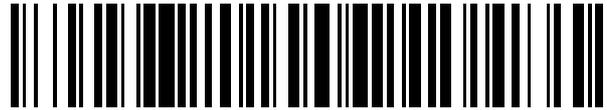


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 853**

51 Int. Cl.:

F22B 37/00 (2006.01)

F28F 11/00 (2006.01)

G21C 17/017 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2003 E 03765633 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 1523395**

54 Título: **Manipulador en miniatura para el mantenimiento del interior de tubos de un generador nuclear de vapor**

30 Prioridad:

22.07.2002 US 398000 P
15.07.2003 US 620013

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

02.11.2015

73 Titular/es:

WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC
(100.0%)
P.O. BOX 355
PITTSBURGH, PA 15230-0355, US

72 Inventor/es:

HAWKINS, PHILLIP, J. y
PETROSKY, LYMAN, J.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 549 853 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

Manipulador en miniatura para el mantenimiento del interior de tubos de un generador nuclear de vapor

Antecedentes de la invención**Campo de la invención**

- 5 La presente invención se refiere, en general, a sistemas robóticos y se refiere específicamente a un sistema robótico de peso ligero mejorado para el mantenimiento de los tubos intercambiadores de calor de un generador de vapor nuclear. Más particularmente, la presente invención se refiere a un manipulador para el mantenimiento de tubos que se extienden a través de una placa de tubos y un procedimiento para usar dicho manipulador.

Técnica anterior

- 10 En un sistema de generación de potencia eléctrica nuclear de agua a presión, el calor generado por la reacción nuclear es absorbido por un refrigerante primario que circula por el núcleo del reactor y se utiliza para generar vapor en un generador de vapor. El generador de vapor por lo general es un recipiente a presión cilíndrico vertical con secciones extremas semiesféricas. Una placa poligonal llamada una placa de tubos, situada en el extremo inferior de la sección cilíndrica, divide el generador de vapor en un lado primario, que es la sección semiesférica inferior por debajo de la placa de tubos, y un lado secundario por encima de la placa de tubos. Una pared vertical divide el lado primario en una sección de entrada y una sección de salida. La placa de tubos es una placa de acero de carbono gruesa con una matriz de miles de orificios en los que se insertan los extremos de tubos en forma de U. Un extremo de cada tubo en forma de U se inserta en un orificio dentro de la placa de tubos que se comunica con la sección de entrada del lado primario y el otro extremo se inserta en un orificio dentro de la placa de tubos que se comunica con la sección de salida. El refrigerante primario se introduce a presión en la sección de entrada del lado primario, circula a través de los tubos en forma de U y sale a través de la sección de salida. El agua introducida en el lado secundario del generador de vapor circula alrededor de los tubos en forma de U y se transforma en vapor por el calor entregado por el refrigerante primario.

- 25 De vez en cuando durante el funcionamiento del generador de vapor, se produce degradación en algunos de los tubos. Esto no es deseable porque el refrigerante primario es radiactivo y cualquier fuga del refrigerante del reactor en el lado secundario del generador contamina el vapor. Generalmente no es práctico, sin embargo, reemplazar la tubería degradada, pero en cambio el generador de vapor es inspeccionado periódicamente y los tubos afectados son taponados por ambos extremos. En vista de los miles de tubos en el generador de vapor, el taponamiento de unos cuantos tubos no afecta apreciablemente la eficiencia de la transferencia de calor.

- 30 Debido a la peligro de radiación presente en los generadores de vapor utilizados en una utilidad de propulsión nuclear, los tubos del intercambiador de calor de este tipo de generadores de vapor deben ser, en su mayor parte, mantenidos a distancia para evitar la exposición del personal de mantenimiento a la radiación potencialmente perjudicial. En consecuencia, un número de sistemas robóticos se han desarrollado para llevar a cabo de forma remota las operaciones de reparación y mantenimiento en estos tubos intercambiadores de calor. Estos sistemas robóticos incluyen típicamente algún tipo de brazo robótico de entrega en combinación con una cualquiera de un número de herramientas especializadas diseñadas para ser llevadas por el brazo robótico, que son conocidas en la técnica como "efectores terminales". Estos sistemas robóticos caen sobre todo en dos categorías básicas, a las cuales se hace referencia en esta solicitud como los brazos de movimiento completo, y brazos de movimiento limitado. Los brazos de movimiento completo son capaces de mantener un efector de extremo en una orientación deseada mientras se mueve a lo largo de una trayectoria que tiene componentes en los tres ejes espaciales. Por el contrario, los brazos de movimiento limitado generalmente son capaces de mover un efector de extremo sólo a lo largo de una trayectoria de dos dimensiones seleccionadas, y no pueden mantener el efector de extremo en una orientación deseada a lo largo de esta trayectoria. La acción mecánica de brazos robóticos de movimiento limitado a menudo se asemeja a la operación de un compás utilizado para dibujar círculos, es decir, un extremo del brazo está montado de manera pivotante en un punto en una hoja de tubo plano dentro de la cabeza de canal del generador de vapor nuclear, mientras que la porción media del brazo es telescópicamente extensible o retráctil. Tales brazos son capaces de barrer sus extremos distales, de retención de herramientas a través de uno cualquiera de una serie de arcos de mayor o menor radio que se cruzan con los puntos de entrega deseados sobre la placa de tubos. Un ejemplo de dicho brazo robótico movimiento limitado es el brazo de modelo SM-22 fabricado por Zetech situado en Isaquah, Washington.

- 55 Los brazos de movimiento completo difieren de la estructura relativamente sencilla de los brazos descritos anteriormente en que incluyen seis segmentos diferentes que están articulados a las seis diferentes articulaciones accionadas por motor, que a su vez permiten el movimiento alrededor de seis ejes diferentes. La estructura más compleja de dichos brazos robóticos les permite usar tres de sus ejes de movimiento para mantener un efector de extremo en una orientación deseada, y los otros tres ejes para mover el efector de extremo a través de un número infinito de trayectorias en tres dimensiones mientras se mantiene el efector de extremo en la orientación deseada. Tales habilidades son altamente ventajosas en situaciones en las que es esencial mantener el efector de extremo en una orientación constante durante una operación de mantenimiento, como es a menudo el caso con un cabezal de

soldadura que se mueve alrededor de la ubicación de una costura de soldadura deseada. Mientras que los brazos de movimiento limitado necesariamente a menudo se dedican a la entrega y la manipulación de un único efector de extremo, tal como por ejemplo una sonda de inspección de tubos, los brazos de movimiento completo tienen la capacidad, en teoría, para acoplar y desacoplar a partir de una variedad de efectores finales. Uno de los diseños más avanzados de dicho brazo robótico de movimiento completo es el ROSA (Brazo de Servicio Operado Remotamente) desarrollado por Westinghouse Electric Corporation con sede en Pittsburgh, Pennsylvania.

Desafortunadamente, ninguno de estos tipos de brazo robótico carece de inconvenientes. Mientras que los brazos robóticos de movimiento limitado son relativamente simples y baratos de construir y de instalar en generadores de vapor nucleares, el hecho de que por lo general son dedicados a un solo efector final requiere la instalación y la extracción de un número de tales brazos para completar las operaciones de inspección y de servicio en los tubos del intercambiador de calor dentro de la cabeza de canal del generador de vapor. Esta es una deficiencia significativa ya que cada tal procedimiento de instalación no sólo es laborioso y requiere mucho tiempo, sino que también da como resultado la exposición del personal de servicio a la radiación potencialmente perjudicial. Este último inconveniente es cada vez más importante, ya que la NRC ha puesto mayores limitaciones en la cantidad de exposición a la radiación que dicho personal operativo puede absorber. Por otra parte, el hecho de que dichos brazos robóticos de movimiento limitado no pueden mantener un efector de extremo en una orientación deseada mientras que lo mueven simultáneamente a través de una trayectoria elegida a través de la placa de tubos los hace inútiles para efectores terminales que requieren una orientación constante, tales como cabezales de soldadura. Por supuesto, los brazos robóticos de movimiento completo, como el ya mencionado ROSA no están limitados de esta manera. Sin embargo, los brazos robóticos de movimiento completo de la técnica anterior, tales como ROSA también tienen limitaciones que ofrecen espacio para mejorar. Específicamente, los solicitantes han notado que un "codo" orientado verticalmente del ROSA limita desventajosamente el número y la longitud de las posibles trayectorias que el extremo distal del brazo puede hacer sin interferir mecánicamente con la pared a modo de tazón de la cabeza de canal, o la placa divisora dentro de la cabeza de canal, o los cables que tapizan verticalmente hacia abajo desde efectores de extremo tales como las sondas de corrientes de Foucault utilizadas para inspeccionar y determinar las condiciones de las paredes interiores de los tubos del intercambiador de calor. Los solicitantes también han observado que la técnica anterior ROSA está configurada de modo que una gran parte del brazo está en voladizo con el apoyo desde su codo orientado verticalmente, que a su vez aplica una cantidad significativa de par motor de que reduce la vida útil ajeno al motor eléctrico que acciona la articulación, y reduce su capacidad de transporte de carga útil. Además, los solicitantes han observado que el movimiento del extremo distal de dichos brazos robóticos no es lo suficientemente suave como para llevar a cabo ciertas operaciones de soldadura.

