiere la instalación de manipuladores o dispositivos de inspección de 9,14 a 30,48 metros (30 a 100 pies) de profundidad dentro del refrigerante del reactor. Se requieren duraciones relativamente largas para instalar o eliminar manipuladores y pueden afectar la duración del cierre de la planta. Además, los diferentes ámbitos de inspección pueden requerir varias reconfiguraciones de manipuladores que requieren instalaciones y extracciones adicionales de manipuladores. Las duraciones largas no solo pueden afectar la duración de la parada de la planta, sino también aumentar la exposición del personal a la radiación y la contaminación.

- 35 Los servicios de las plantas tienen un deseo de reducir el número de instalaciones y de la absorción de manipulador para reducir la exposición radiológica, así como del impacto del coste y la parada de la planta. Esta invención permite minimizar el número de reconfiguraciones, instalaciones y eliminaciones. Se contempla que, si se utiliza en manipuladores actualmente disponibles, aproximadamente la mitad de las configuraciones se pueden eliminar.

Sumario de la invención

- 40 La invención proporciona un aparato, según la reivindicación 1, y un procedimiento, según la reivindicación 12, para la inspección de una envoltura del núcleo en un recipiente reactor.

Breve descripción de los dibujos

Una comprensión adicional de la invención se puede obtener a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas cuando se lee conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1A es un esquema que muestra una vista en alzado de porciones pertinentes de un BWR convencional;
- 45 La figura 1B es una vista en sección de una porción de la envoltura del núcleo incorporado en el BWR representado en la figura 1A;
- La figura 2 es una vista frontal de un aparato de inspección de la envoltura del núcleo, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;
- 50 La figura 3 es una vista en perspectiva del aparato de inspección de la envoltura del núcleo de la figura 2 que muestra un mecanismo de cremallera fijo, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;
- La figura 4 es una vista en perspectiva del aparato de inspección de la envoltura del núcleo de la figura 2 que muestra un sistema de cojinete móvil, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

La figura 5 es una vista detallada de la pista inferior del aparato de inspección de la envoltura del núcleo de la figura 2, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

5 Las figuras 6A a 6D son vistas detalladas de los posicionadores de precisión para los efectores terminales del aparato de inspección de la envoltura del núcleo de la figura 2, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

La figura 7 es una vista frontal del aparato de inspección de la envoltura del núcleo de la figura 2 instalado en una envoltura del núcleo de un reactor nuclear con un aparato de posicionamiento del sensor unido al mismo, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

10 La figura 8A es una vista en perspectiva y 8B es una vista inferior de un aparato de posicionamiento del sensor, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención;

La figura 9 es una vista superior del aparato de posicionamiento del sensor de la figura 8A con la cubierta superior retirada, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención; y

15 Las figuras 10A y 10B son vistas superiores del aparato de posicionamiento del sensor de la figura 9 con la cubierta superior retirada; la figura 10A muestra el sensor y el enlace de dos barras en una configuración extendida, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención; y la figura 10B muestra el sensor y el enlace de dos barras en una configuración contraída, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

20 Debe entenderse que, aunque los términos primero, segundo, etc., pueden ser utilizados en el presente documento para describir varios elementos, estos elementos no deben estar limitados por estos términos. Los términos solo se usan para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, un primer elemento podría denominarse como un segundo elemento, y de manera similar, un segundo elemento podría denominarse primer elemento, sin apartarse del alcance de las realizaciones. Como se usa en el presente documento, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los artículos enumerados asociados.

25 Se entenderá que cuando un componente se denomina como estando "sobre", "conectado a", "acoplado a", o "cubriendo" otro elemento o capa, puede estar directamente sobre, conectado a, acoplado a, o cubriendo el otro elemento o capa o pueden estar presentes elementos o componentes intervinientes.

30 Los términos espacialmente relativos (por ejemplo, "debajo", "por debajo", "inferior", "encima", "superior" y similares) se pueden usar aquí para facilitar la descripción para describir una relación de elemento o característica con otro elemento(s) o característica(s) como se ilustra en las figuras. Debe entenderse que los términos espacialmente relativos pueden pretender abarcar diferentes orientaciones del dispositivo en uso u operación además de la orientación representada en las figuras. Por ejemplo, si se da la vuelta al dispositivo en las figuras, los elementos descritos como "debajo" o "por debajo" de otros elementos o características se orientarían "encima" de los otros elementos o características. Por lo tanto, el término de ejemplo "debajo" puede abarcar tanto una orientación de encima como de debajo. El dispositivo puede estar orientado de otro modo (girado 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores relativos espacialmente usados en este documento se interpretan en consecuencia.

35 La forma singular "un", "una" y "el/la" tienen el propósito de incluir las referencias plurales, a menos que el contexto dicte claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos "comprende", "que comprende", "incluye" y/o "que incluye" cuando se usan en la presente memoria, especifican la presencia de características, enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes, pero no impiden la presencia o adición de una o más características, enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de estos.

40 La invención se refiere a dispositivos robóticos para posicionar de forma remota un sensor, tal como una sonda ultrasónica, en zonas de acceso limitado dentro de un reactor nuclear. El sensor se puede emplear para inspeccionar o reparar componentes y estructuras en el reactor nuclear que tienen acceso limitado para la introducción e instalación de una herramienta de inspección o reparación. En ciertas realizaciones, estos sensores son adecuados para su uso en la inspección de la envoltura del núcleo de un reactor nuclear en el que el sensor está posicionado en el espacio anular estrecho formado entre la envoltura del núcleo y la pared del recipiente a presión del reactor.

La invención se puede utilizar en los reactores nucleares de agua ligera, tales como reactores de agua hirviendo y reactores de agua a presión.

50 El aparato de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención generalmente está conectado a una herramienta empleada para inspeccionar componentes y estructuras en un reactor nuclear y particularmente los que tienen acceso limitado. En ciertas realizaciones, el aparato de la invención está conectado a una herramienta para inspeccionar una envoltura del núcleo en un recipiente a presión de reactor de un reactor nuclear. Por lo general, esta inspección se realiza colocando una herramienta de inspección en la envoltura del núcleo. La herramienta de inspección incluye un brazo que se extiende verticalmente a lo largo de la envoltura del núcleo en un espacio anular

formado entre la envoltura del núcleo y la pared del recipiente a presión del reactor. El brazo y un sensor conectado al mismo son operables para moverse verticalmente y circunferencialmente a lo largo de la envoltura del núcleo para inspeccionar la superficie y las soldaduras contenidas en la misma. En ciertas realizaciones, el aparato de esta invención está conectado a un extremo inferior del brazo para extender de manera remota vertical del sensor a lo largo de la envoltura del núcleo. Además, el aparato de la invención proporciona un medio para proteger el cable a través del cual se proporcionan potencia y señales al sensor. Además, el aparato de la invención puede funcionar hidráulica o neumáticamente sin la necesidad de proporcionar cables eléctricos.

El uso del aparato de la invención se describirá con respecto a la inspección de una envoltura del núcleo con una herramienta de inspección particular. Sin embargo, debe entenderse que el aparato de la invención se puede aplicar a procedimientos de inspección, modificación y reparación realizados en una amplia variedad de componentes y estructuras en un reactor nuclear y el aparato de la invención se puede conectar a diversas herramientas de inspección que puede ser utilizado para realizar las inspecciones, modificaciones y reparaciones.

Con referencia a la figura 1A, se ilustra una envoltura 2 del núcleo en un recipiente a presión de reactor (RPV) 4 de un reactor de agua en ebullición convencional (BWR). El agua de alimentación es admitida en el RPV 4 a través de la entrada de agua de alimentación (no mostrada) y el burbujeador 6 de agua de alimentación, que es una tubería en forma de anillo que incluye aberturas adecuadas para distribuir circunferencialmente el agua de alimentación dentro del RPV 4. El agua de alimentación procedente del burbujeador 6 de agua de alimentación fluye hacia abajo a través del espacio 8 anular de sumidero (una región anular entre la envoltura 2 de núcleo y el RPV 4).

La envoltura 2 del núcleo es un cilindro de acero inoxidable que rodea el núcleo de combustible nuclear, la ubicación del cual está designada generalmente por el número 10 en la figura 1. El núcleo está compuesto por una pluralidad de conjuntos de haces de combustible (no mostrados). Cada conjunto de conjuntos de haces de combustible está soportado en la parte superior por una guía superior y en la parte inferior por una placa central (ninguna de las cuales se muestra). La guía de núcleo superior proporciona un soporte lateral para la parte superior de los conjuntos de combustible y mantiene el espaciado correcto del canal de combustible para permitir la inserción de la barra de control.

El agua de alimentación fluye a través del espacio 8 anular descendente, en bombas 18 de chorro, y en la cámara 12 de sobrepresión inferior del núcleo. El agua de alimentación entra en los conjuntos 112 de combustible, en donde se establece una capa límite de ebullición. Una mezcla de agua y vapor sale del núcleo 102 y entra en la cámara 14 superior del núcleo debajo de la tapa 16 de la envoltura. La mezcla de vapor y agua que fluye a través de tuberías montantes verticales (no mostradas) encima de la tapa 16 de la envoltura y entra en los separadores de vapor (no mostrados), que separan el agua líquida del vapor. El agua líquida luego se mezcla con agua de alimentación en la cámara de mezcla, la cual luego regresa al núcleo del reactor a través del espacio 8 anular descendente. El vapor se extrae del RPV a través de una salida de vapor.

El BWR también incluye un sistema de recirculación de refrigerante que proporciona el flujo de convección forzada a través del núcleo que es necesario para alcanzar la densidad de potencia requerida. Una porción del agua es retirada desde el extremo inferior del espacio 8 anular descendente a través de la salida 1 de agua de recirculación (no visible en la figura 1) y forzada por una bomba de recirculación centrífuga (no mostrada) en una pluralidad de conjuntos 18 de bomba de chorro (dos de los cuales se muestran en la figura 1A) a través de las entradas 20 de agua de recirculación. El BWR tiene dos bombas de recirculación, cada una de las cuales proporciona el flujo de accionamiento para una pluralidad de conjuntos de bomba de chorro. Los conjuntos de bomba de chorro están circunferencialmente distribuidos alrededor de la envoltura 2 del núcleo.

