

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 762**

51 Int. Cl.:

G21C 17/007 (2006.01)

G21C 17/013 (2006.01)

G21C 19/20 (2006.01)

G21C 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2013 PCT/US2013/063676**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14099107**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2013 E 13865249 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2907140**

54 Título: **Aparato y procedimiento para inspeccionar, modificar o reparar envueltas del núcleo de un reactor nuclear**

30 Prioridad:

09.10.2012 US 201261711240 P
13.03.2013 US 201313798474

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

06.11.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

FOLEY, KEVIN J.;
EVERETT, MARK STEVE y
BARRETT, CHARLES R.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 640 762 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, modificar o reparar envueltas del núcleo de un reactor nuclear

Campo de la invención

5 La presente invención versa, en general, acerca de sistemas robóticos y versa, en especial, acerca de un aparato y un procedimiento mejorados para inspeccionar, modificar o reparar de forma remota una envuelta del núcleo en un reactor nuclear.

Antecedentes de la invención

10 Un reactor nuclear produce energía eléctrica calentando agua en una vasija a presión del reactor que contiene un núcleo de combustible nuclear para generar vapor que se utiliza, a su vez, para accionar una turbina de vapor. La vasija a presión del reactor incluye un cilindro que rodea el núcleo de combustible nuclear. Este cilindro es la envuelta del núcleo. Se admite agua de alimentación en la vasija a presión del reactor y fluye a través de una región anular que se forma entre la vasija a presión del reactor y la envuelta del núcleo. En la región anular, hay distribuidos circunferencialmente conjuntos de bomba de chorro en torno a la envuelta del núcleo. La envuelta del núcleo incluye diversas soldaduras que se exponen a continuación en detalle en la presente memoria. Una tapa de la envuelta del núcleo está colocada encima de la envuelta del núcleo. El material de la envuelta del núcleo y de las soldaduras asociadas es acero inoxidable austenítico que tiene un contenido reducido de carbono. Las zonas afectadas por el calor de las soldaduras de la envuelta tienen tensiones residuales en las soldaduras. Por lo tanto, hay presentes mecanismos para que las soldaduras de la envuelta sean susceptibles a un agrietamiento por corrosión bajo tensión.

15 El agrietamiento por corrosión bajo tensión en la zona afectada por el calor de cualquier soldadura de la envuelta reduce la integridad estructural de la envuelta. En particular, una envuelta agrietada aumenta los riesgos planteados por un accidente con pérdida de refrigerante (LOCA) o cargas sísmicas. Durante un LOCA, la pérdida de refrigerante de la vasija a presión del reactor produce una pérdida de presión sobre la tapa de la envuelta y un aumento de la presión en el interior de la envuelta, es decir, por debajo de la tapa de la envuelta. El resultado es una mayor fuerza de elevación sobre la tapa de la envuelta y sobre las porciones superiores de la envuelta en las que se atornilla la tapa de la envuelta. Si la envuelta del núcleo tiene soldaduras circunferenciales completamente agrietadas, las fuerzas de elevación producidas durante un LOCA podrían provocar que la envuelta se separe por las áreas de agrietamiento, produciendo una fuga no deseable de refrigerante del reactor. Además, si fallan las zonas de soldadura de la envuelta debido a un agrietamiento por corrosión bajo tensión, existe un riesgo de alineamiento defectuoso resultante de cargas sísmicas y de daños al núcleo y a los componentes de las barras de control, lo que afectaría de forma adversa a la inserción de la barra de control y a la parada segura.

20 Por lo tanto, periódicamente se examinan la envuelta del núcleo para determinar su integridad estructural y la necesidad de reparaciones. La inspección ultrasónica es una técnica conocida para detectar grietas en componentes del reactor nuclear. El área de inspección de interés fundamental es la superficie exterior de la envuelta del núcleo y las soldaduras horizontales de fijación a mitad de la envuelta. Sin embargo, es difícil acceder a la envuelta del núcleo. El acceso de instalación está limitado al espacio anular entre el exterior de la envuelta y el interior de la vasija a presión del reactor, entre bombas adyacentes de chorro. Además, el acceso a la operación de barrido está restringido al espacio estrecho entre la envuelta y las bombas de chorro. Las áreas de inspección son muy radiactivas, y están ubicadas bajo agua de 15,24 a 24,38 metros por debajo de la plataforma de trabajo del operario. Por lo tanto, la inspección de la envuelta del núcleo en reactores nucleares operativos requiere un dispositivo robótico que puede instalarse de forma remota y ser operado en un espacio estrechamente restringido.

25 La operación remota es obligatoria debido a riesgos de seguridad asociados con la radiación en el reactor. Durante una parada del reactor, el mantenimiento de componentes requiere la instalación de manipuladores o dispositivos de inspección de 9,14 a 30,48 metros de profundidad en el refrigerante del reactor. Normalmente, el equipo de inspección consiste en postes y cuerdas controlados manualmente para manipular dispositivos de mantenimiento y/o posicionar estos dispositivos. Se requieren duraciones relativamente prolongadas para instalar o retirar manipuladores y ello puede tener un impacto en la duración de la parada de la central. Además, los distintos instrumentos de inspección pueden requerir varias reconfiguraciones de manipuladores que requieren la instalación y la retirada adicionales de manipuladores. Las duraciones prolongadas no solo pueden tener un impacto en las duraciones de parada de la central, sino también aumentar la exposición del personal a la radiación y la contaminación.

30 Las empresas explotadoras de las centrales tienen el deseo de reducir el número de instalaciones y de retiradas de manipuladores para reducir la exposición radiológica al igual que el coste y el impacto de la parada de la central. La presente invención permite que se minimice el número de reconfiguraciones, instalaciones y retiradas. Además, las empresas explotadoras de las centrales tienen áreas de trabajo relativamente pequeñas cerca del punto de acceso de la cavidad del reactor. Por lo tanto, el tamaño de los manipuladores puede tener un impacto en otras actividades durante la parada de la central. El diseño de la presente invención permite la eliminación de un gran anillo de rail utilizado normalmente en equipos similares. Las empresas explotadoras de las centrales también desean una cobertura flexible y eficaz en la envuelta del núcleo del reactor. La presente invención permite las operaciones de los

manipuladores para posicionar los efectores extremos en diversas ubicaciones en la envuelta que a menudo son inaccesibles al instrumental diseñado en la actualidad. El perfil pequeño y el sistema de ejes flexibles de la presente invención proporcionan una cobertura eficaz de la envuelta del núcleo que puede ser significativamente mayor que la cobertura proporcionada por los equipos existentes en la actualidad. El documento JPH07110320A da a conocer un aparato para inspeccionar de forma remota una envuelta de un núcleo reactor nuclear según el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario de la invención

La invención proporciona un aparato y procedimientos para inspeccionar una envuelta del núcleo en una vasija del reactor según las reivindicaciones 1 y 8.

Breve descripción de los dibujos

Se puede obtener una mayor comprensión de la invención a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferentes cuando se lee junto 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, según la técnica anterior;
- la Figura 1B es una vista en sección de una porción de la envuelta del núcleo incorporada en el BWR mostrado en la Figura 1A, según la técnica anterior;
- la Figura 2 es una vista frontal de un aparato de inspección de la envuelta del núcleo, según ciertas realizaciones de la invención;
- la Figura 3 es una vista en perspectiva del aparato de inspección de la envuelta del núcleo de la Figura 2 que muestra un mecanismo de cremallera fija, según ciertas realizaciones de la invención;
- la Figura 4 es una vista en perspectiva del aparato de inspección de la envuelta del núcleo de la Figura 2 que muestra un sistema móvil de soporte, según ciertas realizaciones de la invención;
- la Figura 5 es una vista detallada del raíl inferior del aparato de inspección de la envuelta del núcleo de la Figura 2, según ciertas realizaciones de la invención;
- las Figuras 6A a 6D son vistas detalladas de los posicionadores de precisión para los efectores extremos del aparato de inspección de la envuelta del núcleo de la Figura 2, según ciertas realizaciones de la invención; y
- la Figura 7 es una vista frontal del aparato de inspección de la envuelta del núcleo de la Figura 2 instalado en una envuelta del núcleo de un reactor nuclear.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

Se comprenderá que, aunque se pueden utilizar los términos primero, segundo, etc. en la presente memoria para describir diversos elementos, estos elementos no deberían estar limitados por estos términos. Estos términos solo son utilizados para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, se podría denominar a un primer elemento segundo elemento y, de forma similar, se podría denominar a un segundo elemento primer elemento, sin alejarse del alcance de las realizaciones. Según se utiliza en la presente memoria, la expresión “y/o” incluye cualquiera de las combinaciones, y cada una de ellas, de uno o más de los elementos enumerados asociados.

