

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 416**

51 Int. Cl.:  
**B23K 20/12** (2006.01)  
**B23K 37/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07855397 .1**  
96 Fecha de presentación: **18.09.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2069097**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.06.2009**

54 Título: **Aparato de soldadura en estado sólido por inducción y fricción**

30 Prioridad:  
**18.09.2006 US 845417 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.03.2012**

73 Titular/es:  
**SPINDUCTION WELD, INC.  
339 GLAMORGAN CRESCENT, S.W.  
CALGARY, ALBERTA T3E 5B7, CA**

72 Inventor/es:  
**LINGNAU, David y  
MCDONALD, Colin**

74 Agente/Representante:  
**Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 377 416 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 de soldadura en estado sólido por inducción y fricción

### Campo

5 La presente invención se refiere a un aparato que ha sido desarrollado para uso en procesos de soldadura en estado sólido por inducción y fricción.

### Antecedentes

La patente de los Estados Unidos 6.637.642 (Lingnau) titulada "Method of solid state welding and welded parts" describe un proceso de soldadura en estado sólido por inducción y fricción.

### Sumario

10 Se proporciona un aparato para soldadura en estado sólido por inducción y fricción de acuerdo con la reivindicación 1.

### Breve descripción de los dibujos

15 Éstas y otras características serán más evidentes a partir de la siguiente descripción, en la que se hace referencia a los dibujos anexos; los dibujos son solamente para fines de ilustración y no están destinados de ninguna manera para ser limitativos. En los dibujos:

La figura 1 es una vista en alzado lateral en sección de un aparato de soldadura en estado sólido por inducción y fricción.

La figura 1A es una vista en planta superior en sección del aparato de la figura 1.

La figura 1B es una vista en perspectiva detallada de una pala.

20 La figura 2 es una vista en perspectiva despiezada ordenada de piezas de trabajo insertadas en el porta-herramientas interior.

La figura 3 es una vista en perspectiva del porta-herramientas interior que sujeta las piezas de trabajo.

La figura 4 es una vista en perspectiva del porta-herramientas superior interior que es visualizado.

La figura 5 es una vista en perspectiva de la bobina posicionada entre las piezas de trabajo.

25 Las figuras 6A y 6 B son vistas en perspectiva de la bobina y sus movimientos.

La figura 7 es una vista en perspectiva de una plataforma de Stewart que actúa como un conjunto de posicionamiento de la bobina.

La figura 8A es una vista en perspectiva de la plataforma de Stewart montada en la cámara de soldadura del aparato de la figura 1.

30 Las figuras 8B – 8D son vistas en perspectiva de opciones de montaje alternativa para la plataforma Stewart.

La figura 9 es una vista en perspectiva de un actuador manual para la plataforma de Stewart.

La figura 10 es una vista en perspectiva de piezas de trabajo que están siendo calentadas por la bobina.

La figura 11 es una vista en perspectiva de las piezas de trabajo después de la retirada de la bobina.

La figura 12 es una vista en perspectiva de las piezas de trabajo que están siendo unidas.

35 La figura 13 es una vista en perspectiva de las piezas de trabajo que están siendo liberadas.

La figura 14 es un diagrama de flujo de las etapas de control de la máquina.

Las figuras 15A – 15C son vistas ortográficas de segmentos de tubos con curvaturas extremas.

### Descripción detallada

40 A continuación se describirá un aparato para soldadura en estado sólido por inducción y fricción identificado, en general, por el número de referencia 10, con referencia a las figuras 1 a 15.

**Estructura y relación de las partes:**

La máquina está diseñada para realizar la mecánica que suelta por inducción y fricción dos piezas juntas, como se describe en la patente US 6.637.642 (Lingnau, Method of Solid State Welding and Welded Parts, 28 de Octubre de 2003). El sistema de control de la máquina (no mostrado) controla el aparato 10 para realiza runa serie de etapas secuenciales que se describen a continuación.

El sistema de control de la máquina proporciona movimientos del tipo de desplazamiento en lugar de movimientos basados en la fuerza a través de este conjunto, aunque el sistema de control podría estar diseñado de manera alternativa para proporcionar movimientos basados en la fuerza o una combinación de control de desplazamiento y control de la fuerza. El aparato 10 que se ha ilustrado ha sido diseñado para ser compacto con el fin de proporcionar zonas de soporte proporcionalmente mayores con juego radial de escala reducida.

Con referencia a la figura 1, el aparato 10 tiene cuatro conjuntos principales: (1) un cuerpo 20; (2) un conjunto de montaje estático inferior 21; (3) un conjunto motor 24; y (4) la bobina 99. El conjunto de montaje estático inferior 21 y el conjunto motor 24 actúan como primeros y segundos medios de seguridad para asegurar temporalmente piezas de trabajo tubulares. Aunque no se muestra, se comprenderá que equipo periférico está asociado con la bobina 99, tal como una plataforma de bobina. Las estructuras de soporte necesarias que se requieren para soportar el aparato 10 tampoco se han mostrado, ya que son conocidas por el técnico en la materia, y pueden variar en función de las condiciones que las se utiliza el aparato 10. Se comprenderá que la figura 1 es un dibujo conceptual y que cuando se construye el aparato 10, puede ser necesario utilizar ciertas técnicas conocidas en la materia, tales como anillos apilados para encerrar pistones, etc. en lugar el cuerpo hueco, como se ilustra.

El cuerpo 20 tiene cinco componentes principales: (a) la cámara de soldadura cilíndrica 110, que actúa como el miembro principal de soporte de la carga; (b ) la tapa extrema inferior 100 en un primer extremo, que ayuda a contener la atmósfera de soldadura y también soporta el conjunto de montaje inferior; (c) la pista exterior estática de accionamiento rotatorio 112, que actúa como un estator, se muestra con más detalle en la figura 1A, (d) la tapa extrema superior 118 en un segundo extremo, que permite el paso del extremo superior del conjunto motor 24, y (e) la cortina de atmósfera 111, que contiene la atmósfera de soldadura. El cuerpo 20 tiene un taladro de recepción 119 de la pieza de trabajo que se extiende entre la tapa extrema inferior 100 en el primer extremo y la tapa extrema superior 118 en el segundo extremo.