Con referencia a la figura 1B, se ilustra la envoltura 2 del núcleo en detalle. Hay una brida 2a de la tapa de la envoltura para soportar la tapa 16 de la envoltura, una pared 2b de la envoltura superior cilíndrica circular que tiene un extremo superior soldado a la brida 2a de la tapa del envoltura, un anillo 2c de soporte de guía superior anular soldado al extremo inferior de la pared 2b del envoltura superior, una pared de envoltura del núcleo cilíndrica circular que tiene un extremo superior soldado al anillo 2c de soporte de guía superior y que consta de secciones 2d y 2e de carcasa superior e inferior unidas por soldadura de unión media y un anillo 2f de soporte de placa de núcleo anular soldado al extremo inferior de la pared media del envoltura y al extremo superior de una pared 2g inferior de la envoltura. Toda la envoltura está soportada por un soporte 22 de envoltura, que está soldado al fondo de la pared 2g de envoltura inferior, y por la placa 24 de soporte de bomba de chorro anular, que está soldada en su diámetro interno al soporte 22 de envoltura y en su diámetro exterior al RPV 4.

El material de la envoltura y soldaduras asociadas es de acero inoxidable austenítico que tiene un contenido de carbono reducido. Las zonas afectadas por el calor de las soldaduras circunferenciales de la envoltura, incluida la soldadura de unión media de la envoltura, tienen tensiones residuales de soldadura. Por lo tanto, los mecanismos están presentes para que la soldadura de unión media W y otras soldaduras circunferenciales sean susceptibles al agrietamiento por corrosión bajo tensión.

Una herramienta de inspección está en contacto con la envoltura del núcleo y de forma remota operado en el espacio anular formado entre el recipiente de presión del reactor y la envoltura del núcleo para llevar a cabo una inspección de la envoltura del núcleo y cualquier soldadura asociada con el mismo. La herramienta incluye una pista

parcial superior que está posicionada, por ejemplo, colocada o conectada a, una parte de la envoltura del núcleo, tal como un borde anular superior de la envoltura del núcleo. En una realización, la pista parcial superior se coloca en la presa de vapor de la envoltura del núcleo y está soportada en el mismo por su centro de gravedad. La pista parcial superior guía un cabezal de precisión y una estructura de bastidor rígido que se acopla de forma móvil a la pista parcial superior. La estructura rígida del bastidor se extiende verticalmente hacia abajo desde el cabezal de precisión. El cabezal de precisión y la estructura del bastidor incluyen un motor eléctrico y cojinetes de bolas o elementos similares que permiten que la estructura se desplace horizontalmente a lo largo de la pista parcial superior. Además, la pista superior contiene motores y frenos que están configurados sistémicamente para permitir el uso de este aparato sin un anillo de seguimiento completo. La estructura del cabezal y el bastidor alberga un posicionador del sensor para realizar inspecciones o reparaciones en las regiones de la cavidad superior de la envoltura del núcleo. El cabezal de precisión y el bastidor también son operables para posicionar una pista inferior móvil. La región inferior de la pista aloja un brazo inferior y un posicionador para realizar inspecciones o reparaciones en las regiones del cañón de la envoltura del núcleo del reactor central e inferior. El posicionador es un posicionador de dos ejes que permite el desplazamiento vertical y circunferencial del brazo a lo largo de la envoltura del núcleo. Al menos un sensor, como un transductor ultrasónico, está conectado al brazo inferior para inspeccionar la envoltura del núcleo. En ciertas realizaciones, el brazo inferior puede incluir múltiples sensores en una relación separada entre sí.

Con referencia a la figura 2, se ilustra una herramienta de inspección de la envoltura del núcleo generalmente referida por el carácter de referencia 100 para inspeccionar una envoltura del núcleo en un reactor nuclear, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención. El aparato 100 incluye un cabezal 110, un bastidor 112 y una pista 114 superior parcial. El bastidor 112 tiene un extremo 116 superior y un extremo 118 inferior opuesto. El extremo 116 superior del bastidor 112 está montado en el cabezal 110. El cabezal 110 está conectada a la pista 114 superior parcial para moverse adecuadamente en una dirección horizontal con respecto a la pista 114 superior parcial. El extremo 118 inferior del bastidor 112 está montado en una pista 120 inferior para mover adecuadamente la pista 120 inferior con relación al bastidor 112. Un carro 122 está acoplado a la pista 120 inferior para moverse adecuadamente horizontalmente con respecto a la pista 120 inferior. En ciertas realizaciones, la pista 114 superior parcial y la pista 120 inferior están curvadas para adaptarse adecuadamente a la forma cilíndrica de la envoltura del núcleo en el reactor nuclear.

La pista 114 superior parcial incluye un sistema 124 de freno de pista. Cuando se activa el sistema 124 de freno de pista, la pista 114 superior parcial permanece estacionaria y el cabezal 110 (y el bastidor 112 montado en ella) se puede mover horizontalmente a lo largo de la pista 114 superior parcial. Cuando el sistema 124 de freno de pista se desactiva o se libera, la pista 114 superior parcial se puede conducir a una posición diferente a lo largo del borde de la envoltura del núcleo. El sistema 124 de freno de pista permite que el cabezal 110 y el bastidor 112 caminen a lo largo de la envoltura sin requerir un anillo completo de pista de guía. Por lo tanto, el cabezal 110 y el armazón 112 son móviles horizontalmente para conducir a lo largo de la pista 114 superior parcial, o alternativamente, la pista 114 superior parcial puede moverse horizontalmente para ser llevada a una posición diferente a lo largo del borde de la envoltura del núcleo.

Con referencia a la figura 3, se ilustra un mecanismo 150 de cremallera de engranaje fijo para mover la pista 114 superior parcial a lo largo de la envoltura del núcleo. El mecanismo 150 de cremallera de engranaje fijo se conecta con un motor 155 de posicionamiento y una combinación 157 de engranaje situada dentro del cabezal 110. Cuando se acciona el motor 155, el cabezal 110 se mueve con relación a la pista 114 superior parcial. Si se aplica el sistema 124 de freno de pista, la pista 114 superior parcial permanecerá estacionaria con relación a la envoltura del núcleo y el cabezal 110 se mueve con respecto a la pista 114 superior parcial y la envoltura del núcleo. Alternativamente, un pasador 160 de posicionamiento puede extenderse neumática o hidráulicamente desde el cabezal 110 para reaccionar con el hardware del reactor posicionado en el borde de la envoltura del núcleo. Si el pasador 160 de posicionamiento se extiende y se libera el sistema 124 de freno de pista, el cabezal 110 permanece estacionaria con respecto a la envoltura del núcleo y la pista superior parcial se moverá con relación a la envoltura del núcleo. Esto proporciona la reubicación de todo el aparato 100 con relación a la envoltura del núcleo. El motor 155 de cabezal proporciona realimentación de posición completa de manera que la posición global de todo el aparato se mantiene y se monitoriza dentro de una tolerancia ajustada.

Con referencia a la figura 4, se ilustra un sistema 170 de cojinete móvil que permite que la pista 120 inferior sea accionada con relación al bastidor 112 y alcance posiciones a lo largo de la envoltura del núcleo que están fuera de los límites y obstrucciones típicos exhibidos por los aparatos conocidos. El bastidor 112 contiene ruedas 172 de soporte que ruedan a lo largo de las guías 174 acopladas a la pista 120 inferior.

Con referencia a las figuras 4 y 5, el armazón 112 aloja un motor fijo 175 y un engranaje 177 de piñón que pueden accionarse y reaccionar contra un engranaje 178 de cremallera acoplado a la pista 120 inferior. Tras la rotación del motor 175 de bastidor, la pista 120 inferior se mueve con respecto al bastidor 112.

Como se muestra en la figura 5 y las figuras 6A-6D, la pista 120 inferior aloja posicionadores 180 de precisión horizontales y verticales para proporcionar la posición de precisión de los sensores 182 de herramientas o efectores finales. El sistema 122 de carro en la pista 120 inferior aloja dos combinaciones 184A, B de motor/engranaje y un cilindro 185 neumático/hidráulico. Una de las combinaciones 184A de motor/engranaje se conecta con el engranaje

200 de cremallera acoplado a la pista 120 inferior que permite que el sistema 122 de carro se mueva a lo largo de la pista 120 inferior. La otra combinación 184B de motor/engranaje está acoplada a un tornillo 190 de avance lineal que acciona el cilindro 185 de pivotamiento verticalmente en las áreas generales con respecto a la pista 120 inferior. El cilindro 185 pivotante proporciona un movimiento pivotante para el brazo 134 unido y los efectores 182 finales para colocar los efectores 182 finales lejos de las obstrucciones del reactor. En general, el aparato contiene diecisiete ejes de movimiento para posicionar sensores y efectores 182 finales en un procedimiento eficiente para minimizar el tamaño, los impactos del programa de parada de la planta y la exposición radiológica del personal, y para maximizar la cobertura del efector final en la envoltura del núcleo del reactor alrededor de obstrucciones.

Con referencia a la figura 7, se ilustra la herramienta 100 de inspección de la envoltura del núcleo (mostrada en la figura 2) que está posicionada sobre un reborde 130 anular de una envoltura 132 del núcleo. El aparato 100 se extiende verticalmente hacia abajo en un espacio anular formado entre la envoltura 132 del núcleo y un recipiente a presión del reactor (no mostrado). La figura 7 incluye el cabezal 110, el armazón 112, la pista 114 superior parcial, la pista 120 inferior y el carro 122 (como se muestra en la figura 2). Además, la figura 7 incluye un brazo 134 conectado al carro 122 y que se extiende verticalmente hacia abajo desde el mismo a lo largo de la envoltura 132 del núcleo, y un aparato 140 de posicionamiento del sensor de acuerdo con esta invención, conectado al extremo inferior del brazo 134. El brazo 134 puede incluir además un sensor (no mostrado) unido al mismo. Este sensor y el sensor del aparato 140 de posicionamiento son capaces de detectar y analizar el material de la envoltura 132 del núcleo incluyendo cualquier soldadura contenida en la misma. Los sensores adecuados para uso en esta invención pueden incluir aquellos dispositivos, tales como, pero sin limitación, transductores ultrasónicos, que son conocidos en la técnica para inspecciones. En ciertas realizaciones, se pueden colocar múltiples sensores en una relación espaciada entre sí a lo largo de una longitud vertical del brazo 134. La ubicación, por ejemplo, el espaciamiento, de los sensores puede determinarse por y corresponder a áreas específicas de la envoltura 132 del núcleo a inspeccionar, tales como las cavidades media e inferior (no mostradas). En la figura 7, la pista 120 inferior está desviada del cabezal 110 y el bastidor 112, y el carro 122 con el brazo 134 es desplazado de la pista 120 inferior.