Se debería comprender que cuando se dice de un elemento del componente que está “en”, “conectado con”, “acoplado con” o “cubriendo” otro elemento o capa, puede estar directamente sobre, conectado con, acoplado con, o cubriendo el otro elemento o capa o puede haber presentes elementos o componentes intermedios.

En la presente memoria se pueden utilizar expresiones espacialmente relativas (por ejemplo, “debajo”, “bajo”, “inferior”, “encima”, “superior” y similares) para facilitar la descripción para describir un elemento o la relación de la característica con otro u otros elementos o características, según se ilustra en las figuras. Se debería comprender que se concibe que las expresiones espacialmente relativas abarquen distintas orientaciones del dispositivo en uso u operación además de la orientación mostrada en las figuras. Por ejemplo, si se da la vuelta al dispositivo en las figuras, los elementos descritos como “bajo” o “debajo” de otros elementos o características estarían orientados entonces “encima” de los otros elementos o características. Por lo tanto, el término “debajo” puede abarcar tanto una orientación de encima como de debajo. El dispositivo puede orientarse de otra manera (girado 90 grados u otras orientaciones) y, en consecuencia, se interpreta que los descriptores utilizados en la presente memoria son espacialmente relativos.

Se concibe que las formas singulares “un”, “una” y “el” y “la” también incluyan las formas plurales, a no ser que el contexto indique claramente lo contrario. Se comprenderá, además, que cuando se utilizan en la presente memoria las expresiones “comprende”, “que comprende”, “incluye” y/o “que incluye”, especifican la presencia de características, números enteros, etapas, operaciones, elementos y/o componentes indicados, pero no excluyen la presencia o adición de uno o más números enteros, características, etapas, operaciones, elementos, componentes y/o grupos de los mismos.

La invención versa acerca de dispositivos robóticos para inspeccionar, modificar o reparar de forma remota una envuelta de núcleo de una vasija a presión del reactor en una central nuclear. En ciertas realizaciones, la central

nuclear incluye un reactor de agua ligera, tal como un reactor de agua en ebullición o un reactor de agua a presión. el menor grosor y el posicionador de dos ejes del dispositivo permiten el posicionamiento y la operación del dispositivo en el espacio anular estrecho proporcionado entre la envuelta del núcleo y una pared de la vasija a presión del reactor. Además, estas características permiten que el dispositivo sea maniobrado y configurado circunferencialmente y verticalmente en torno a bombas de chorro (y otras obstrucciones) que están ubicadas en el espacio anular.

Con referencia a la Figura 1A, se ilustra una envuelta 2 de núcleo en una vasija 4 a presión del reactor (RPV) de un reactor convencional de agua en ebullición (BWR). Se admite agua de alimentación en el la RPV 4 a través de una entrada (no mostrada) de agua de alimentación y un rociador 6 de agua de alimentación, que es una tubería con forma de anillo que tiene aberturas adecuadas para distribuir circunferencialmente el agua de alimentación en el interior de la RPV 4. El agua de alimentación del rociador 6 fluye hacia abajo a través de un anillo 8 de la bajante, que es una región anular formada entre la envuelta 2 del núcleo y la RPV 4.

La envuelta 2 del núcleo es un cilindro de acero inoxidable que rodea el núcleo de combustible nuclear, cuya ubicación está designada, en general, por el número 10 en la Figura 1. El núcleo está compuesto por una pluralidad de conjuntos (no mostrados) de haces de barras combustibles. Cada matriz de conjuntos de haces de barras combustibles está soportada en la parte superior por una guía superior y en la parte inferior por una placa del núcleo (ninguna de las cuales se muestra). La guía superior del núcleo proporciona un soporte lateral para la parte superior de los conjuntos de combustible y mantiene la correcta separación del canal de combustible para permitir la inserción de la barra de control.

El agua de alimentación fluye a través del anillo 8 de la bajante, al interior de las bombas 18 de chorro y al interior del plenum inferior 12 del núcleo. El agua de alimentación entra, subsiguientemente, en los conjuntos de combustible, en los que se establece una capa límite de ebullición. Una mezcla de agua y de vapor entra en un plenum superior 14 del núcleo debajo de la tapa 16 de la envuelta. Entonces, la mezcla de vapor-agua fluye a través de los tubos verticales (no mostrados) encima de la tapa 16 de la envuelta y entra en los separadores (no mostrados) de vapor, que separan el agua líquida del vapor. Entonces, el agua líquida se mezcla con el agua de alimentación en el plenum de mezcla, mezcla que luego vuelve al núcleo del reactor a través del anillo 8 de la bajante. Se retira el vapor de la RPV a través de una salida de vapor.

El BWR también incluye un sistema de recirculación de refrigerante que proporciona el flujo forzado de convección a través del núcleo, lo cual es necesario para conseguir la densidad requerida de potencia. Se retira una porción del agua del extremo inferior del anillo 8 de la bajante a través de una salida (no visible en la Figura 1) de agua de recirculación y es obligada por una bomba (no mostrada) de recirculación centrífuga a entrar en los conjuntos 18 (dos de los cuales se muestran en la Figura 1A) de bomba de chorro a través de 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 distribuidos circunferencialmente en torno a la envuelta 2 del núcleo.

Con referencia a la Figura 1B, se ilustra la envuelta 2 del núcleo en detalle. Hay un reborde 2a de la tapa de la envuelta para soportar la tapa 16 de la envuelta, una pared superior cilíndrica circular 2b de la envuelta que tiene un extremo superior soldado al reborde 2a de la tapa de la envuelta, un anillo superior anular 2c de soporte de guía soldado al extremo inferior de la pared superior 2b de la envuelta, una pared central cilíndrica circular de la envuelta que tiene un extremo superior soldado al anillo superior 2c de soporte de guía y consiste en secciones superior e inferior 2d y 2e de carcasa unidas por una soldadura de fijación a mitad de la envuelta, y un anillo anular 2f de soporte de la placa del núcleo soldado al extremo inferior de la pared central de la envuelta y al extremo superior de una pared inferior 2g de la envuelta. Toda la envuelta está soportada por un soporte 22 de envuelta, que está soldado a la parte inferior de la pared inferior 2g de la envuelta, y por una placa anular 24 de soporte de la bomba de chorro, que está soldada en su diámetro interno con el soporte 22 de la envuelta y en su diámetro externo con la RPV 4.

El material de la envuelta y las soldaduras asociadas es acero inoxidable austenítico que tiene un contenido reducido de carbono. Las zonas afectadas por el calor de las soldaduras circunferenciales de la envuelta, incluyendo la soldadura de fijación a mitad de la envuelta, tienen tensiones residuales en las soldaduras. Por lo tanto, hay presentes mecanismos para que la soldadura W de fijación a mitad de la envuelta y otras soldaduras circunferenciales sean susceptibles a un agrietamiento por corrosión bajo tensión.