El primer medio de seguridad en forma del conjunto de montaje inferior 21 tiene cuatro componentes principales: (a) una base del porta-herramientas inferior 108A, que amarra el conjunto a la cámara de soldadura 110 y a la tapa extrema inferior 100; (b) la corredera del porta-herramientas inferior 106A, sobre la que actúan las cámaras hidráulicas para comprimir o liberar de manera independiente el porta-herramientas exterior 104A a través de una corredera lineal en la dirección de la flecha 16; (c) el porta-herramientas inferior inferior 102A, que retiene las piezas de trabajo; y (d) el porta-herramientas exterior inferior 104A, sobre el que actúa la corredera 106A para agarrar o liberar el porta-herramientas interior 102A. El conjunto de montaje inferior 21 está fijado rígidamente al cuerpo 20.

El conjunto motor 24, que incluye los segundos medios de seguridad, tiene seis componentes principales: (a) la base del porta-herramientas inferior 108B, que es funcionalmente similar a la base del porta-herramientas inferior 108A; (b) la corredera del porta-herramientas superior 106B, que es similar a la corredera del porta-herramientas inferior 106A, pero que es capaz de deslizarse independientemente en la dirección de la flecha 14; (c) el porta-herramientas exterior superior 104B, que es funcionalmente similar al porta-herramientas exterior inferior 104A; (d) el porta-herramientas interior superior 102B, que es funcionalmente similar al porta-herramientas interior inferior 102A; (e) el husillo 120, que actúa como el miembro principal de soporte de la carga y transmite tanto compresión (y tensión) como también par motor a las piezas de trabajo; y (f) el collar de transmisión de par motor, referido como el collar rasurado hembra 114, con palas 115A (mostradas en la figura 1A). El husillo tiene un taladro hueco 119 que está dimensionado para alojar el diámetro máximo de las piezas de trabajo y está provisto con taladros roscados y salientes para asegurar el conjunto motor 24, mientras que el conjunto estático 21 está asegurado a la tapa extrema 100. Como se muestra en la figura 1B, las palas 115A están configuradas, en general, como "trapezoides curvados" y el estator 112 tiene palas coincidentes 115B. El collar rasurado hembra 114, que actúa como un rotor, transmite el par motor desarrollado por el accionamiento rotatorio hidráulico al husillo 120, y de esta manera los porta-herramientas superiores 102B y 104B, al mismo tiempo que permiten que la ranura macho sobre el husillo 120 sea lisa, aseguran el movimiento lineal a lo largo del eje central de la máquina 117. Dirigiendo el fluido hidráulico dentro del conjunto de número impar de cavidades entre las palas del rotor 115A y las palas del estator 115B, el movimiento de rotación del rotor 114 se produce en una dirección. Conmutando el flujo de fluido al conjunto de número impar de cavidades, se consigue el movimiento de rotación en la otra dirección. El husillo 120 es un componente cilíndrico de taladro hueco de alta precisión que imparte movimientos lineal y rotatorio independientes a los componentes del porta-herramientas superior 102B y 104B con buena exactitud y capacidad de repetición, con holgura próxima a cero, y permite movimientos rotativos inversos de alta precisión. Con el conjunto de montaje inferior 21 retenido estacionario, el conjunto motor 24 permite la rotación relativa de los porta-herramientas inferiores 102A y 104A, y los porta-herramientas superiores 102B y 104B, así como el movimiento relativo de aproximación y

de alejamiento unos de los otros.

Con referencia a la figura 1A, el par motor disponible es directamente proporcional:

- 5 • al número de palas motrices 115A, en el accionamiento rotatorio. En la práctica, pueden existir entre 1 y 8 palas espaciadas equidistantes alrededor del perímetro del rotor 114, donde las máquinas de tamaño más pequeño tienen menos palas para permitir un rango mayor de movimiento rotativo, y las máquinas de tamaño mayor tienen más palas para proporcionar pares motores mayores. El aparato 10 puede estar diseñado de tal forma que se puede cambiar el número de palas;
- a la distancia de las palas 115A desde el eje central 117;
- el área de las palas 115A; y
- 10 • la presión hidráulica aplicada a las palas 115A.

Además, el rango angular de movimiento es inversamente proporcional al número de palas motrices 115A. Por ejemplo, si el tamaño de las palas 115A, su distancia desde el eje central 117 y la presión hidráulica están dimensionados de tal manera que dos palas 115A proporcionar un par motor de 40.000 pies-libra, entonces, la adición de más palas 115a tendrá los siguientes resultados.

15	Nº de palas	Par motor posible	Ángulo posible
	2	40000 pies-lb	160°
	4	80000 pies-lb	70°
	6	120000 pies-lb	40°

20 Con referencia a la figura 1, la desviación lineal se realiza a través de un actuador expansible accionado con fluido, tal como un martinete hidráulico 116, que desplaza el conjunto motor en la dirección de la flecha 12 para aproximar y alejada los porta-herramientas superiores e inferiores 102A, 102B, 104A y 104B unos de los otros, permitiendo todavía un movimiento radial alrededor del eje central de la máquina 117. Estos dos movimientos dan como resultado un movimiento compuesto con relación al conjunto de porta-herramientas inferior 21, que es estático. De nuevo el accionamiento hidráulico rotatorio 112 y 114 impone un movimiento rotatorio que se representa por la flecha 10, mientras que el martinete hidráulico 116 impone un movimiento lineal independiente representado por la flecha 12 a lo largo del eje central de la máquina 117. La figura 1A es una sección transversal del conjunto 10 que muestra el conjunto de accionamiento hidráulico rotatorio, que incluye el collar rasurado 114, las palas 115A, el estator 112 y la cámara de soldadura de 112.