Con referencia a las figuras 8A y 8B, se ilustra un aparato de posicionamiento del sensor referido en general por el carácter de referencia 200 para controlar la posición de un sensor, de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención. La figura 8A es una vista en perspectiva del aparato 200 y la figura 8B es una vista inferior del aparato 200. Como se muestra en la figura 8A, el aparato 200 incluye un bastidor 202 inferior y una cubierta 203 superior. La cubierta 203 superior está sustancialmente alineada y posicionada por encima del bastidor 202 inferior en una relación separada de tal manera que hay un espacio o abertura formado entre el bastidor 202 inferior y la cubierta 203 superior. La figura 8A también incluye un sensor 204 que está conectado a la cubierta 203 superior por un conjunto 205 de cardán y cojinetes 210 de soporte de carril lineal (que se describen más adelante). La cubierta 203 superior contiene un orificio de acceso (no mostrado) en un extremo opuesto al extremo al que está conectado el sensor 204, para interactuar con un dispositivo de recogida manual (no mostrado). El dispositivo de recogida manual se utiliza para extender o retraer el aparato de forma remota (por ejemplo, desde un componente o estructura que se inspecciona) en caso de fallo del aparato durante el funcionamiento. El bastidor 202 inferior y la cubierta 203 superior utilizan un acabado sólido generalmente liso para evitar el enganche de los componentes al ubicar el aparato de posicionamiento del sensor 200 alrededor de obstrucciones cercanas.

Con referencia a la figura 9, se ilustra el aparato 200 como se muestra en las figuras 8A y 8B. La figura 9 es una vista superior del aparato 200 con la cubierta 203 superior (como se muestra en la figura 8A) retirada. La figura 9 incluye el bastidor 202 inferior y el sensor 204 como se muestra en las figuras 8A y 8B. La figura 9 también incluye un primer carril 205a lineal y un segundo carril 205b lineal situados paralelos entre sí, y unidos de forma fija al bastidor 202 inferior. Los cojinetes 210 lineales de soporte de raíl están conectados de forma móvil horizontalmente a cada uno de los raíles 205a, b lineales primero y segundo, en una relación separada. Cada uno de los cojinetes 210 de soporte de raíl lineal situados en el primer raíl 205a lineal está alineado sustancialmente paralelo a cada uno de los cojinetes 210 de soporte de raíl lineal situados en el segundo raíl 205b lineal. Cada uno de los cojinetes 210 de soporte de raíl lineal está acoplado a la cubierta 203 superior (como se muestra en la figura 8A) de manera que cuando la cubierta 203 superior se mueve horizontalmente, los cojinetes 210 de soporte de raíl lineal se desplazan en una dirección horizontal correspondiente a lo largo de los raíles 205a, b lineales primero y segundo. La figura 9 muestra dos cojinetes 210 de soporte de raíl lineal en cada uno de los raíles 205a, b lineales primero y segundo. Sin embargo, se entiende que se pueden usar uno o más cojinetes de soporte de carril lineal. Dado que el sensor 204 está conectado a la cubierta 203 superior (como se muestra en la figura 8A), los cojinetes 210 de soporte de carril lineal también son operables para guiar el sensor 204 desde una primera posición, por ejemplo, posición cerrada, a una segunda posición, por ejemplo, posición extendida (mostrada en líneas fantasmas en la figura 9).

La figura 9 también muestra un carro 215 de cilindro sin vástago que incluye dos cilindros 221a, b hidráulicos mecanizados a medida. Una porción de estos cilindros 221a, b están unidos a la cubierta 203 superior (como se muestra en la figura 8A) y pueden accionarse para impulsar la cubierta 203 superior y el sensor 204 desde una posición cerrada a una posición extendida. En ciertas realizaciones, los cilindros 221a, b hidráulicos empleados son cilindros estancos sin vástago con carros de cilindro acoplados magnéticamente. Sin pretender imponer ninguna teoría particular, se cree que el uso de estos cilindros proporciona al menos una de las siguientes tres ventajas de diseño con respecto a los cilindros convencionales conocidos en la técnica: (i) un perfil delgado para acceso máximo en áreas de acceso limitado, (ii) acoplamiento magnético para proporcionar una operación a prueba de fallos durante

colisiones no planificadas (por ejemplo, los cilindros se desacoplarán al contacto con una obstrucción) y (iii) una caja sellada para eliminar dinámicas problemas de sellado y fiabilidad asociada con el uso bajo el agua. El aparato 200 puede controlarse con bombas y válvulas hidráulicas para mover una cantidad precisa de fluido hidráulico a los cilindros 221a, b que bloquearán los cilindros en posición. A diferencia de los cilindros neumáticos, el uso de sistemas hidráulicos permite que el aparato 200 coloque el sensor 207 en cualquier posición fija desde una posición cerrada a una posición completamente extendida.

Además, se muestra en la figura 9 es una unión 223 de dos barras que tiene una primera barra 223a y una segunda barra 223b. Un extremo de la primera barra 223a está conectado a un primer pasador 225 que está unido al bastidor 202 inferior. El otro extremo de la primera barra 223a está conectado a un pasador 227 de pivote. Un extremo de la segunda barra 223b está conectado a un segundo pasador 229 que está unido a la cubierta 203 superior. El otro extremo de la segunda barra 223b está conectado al pasador 227 de pivote.

Con referencia a las figuras 10A y 10B, se ilustra el aparato 200 como se muestra en la figura 9. Las figuras 10A y 10B incluyen el bastidor 202 inferior, el sensor 204, una unión 223 de dos barras, la primera barra 223a, una segunda barra 223b, el primer pasador 225, el pasador 227 de pivote y el segundo pasador 229. La figura 10A muestra una unión 223 de dos barras en una configuración extendida cuando el sensor 204 está en una posición extendida. La figura 10B muestra la unión 223 de dos barras en una configuración comprimida cuando el sensor 204 está en una posición cerrada.

Con referencia a la figura 9, una cubierta 230 de protección de cable está conectada al bastidor 202 inferior para proporcionar protección a los cables y/o tubos (no mostrados) de quedar apretados en partes móviles u obstrucciones de la planta. En ciertas realizaciones, el cable se utiliza para la señal del sensor y el pasaje de potencia. Por ejemplo, el cable (no mostrado) se puede conectar al sensor 204 y extenderse por debajo de la placa 242 protectora a través de la primera y segunda barras 223a, b de la unión 223 de dos barras y debajo de la cubierta 230 de protección. El cable (no mostrado) se puede conectar a la primera y segunda barras 223a, b de manera que se extienda o contraiga cuando la unión 223 de dos barras se extiende y se contrae de acuerdo con el movimiento horizontal de la cubierta 203 superior (como se analizó anteriormente y se muestra en las figuras 10A y 10B). Por lo tanto, la unión 223 de dos barras puede servir para la gestión del cableado a fin de evitar que el cable extremadamente sensible quede atrapado y proporciona un mecanismo para mantener el radio de curvatura mínimo del cableado durante el accionamiento del aparato 200.

En ciertas realizaciones, el aparato de la invención se puede utilizar para colocar un sensor con respecto a otro sensor que está unido a una herramienta de inspección. Por ejemplo, para fines ilustrativos, un sensor se encuentra en una elevación fija en un brazo de herramienta de inspección, por ejemplo, 60 pulgadas (152,40 cm), la herramienta tiene 10 pulgadas (25,40 cm) de carrera, hay un sensor conectado a la mitad del brazo y un sensor conectado al extremo del brazo. Por lo tanto, esta configuración puede escanear una soldadura de 30 a 40 pulgadas (76,20 a 101,60 cm) y de 60 a 70 pulgadas (152,40 a 177,80 cm). Por lo tanto, si hay soldaduras para examinar a 32 y 62 pulgadas (81,28 y 157,48 cm), por ejemplo, esta configuración es capaz de realizar los exámenes de soldadura en paralelo. Sin embargo, si las soldaduras se ubicaran a 32 y 63 pulgadas (81,28 y 160,02 cm), los exámenes de soldadura tendrían que realizarse por separado porque los sensores no están en la misma ubicación exacta en relación con cada soldadura. En este escenario, la herramienta de inspección en combinación con el aparato de la invención puede realizar ambos exámenes dentro de la misma configuración de herramienta. Por ejemplo, un escaneado de 32 a 34 pulgadas (81,28 a 86,36 cm) (es decir, se requiere una carrera de 2 pulgadas (5,08 cm) para el examen), luego se pueden realizar 63 a 65 pulgadas (160,02 a 165,10 cm). La instalación del aparato de la invención en la herramienta de inspección permite que la separación entre los sensores se ajuste exactamente a 31 pulgadas (78,74 cm) y las inspecciones se puedan realizar al mismo tiempo. En una configuración alternativa, si las soldaduras eran de 38 y 70 pulgadas (96,52 y 177,80 cm), la herramienta de inspección sin el aparato de la invención tendría que reconfigurarse para realizar el examen, mientras que la herramienta con este aparato de la invención puede realizar los exámenes al mismo tiempo sin reconfiguraciones de herramientas.

Aunque realizaciones específicas de la invención se han descrito en detalle, se apreciará por parte de los expertos en la técnica que diversas modificaciones y alternativas a esos detalles podrían desarrollarse a la luz de las enseñanzas globales de la divulgación. De acuerdo con ello, las realizaciones particulares divulgadas pretenden ser solo ilustrativas y no limitativas en cuanto al alcance de la invención, al que se le ha de dar la amplitud completa de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (200) para posicionar de manera remota un sensor (204) en un reactor nuclear, que comprende:

un sensor (204); al menos un cable que tiene un primer extremo y un segundo extremo, estando el primer extremo conectado al sensor (204) y un segundo extremo adaptado para ser conectado a una fuente de potencia, fuente de señal o receptor;

un bastidor (202) inferior;

una cubierta (203) superior que tiene un primer extremo y un segundo extremo opuesto, estando el sensor (204) conectado al primer extremo, la cubierta (203) superior sustancialmente alineada con el bastidor inferior y separada del bastidor (202) inferior;

un primer raíl (205a) lineal unido fijamente al bastidor (202) inferior;

un segundo raíl (205b) lineal unido fijamente al bastidor (202) inferior, sustancialmente alineado en una relación paralela al primer raíl (205a) lineal y separado del primer raíl (205a) lineal;

un mecanismo conectado de forma móvil a cada uno de los primeros y segundos raíles (205a, b) lineales y conectado a la cubierta (203) superior, donde el mecanismo (210) es efectivo para mover horizontalmente la tapa (203) superior con respecto al bastidor (202) inferior; **caracterizado porque** el mecanismo incluye un primer cojinete (210) de soporte de raíl lineal acoplado a la cubierta (203) superior y conectado de forma móvil al primer raíl (205a) lineal;

un segundo cojinete (210) de soporte de raíl lineal acoplado a la cubierta (203) superior y conectado de forma móvil al segundo raíl (205b) lineal; y

cilindros (221a, b) hidráulicos unidos a la cubierta (203) superior y operables para impulsar la cubierta (203) superior y el sensor (204) desde una posición cerrada a una posición extendida.