El aparato de la invención hace contacto con la envuelta del núcleo y es operado en el anillo formado entre la vasija a presión del reactor y la envuelta del núcleo para llevar a cabo una inspección de la envuelta del núcleo y cualquier soldadura asociada con la misma. El aparato incluye un raíl parcial superior que está posicionado, por ejemplo, colocado en una porción, o conectado con la misma, de la envuelta del núcleo, tal como un borde anular superior de la envuelta del núcleo. En una realización, el raíl parcial superior está colocado en la barrera de vapor de la envuelta del núcleo y está soportado sobre la misma por su centro de gravedad. El raíl parcial superior guía una cabeza de precisión y una estructura rígida de bastidor que está acoplada de forma móvil con el raíl parcial superior. La estructura rígida de bastidor se extiende verticalmente hacia abajo desde la cabeza de precisión. La estructura de

cabeza de precisión y bastidor incluye un motor eléctrico y cojinetes de bolas o similares que permiten que la estructura se desplace horizontalmente a lo largo del raíl parcial superior. Además, el raíl superior contiene motores y frenos que están configurados sistémicamente para permitir el uso de este aparato sin un anillo completo de raíl. La estructura de cabeza y bastidor aloja un posicionador de sensores para llevar a cabo inspecciones o reparaciones en regiones superiores del barrilete de la envuelta del núcleo. La cabeza de precisión y el bastidor también son operables para posicionar un raíl inferior móvil. La región inferior del raíl aloja un brazo inferior y un posicionador para llevar a cabo inspecciones o reparaciones en regiones inferiores y centrales del barrilete de la envuelta del núcleo del reactor. El posicionador es un posicionador de dos ejes que permite el desplazamiento del brazo verticalmente y circunferencialmente a lo largo de la envuelta del núcleo. Al menos un sensor, tal como un transductor ultrasónico, está conectado con el brazo inferior para inspeccionar la envuelta del núcleo. En ciertas realizaciones, el brazo inferior puede incluir múltiples sensores en una relación mutuamente separada.

Con referencia a la Figura 2, se ilustra un aparato de inspección de envueltas de núcleo al que se alude, en general, con el número de referencia 100 para inspeccionar una envuelta de núcleo en un reactor nuclear, según ciertas realizaciones de la invención. El aparato 100 incluye una cabeza 110, un bastidor 112 y un raíl superior parcial 114. El bastidor 112 tiene un extremo superior 116 y un extremo inferior opuesto 118. El extremo superior 116 del bastidor 112 está montado en la cabeza 110. La cabeza 110 está conectada con el raíl superior parcial 114 para desplazarse, de forma adecuada, en una dirección horizontal con respecto al raíl superior parcial 114. El extremo inferior 118 del bastidor 112 está montado con un raíl inferior 120 para impulsar, de forma adecuada, el raíl inferior 120 con respecto al bastidor 112. Hay acoplado un carro 122 con el raíl inferior 120 para desplazarse horizontalmente, de forma adecuada, con respecto al raíl inferior 120. En ciertas realizaciones, el raíl superior parcial 114 y el raíl inferior 120 están curvados para adaptarse, de forma adecuada, con la forma cilíndrica de la envuelta del núcleo en el reactor nuclear.

El raíl superior parcial 114 incluye un sistema 124 de frenado del raíl. Cuando se activa el sistema 124 de frenado del raíl, el raíl superior parcial 114 permanece estacionario y la cabeza 110 (y el bastidor 112 montado en la misma) es móvil horizontalmente a lo largo del raíl superior parcial 114. Cuando se desactiva o libera el sistema 124 de frenado del raíl, se puede impulsar el raíl superior parcial 114 hasta una posición distinta a lo largo del borde de la envuelta del núcleo. El sistema 124 de frenado del raíl permite que la cabeza 110 y el bastidor 112 se desplacen a lo largo de la envuelta sin requerir un anillo completo de raíl de guía. Por lo tanto, la cabeza 110 y el bastidor 112 son móviles horizontalmente para desplazarse a lo largo del raíl superior parcial 114 o, de forma alternativa, el raíl superior parcial 114 es móvil horizontalmente para ser desplazado hasta una posición distinta a lo largo del borde de la envuelta del núcleo.

Con referencia a la Figura 3, se ilustra un mecanismo 150 de cremallera fija para impulsar el raíl superior parcial 114 a lo largo de la envuelta del núcleo. El mecanismo 150 de cremallera fija se interconecta con una combinación de motor 155 de posicionamiento y engranaje 157 ubicada en la cabeza 110. Cuando se acciona el motor 155, se mueve la cabeza 110 con respecto al raíl superior parcial 114. Si se aplica el sistema 124 de frenado del raíl, el raíl superior parcial 114 permanecerá estacionario con respecto a la envuelta del núcleo y la cabeza 110 se mueve con respecto al raíl superior parcial 114 y la envuelta del núcleo. De forma alternativa, se puede extender de forma neumática o hidráulica un pasador 160 de posicionamiento desde la cabeza 110 para que reaccione con el soporte físico del reactor posicionado en el borde de la envuelta del núcleo. Si se extiende el pasador 160 de posicionamiento y se libera el sistema 124 de frenado del raíl, la cabeza 110 permanece estacionaria con respecto a la envuelta del núcleo y el raíl superior parcial se desplazará con respecto a la envuelta del núcleo. Esto permite una reubicación de todo el aparato 100 con respecto a la envuelta del núcleo. El motor 155 de la cabeza proporciona una completa información de retorno de la posición, de forma que se mantenga y se monitorice el posicionamiento global de todo el aparato con una tolerancia estricta.

Con referencia a la Figura 4, se ilustra un sistema móvil 170 de soporte que permite que el raíl inferior 120 sea desplazado con respecto al bastidor 112 y alcance posiciones a lo largo de la envuelta del núcleo que se encuentran fuera de los límites típicos y de las obstrucciones exhibidos por un aparato conocido. El bastidor 112 contiene ruedas 172 de soporte que ruedan a lo largo de guías 174 acopladas con el raíl inferior 120.

Con referencia a las Figuras 4 y 5, el bastidor 112, que aloja un motor fijo 175 y un engranaje 177 con piñón, puede ser movido contra una cremallera 178 acoplada con el raíl inferior 120 y reaccionar con la misma. Tras la rotación del motor 175 del bastidor, el raíl inferior 120 se mueve con respecto al bastidor 112.

Según se muestra en las Figuras 5 y 6A-6D, el raíl inferior 120 aloja posicionadores verticales y horizontales adicionales 180 de precisión para proporcionar una posición de precisión de sensores instrumentales o efectores extremos 182. El sistema 122 de carro en el raíl inferior 120 aloja dos combinaciones 184A,B de motor/engranaje, y un cilindro neumático/hidráulico 185. Una de las combinaciones 184A de motor/engranaje se interconecta con la cremallera 200 acoplada con el raíl inferior 120 que permite que el sistema 122 de carro se mueva a lo largo del raíl inferior 120. La otra combinación 184B de motor/engranaje está acoplada con un tornillo regulador lineal 190 que acciona el cilindro pivotante 185 verticalmente en las áreas generales con respecto al raíl inferior 120. El cilindro pivotante 185 proporciona un movimiento pivotante para el brazo fijado 134 y los efectores extremos 182 para posicionar los efectores extremos 182 alejados de las obstrucciones del reactor. En general, el aparato contiene

diecisiete ejes de movimiento para posicionar sensores y efectores extremos 182 en un procedimiento eficaz para minimizar el tamaño, los impactos de la planificación de las paradas de la central, y la exposición radiológica del personal y maximizar la cobertura de los efectores extremos en la envuelta del núcleo del reactor en torno a obstrucciones.