30 Con referencia a la figura 1, la bobina 99 y partes asociadas (no mostradas) pueden no estar fijadas directamente a la cámara de soldadura. La bobina actúa como un medio de calefacción por inducción que es móvil entre una posición operativa dentro del taladro de recepción 119 de la pieza de trabajo y una posición almacenada extraída desde el taladro de recepción 117 de la pieza de trabajo. A continuación se presenta una descripción de las opciones de montaje de la plataforma con referencia a las figuras 7 a 9. Se refiere exclusivamente al proceso de posicionamiento de la bobina 99 en la localización y orientación óptimas en el espacio para compensar óptimamente la entrada de calor por inducción en las dos superficies de soldadura opuestas de las piezas de trabajo.

40 El aparato 10 tiene un taladro pasante 119 a lo largo del eje central 117 para permitir el paso de piezas de trabajo largas u operaciones de soldadura del tipo de tubería. Las superficies internas de los porta-herramientas internos 104A y 104B están configuradas con preferencia para adaptarse a las superficies externas de las piezas de trabajo y están provistas con texturas superficiales que mejoran la fricción y con endurecimiento para prevenir el deslizamiento y la abrasión.

45 Los sistemas hidráulicos integrados (no mostrados) de conjuntos porta-herramientas 21 y 24 desplazan la corredera cónica del porta-herramientas en la dirección de las flechas 16 y 14 sobre linguetes 60A y 60B cónicos invertidos maquinados en los porta-herramientas exteriores 104A y 104B. Con referencia a la figura 3, esto a su vez flexiona los linguetes de montaje estrecho 62A y 62B de los porta-herramientas interiores 102A y 102B para agarrar rígidamente las piezas de trabajo 130 y 132.

La función de los diversos elementos en cada etapa en la operación de soldadura se indicará a continuación con referencia a las etapas mostradas en la figura 14.

50 En la etapa 202 en la figura 14, el sistema de porta-herramientas se cambia, si s necesario, para alojar las piezas de trabajo a soldar. En la etapa 204, y con referencia a la figura 2, los porta-herramientas interiores 102A y 102B están en su posición de contacto frío, con las líneas de referencia 134 y 136 a 90° entre sí y con respecto al eje central de la máquina 117 (mostrado en la figura 1). Las piezas de trabajo 130 y 132 son insertadas como se representa por la

flecha 101 como un conjunto apilado, y de esta manera se empuja, como se representa por la flecha 103, el conjunto 138, que ha sido previamente soldado, dentro del taladro 119 del husillo 120 mostrado en la figura 1. Esta dirección del flujo de las partes se puede invertir para reducir al mínimo la transferencia de calor desde las partes soldadas hasta el husillo 120.

5 En la etapa 206 en la figura 14, y con referencia a las figuras 1 y 3, los porta-herramientas exteriores 104A y 104B (mostrados en la figura 1) comprenden independientemente los porta-herramientas interiores 102A y 102B para agarrar las piezas de trabajo 130 y 132, como se representa por las flechas 22A y 22B, mientras están en la posición de contacto frío. Estas fuerzas de sujeción se mantienen hasta que las piezas de trabajo 130 y 132 son soldadas y están preparadas para ser expulsadas, como se describirá con referencia a la figura 13. Hay que indicar que las  
10 fuerzas de sujeción impartidas por los porta-herramientas 104A y 104B son independientes y no necesariamente idénticas.

En la etapa 208 en la figura 14, y con referencia a las figuras 1 a 4, el control motor 24 desplaza los porta-herramientas interiores 102A y 102B que retienen las piezas de trabajo 130 y 132 hasta la posición de calefacción, como se muestra. La posición de calefacción consta de un desplazamiento lineal a lo largo del eje central de la máquina y de un desplazamiento angular alrededor del eje central de la máquina (mostrado aquí con las líneas de  
15 referencia de la posición 134 y 136 a 0° entre sí con respecto al eje central de la máquina).

En la etapa 210 en la figura 14, y con referencia a la figura 5, la bobina 99 es insertada en el volumen de trabajo por el actuador de la bobina, que podría ser del tipo de movimiento lineal o del tipo de movimiento rotatorio. El movimiento descrito a continuación se refiere a un tipo de movimiento lineal. Durante la calefacción, las piezas de  
20 trabajo 130 y 132 y los porta-herramientas interiores 102a y 102b son retenidos de forma estacionaria, y la bobina 99 está posicionada entre las piezas de trabajo 130 y 132. La posición de la bobina 99 se define por seis variables: la desviación x, y, z desde un punto cero, y el balanceo, inclinación y guiñada desde las líneas centrales ortogonales respectivas. El conjunto de posicionamiento de la bobina 125 mostrado en la figura 7 controla la posición de la bobina (ver más adelante).

25 Con referencia a la figura 6A, la bobina 99 está posicionada a través de seis medidas independientes basadas en el sistema de coordenadas cartesianas, centrado sobre un punto cero predefinido: (a) la desviación x 26; (b) la desviación y (28); (c) la desviación z 30, que es a lo largo del eje central de la máquina; (d) el balanceo 32; (e) la inclinación 34; y (f) la guiñada 36. La bobina 99 está posicionada independientemente del actuador – en este caso, linealmente. La escala y la configuración preferidas del conjunto de posicionamiento de la bobina dependen  
30 totalmente del diseño del actuador. Con referencia a la figura 6B, la bobina 99 puede estar posicionada independientemente del actuador en un sentido rotatorio. De nuevo, la escala y la configuración preferidas del conjunto de posicionamiento de la bobina 125 mostrados en la figura 7 dependen totalmente del diseño del actuador.