2. El aparato (200) de la reivindicación 1, que comprende además un sistema (223) de unión de dos barras, comprendiendo el sistema (223) de unión:

una primera barra (223a) que tiene un primer extremo y un segundo extremo;

una segunda barra (223b) que tiene un primer extremo y un segundo extremo;

estando el primer extremo de la primera barra (223a) conectado a un primer pasador (225) que está unido al bastidor (202) inferior;

el segundo extremo de la primera barra (223a) conectado a un pasador (227) de pivote;

el primer extremo de la segunda barra (223b) conectado a un segundo pasador (229) que está unido a la cubierta (203) superior; y

el segundo extremo de la segunda barra (223b) conectado al pasador (227) de pivote, en el que cuando la cubierta (203) superior se mueve horizontalmente, el sistema (223) de unión de dos barras está en una posición extendida.

3. El aparato (200) de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de cilindros (221a, b) hidráulicos comprende dos cilindros hidráulicos.

4. El aparato (200) de la reivindicación 2, en el que el cable se extiende desde el sensor (204) a través del sistema (223) de unión de dos barras de manera que el sistema (223) de unión protege el cable.

5. El aparato (200) de la reivindicación 1, en el que el primer extremo de la cubierta (203) superior está dispuesto para conectarse a un brazo (134) de una herramienta (100) de inspección y el sensor (204) es efectivo para inspeccionar un componente en un reactor nuclear.

6. El aparato (200) de la reivindicación 5, en el que el componente es una envoltura (132) del núcleo en un recipiente a presión del reactor.

7. El aparato (200) de la reivindicación 6, en el que la herramienta (100) está dispuesta para colocarse sobre la envoltura (132) del núcleo y el aparato (200) está dispuesto para colocarse en un espacio anular formado entre la envoltura (132) del núcleo y una pared del recipiente a presión del reactor

8. Un sistema de inspección en un reactor nuclear, que comprende:

un recipiente a presión del reactor que tiene una pared;

una envoltura (132) del núcleo que tiene un borde (130) anular;

un espacio anular formado entre la envoltura (132) del núcleo y la pared del recipiente a presión del reactor;

una herramienta de inspección conectada a la envoltura (132) del núcleo y colocada en el espacio anular, que comprende:

una porción superior de la herramienta de inspección posicionada en el borde (130) anular de la envoltura (132) del núcleo;

un brazo (134) de la herramienta de inspección acoplado a la parte superior y que se extiende verticalmente hacia abajo a lo largo de la envoltura (132) del núcleo en el espacio anular; y

un aparato (200) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 conectado al brazo (134) de la herramienta de inspección.

5 9. El sistema de la reivindicación 8, en el que la porción superior comprende una pista (114) superior parcial colocada en el borde (130) anular de la envoltura (132) del núcleo y que se puede mover horizontalmente a lo largo del borde (130) anular.

10. El sistema de la reivindicación 9, en el que la herramienta de inspección también comprende:

un conjunto, que comprende:

10 un cabezal (110) conectado de forma móvil a la pista (114) superior parcial de manera que el cabezal (110) se puede mover horizontalmente a lo largo de la pista (114) superior parcial;
una pista (114) inferior;

15 un bastidor (112) que tiene un primer extremo y un segundo extremo, estando el primer extremo montado en el cabezal (110) y el segundo extremo conectado a la pista (120) inferior de manera que la pista (120) inferior se puede mover horizontalmente a lo largo de la envoltura (130) del núcleo;

un carro (122) conectado de manera móvil a la pista (120) inferior y que tiene un extremo del brazo (134) conectado al mismo y el otro extremo opuesto del brazo (134) que conecta al aparato (100) robótico y que se extiende verticalmente hacia abajo a lo largo de la envoltura (132) del núcleo;

20 un primer mecanismo de accionamiento conectado al cabezal (110) y la pista (114) superior parcial, y estructurado para impulsar el cabezal (110) a lo largo de la pista (114) superior parcial y conducir la pista (114) superior parcial a lo largo del borde (130) anular;

un segundo mecanismo de accionamiento conectado al bastidor (112) y estructurado para impulsar la pista (120) inferior a lo largo de la envoltura (132) del núcleo; y

25 un tercer mecanismo de accionamiento conectado al carro (122) y estructurado para impulsar dicho carro (122) a lo largo de la pista (120) inferior; y

un sistema (124) de freno de pista conectado a la pista (114) superior parcial,

30 en el que, cuando el sistema (124) de freno de pista está activado, la pista (114) superior parcial permanece estacionaria y el cabezal (110) se puede mover a lo largo de la pista (114) superior parcial, y

en el que, cuando el sistema (124) de freno de pista está desactivado, la pista (114) superior parcial se puede conducir a una posición diferente a lo largo del borde (130) anular de la envoltura (132) del núcleo.

11. El sistema de la reivindicación 10, que comprende además ruedas de soporte, están unidas al bastidor (112) de manera que el bastidor (112) se puede mover horizontalmente a lo largo de la pista (120) inferior.

35 12. Un procedimiento para posicionar de manera remota un sensor (204) en un área de un reactor nuclear, que comprende:

obtener un aparato (200) de posicionamiento del sensor según la reivindicación 1, y
conectar el aparato (200) de posicionamiento del sensor a una herramienta (100) de inspección.

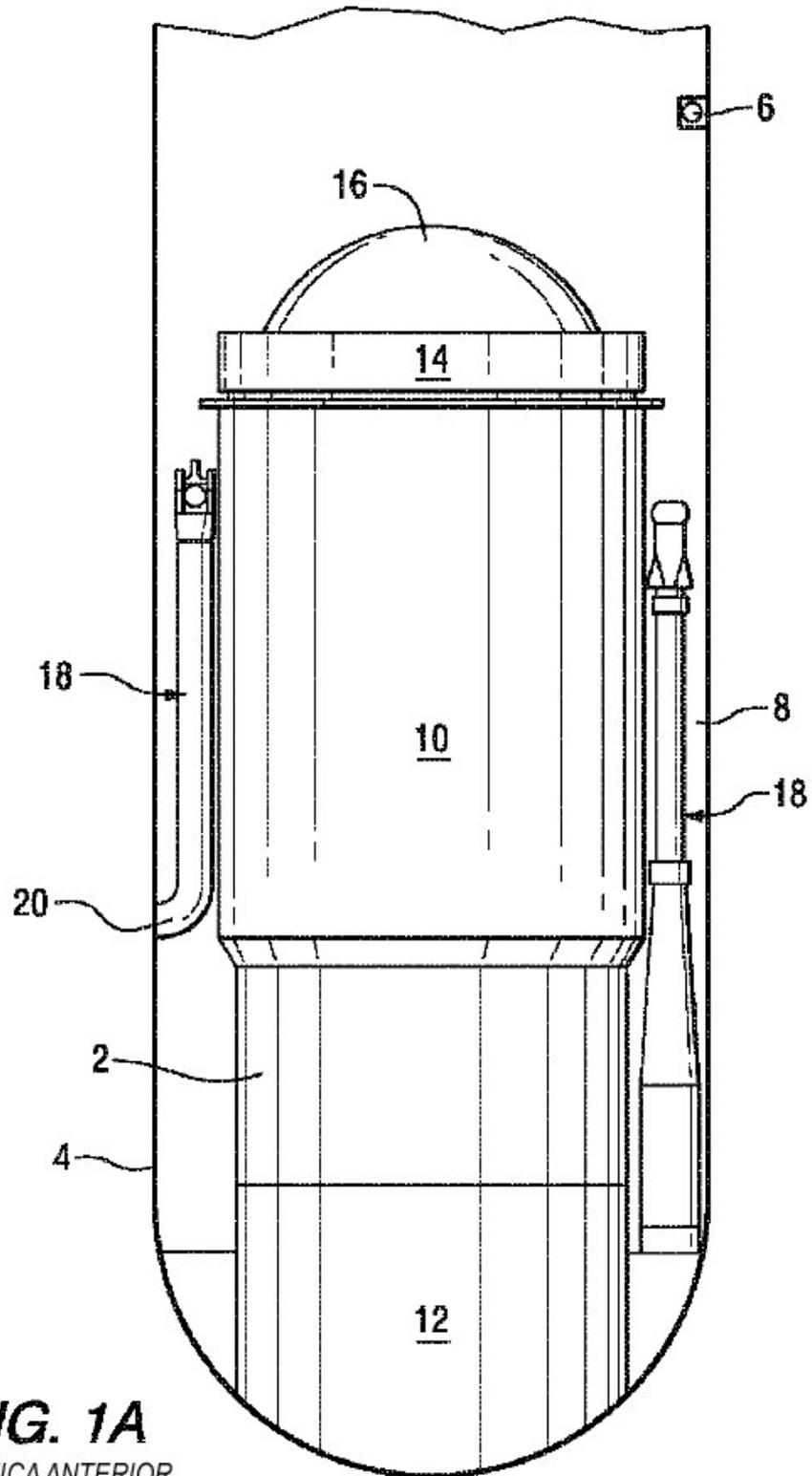
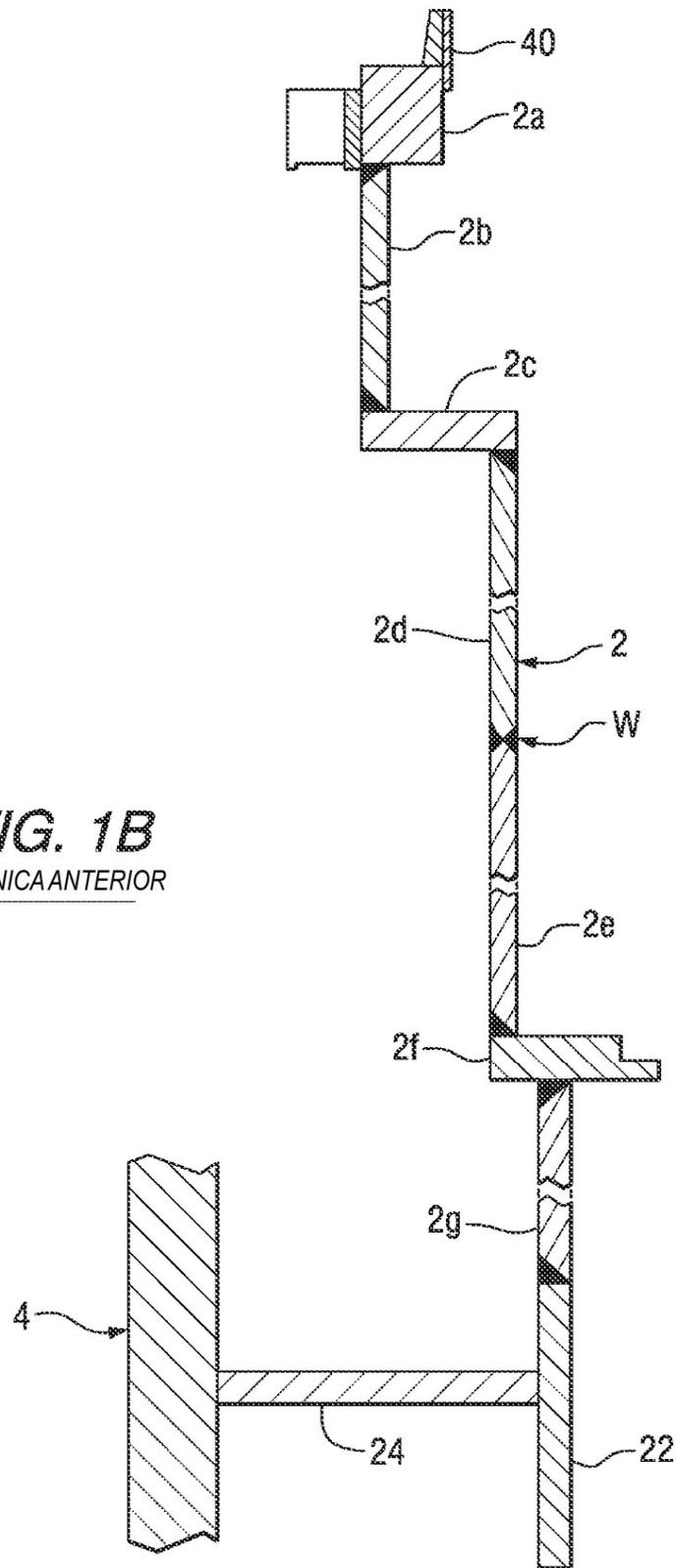