El mantenimiento de generadores de vapor nucleares ha cambiado dramáticamente en los últimos veinte (20) años. En el pasado, la mayor parte del antiguo tubo generador de vapor se degrada y requiere taponamiento significativo, enfundado, o la sustitución total del generador de vapor. Las interrupciones del servicio de plantas de energía eran de larga duración y las reparaciones de los generadores de vapor requerían sofisticados manipuladores robóticos como ROSA y herramientas con la capacidad para llevar a cabo diversas inspecciones y reparaciones evitando tubos taponados.

En la actualidad, la mayoría de las utilidades de la industria han sustituido a cualquiera de sus generadores de vapor o tienen generadores con unos pocos tubos conectados y requieren reparaciones mínimas. La mayor parte del trabajo para el tubo generador de vapor implica la inspección por corrientes de Foucault con pocos o ningún enchufes necesario. El tiempo de interrupción para el mantenimiento de la planta y de reabastecimiento de combustible, que dicta la longitud de la interrupción, se reduce, disminuyendo significativamente el tiempo asignado para la inspección y el servicio del generador de vapor. Existe una clara necesidad de mejorar los sistemas robóticos existentes para dar servicio a los generadores de vapor para satisfacer las necesidades actuales. Los manipuladores del generador de vapor actuales son generalmente pesados (de más de 45 kg) y sofisticados, lo que se suma tiempo y exposición a radiaciones del personal para transportar, configurar, e instalar en los generadores de vapor. Los manipuladores actuales también son demasiado grandes en tamaño para instalar varios manipuladores, en cualquier sección de la mayoría de las cabezas de canal de los generadores de vapor. El uso de un único manipulador para posicionar más de dos sondas de corrientes de Foucault al mismo tiempo no ha tenido mucho éxito porque el fracaso de una sonda en general, dará como resultado el mismo número de movimientos robóticos que si se usaran una o dos sondas. Además, la robótica del generador de vapor por lo general tiene tres o más grados de libertad junto con varios motores con realimentación de posición. El sistema de control junto con la complejidad del manipulador es generalmente caro de comprar y mantener. Además, la mayoría de los manipuladores, cuando se instala en el generador de vapor, están anclados y se deben mover para obtener acceso a todos los tubos durante la inspección. Además, el ajuste y la verificación de la posición se requieren generalmente debido a la variada deflexión del manipulador bajo carga junto con inexactitud del robot.

El documento JP 11174032 describe un dispositivo y un procedimiento conocido para la inspección de un intercambiador de calor intermedio.

En consecuencia, se desea un robot de peso ligero simple, pequeño, que puede funcionar como un manipulador de inspección y/o de taponamiento del generador de vapor. Preferiblemente, un manipulador tal tiene un peso de aproximadamente 14 kg o menos y debe tener una capacidad de carga útil de aproximadamente 32 Kg o mayor.

Sumario de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un manipulador como se reivindica en la reivindicación 1.

5 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de usar un manipulador según la reivindicación 11. Las realizaciones preferidas se presentan en las reivindicaciones dependientes de la aplicación.

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 lea conjuntamente con los dibujos adjuntos en los que:

- 10 La figura 1 es una vista inferior de la parte inferior del manipulador de esta invención montado en una placa de tubos de un generador de vapor nuclear;
- La figura 2 es una vista lateral del bloque de pie y el cilindro de la presente invención vista desde la dirección A-A de la figura 1;
- 15 La figura 3 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas B-B de la figura 1 a través del elemento de bloque de cilindros y el elemento base de esta invención;
- La figura 4 es una vista ampliada del bloque de cilindros que se muestra en la figura 3;
- La figura 5 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas D-D de la figura 2 y muestra la corredera del elemento de bloque de cilindros;
- 20 La figura 6 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas E-E de la figura 5 a través del elemento de bloque de cilindros y muestra el tren de accionamiento de esta invención;
- La figura 7 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas de C-C en la figura 1 y muestra el elemento de base con el elemento de bloque de cilindro mostrado en líneas de trazos;
- La figura 8 es una vista en sección tomada a las líneas F-F de la figura 7 y muestra el mecanismo de rotación de esta invención;
- 25 La figura 9 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas G-G de la figura 7 y muestra la disposición de la válvula neumática de la presente invención;
- La figura 10A es una vista lateral de una pinza utilizada para asegurar el manipulador a la placa de tubos;
- La figura 10B es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas H-H de la figura 10A;
- 30 La figura 10C es una vista en sección de una segunda forma de realización de la pinza ilustrada en la figura 10A tomada a lo largo de las líneas H-H; y
- La figura 10D es una ampliación de la zona los dedos de agarre de la pinza mostrada en la figura 10C.

Descripción detallada de la realización preferida

35 La figura 1 muestra el manipulador 10 de la presente invención montado en una placa de tubos 65 de un generador de vapor nuclear. La invención se soporta en el uso de dos juegos de pinzas 8 y 2 extensibles y trasladables que se anclan en los extremos de los tubos del generador de vapor. Hay tres componentes principales que están comprendidos por la invención. El primer componente principal, el elemento de base 1, contiene un conjunto de pinzas 2, solenoides 38 (que se describirán más adelante con respecto a las figuras 7 y 9) para operar el manipulador y un mecanismo de rotación 64 (que se describirá más adelante con respecto a la figura 8) y sirve como marco de referencia para la fijación del cableado y de los efectores de extremo. Un bloque de guía 3 para la inspección por corrientes de Foucault se muestra unido a la base 1. Los efectores terminales se conectan al bloque de guía, como se describirá de aquí en adelante. El segundo componente principal es el bloque de cilindros 4. El bloque de cilindros contiene un motor de accionamiento lineal y puede girar con respecto al elemento de base 1 alrededor del eje 5. Como se describe en más detalle más adelante, el bloque de cilindro puede trasladarse a lo largo del eje 5. El tercer componente principal es el pie 6. El pie contiene una corredera lineal 7, dos pinzas 8 y un tornillo de avance 9. El pie puede desplazarse en la dirección 11 con relación al bloque de cilindros 4.

40 Cuando las pinzas 2 de la base están instaladas en los respectivos tubos que se extienden a través de la placa de tubos 65, el pie se puede mover pasado uno o varios tubos a lo largo de la dirección 11. Las pinzas 8 del pie se instalan asegurando el manipulador. Con las pinzas 8 del pie instaladas y las pinzas 2 de la base desvinculadas, la base puede ser indexada a lo largo de la dirección 11. Para cada movimiento del pie o de la base, hay una traslación vertical a lo largo del eje 5 y dentro de la pinza como se describe más adelante. Como puede verse, la dirección

predominante del movimiento es en una dirección 11. Para cambiar la dirección del movimiento y la orientación del aparato, el pie puede girar alrededor del eje 5, como se muestra con la flecha 12. Cambiando la orientación del manipulador se logra alternativamente el acoplamiento y la liberación de los pies y de las pinzas de la base, respectivamente 8 y 2, y realizando un movimiento de rotación. Por lo general, la rotación puede ser de 90° para tubos en un paso cuadrado o 60° para tubos en un paso triangular. Con la capacidad de rotar, el manipulador 10 se vuelve extremadamente flexible y simplificado ya que se requiere sólo un eje de accionamiento lineal.

La figura 2 es una vista lateral del pie 6 y del bloque de cilindros 4. Para mayor claridad, sólo se muestra una parte de la base 1. Adjuntos al bloque de cilindros 4 hay dos bloques deslizantes lineales 13 que permiten la carrera en vacío de carril lineal 7 con pinzas de los pies atados 8 a lo largo de la dirección 11. Para mover el pie a lo largo de la dirección 11, se proporciona un tornillo de avance 9. La tuerca de tornillo de avance es impulsada internamente en el bloque de cilindros 4 como se mostrará más adelante. Para proporcionar un espacio libre entre la placa de tubos 65 y unas clavijas de separación 14, el pie 6, mientras que es soportado por la base 1, se baja (como se muestra mediante la dimensión H1) para el movimiento. Del mismo modo, para que la base 1 se mueva con el pie 6 asegurado, la base 1 se baja (como se muestra mediante la dimensión H2). Para cada una de las pinzas 2 y 8, los dedos 15 se pueden trasladar en el tubo como se describirá de aquí en adelante.

La figura 3 muestra una sección del bloque de cilindros y la base 1 tomada a lo largo de las líneas B-B de la figura 1. La sección del bloque de cilindros que se muestra en la figura 3 se amplía en la figura 4. Como se muestra en la figura 4, hay dos pistones de accionamiento neumático 16 que se utilizan para proporcionar el traslado H1 o H2 como se ha descrito antes. Aproximadamente 444 N (100 lbs) de fuerza se obtiene con los pistones 16 y la actuación es rápida debido a la baja viscosidad del aire comprimido. El aire es suministrado a los cilindros 18 a través de los puertos 17 o el área anular 19, dependiendo de la dirección de desplazamiento deseada. El aire comprimido se introduce en el bloque de cilindros 4 a través de mangueras 27 y conexiones 20 mostrados en la figura 2. Las mangueras (no mostradas en la figura 4) pasan a través del anillo 21 a lo largo del eje 5 de las válvulas solenoides neumáticas 38 (que se muestra en la figura 9) en la base 1. Las mangueras de enrutamiento y otros conductos en el eje de rotación proporcionan protección y reducen los problemas de gestión de cables que de otro modo se presentan cuando se dirigen fuera del eje de rotación. Para reducir el peso, el bloque de cilindros 4 está construido de una aleación de aluminio. Para el desgaste, los cilindros 18 están contruidos en acero. A fin de que la base 1 se traslade libremente con respecto al bloque de cilindros 4, se utilizan dos árboles lineales 22 alojados en cuatro cojinetes lineales 23. Los rodamientos y árboles lineales también proporcionan rigidez rotacional entre yugo 24 y el bloque de cilindros 4. Un cojinete de bolas 25 permite la rotación de la base 1 con el yugo 24 y por lo tanto el bloque de cilindros 4 y el pie 6. El mecanismo de accionamiento de rotación utiliza una polea 26 y se describirá de aquí en adelante.