5 Con referencia a la Figura 7, se ilustra el aparato 100 de inspección de la envuelta del núcleo (mostrado en la Figura 2) que está posicionado en un borde anular 130 de una envuelta 132 del núcleo. El aparato 100 se extiende verticalmente hacia abajo hasta un espacio anular formado entre la envuelta 132 del núcleo y una vasija a presión del reactor (no mostrada). La Figura 7 incluye la cabeza 110, el bastidor 112, el raíl superior parcial 114, el raíl inferior 120 y el carro 122 (según se muestra en la Figura 2). Además, la Figura 7 incluye un brazo 134 conectado con el carro 122 y que se extiende verticalmente hacia abajo desde el mismo a lo largo de la envuelta 132 del núcleo. Al menos un sensor (no mostrado) está fijado con el brazo 134. El sensor es capaz de detectar y analizar la superficie de la envuelta 132 del núcleo incluyendo cualquier soldadura contenida en la misma. Los sensores adecuados para su uso en la presente invención pueden incluir dispositivos, tales como, sin limitación, sensores ultrasónicos, que son conocidos en la técnica para inspecciones. En ciertas realizaciones, se pueden posicionar múltiples sensores en una relación separada entre sí en toda la longitud vertical del brazo 134. Se puede determinar la colocación, por ejemplo, la separación, de los sensores por áreas específicas, y se corresponden con las mismas, de la envuelta 132 del núcleo que ha de ser inspeccionada, tales como los barriletes central e inferior (no mostrados). En la Figura 7, el raíl inferior 120 está desplazado con respecto a la cabeza 110 y el bastidor 112, y el carro 122 con el brazo 134 está desplazado con respecto al raíl inferior 120.

20 En la presente realización, el conjunto de cabeza y bastidor está colocado en el borde anular de la envuelta del núcleo y la porción de bastidor se extiende verticalmente al interior del anillo formado entre la envuelta del núcleo y la vasija a presión del reactor. El raíl inferior está conectado de forma móvil con la porción de bastidor para permitir que el raíl inferior se desplace horizontalmente con respecto a la porción de bastidor. Además, el conjunto de carro y brazo está conectado de forma móvil con el raíl inferior para permitir que el carro y el brazo se desplacen horizontalmente con respecto al raíl inferior. Hay conectado al menos un sensor con el brazo con el fin de llevar a cabo un barrido para inspeccionar la envuelta del núcleo.

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 esos detalles teniendo en cuenta 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, a la que se ha de dar toda la amplitud de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (100) para inspeccionar de forma remota un reactor nuclear, que comprende:

una envuelta (132) del núcleo que tiene un borde anular (130);
 un raíl superior parcial (114) posicionado en el borde anular (130) de la envuelta (132) del núcleo y que
 puede desplazarse horizontalmente a lo largo del borde anular (130);
 un conjunto, que comprende:

una cabeza (110) conectada de forma móvil con el raíl superior parcial (114), de forma que la cabeza
 (110) puede desplazarse horizontalmente a lo largo del raíl superior parcial (114);

un raíl inferior (120);

un bastidor (112) que tiene un primer extremo (116) y un segundo extremo (118), estando montado el
 primer extremo (116) en la cabeza (110) y estando conectado el segundo extremo (118) con el raíl
 inferior (120), de forma que el raíl inferior (120) puede desplazarse horizontalmente a lo largo de la
 envuelta (132) del núcleo;

un carro (122) conectado de forma móvil con el raíl inferior (120);

un brazo (134) de barrido conectado con el carro (122) y que se extiende verticalmente hacia abajo a lo
 largo de la envuelta (132) del núcleo;

al menos un sensor (182) conectado con el brazo (134) de barrido para inspeccionar la envuelta (132)
 del núcleo;

un primer mecanismo (150) de accionamiento conectado con la cabeza (110) y con el raíl superior
 parcial (114), y estructurado para impulsar la cabeza (110) a lo largo del raíl superior parcial (114) y para
 impulsar el raíl superior parcial (114) a lo largo del borde anular (130);

un segundo mecanismo (175) de accionamiento conectado con el bastidor (112) y estructurado para
 impulsar el raíl inferior (120) a lo largo de la envuelta (132) del núcleo;

caracterizado porque el conjunto comprende, además

un tercer mecanismo (184) de accionamiento conectado con el carro (122) y estructurado para impulsar el
 carro (122) a lo largo del raíl inferior (120); y

un sistema (124) de frenado del raíl conectado con el raíl superior parcial (114),

en el que, cuando se activa el sistema (124) de frenado del raíl, el raíl superior parcial (114) permanece
 estacionario y la cabeza (110) puede desplazarse a lo largo del raíl superior parcial (114), y

en el que, cuando se desactiva el sistema (124) de frenado del raíl, el raíl superior parcial (114) es
 horizontalmente desplazable hasta una posición distinta a lo largo del borde anular (130) de la envuelta
 (132) del núcleo.

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que el borde anular (130) comprende una barrera de vapor y el raíl
 superior parcial (114) está posicionado en la barrera de vapor de la envuelta (132) del núcleo como resultado
 de su centro de gravedad.

3. El aparato de la reivindicación 1, en el que la cabeza (110) comprende un pasador (160) de posicionamiento
 que es verticalmente extendible.

4. El aparato de la reivindicación 3, en el que, cuando se extiende el pasador (160) de posicionamiento, se libera
 el sistema (124) de frenado del raíl, y el raíl superior parcial (114) es horizontalmente desplazable a lo largo del
 borde anular (130) de la envuelta (132) del núcleo.

5. El aparato de la reivindicación 1, en el que el bastidor (112) comprende ruedas (172) de soporte fijadas al
 bastidor (112), de forma que el bastidor (112) puede desplazarse horizontalmente a lo largo del raíl inferior
 (120).

6. El aparato de la reivindicación 1, en el que el carro (122) comprende al menos una combinación (184A,B) de
 motor/engranaje y un cilindro neumático/hidráulico (185), de forma que el carro (122) puede desplazarse
 horizontalmente a lo largo del raíl inferior (120) y el brazo (134) de barrido es móvil de forma pivotante con
 respecto al carro (122).

7. El aparato de la reivindicación 1, en el que el sensor (182) es un transductor ultrasónico.

8. Un procedimiento para inspeccionar una envuelta (132) del núcleo de un reactor nuclear, que comprende:

posicionar una herramienta (100) de inspección en un borde anular (130) de la envuelta (132) del núcleo,
 de forma que la herramienta (100) se extienda, al menos parcialmente de forma vertical, al interior de un
 anillo formado entre la envuelta (132) del núcleo y el reactor nuclear, comprendiendo la herramienta (100)
 de inspección:

un raíl superior parcial (114) que está posicionado en el borde anular (130) y que puede desplazarse horizontalmente a lo largo del borde anular (130);
un conjunto, que comprende:

- 5 una cabeza (110);
- un bastidor (112) que tiene un primer extremo y un segundo extremo;
- un raíl inferior (120);
- un carro (122);
- un conjunto (134) de brazo; y
- 10 estando conectado al menos un sensor (182) con el conjunto (134) de brazo para inspeccionar la envuelta (132) del núcleo; y
- un sistema (124) de frenado del raíl; y

- 15 conectar de forma móvil la cabeza (110) con el raíl superior parcial (114), de forma que la cabeza (110) puede desplazarse horizontalmente a lo largo del raíl superior parcial (114);
- montar el primer extremo del bastidor (112) en la cabeza (110) y conectar el segundo extremo del bastidor (112) con el raíl inferior (120), de forma que el raíl inferior (120) puede desplazarse horizontalmente a lo largo de la envuelta (132) del núcleo;
- conectar de forma móvil el carro (122) con el raíl inferior (120);
- conectar el conjunto (134) de brazo con el carro (122);
- 20 conectar un primer mecanismo (150) de accionamiento con la cabeza (110) y con el raíl superior parcial (114) para impulsar la cabeza (110) a lo largo del raíl superior parcial (114) y para impulsar el raíl superior parcial (114) a lo largo del borde anular (130);
- conectar un segundo mecanismo (175) de accionamiento con el bastidor (112) para impulsar el raíl inferior (120) a lo largo de la envuelta (132) del núcleo;
- conectar un tercer mecanismo (184) de accionamiento con el carro (122) para impulsar el carro (122) a lo largo del raíl inferior;
- 25 conectar el sistema (124) de frenado del raíl con el raíl superior parcial (114);
- activar el sistema (124) de frenado del raíl de forma que el raíl superior parcial (114) permanezca estacionario y la cabeza (110) pueda desplazarse a lo largo del raíl superior parcial (114); y
- 30 desactivar el sistema (124) de frenado del raíl, de forma que el raíl superior parcial (114) pueda ser impulsado hasta una posición distinta a lo largo del borde anular (130) de la envuelta (132) del núcleo.