Con referencia a la figura 7, se muestra un ejemplo de un conjunto adecuado de posicionamiento de la bobina 125. El conjunto de posicionamiento de la bobina 125 es esencialmente una plataforma de Stewart específica de los  
35 rangos menores de movimiento que se requieren por la envolvente del movimiento de la bobina. La plataforma de Stewart está en forma de un poliedro expansible que se utiliza para mover la bobina entra la posición operativa para actuar como un calefactor por inducción, y la posición almacenada, para permitir la soldadura de las piezas de trabajo, una vez que han sido calentadas adecuadamente. Por lo tanto, esta plataforma de Stewart 125 específica tiene cuatro características de definición:

- 40 a. Cada pareja de actuadores formada de actuadores 140 (referidos comúnmente como “puntales”) convergen en una junta común 142 (referida como un “nodo”). Esto conduce a una estructura más sencilla y más robusta con actuadores 140 totalmente independientes y sólo seis juntas 142.
- b. En la posición neutral, donde los actuadores están a medio camino entre la extensión máxima y la  
45 extensión mínima, las seis parejas de actuadores 140 con los conectores virtuales formados dentro de las placas extremas 146 forman seis triángulos equiláteros. Existen dos triángulos equiláteros más idénticos formados por los tres puntos de montaje sobre las placas de base (es decir, los conectores virtuales) – que producen un octaedro de tensión mínima formado de triángulos equiláteros.
- c. La estructura es unidireccional – es decir, que las placas superior e inferior de montaje son intercambiables.
- d. Los actuadores están ajustados al ser humano. El operador humano interactúa guiado por un circuito de  
50 realimentación de posición cerrada asistido por ordenador. Esto es posible porque el sistema no está sobre-restringido, ya que existen muchas plataformas de Stewart debido a su uso de más de seis juntas de pivote. En tales sistemas sobre-restringidos, el cambio de la longitud de una pata requiere necesariamente la compensación simultánea de la longitud en otras varias patas para prevenir la deformación de las plataformas. Las economías proporcionadas por el ajuste manual sobre la base ocasional requerida  
55 típicamente no excluye el uso futuro de actuadores controlados por ordenador en esta aplicación específica.

Además del tipo regular (simétrico) cerrado de octaedro descrito anteriormente, que se establece en la técnica anterior, es posible utilizar una modificación de la plataforma Stewart, en la que el octaedro está ramificado, es decir, "abierto por corte" perpendicularmente a las placas extremas por división de uno de los nodos. No es obvio que sea posible ramificar una plataforma de Stewart sin comprometer su funcionalidad, pero la presente invención ha sido practicada por los autores, probando que el concepto funciona. Esta modificación aporta varias ventajas a la presente aplicación que se detallarán a continuación.

Con referencia ahora a las figuras 8A a 8D, la plataforma de Stewart 125 se puede montar en varias orientaciones según se requiera por el diseño del actuador de bobina. Las figuras 8A a 8D muestran cuatro variaciones:

- a. En la figura 8A, al extremo estacionario de la plataforma 147 está montado sobre la cámara de soldadura 110 por la placa de adaptación en el orificio de acceso de la bobina 149. El extremo móvil de la plataforma 148 retiene el actuador de la bobina. Esta configuración es más adecuada para un actuador de bobina lineal – hay que indicar que el actuador de bobina lineal pasa a través de la propia plataforma a medida que accede al orificio de acceso de la bobina 149. Por lo tanto, las cargas dinámicas de la fuerza de reacción a partir del movimiento rápido de la bobina son distribuidas de una manera uniforme a través de todas las juntas y actuadores de la plataforma.
- b. En la figura 8B, el extremo estacionario de la plataforma 147 está montado sobre la cámara de soldadura 110 por la placa de adaptación debajo de la máquina, pero fuera del orificio de acceso de la bobina 149. El extremo móvil de la plataforma 148, que está más próximo al orificio de acceso de la bobina 149, retiene el actuador de la bobina. De manera alternativa, se monta el extremo estacionario de la plataforma al suelo por medio de la placa de adaptación. Esta configuración es más adecuada para un actuador de bobina giratoria montado en el lateral.
- c. En la figura 8C, el extremo estacionario de la plataforma 147 está montado en el suelo por la placa de adaptación debajo del orificio de acceso de la bobina 149. El extremo móvil de la plataforma 148 retiene el actuador de la bobina. Esta configuración es más adecuada o bien para un actuador de bobina giratoria montada en la parte superior o para un actuador lineal grande montado en la parte superior.
- d. En la figura 8D, la plataforma ramificada de Stewart rodea parcialmente la cámara de soldadura con el extremo estacionario de la plataforma montado en la placa extrema de la cámara de soldadura y la longitud de los puntales dimensionada de tal forma que el extremo móvil de la plataforma es aproximadamente coplanar con el extremo anterior del porta-herramientas estacionario, de manera que cuando el actuador de la bobina está montado sobre la placa extrema móvil, la bobina, cuando se extiende, está aproximadamente centrada entre los dos porta-herramientas.

Se comprenderá que los actuadores 140 pueden ser accionados manualmente o servo-accionados. Con referencia ahora a la figura 9, se muestra un ejemplo de un actuador 140 accionado manualmente de la plataforma de Stewart 125, que se compone de ocho componentes, cada uno de los cuales tiene un total de siete grados de libertad (DOF). Cada componente y su papel son como sigue:

- a. La bola 168 proporciona tres de los seis DOF requeridos; un balanceo 38, una inclinación 40, y una guiñada 42 con respecto al punto cero local, que es el centro de la junta. La bola 168 está retenida por un extremo de barra (n o mostrado) que es fijado después rígidamente a la placa extrema de la plataforma más próxima (no mostrada). Hay que indicar que la bola (superior) opuesta no se muestra para incrementar la legibilidad, pero proporciona tres DOF adicionales.
- b. La caña saliente macho 154 está fijada y montada dentro de la caña del actuador manual / saliente hembra siguiente. Éstas permiten una torsión relativa entre las parejas de actuadores a través de la bola.
- c. Las patas con base doblada 156 retienen las cañas salientes 154 y 170 y las barras roscadas 158 y 164. Este componente proporciona también las holguras necesarias alrededor de la rótula 168 para permitir los rangos de movimiento requeridos de la plataforma.
- d. La caña roscada izquierda 158 está insertada rígidamente en la pata con base doblada, de tal manera que no puede existir ningún movimiento relativo. El torniquete 160 está enroscado sobre el extremo opuesto de la caña 158.
- e. El torniquete 160, que incluye los mecanismos de bloqueo de la posición 166 (no se muestran en detalle), proporciona el DOF de desplazamiento lineal y un bloqueo preciso mecánico siguiente del actuador 140. El operador humano, dentro del circuito de realimentación del sensor (ves más abajo) retuerce el torniquete 160 en la dirección de la flecha 46, que da como resultado un desplazamiento lineal en la dirección de la flecha 44. A medida que cada uno de todo el conjunto de seis actuadores 140 es ajustado de forma secuencial, se bloquea en longitud por los mecanismos de bloqueo de la posición 166. Hay que indicar que todos los seis actuadores manuales interactúan como una unidad, según se requiera por las geometrías de

toda la plataforma de Stewart 125.