La figura 5 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas D-D de la figura 2 y muestra el lado del bloque de cilindros 4. El riel lineal 7 pasa a través de los bloques de deslizamiento lineal 13 cuando se mueve mediante el tornillo de avance 9. El tornillo de avance 9 es solidario en rotación y es impulsado por la tuerca 28 acoplada al engranaje 29 que engrana con el engranaje intermedio 30 y el engranaje de motor 31. La sección E-E tomada a través del bloque de cilindros de la figura 5 muestra el tren de transmisión en la figura 6. Como se ve en la figura 6, la tuerca de tornillo de avance 28 está soportada con rodamientos de bolas 32, que proporcionan la rotación de la tuerca mientras que proporciona soporte axial suficiente para restringir el movimiento a lo largo de la dirección del tornillo de avance. La tuerca puede ser accionada a alta velocidad sin inestabilidad de rotación del tornillo de avance en el aparato. Un servomotor 66 se utiliza para accionar el tren de engranajes.

La figura 7 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas C-C de la figura 1 y muestra la base 1. El bloque de cilindros 4 se muestra en líneas de trazos en la figura 7. Dos pinzas base 2 acopladas a la placa de base 33 se utilizan para el anclaje a la placa de tubos en el momento apropiado. Las pinzas de la base y de pie, respectivamente, 2 y 8, tienen un funcionamiento interno idéntico. También se muestra en la figura 7 una vista lateral del bloque de guía del efector de extremo 3. El bloque se puede acoplar de forma rápida a la base por deslizamiento sobre cuatro clavijas 34. Un muelle 35 unido a la palanca 36 retiene el bloque de guía cuando se acopla. El efector final puede ser una sonda de corriente parásita, una herramienta de enchufar u otra herramienta de servicio con la orientación de la herramienta controlada por el bloque de guía 3.

Para proporcionar la rotación entre la base 1 y el pie 6, se utilizan dos cilindros hidráulicos 37. El fluido hidráulico, aproximadamente a 5,5 MPa, proporciona la fuerza necesaria en un paquete pequeño. La velocidad no es crítica debido a que la frecuencia de los cambios de dirección es baja. El mecanismo de rotación se describe más completamente en lo que respecta a la figura 8.

El accionamiento de los bloques de cilindros 4, las pinzas de la base 2 y las pinzas del pie 8 se controla con las ocho válvulas electrónicas/neumáticas de alto flujo 38. Las válvulas electrónicas/neumáticas identificadas por número de pieza EV-3M-24 y Booster EV-B-3, fabricadas por Clippard Instrument Laboratory, Inc., que tiene sus oficinas principales ubicadas en Cincinnati, Ohio, se pueden usar para este propósito. Con las válvulas situadas a nivel local, la pérdida de flujo en la conexión de tubos se minimiza proporcionando un rápido accionamiento de los componentes. Para la protección de las mangueras y cables, se proporcionan una tapa frontal 39, una carcasa de solenoide 40 y la cubierta posterior 41.

La figura 8 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas F-F de la figura 7 y muestra el mecanismo de rotación de esta invención. Para girar el mecanismo, el fluido hidráulico se introduce en la cámara 42 forzando un pistón 43 a trasladarse y provocando la tensión en el cable 44. El cable 44 está acoplado a la polea 26 con un émbolo 45. A medida que el cable 44 se traslada, el bloque 46 gira hasta que hace contacto con el tope 47. Los toques 47 pueden estar situados y colocados a 90° o a 60° de rotación con precisión.

La figura 9 es una vista en sección tomada a lo largo de las líneas G-G de la figura 7 y muestra las ocho válvulas neumáticas 38 unidas a un colector en forma de "U" 48. El aire comprimido se suministra al colector a través del adaptador 49 y sale a través de la respectiva conexión 50 cuando se acciona una válvula. La forma del colector proporciona acceso a espacio anular 21 para el enrutamiento de mangueras y cables. Dos orificios 51 se proporcionan en la cubierta trasera 41 para aceptar las clavijas desde un dispositivo de carga que se utiliza para cargar de forma remota el manipulador 10 a través de la trampilla del generador de vapor a la placa de tubos, donde las pinzas pueden ser accionadas para soportar el manipulador.

La figura 10A muestra una pinza de bloqueo de leva utilizada para asegurar el manipulador 10 a la placa de tubos 65. Como se describió anteriormente, las clavijas de separación 14 se colocan en contacto con la placa de tubos mediante el bloque de cilindros 4. El aire comprimido es liberado de la cámara 52 (figura 10B) a través del adaptador 61 (mostrado en las figuras 2 y 3) que permiten a los muelles 53 elevar el cilindro actuador 54 colocando los dedos de agarre 55 dentro del tubo generador de vapor. Una clavija de guía 60 mantiene la alineación del cilindro 54 con la pinza. Un interruptor de final de carrera 69, que es accionado por la clavija de guía 60, se puede utilizar para verificar la inserción. La clavija de guía 60 está protegida dentro de la carcasa 72. El final de carrera tiene tres funciones: (1) asegurar que la pinza se encuentra en la posición completa antes de la activación de los dedos de la pinza 55 para presionar en contra de los tubos del intercambiador de calor correspondientes; (2) detectar si el bloqueo de leva no sujeta totalmente el tubo intercambiador de calor correspondiente (el final de carrera indicará que la pinza no está completamente arriba cuando la pinza se estira hacia abajo después de que los dedos de la pinza se bajen radialmente, para asentar completamente las clavijas de separación del robot 14 contra la placa de tubos 65); y (3) detectar si hay un tubo que falta, por ejemplo, al final de una fila o columna, o un tubo acoplado, porque la pinza no se insertará totalmente. Esta última característica se puede utilizar para verificar la posición del robot mientras se mueve por la placa de tubos y es una característica importante de esta invención. Con los dedos de agarre 55 insertados en el tubo, el pistón actuador 56 es forzado hacia arriba con el aire comprimido suministrado a través del adaptador 57. A medida que el pistón del actuador se traslada hacia arriba, unas bolas 58 ruedan sobre pistas de rodadura cónicas 59 con los dedos de agarre en estrecho contacto con el tubo. Las bolas se utilizan para reducir la fricción entre los dedos de agarre y el pistón actuador lo que permite que una fuerza de contacto alta, por ejemplo, aproximadamente el 4.450 N, sea obtenida con un diámetro del pistón neumático relativamente pequeño. La baja fricción de rodadura de las bolas elimina la propiedad de auto-bloqueo de pequeños estrechamientos en ángulo. La siguiente secuencia de operación para el dispositivo de agarre es presurizar la cámara 52 que trata de eliminar los dedos de agarre del tubo. Dado que los dedos de agarre están fijados al tubo, todo el dispositivo de agarre está sesgado hacia arriba forzando las clavijas 14 en estrecho contacto con la placa de tubos. Con las clavijas firmemente contra la placa de tubos, el manipulador se ve obligado a permanecer en paralelo y en estrecha proximidad a la placa de tubos.

Para la retirada de la pinza del tubo, se realizan los siguientes pasos. El aire comprimido es expulsado desde la cámara 52 para aliviar la fuerza en los dedos de agarre 55. La clavija del actuador se baja mediante la introducción de aire comprimido en la conexión 62, mientras que libera aire a través de conexión 57. Un cono de nariz 63 asegura que las bolas vuelven a su posición original y los dedos de agarre 55 son capturados. El cilindro de accionamiento 54 se baja entonces por la cámara de presurización 52.

La figura 10C es una sección transversal tomada a lo largo de las líneas H-H de la figura 10A que muestra una segunda forma de realización de la pinza de esta invención. Los caracteres de referencia similares se refieren a los elementos correspondientes descritos anteriormente con respecto a la figura 10B. La diferencia en la forma de realización de la figura 10C sobre la de la figura 10B es que un muelle 67 se ha añadido alrededor de la parte superior del pistón actuador 56 para empujar los dedos 55 contra el tubo de intercambiador de calor correspondiente cuando los dedos se insertan dentro del tubo para evitar una liberación involuntaria. Además, los rodamientos de bolas 58 se mantienen dentro de un manguito, pero se desplazan como se dijo anteriormente a lo largo de la pista de rodadura cuando el pistón 56 se acciona para forzar los dedos 55 radialmente hacia fuera.