- 9. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que desactivar el sistema (124) de frenado del raíl comprende desplazar horizontalmente el raíl superior parcial (114) desde una primera posición hasta una segunda posición a lo largo del borde anular (130) de la envuelta (132) del núcleo mientras que el conjunto de cabeza (110) y bastidor (112) permanece estacionario.
- 35 10. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que el carro (122) y el conjunto de brazo (134) se desplaza desde una primera posición hasta una segunda posición a lo largo del raíl inferior (120) y el raíl inferior (120) se mueve desde una primera posición hasta una segunda posición con respecto al conjunto de cabeza (110) y bastidor (112).
- 40 11. El procedimiento de la reivindicación 8, que comprende, además, valorar los resultados de la inspección y determinar si se necesita una modificación o una reparación de la envuelta (132) del núcleo.

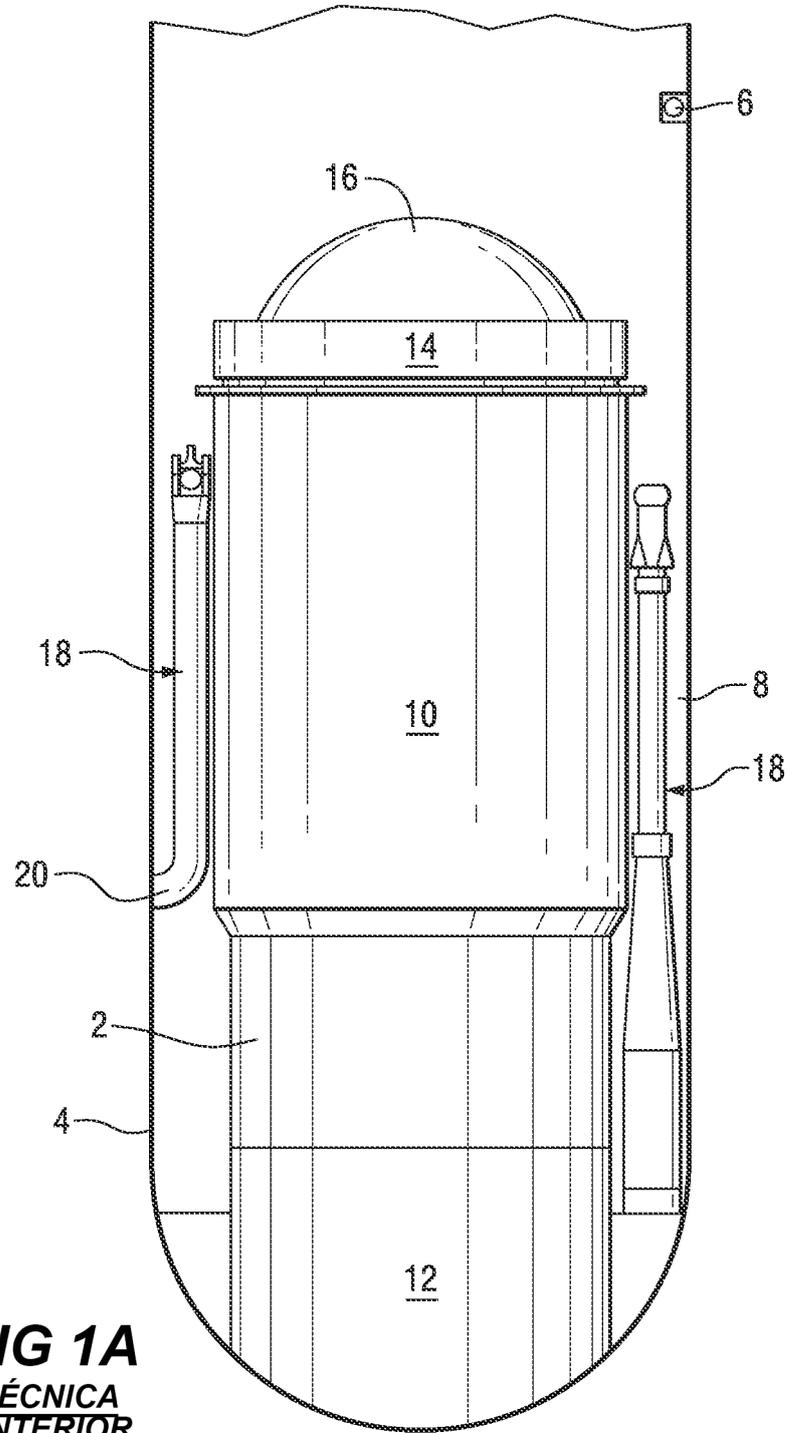
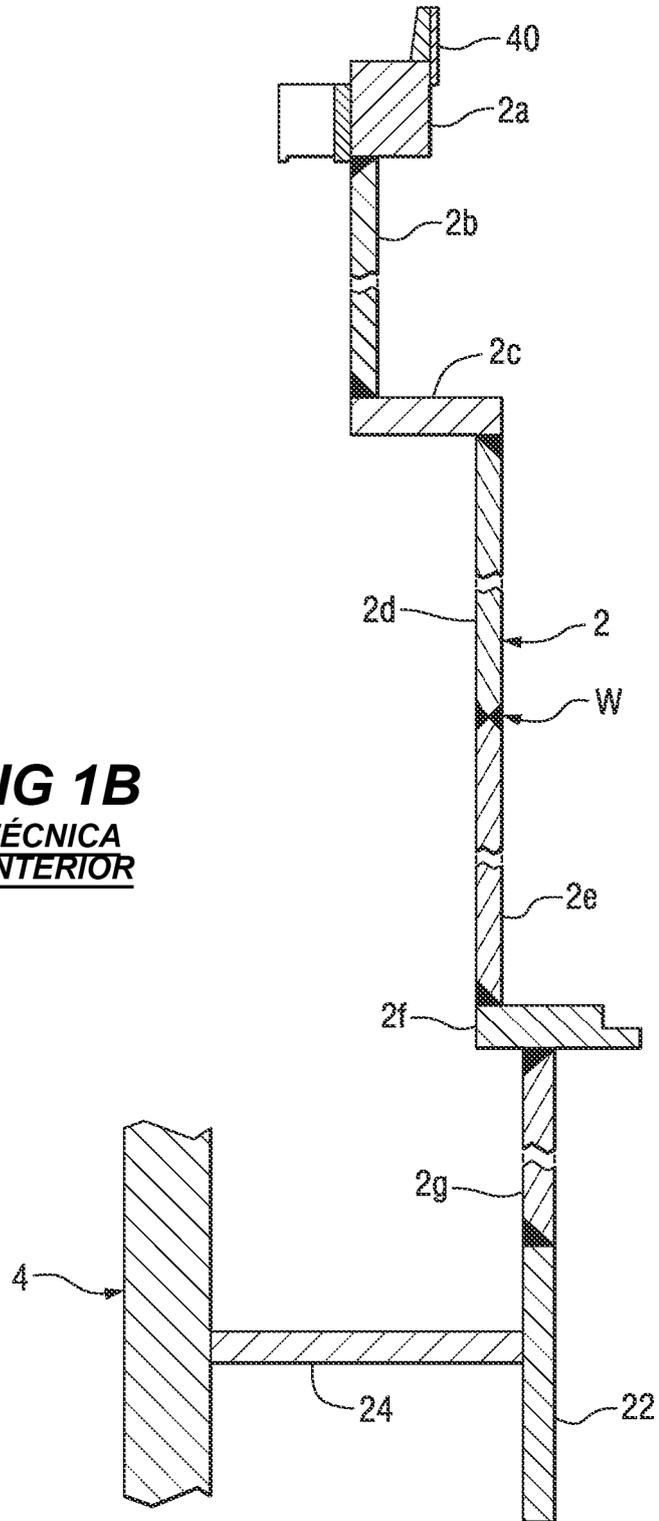