- f. El sensor de posición 162 proporciona una señal de realimentación a un sistema electrónico (no mostrado) que contiene una lectura que corresponde a la longitud real (junta-a-junta) del actuador manual 140.
- g. La caña roscada derecha 164 es funcionalmente similar a la cara roscada izquierda 158 mostrada anteriormente.
- h. La caña saliente hembra 170 está fijada y montada sobre la caña saliente macho 154, estando montada al mismo tiempo firmemente en la bola 168. Esta interfaz de caña/bola no permite ningún movimiento relativo.

Con referencia ahora a la etapa 212 en las figuras 14 y 10, los porta-herramientas interiores 102A, 102B, las piezas de trabajo 130, 132, y la bobina 99 están en la posición de calefacción después de haber sido posicionados utilizando los componentes descritos anteriormente. El sistema de inducción se conecta, lo que da como resultado tres efectos mutuamente inducidos: (a) una corriente circular dentro de la bobina, (b) un campo magnético toroidal 172, y (c) una corriente inducida circular opuesta dentro de las dos piezas de trabajo 130, 132. La corriente calienta las piezas de trabajo sobre la base de varios factores incluidos con la posición de la bobina son respecto a las piezas de trabajo 130, 132. La patente de los Estados Unidos 6.637.642 (Lingnau, Method of Solid State Welding and Welded Parts, 28 de Octubre de 2003) describe este proceso con mas detalle.

Con referencia ahora a la etapa 214 en las figuras 14 y 11, el actuador de bobina (no mostrado) expulsa la bobina 99 en la dirección de la flecha 48 después de que las piezas de trabajo 130, 132 han sido calentadas durante un periodo de tiempo prescrito al nivel de potencia requerido. Los porta-herramientas interiores 102A, 102B y las piezas de trabajo 130, 132 agarradas permanecen, en general, estacionarias, en la posición de calefacción, aunque para ciertas aplicaciones puede ser ventajoso hacer girar el porta-herramientas superior 102B durante la calefacción. Aunque la flecha 48 muestra una trayectoria lineal (que implica un actuador de bobina lineal), no se excluye una trayectoria giratoria (que implica un actuador de bobina giratorio).

Con referencia ahora a la etapa 216 en la figura 14 y las figuras 1 y 12, el conjunto motor 24 desplaza el porta-herramientas interior superior 102B a través de dos movimientos de soldadura simultáneos, pero independientes; un desplazamiento lineal en la dirección de la flecha 12 a lo largo del eje central de la máquina, y un desplazamiento giratorio en la dirección de la flecha 10 alrededor del eje central de la máquina. La nueva orientación de los componentes en la posición de tope de soldadura. Hay que indicar que esta posición implica, en general, que los porta-herramientas interiores estén juntos más cerca que en la posición de contacto frío. No obstante, la expansión térmica de las partes calientes puede proporcionar en algunos casos una interferencia suficiente para efectuar soldaduras buenas en la posición de contacto frío. Como se enseña en la patente de los Estados Unidos 6.637.642 (Lingnau, Method of Solid State Welding and Welded Parts, 28 de Octubre de 2003), una fase de forjado, que implica compresión y cizallamiento lateral, sigue inmediatamente a la fase de calefacción, tan pronto como la bobina 99 es expulsada desde la posición de calefacción. En algunas aplicaciones es ventajoso utilizar el martinete hidráulico 116 mostrado en la figura 1 para retirar la soldadura antes de que se refrigere con el fin de reducir el pando que se produciría en otro caso en el plano de la soldadura. En otros casos, es ventajoso retirar la soldadura después de que ha sido parcial o totalmente refrigerada con el fin de verificar la integridad de la soldadura.

Con referencia ahora a la etapa 218 en la figura 14 y en las figuras 1 y 13, después de completar el ciclo de soldadura, los porta-herramientas exteriores 106A y 106B liberan las presiones independientes representadas por las flechas 50A, 50B sobre los porta-herramientas 102A y 102B, lo que a su vez libera la pieza de trabajo 138 soldada. La pieza de trabajo soldada puede ser expulsada entonces en la etapa 220, que puede ser realizada en combinación con la inserción de nuevas piezas de trabajo 130 y 132 retomando a la etapa 204.

Ventajas:

La máquina realiza dos movimientos simultáneos: un impulso y una torsión. Este diseño permite un movimiento axial y un movimiento rotatorio simultáneos a niveles altos de par motor y cargas axiales altas con la cantidad mínima posible de holgura en ambos ejes. Las ranuras coincidentes están estrechamente dimensionadas para reducir al mínimo adicionalmente la holgura rotatoria. Cualquier otro diseño de la máquina tendrá partes móviles y, por lo tanto, más holgura y típicamente menos par motor disponible.

La máquina tiene un diseño compacto, de tal manera que existen zonas de soporte proporcionalmente mayores con juego radial reducido a escala. El diseño compacto permite la operación de doble extremo con un segundo conjunto de porta-herramientas y cámara de soldadura sobre el extremo opuesto para duplicar la productividad de una sola máquina. Puesto que el actuador hidráulico es compacto, rígido y compensado en el diseño, es práctico montar una cámara de soldadura sobre cada extremo para permitir aproximadamente el doble de productividad para aplicaciones de producción de alto volumen, con tal que la pieza de trabajo no tenga que ser alimentada a través del husillo.