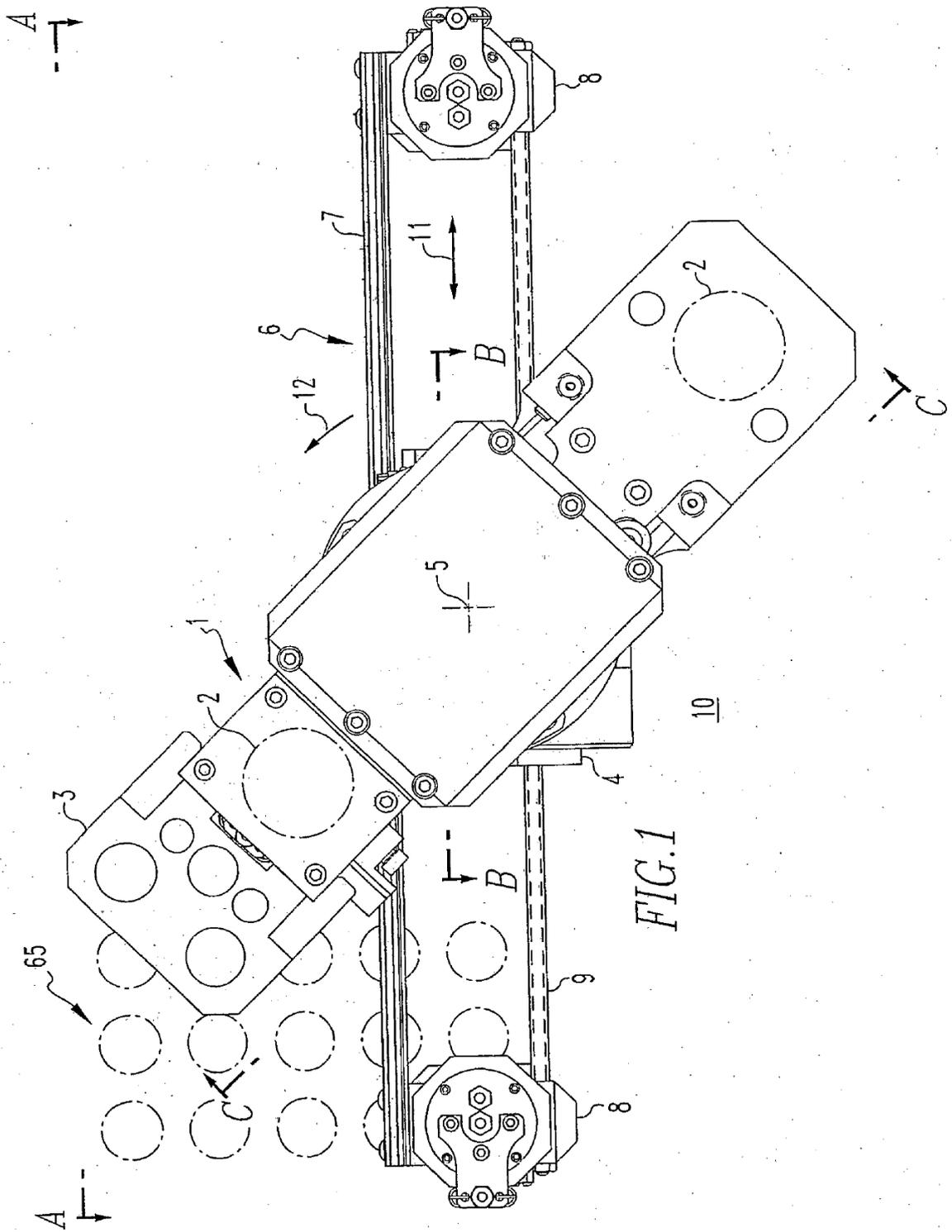
La figura 10D es una ampliación de la zona de agarre con los dedos de las pinzas mostradas en la figura 10C, donde se puede apreciar que los cojinetes 58 se retienen dentro de un manguito 68 cada uno apoyado dentro de su propio bolsillo y libre para rodar cuando el pistón actuador se mueve hacia arriba para forzar los dedos 55 radialmente hacia fuera. Para retraer los dedos de agarre 55 se introduce aire a través de la conexión 62 para forzar el pistón en la dirección opuesta y los dedos 55 son forzados hacia el interior, a su vez, forzando a los rodamientos de bolas 58 dentro del manguito 68 hacia abajo hasta que están sentados en su extensión inferior de traslación y los dedos 55 son capturados por el cono de la nariz 63. Las bolas de rodamiento 58 se verán obligadas a la posición más baja cuando el cono de la nariz 63 se retrae. Esto asegura que los dedos de agarre 55 se colapsen totalmente cuando el pistón actuador 56 y la guía 70 se retraen. La guía 70, el actuador 56 y los dedos de agarre 55 se mantienen fijados de forma rotativa, con la pequeña clavija horizontal 71 en el centro del bloqueo de leva para asegurar que las bolas 58 son retenidas en las pistas de rodadura y no se mueven a las ranuras abiertas entre los

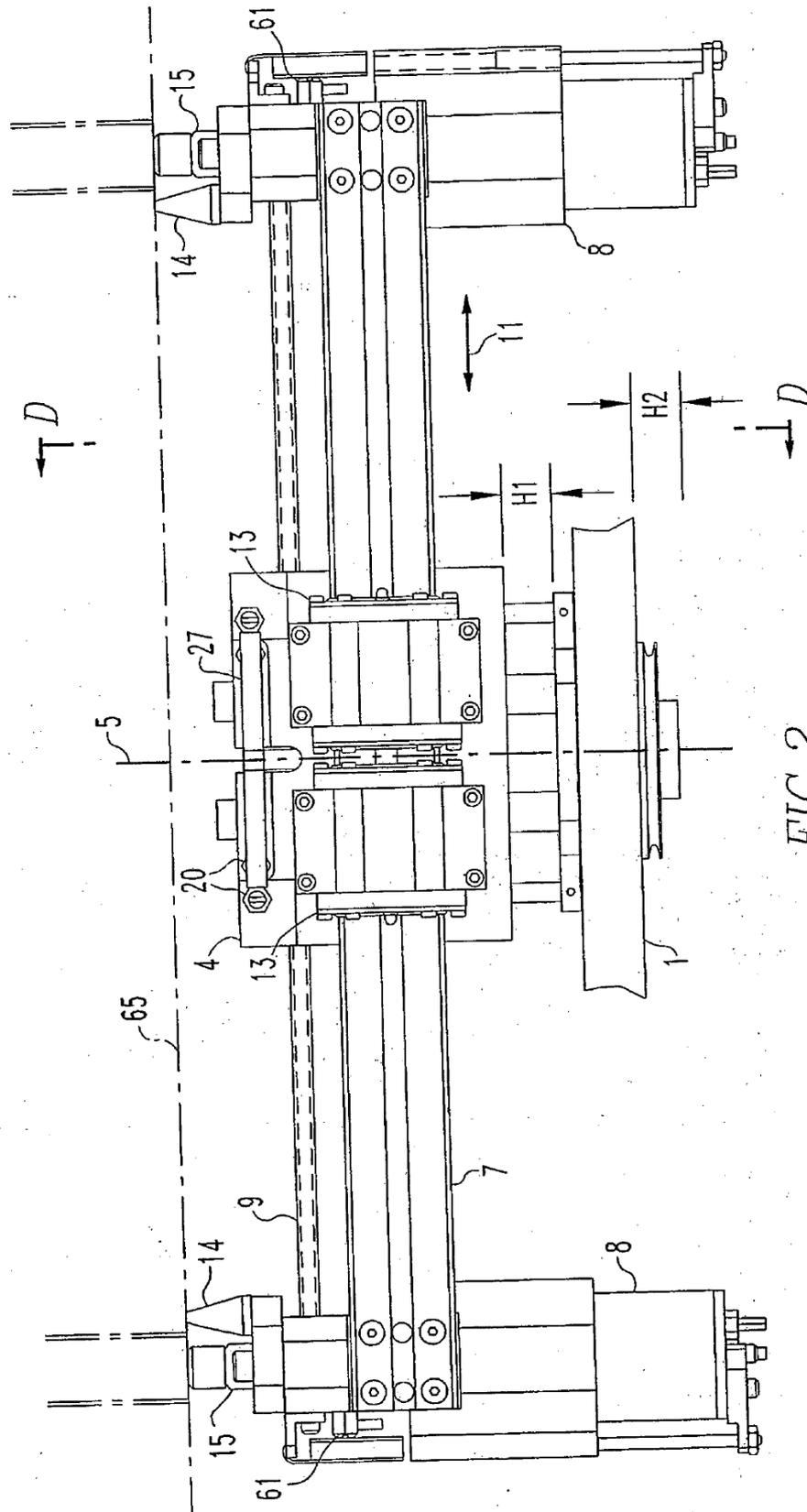
dedos de agarre 55. En total, hay 24 bolas circunferencialmente espaciadas en seis filas que se extienden axialmente posicionadas sustancialmente de forma equidistante, circunferencialmente alrededor del pistón actuador 56.