FIG 1A
TÉCNICA
ANTERIOR

FIG 1B
TÉCNICA
ANTERIOR



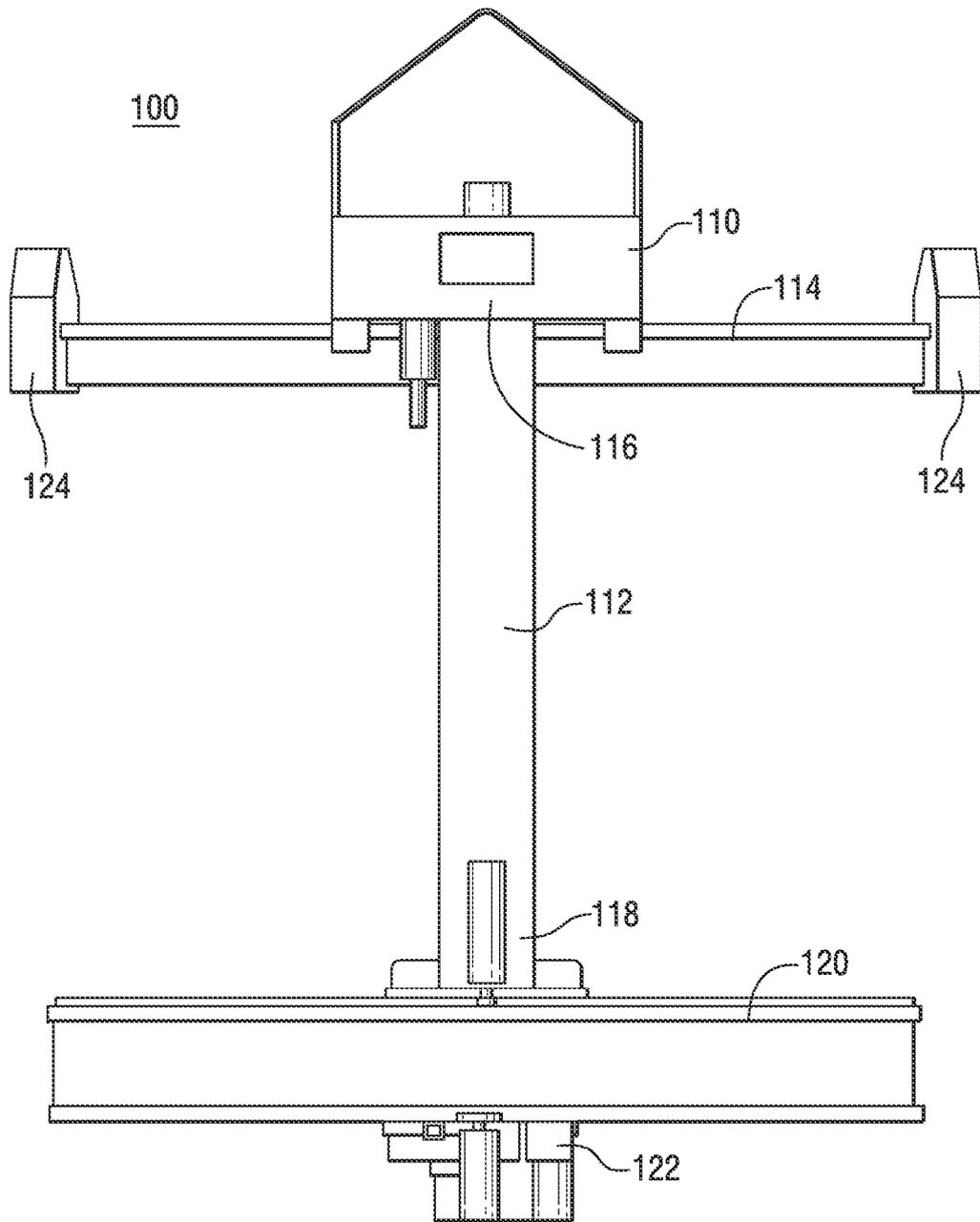


FIG. 2