El aparato 10 está provisto también con una ranura de soporte de alta tolerancia que reduce al mínimo la holgura, y

- permite un movimiento alternativo a alta velocidad con buena exactitud y capacidad de repetición. El aparato 10 es adaptable también a varias situaciones y materiales: por ejemplo, para un caso básico que utiliza dos palas de agarre para generar 40000 pies-libra de par motor y 160° de movimiento, entonces cuatro palas de agarre generan 80000 pies-libra de par motor y 70° de movimiento, y seis palas de agarre generan 120000 pies-libra de par motor y 40° de movimiento. Las velocidades y las aceleraciones permanecen controlables de forma independiente. El taladro puede alojar piezas de trabajo con diámetros entre 1 y 12 pulgadas, pero son posibles tamaños mayores motivados por la economía de la aplicación pretendida. Con el diseño de alimentación pasante, el aparato 10 se puede utilizar para soldar segmentos en una pieza continua de longitud deseada. El taladro grande a través del husillo permite un flujo de alimentación pasante de piezas de trabajo o incluso la soldadura de segmentos en longitudes continuas.
- 5
- 10 El octaedro ramificado permite localizar el centro de movimiento en el centro geométrico de la cámara de soldadura, pero no requiere la circunvalación completa de la cámara de soldadura. Esto permite a su vez el uso de articulaciones más cortas y más rígidas para un tamaño dado de cámara de soldadura. La colocación del centro de movimiento para la plataforma de Stewart simultáneamente en el centro de la cámara de soldadura tiene la ventaja de que los rangos de movimiento para los primeros 6 DOF están compensados más uniformemente que en el caso de las disposiciones de las figuras 8A, 8B, 8C.
- 15
- En aplicaciones que implican la soldadura de segmentos de tubería 222 que pueden tener curvatura extrema como se muestra en la figura 15A, las curvas pueden estar orientadas de tal manera que los ángulos pueden ser cancelados como se muestra en la figura 15C, en lugar de incrementar el ángulo en todo el conjunto, como se muestra en la figura 15B.
- 20
- Una cuestión significativa en la perforación y entubación ha sido el problema de la alineación de conexiones atornilladas, El aparato, como se ha descrito anteriormente, proporciona un medio para alinear tubos curvados para prevenir la formación de curvaturas.
- En este documento de patente, la palabra “que comprende” se utiliza en su sentido no limitativo para significar que los objetos que siguen a la palabra están incluidos, pero no se excluyen objetos no mencionados específicamente.
- 25
- Una referencia a un elemento por el artículo indefinido “un” no excluye la posibilidad de que esté presente más de un elemento, a no ser que el contexto requiera claramente que existe uno y solamente uno de los elementos.
- Los técnicos en la materia apreciarán que varias adaptaciones y modificaciones de las formas de realización descritas pueden ser configuradas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. Las formas de realización ilustradas han sido presentadas solamente a modo de ejemplo y no deben interpretarse como limitación de la invención. Se comprenderá que, dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones, se puede practicar la invención de una manera diferente a la ilustrada y descrita específicamente.
- 30

**REIVINDICACIONES**

1.- Un aparato para soldadura en estado sólido por inducción y fricción, que comprende:

un cuerpo (20) que tiene un primer extremo (100), un segundo extremo (118) y un taladro de recepción (119) de una pieza de trabajo y que se extiende entre el primer extremo (100) y el segundo extremo (118);

5 primeros medios de seguridad (21) para asegurar temporalmente una primera pieza de trabajo tubular en el taladro de recepción (119) de la pieza de trabajo;

segundos medios de seguridad (24) para asegurar temporalmente una segunda pieza de trabajo tubular en el taladro de recepción (119) de la pieza de trabajo;

medios de calefacción por inducción (99);

10 un actuador (125) para mover los medios de inducción (99) entre una posición operativa dentro del taladro de recepción (119) de la pieza de trabajo y una posición almacenada extraída fuera del taladro de recepción (119) de la pieza de trabajo;

15 medios (116) para efectuar el movimiento relativo de los primeros medios de seguridad (21) y los segundos medios de seguridad (24) para aproximar y alejar los primeros medios de seguridad (21) y los segundos medios de seguridad (24) unos con respecto a los otros; y

medios (112, 114) para efectuar una rotación relativa de los primeros medios de seguridad (21) y de los segundos medios de seguridad (24);

20 caracterizado porque el actuador (125) comprende un bastidor octaedro expansible para mover los medios de calefacción por inducción (99) y para el ajuste fino de la posición de los medios de calefacción por inducción (99) en la posición operativa con relación a los extremos adyacentes de las primeras y de las segundas piezas de trabajo tubulares.

2.- El aparato de la reivindicación 1, en el que uno de los primeros medios de seguridad (21) y los segundos medios de seguridad (24) es un porta-herramientas estacionario y otro de los primeros medios de seguridad (21) y los segundos medios de seguridad (24) son un porta-herramientas móvil.

25 3.- El aparato de la reivindicación 2, en el que un actuador (116) accionado por fluido que actúa sobre el porta-herramientas móvil se utiliza como el medio para aproximar y alejar los primeros medios de seguridad (21) y los segundos medios de seguridad (24) unos con respecto a los otros.

30 4.- El aparato de la reivindicación 2, en el que el porta-herramientas móvil (24) tiene una ranura externa y está rodeado por un collar de transmisión de par motor (114), teniendo el collar de transmisión de par motor (114) una ranura interna que se acopla con la ranura externa del porta-herramientas móvil (24), de manera que el collar de transmisión de par motor (114) sirve como medio para efectuar la rotación relativa de los primeros medios de seguridad (21) y los segundos medios de seguridad (24).