- 5 Por lo tanto, esta invención proporciona un manipulador para el mantenimiento de generadores de vapor nucleares que se pueden mover con precisión a alta velocidad y tiene capacidad de posicionamiento versátil. Un beneficio importante de su pequeño tamaño es el tiempo reducido de puesta a punto y la instalación en el campo. Múltiples manipuladores pueden ser utilizados en cada lado de la cabeza de canal para reducir el tiempo de inspección. El peso del manipulador es preferiblemente aproximadamente 14 Kg o menos y tiene una capacidad de carga útil de aproximadamente 32 Kg.
- 10 Mientras que una realización específica de la invención se ha descrito en detalle, se apreciará por los expertos en la técnica que diversas modificaciones y alternativas a esos detalles podrían ser desarrolladas a la luz de las enseñanzas generales de la descripción dentro del alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, aunque la realización preferida se ha descrito en el entorno de un intercambiador de calor nuclear, se debe apreciar que el manipulador de la presente invención puede emplearse para dar servicio a cualquier intercambiador de calor, por
- 15 ejemplo, uno que está en una temperatura demasiado alta para un contacto humano directo. En consecuencia, las disposiciones particulares descritas están destinadas a ser ilustrativas y no limitativas en cuanto al alcance de la invención a la que se debe dar la amplitud completa de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un manipulador para el mantenimiento de tubos que se extienden a través de una placa de tubos (65), que comprende:
 - 5 (a) un elemento de base (1) alargado que tiene un soporte para la soportar una herramienta o un dispositivo de inspección, teniendo el elemento de base también al menos una pinza (2) para la sujeción liberable de un tubo que se extiende a través de la placa de tubos (65);
 - (b) un elemento de bloque (4) conectado al elemento de base (1) para el movimiento lineal y de rotación con respecto al mismo, siendo el movimiento lineal en una dirección sustancialmente perpendicular a una dimensión alargada del elemento de base; y
 - 10 (c) un elemento de pie (6) conectado al elemento de bloque (4) para el movimiento lineal con respecto al mismo, teniendo el elemento de pie al menos una pinza (8) para sujetar de forma liberable un tubo que se extiende a través de la placa de tubos (65), efectuando el elemento de bloque el movimiento del elemento de base hacia y desde el elemento de pie, en el que al menos una de las pinzas (2, 8) ejerce una fuerza en una dirección para extraer el elemento (1, 6) asociado con el mismo hacia la placa de tubos (65), e
 - 15 incluyendo un tope (14) que funciona, en cooperación con la al menos una de las pinzas que ejercen la fuerza para extraer dicho elemento en la dirección de la placa de tubos (65), para mantener dicho elemento a una distancia fija predeterminada desde la placa de tubos (65).
2. Un manipulador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el elemento de bloque (4) tiene dos direcciones de desplazamiento lineal entre el elemento de bloque (4) y el elemento de base (1), siendo las dos direcciones preferiblemente direcciones horizontal y vertical respectivas.
- 20 3. Un manipulador de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el elemento de bloque (4) y el elemento de pie (6) tienen cada uno al menos dos pinzas (2, 8) separadas.
4. Un manipulador de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en el que cada una de las pinzas (2, 8) incluye dedos de inserción (55) que son respectivamente insertables en uno correspondiente de los tubos que se extienden a través de la placa de tubos (65).
- 25 5. Un manipulador de acuerdo con la reivindicación 4, que incluye un interruptor de final de carrera (69) correspondiente a cada pinza para verificar un grado aceptable de la inserción en el tubo correspondiente.
6. Un manipulador de acuerdo con la reivindicación 4 ó 5, en el que los dedos de inserción (55) son empujados contra el interior del tubo correspondiente mediante un pistón interno (56) que obliga a los cojinetes (58) a moverse
- 30 hacia arriba en una pista de rodadura cónica (59) entre el pistón (56) y el interior de los dedos de inserción (55), forzando de este modo los dedos de inserción hacia fuera contra el interior del tubo correspondiente.
7. Un manipulador de acuerdo con la reivindicación 6, en el que los dedos de inserción (55) son empujados mediante un muelle en una posición de agarre cuando se insertan a una distancia predeterminada en los tubos, para evitar la pérdida de poder de agarre si se pierde la fuerza motriz del pistón (56).
- 35 8. Un manipulador de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el peso del manipulador es de aproximadamente 14 kg o menos.
9. Un manipulador de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el manipulador soporta una carga útil de 32 kg o menos.
- 40 10. Un manipulador de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que incluye accionamientos neumáticos y/o hidráulicos en combinación con una sola unidad motorizada.
11. Un procedimiento de utilización de un manipulador de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - 45 dimensionar el manipulador para permitir que más de un manipulador de operación independiente, de sustancialmente el mismo diseño, sea suspendido de un lado inferior de la placa de tubos (65) en una sección de entrada y/o salida de una cabeza semiesférica del canal de un generador de vapor; y
 - operar los manipuladores en paralelo, preferiblemente al mismo tiempo.