FIG. 1A
TÉCNICA ANTERIOR

FIG. 1B
TÉCNICA ANTERIOR



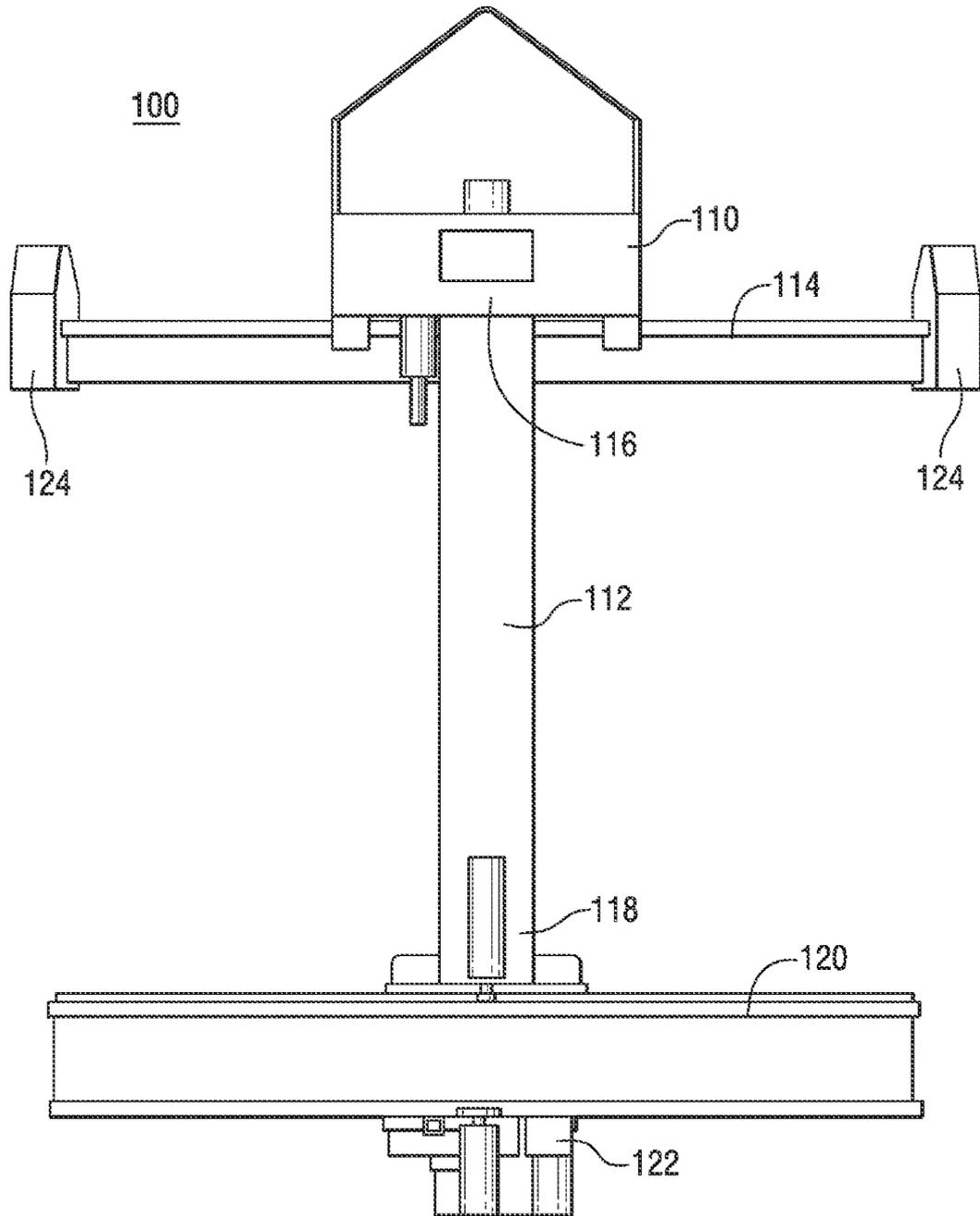


FIG. 2

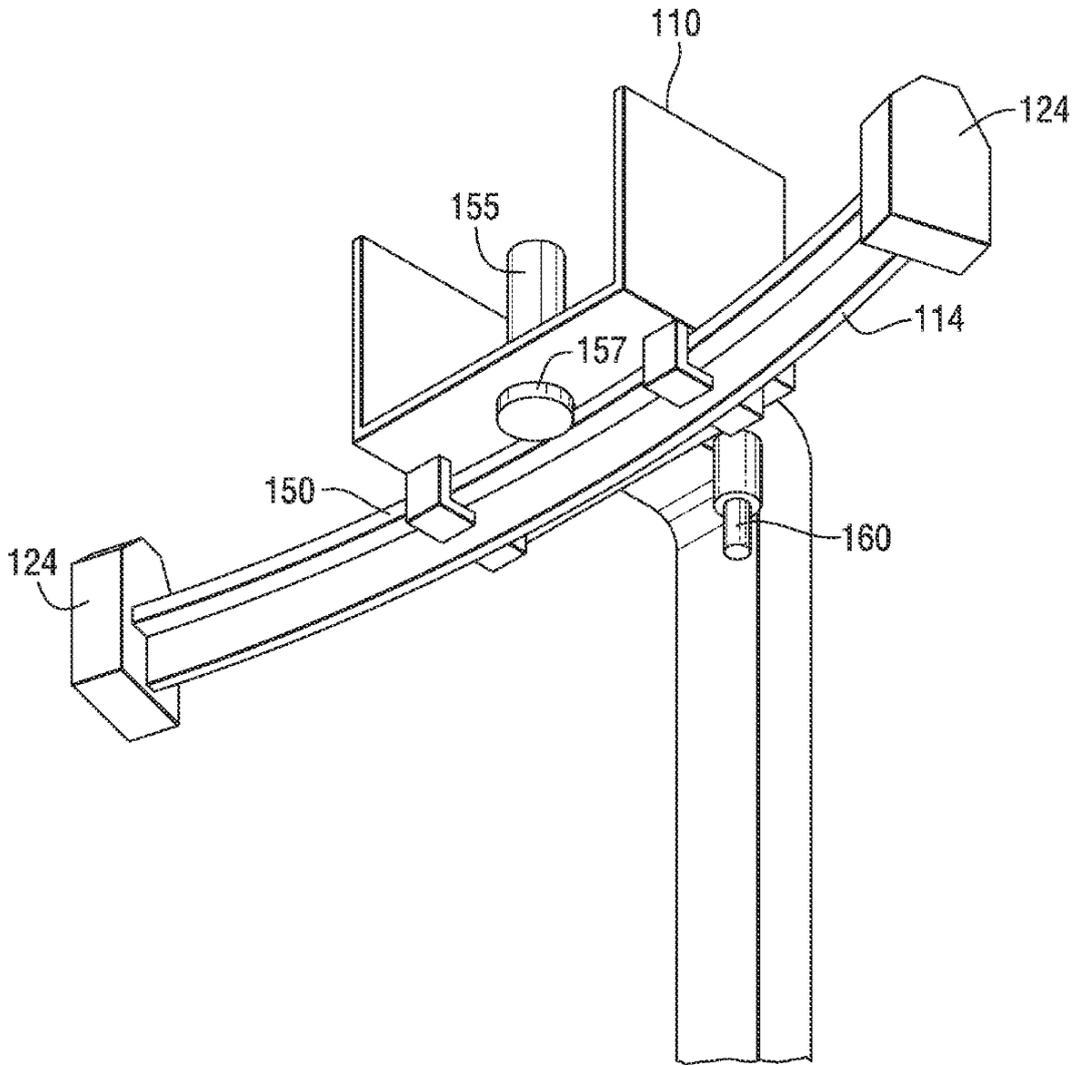


FIG. 3