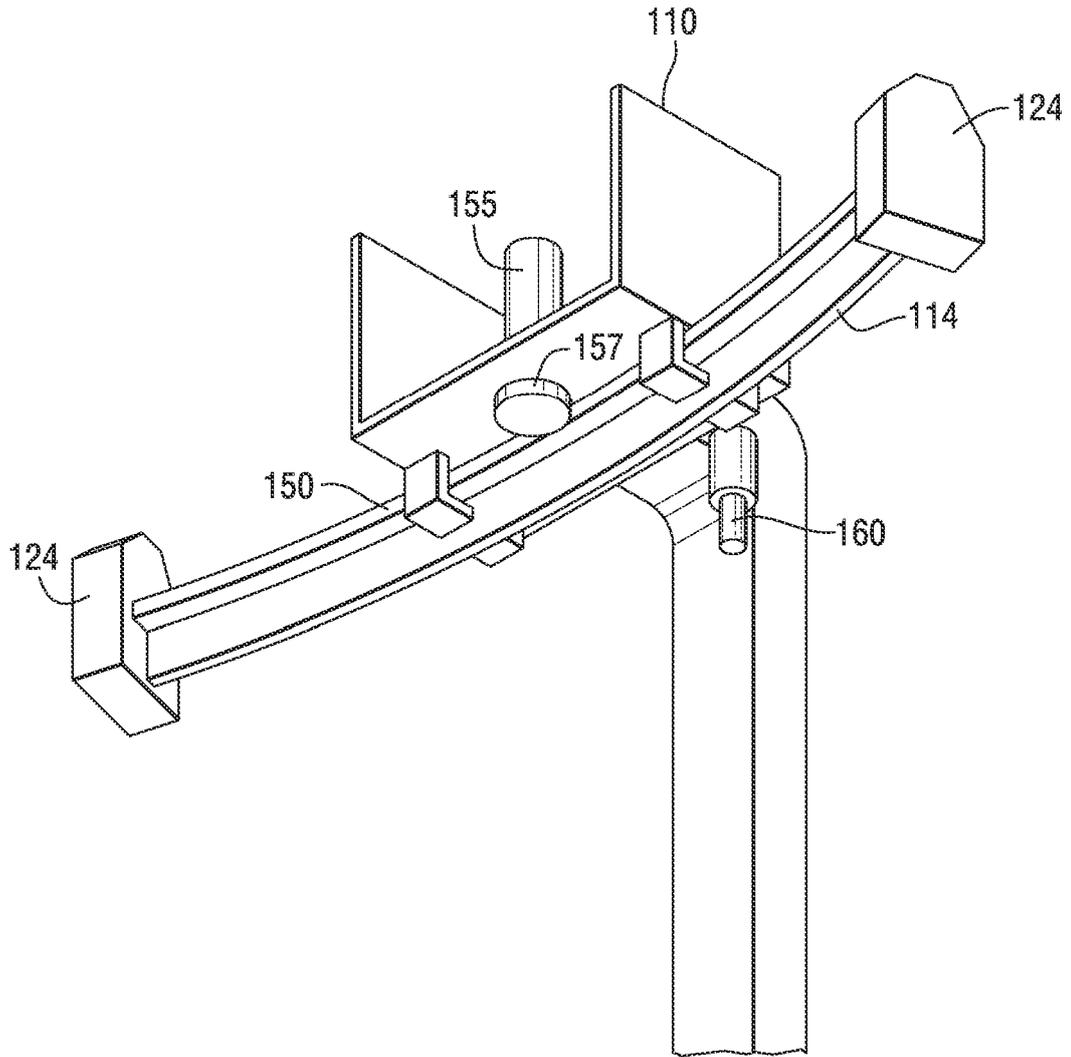


FIG. 3

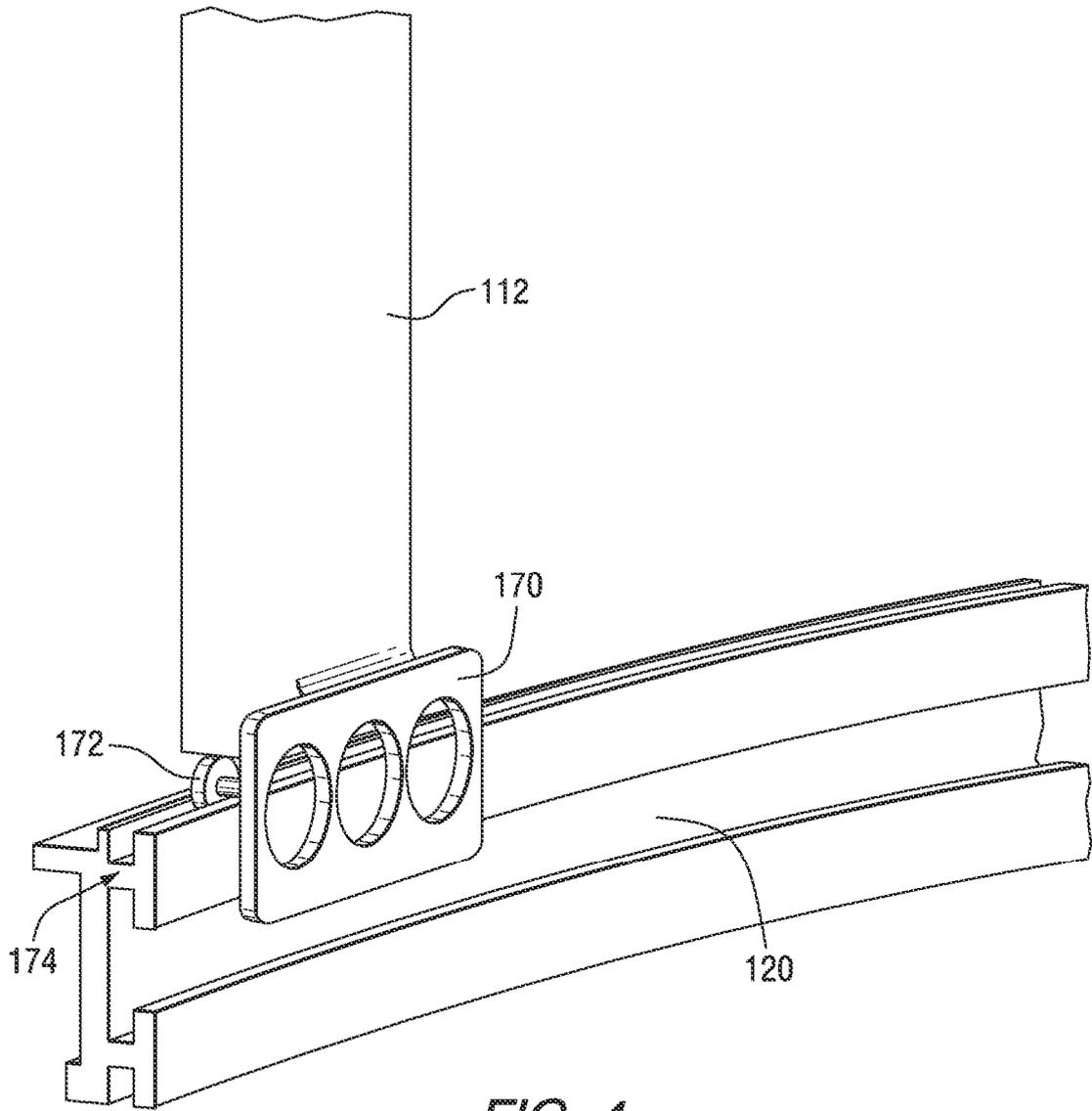
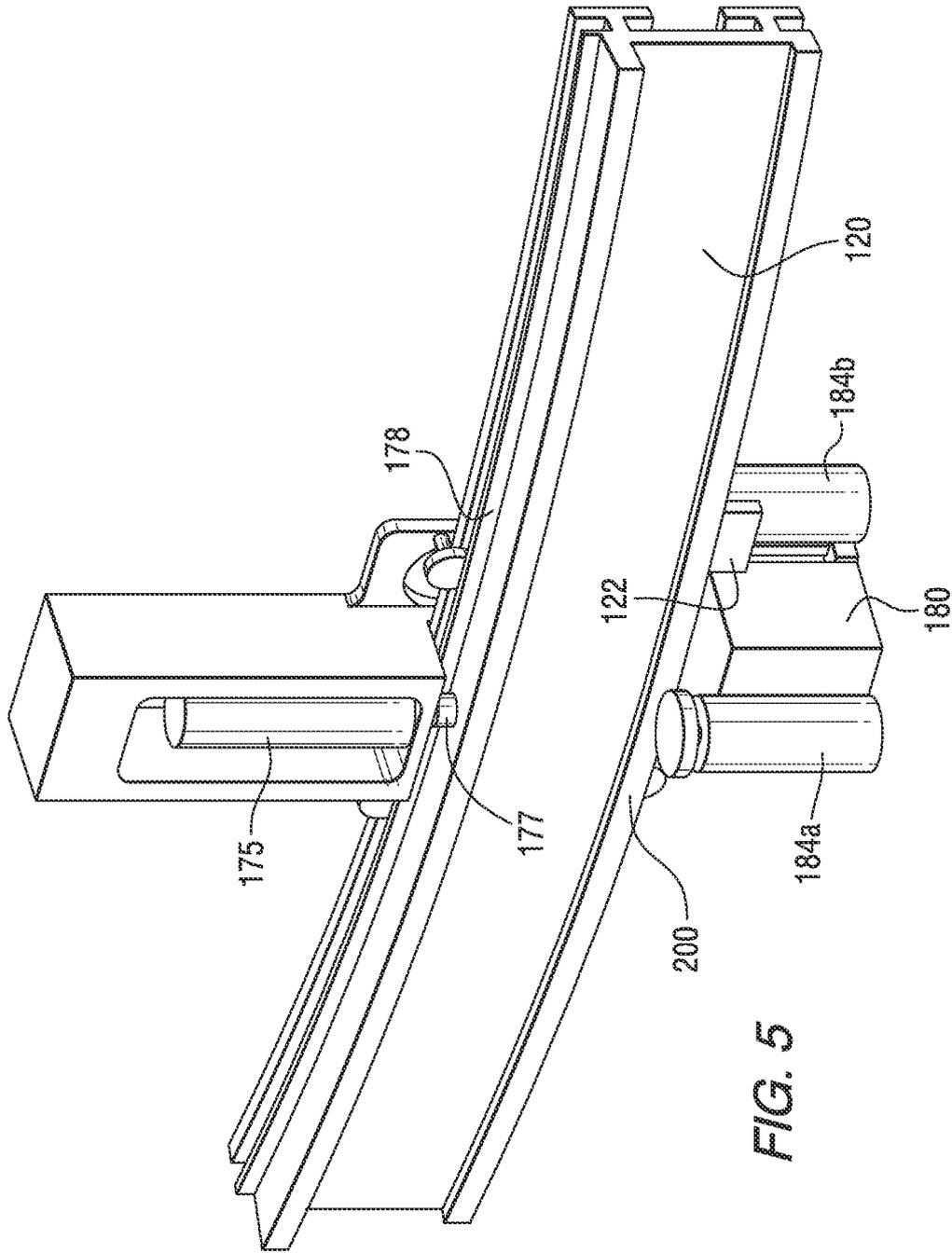