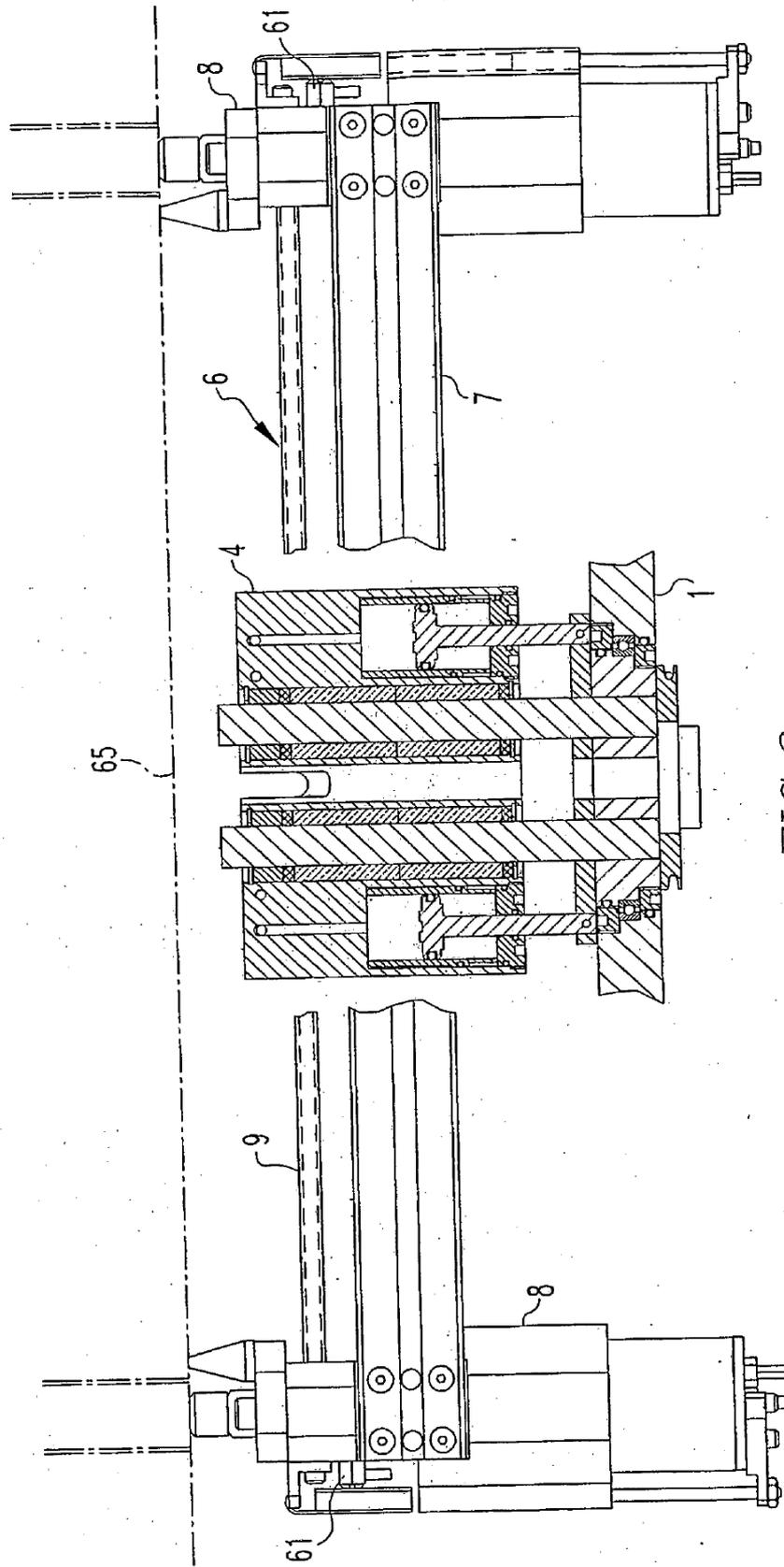


FIG. 3

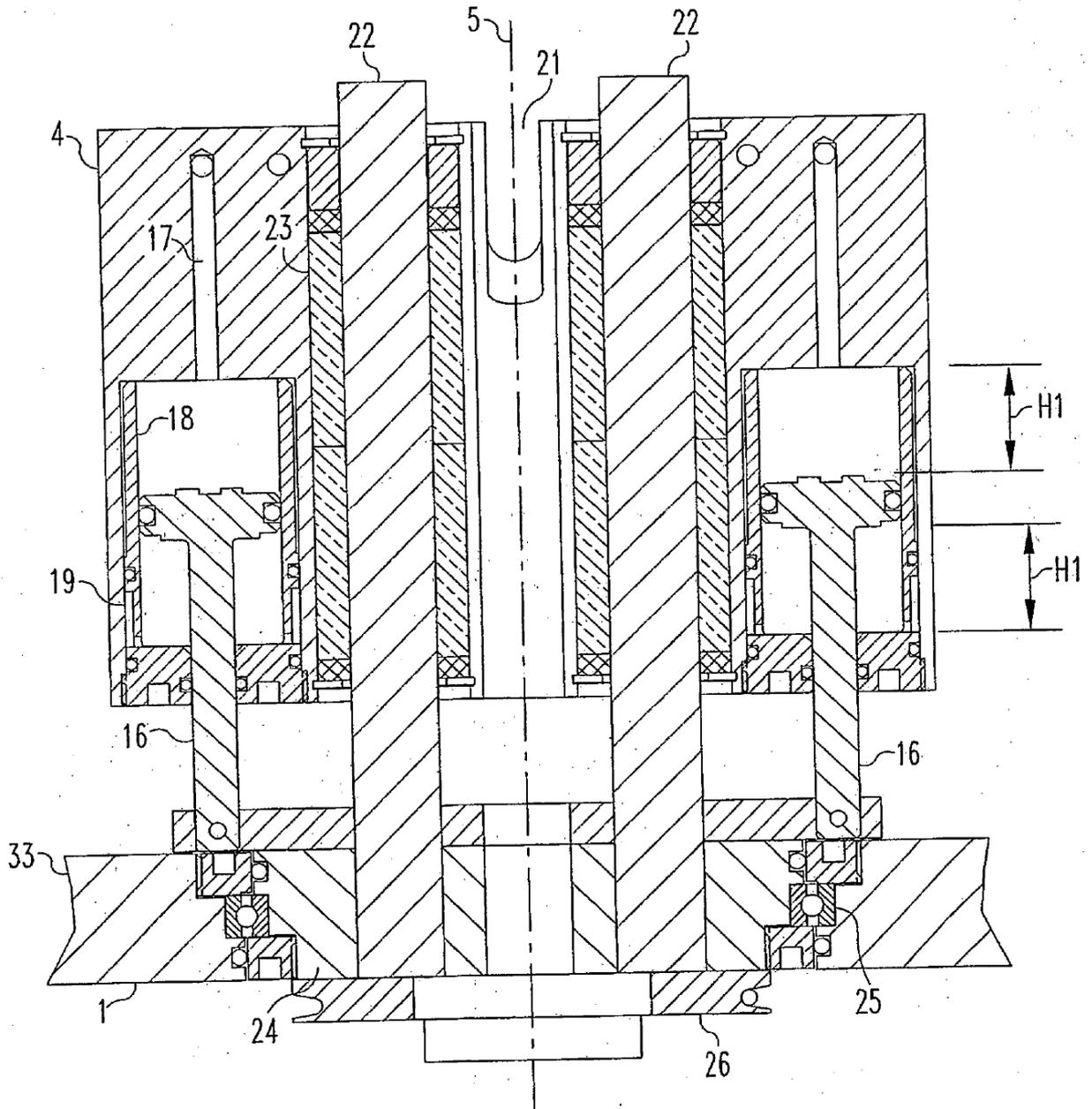


FIG. 4

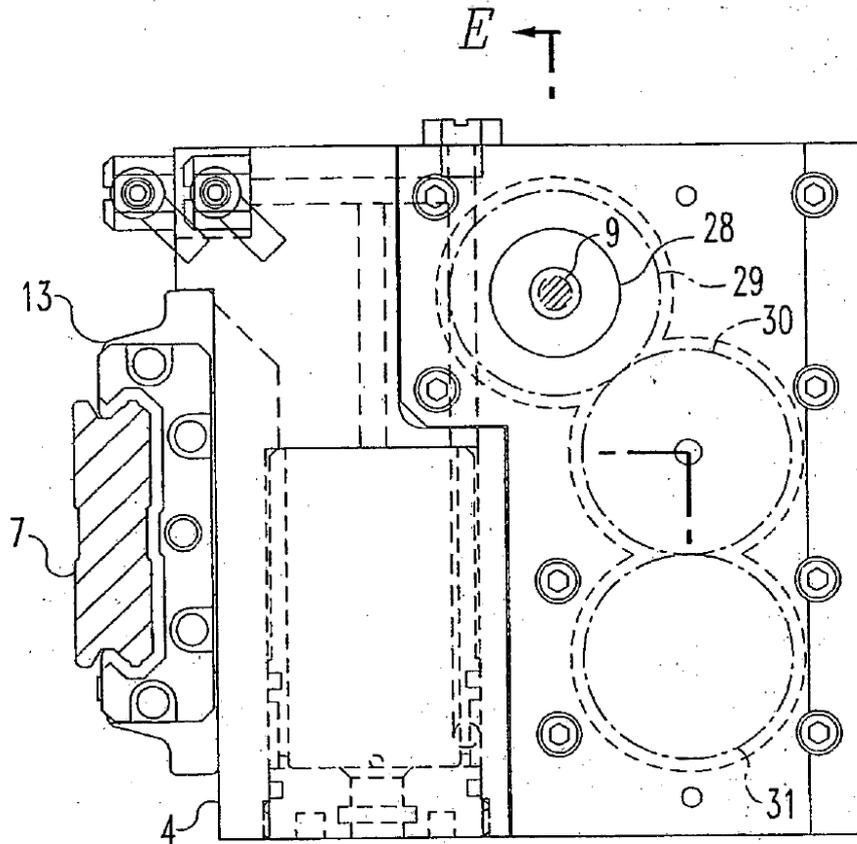