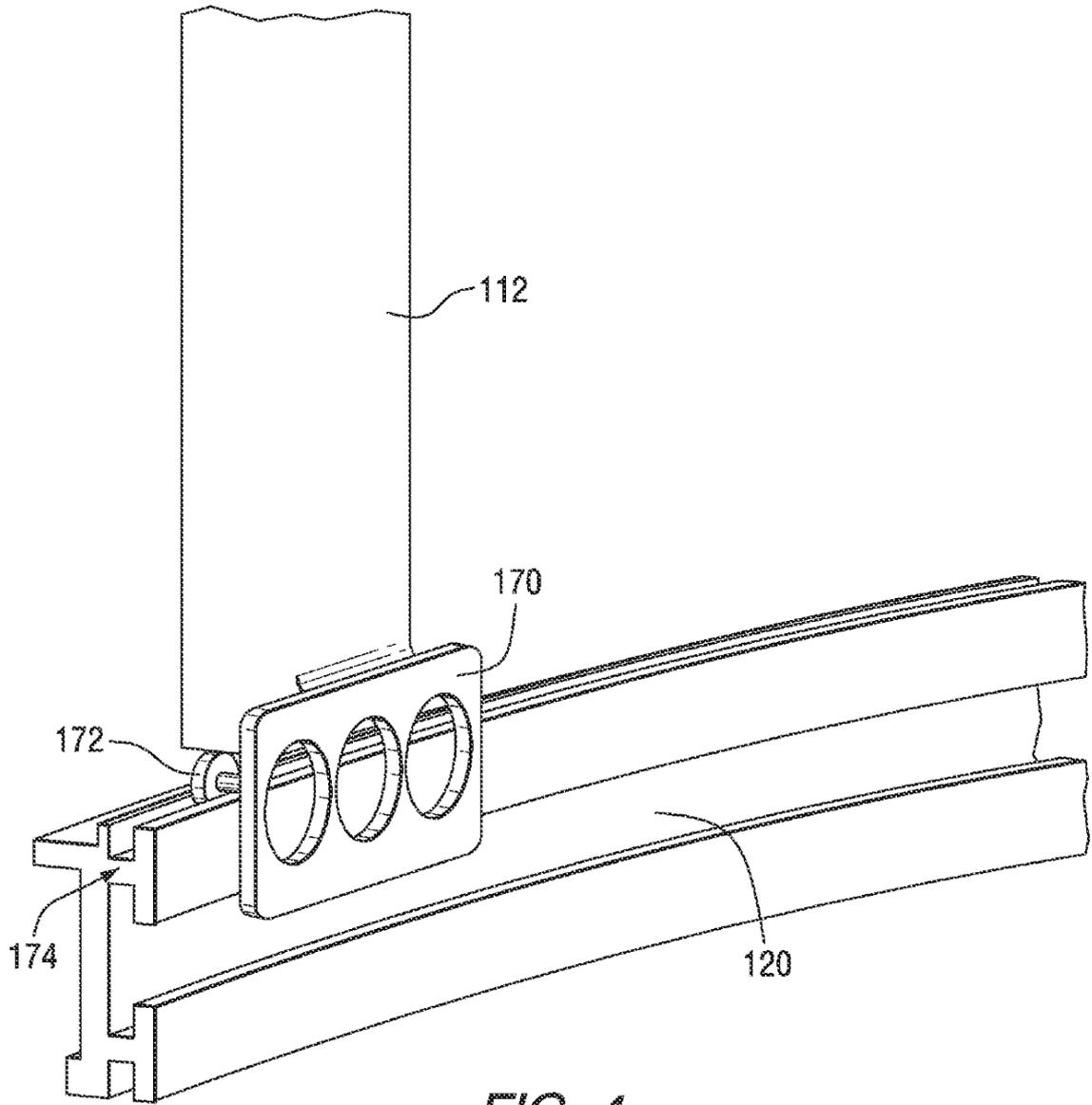


FIG. 4

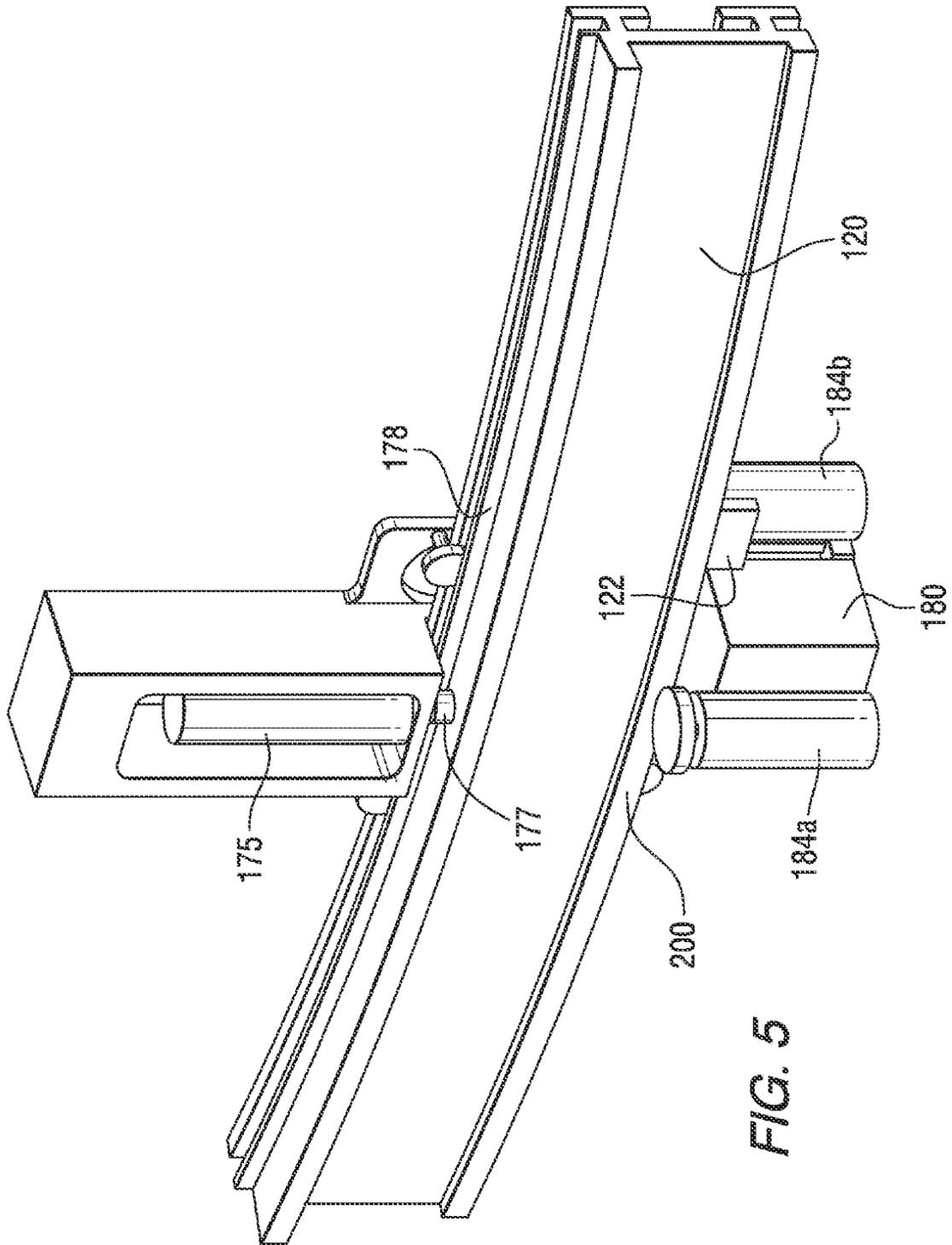
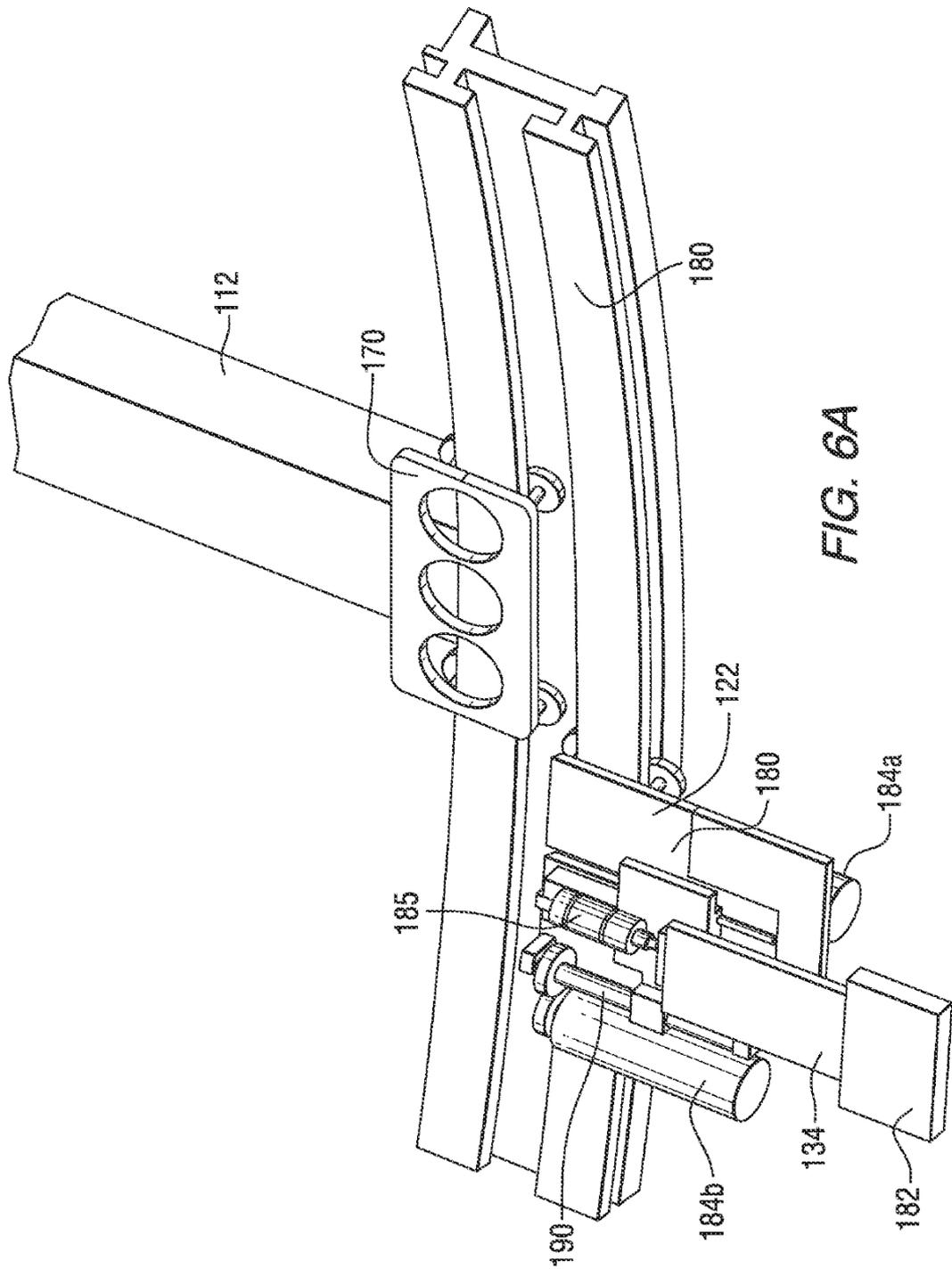
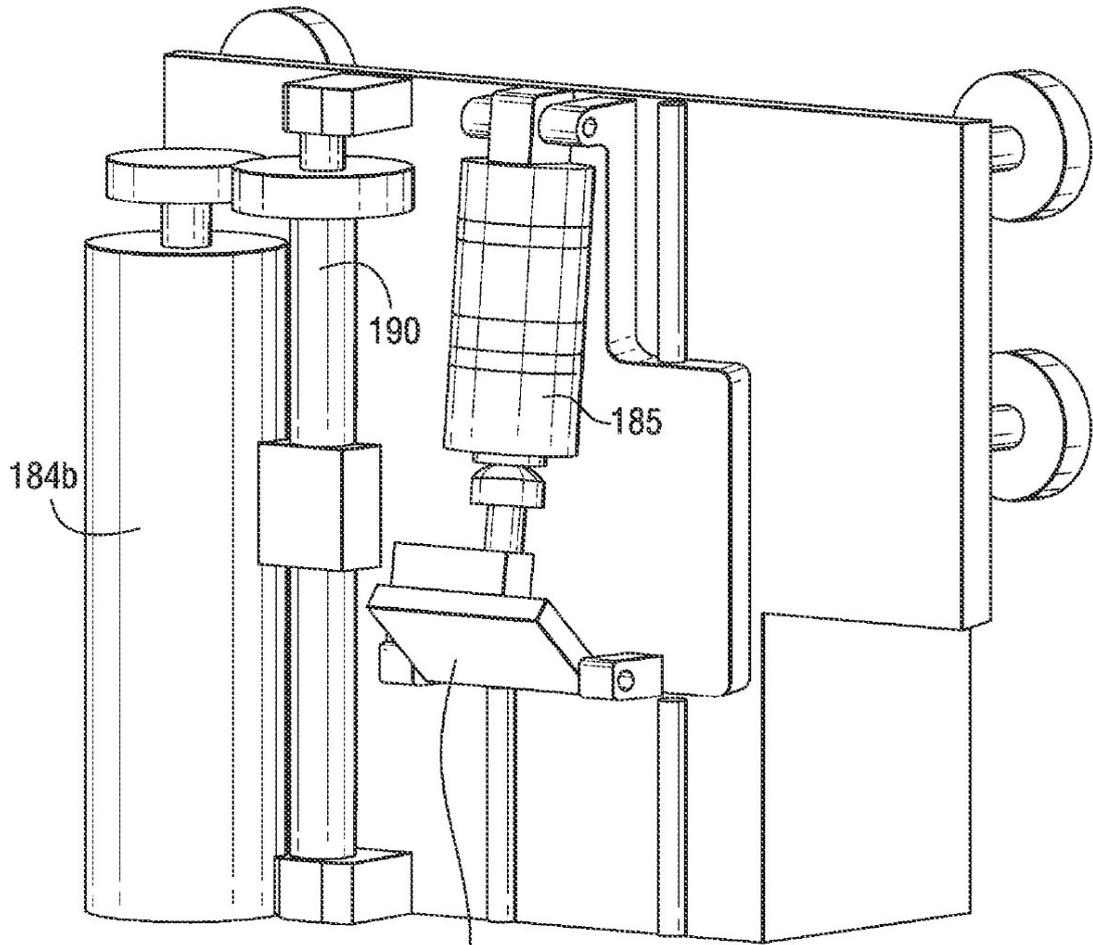