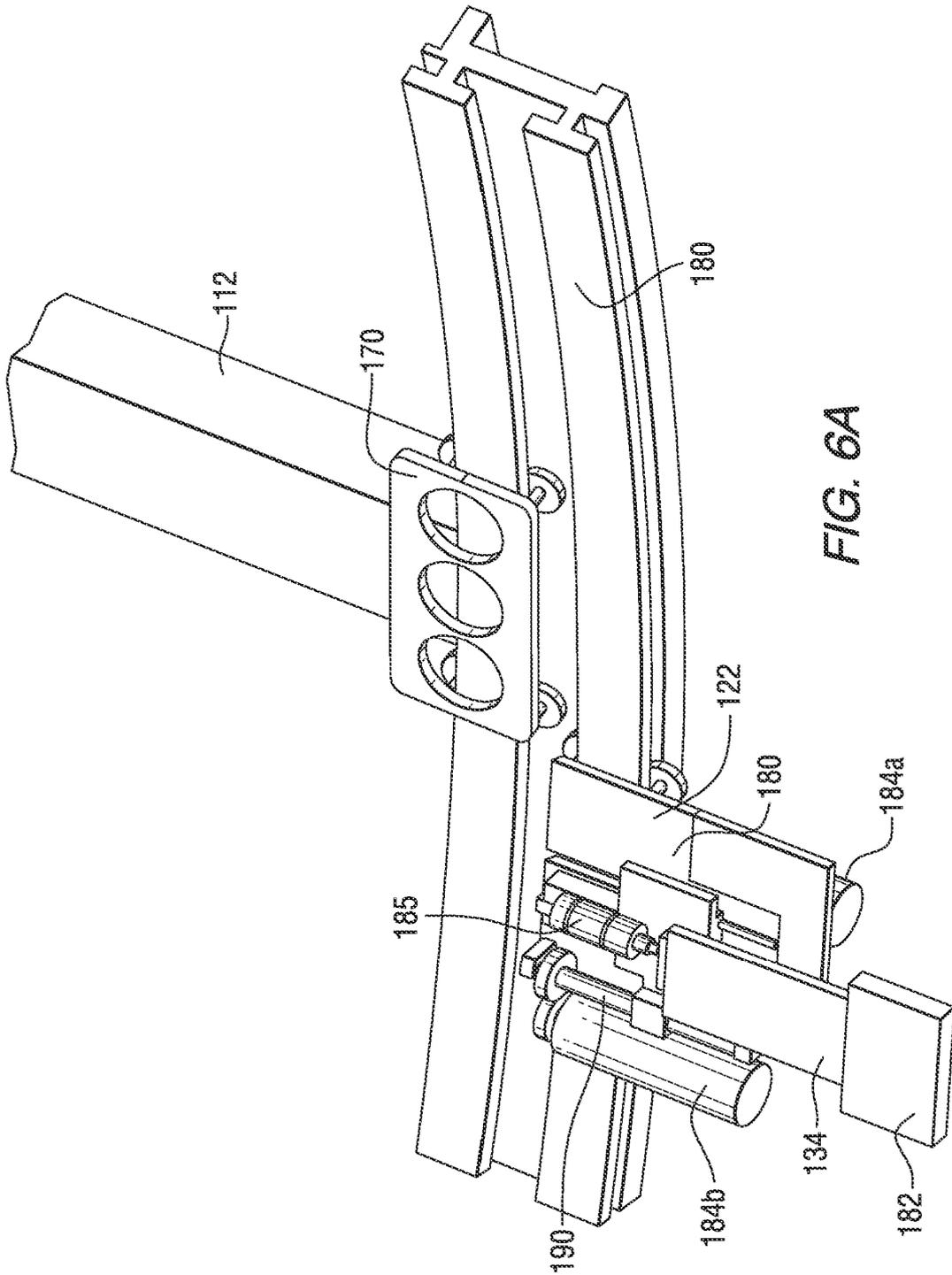
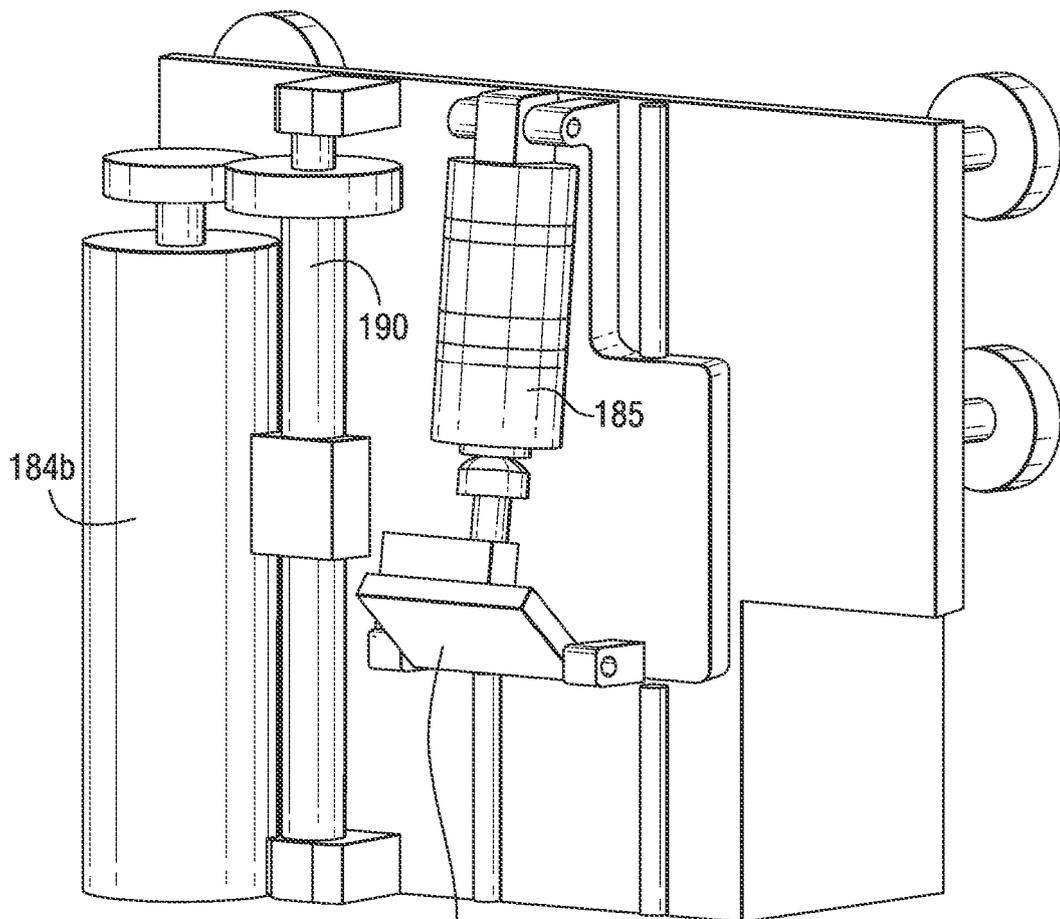


FIG. 4







FIJAR AQUÍ 182 y 134

FIG. 6B