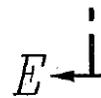
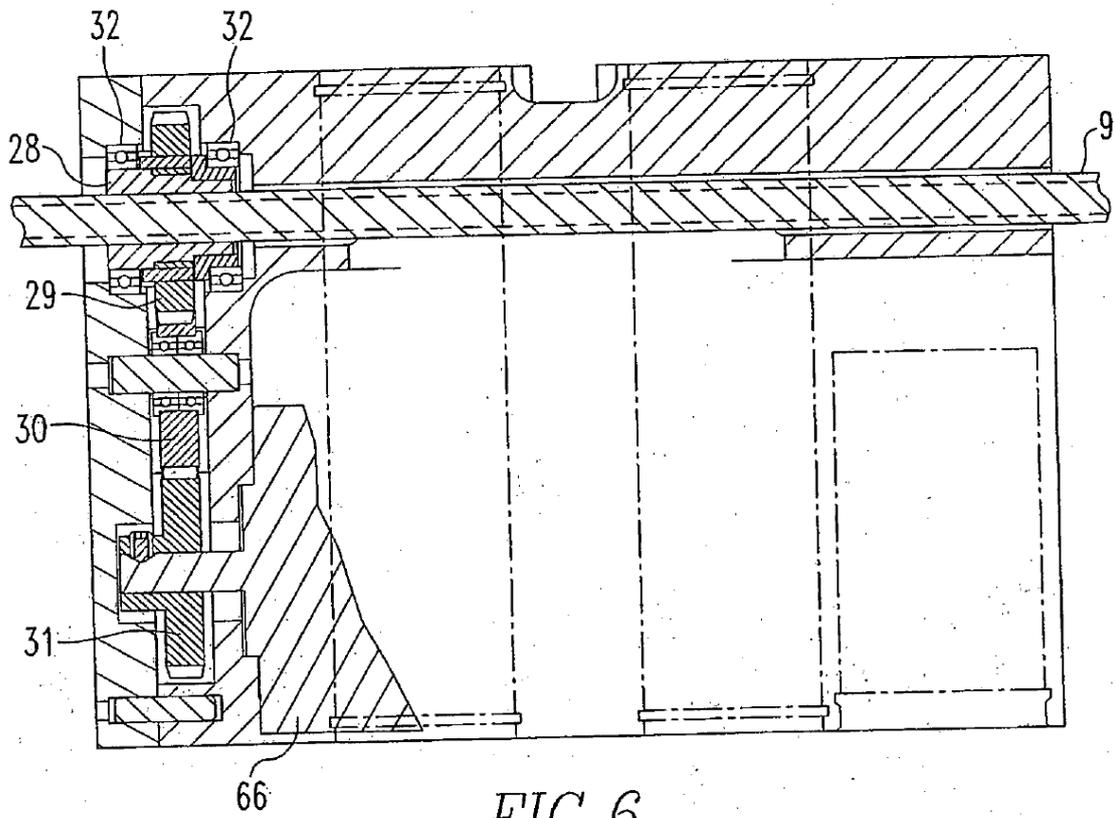
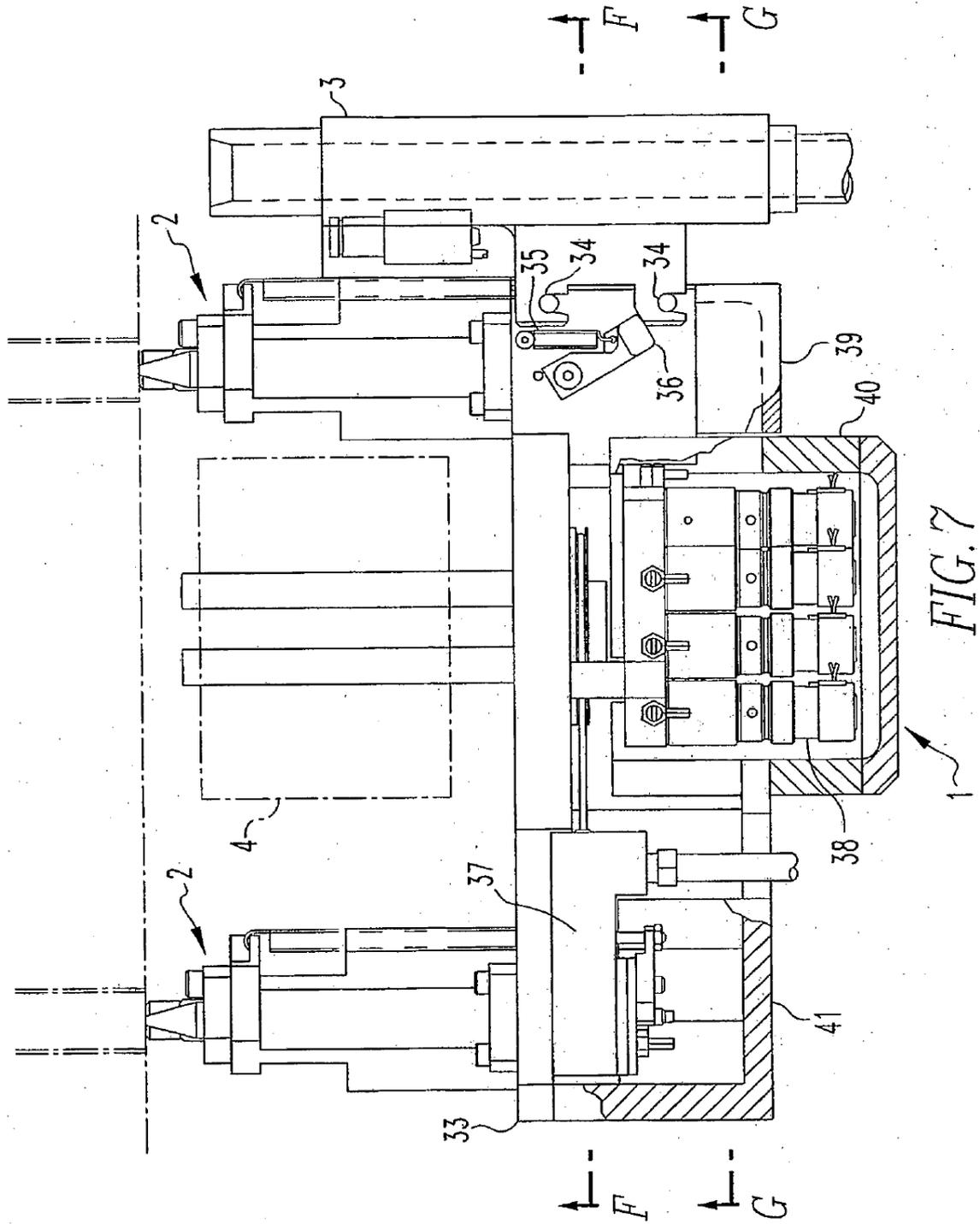
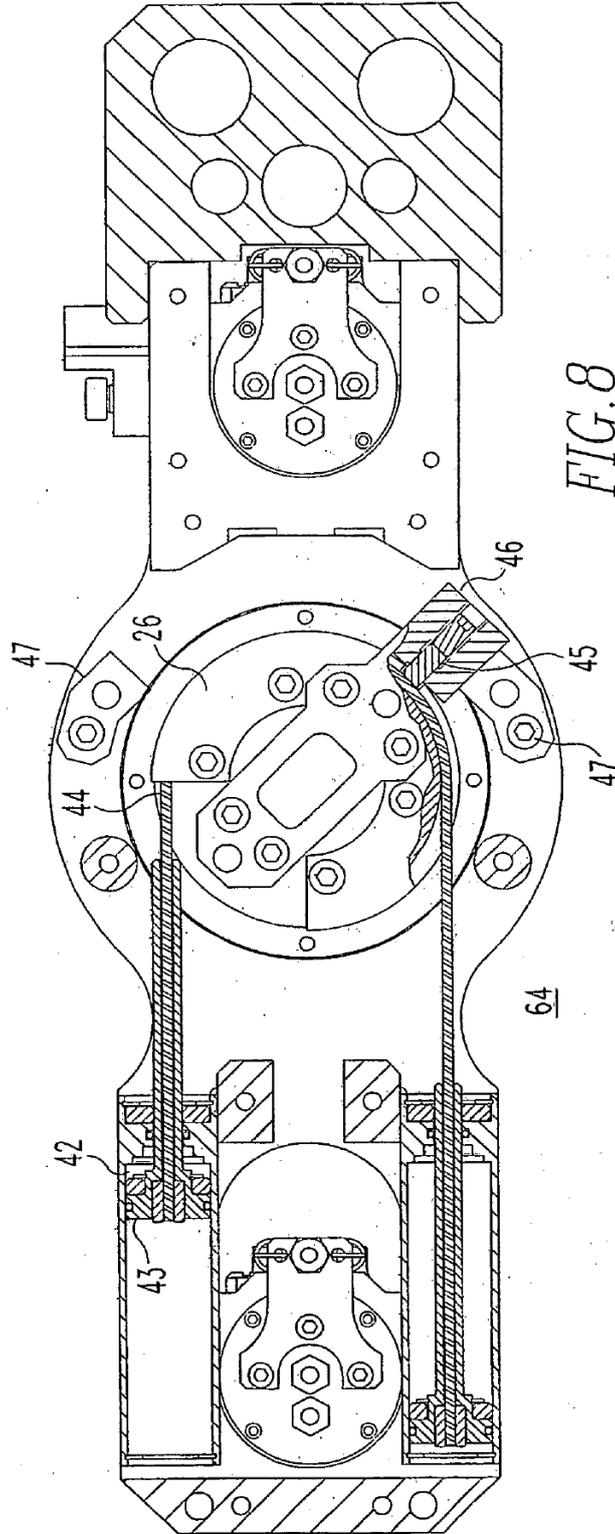