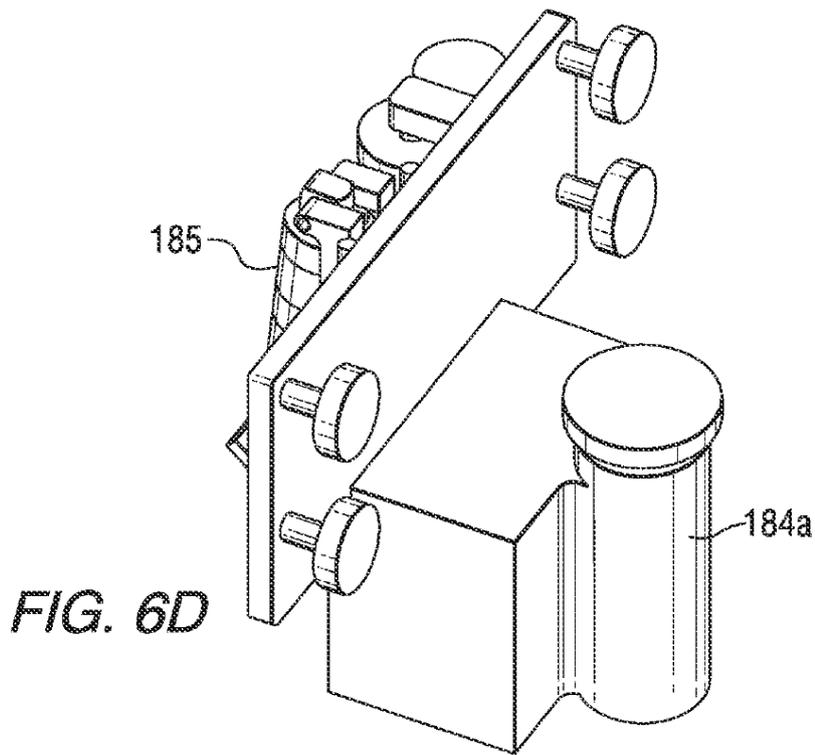
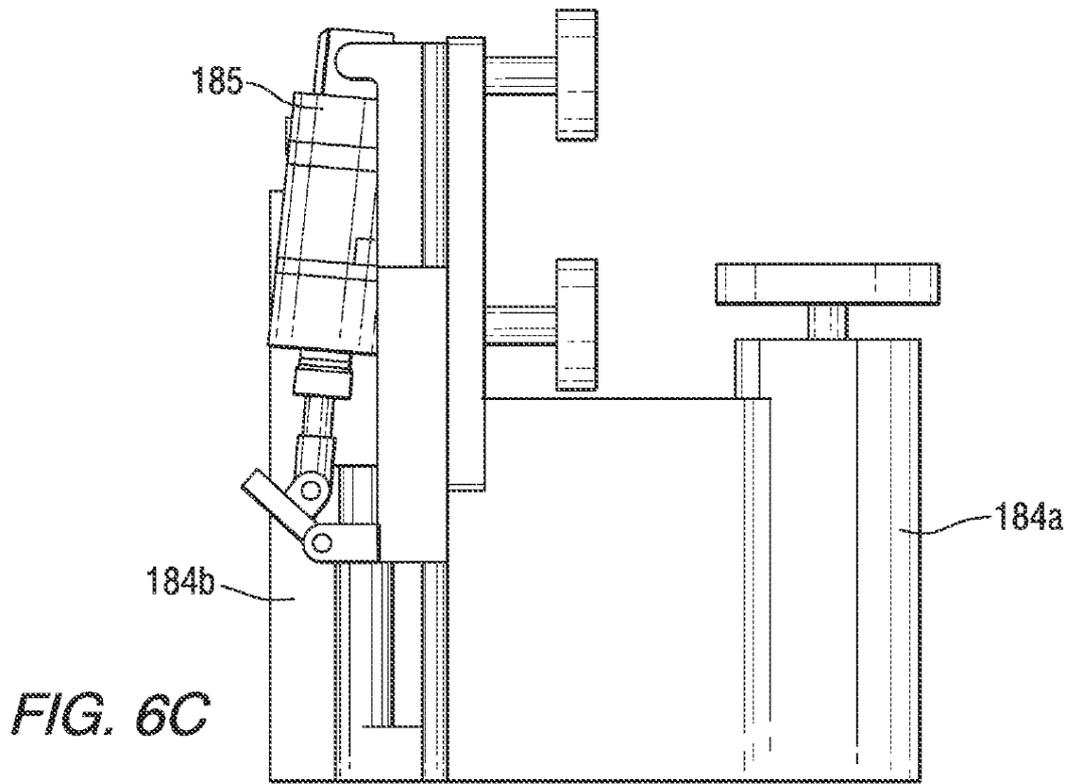
FIG. 5