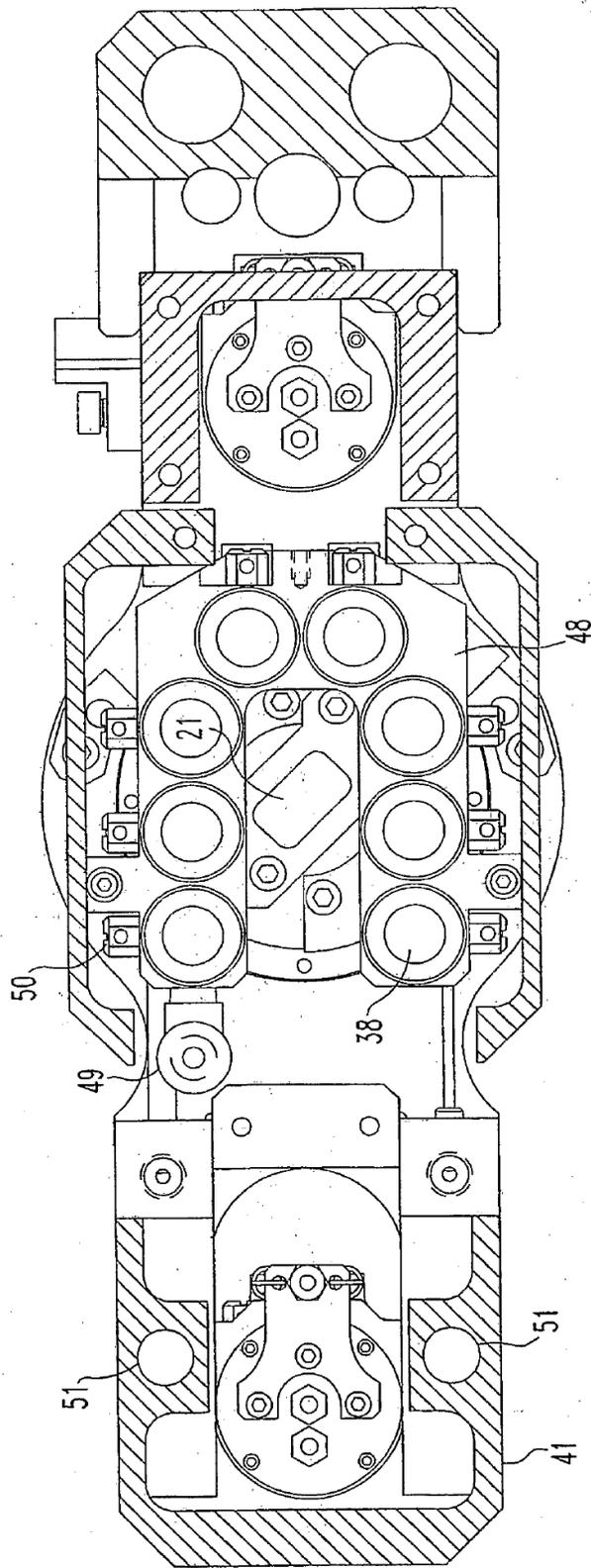
FIG. 5

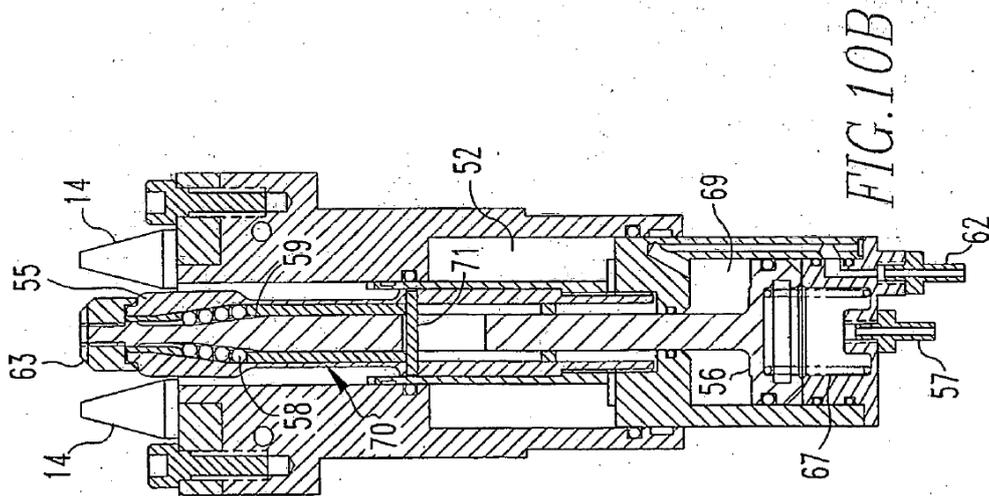
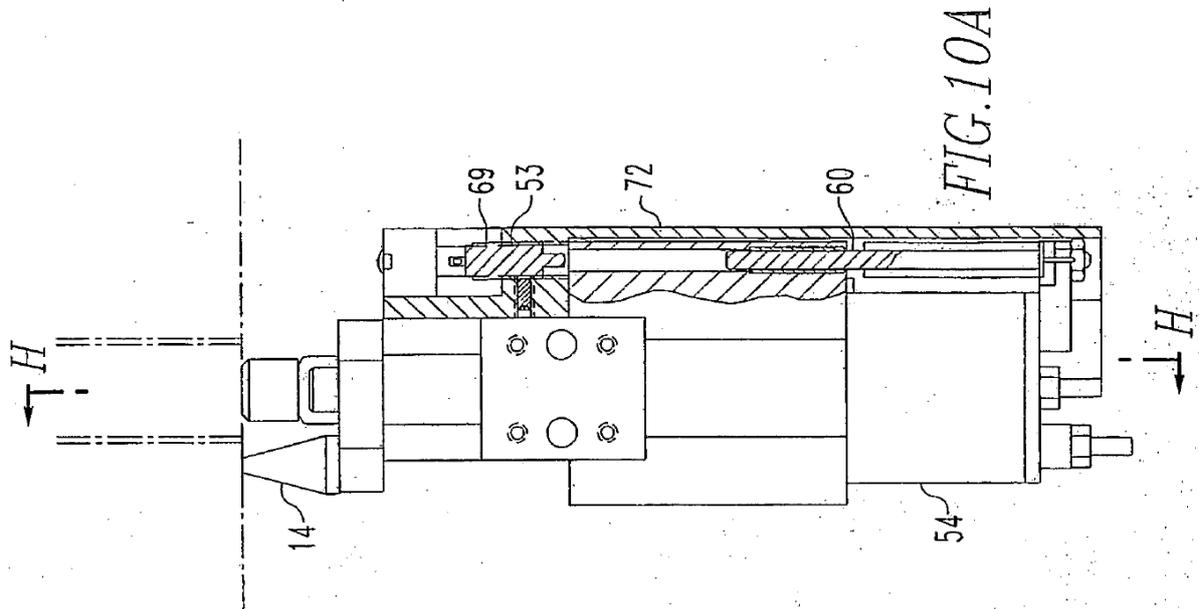


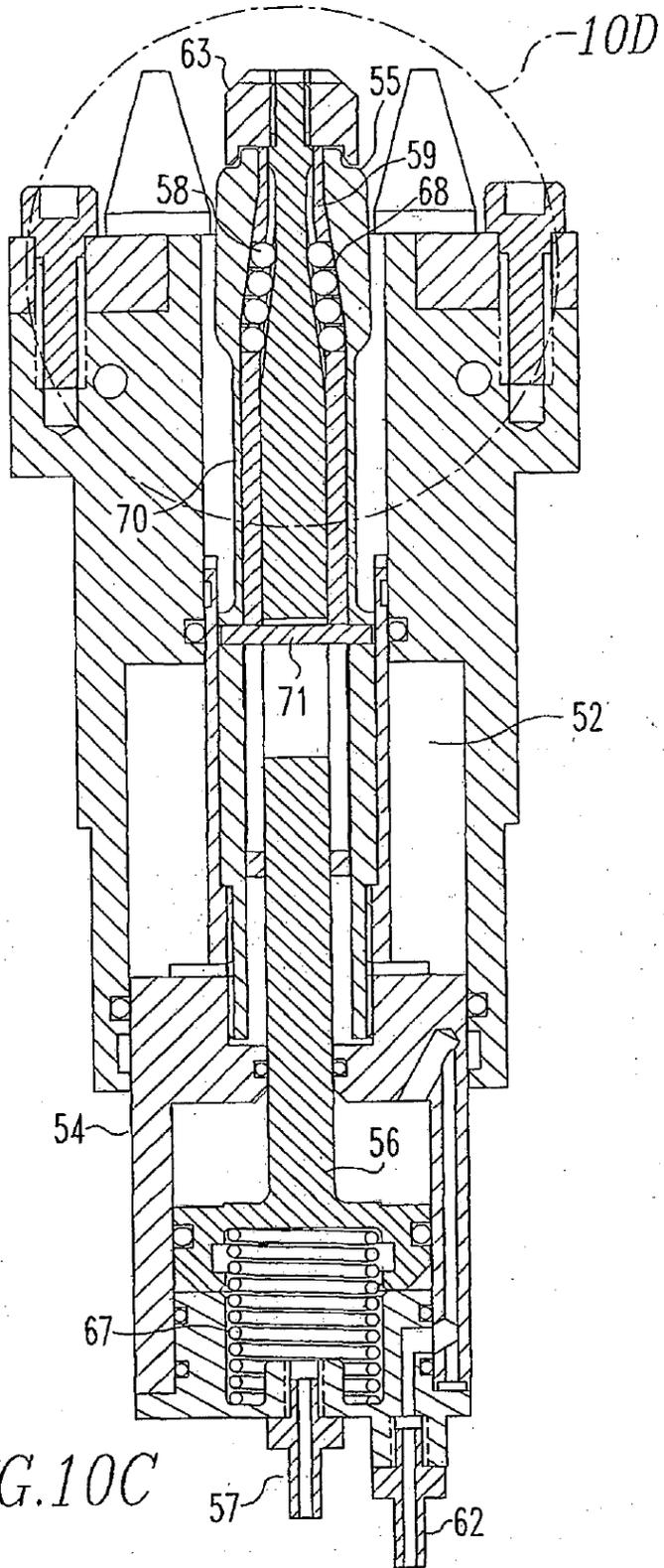












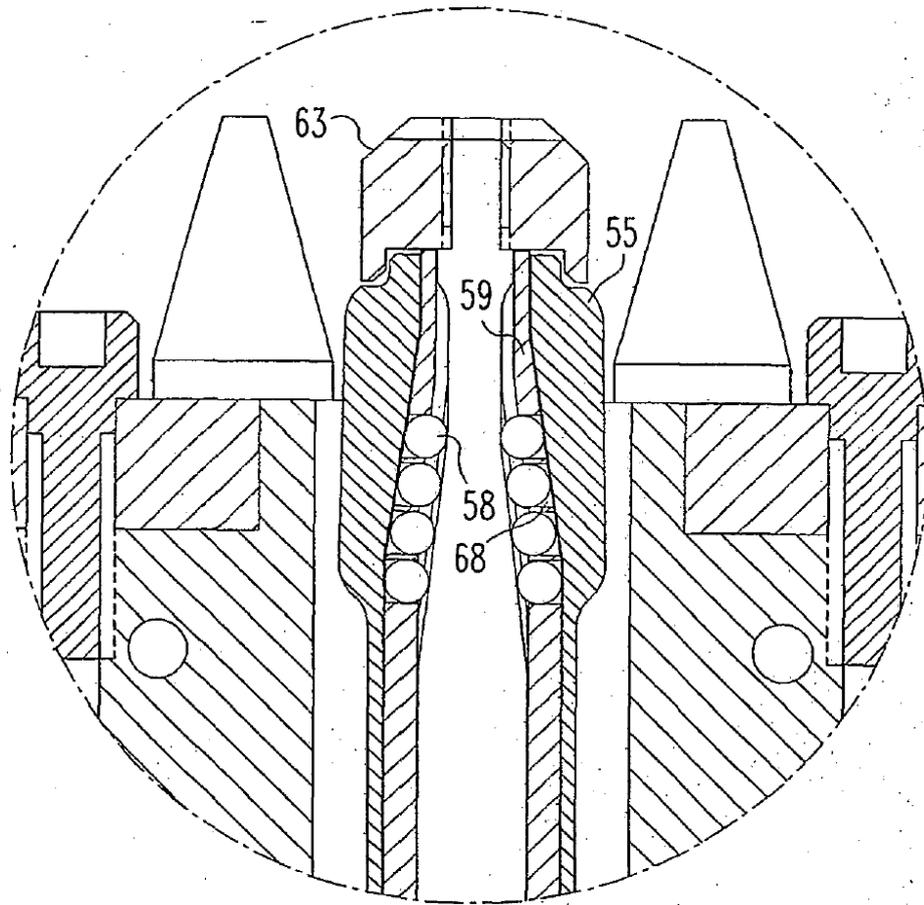


FIG. 10D