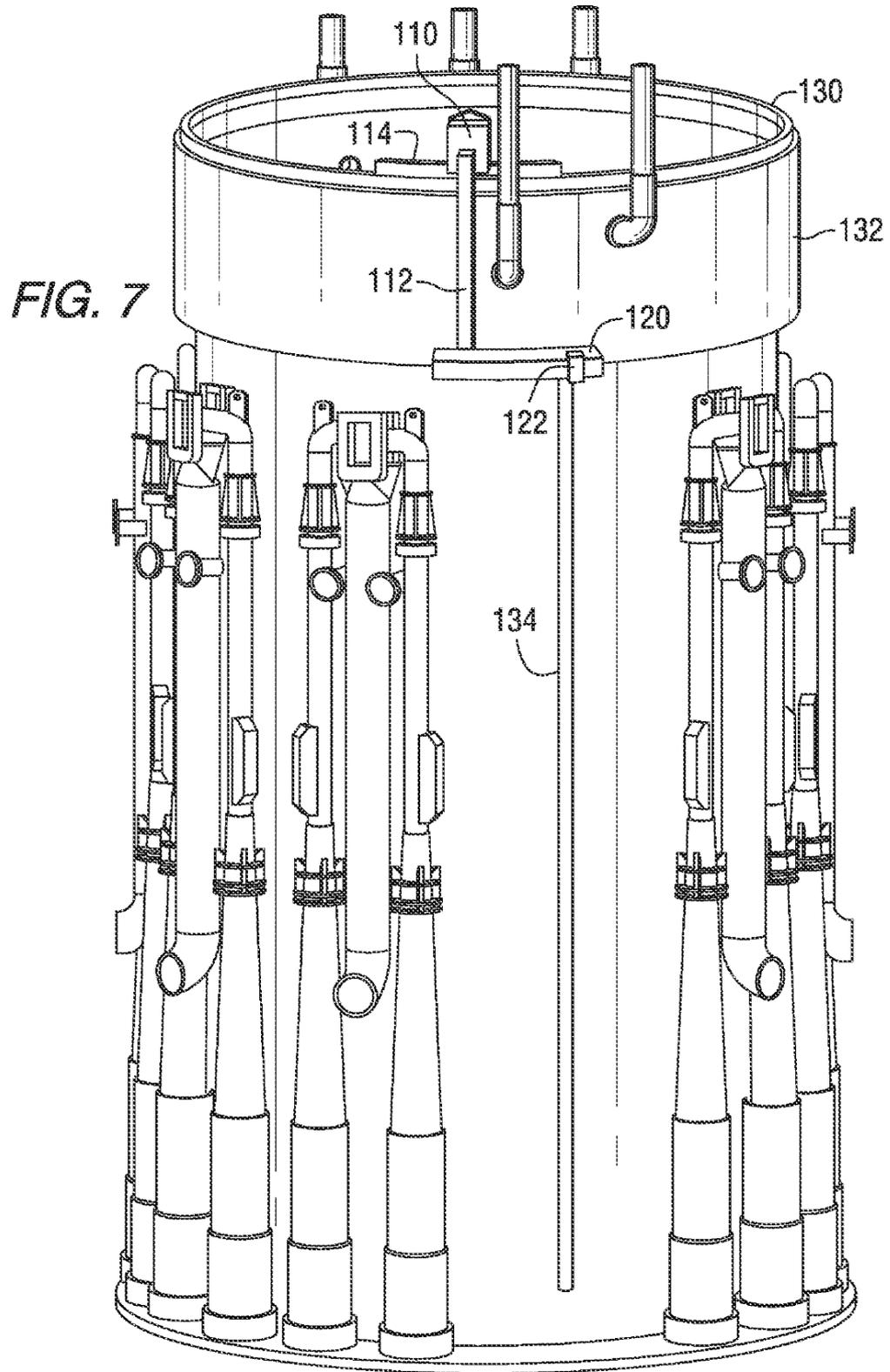


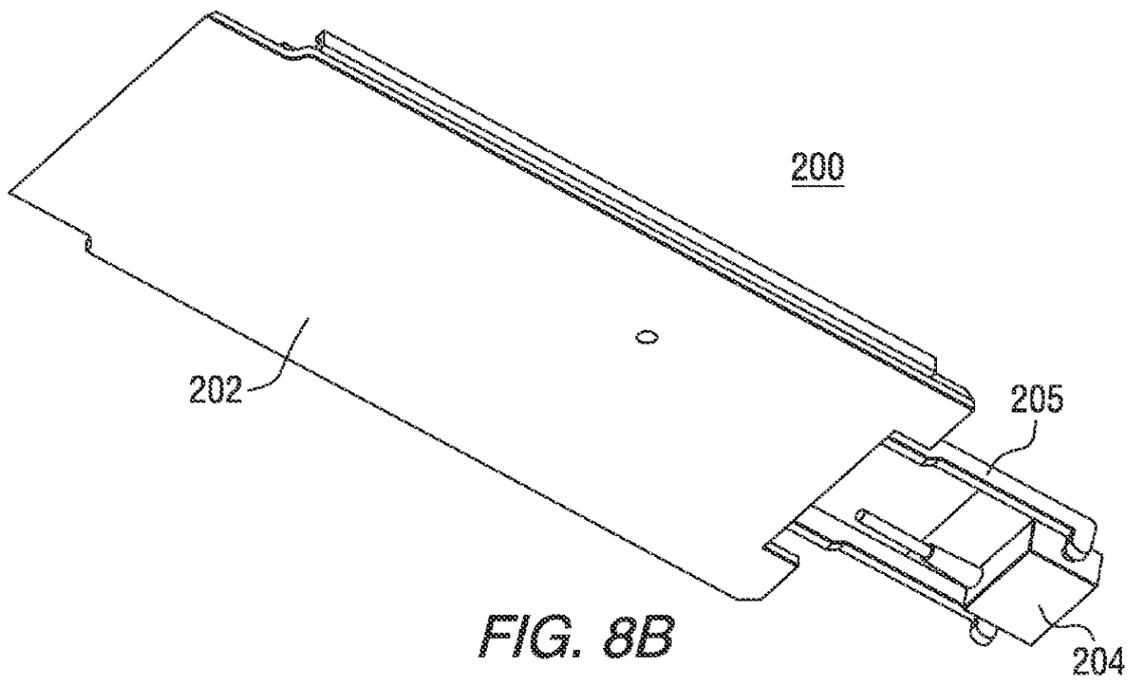
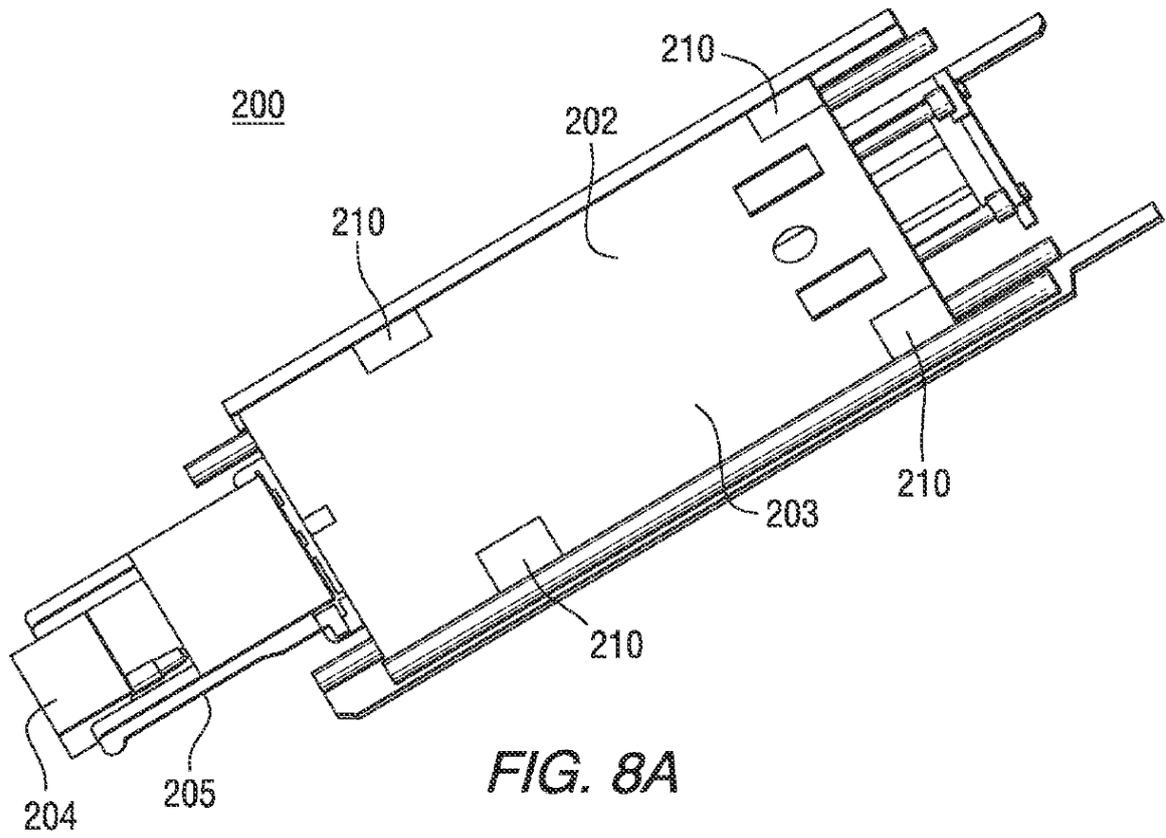


182 Y 134 FIJAR AQUÍ

FIG. 6B







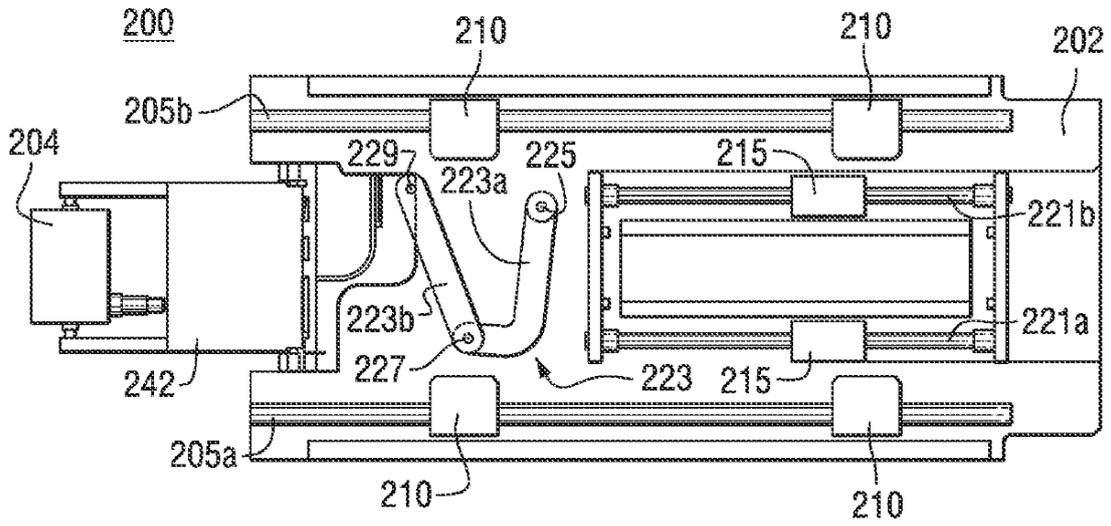


FIG. 9

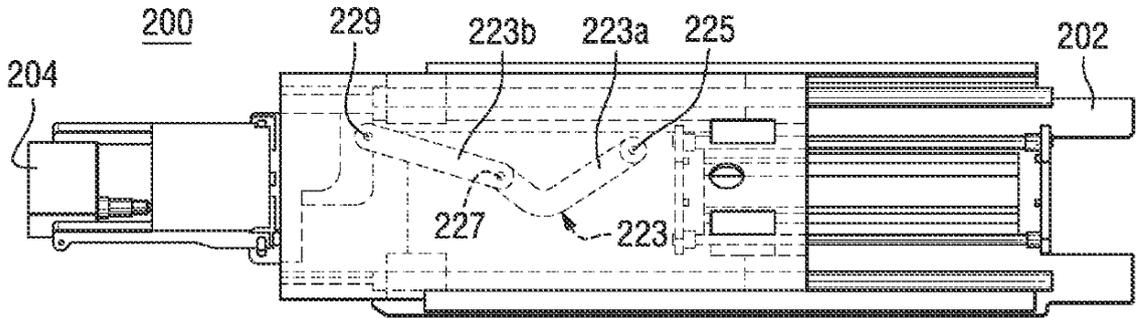


FIG. 10A

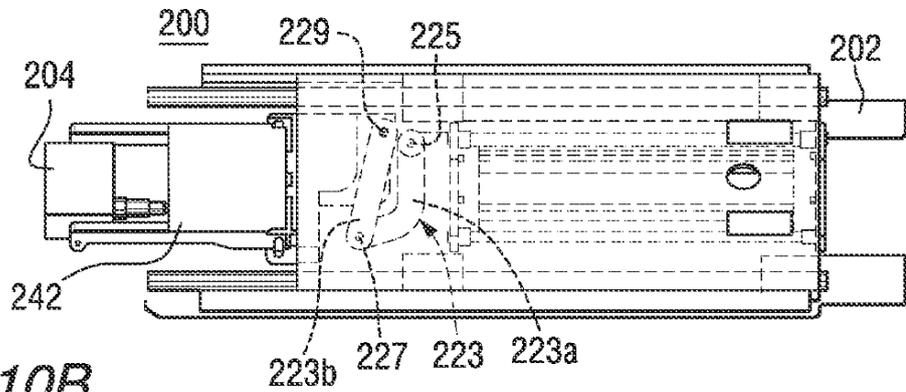


FIG. 10B