35 5.- El aparato de la reivindicación 4, en el que está previsto un accionamiento rotatorio (112) para aplicar una fuerza rotatoria al collar de transmisión de par motor (114), efectuando de esta manera una rotación del porta-herramientas móvil (24) con relación al porta-herramientas rotatorio (21).

6.- El aparato de la reivindicación 5, en el que el accionamiento rotatorio comprende:

palas externas de rotor (115A) sobre el collar de transmisión de par motor (114);

40 palas internas de rotor (115B) sobre el cuerpo (20), definiendo la relación entre las palas de rotor (115A) y las palas de rotor (115B) unas cavidades de fluido entre el collar de transmisión (114) y el cuerpo (20), de tal manera que la rotación del collar de transmisión de par motor (114) se efectúa bombeando un fluido de trabajo dentro de cavidades de fluido seleccionadas.

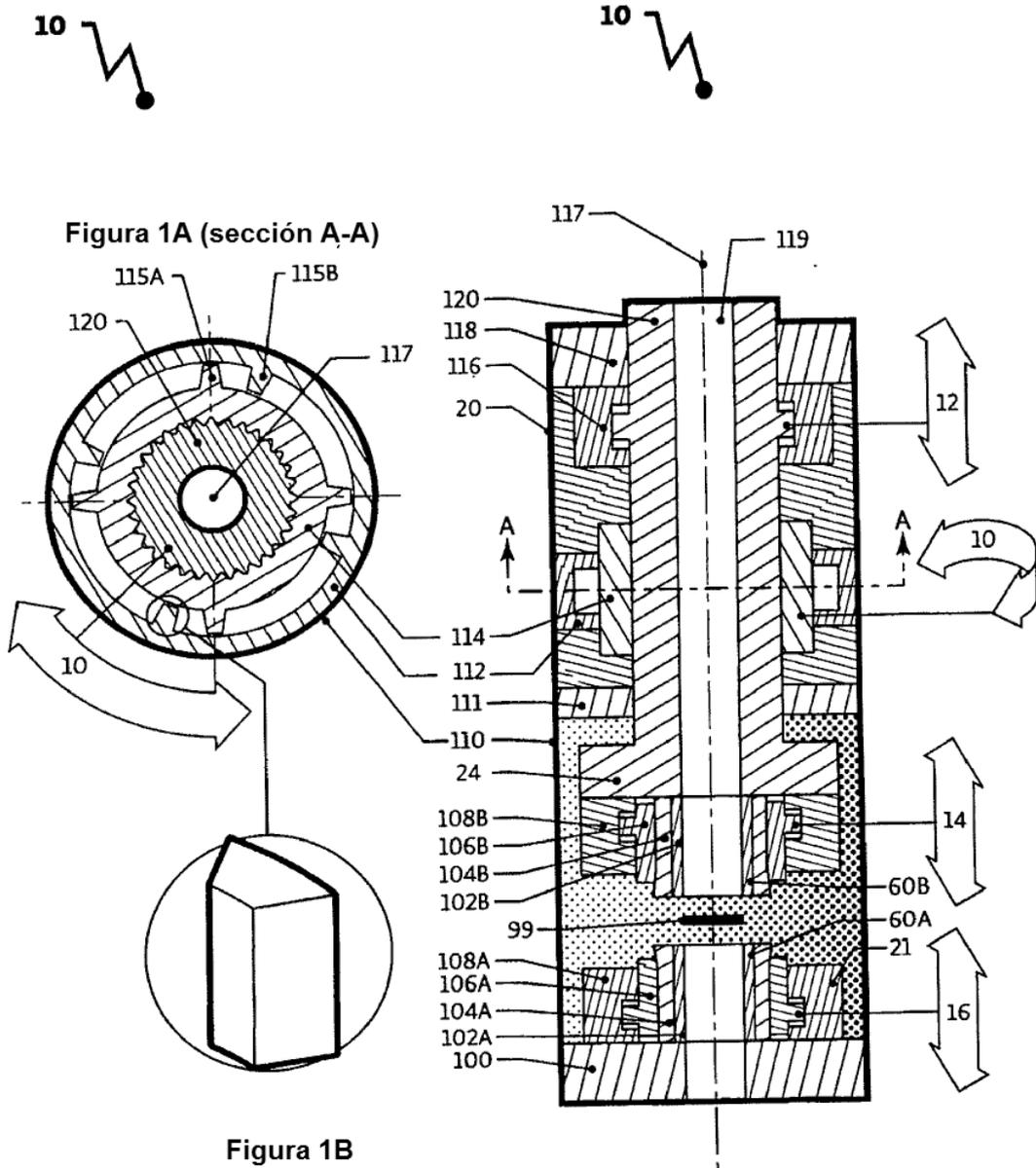


Figura 1

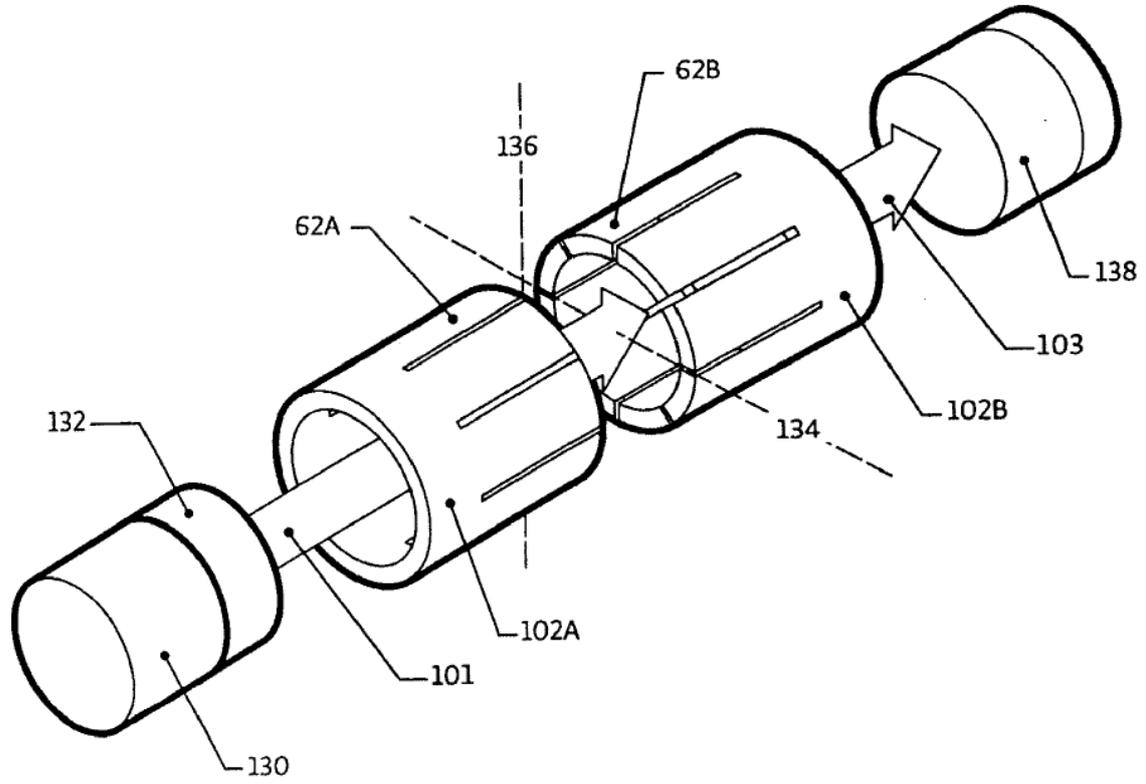


Figura 2

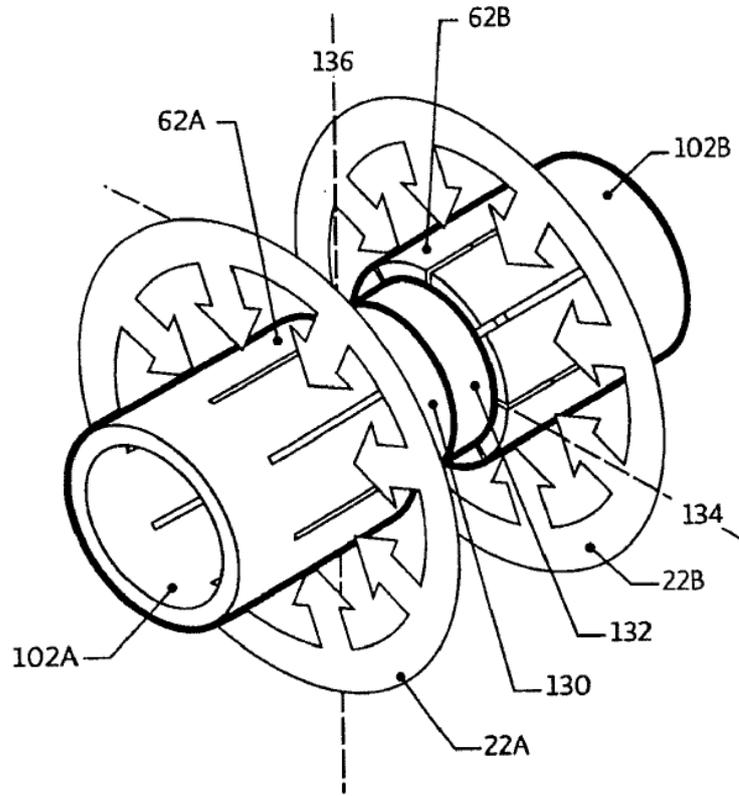


Figura 3

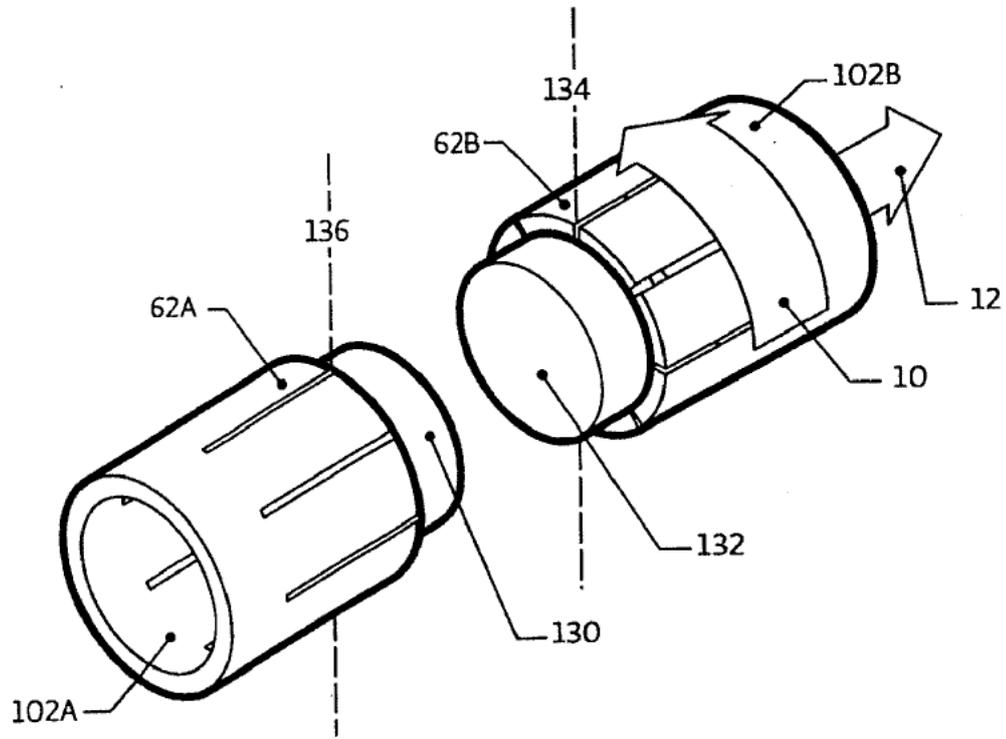


Figura 4

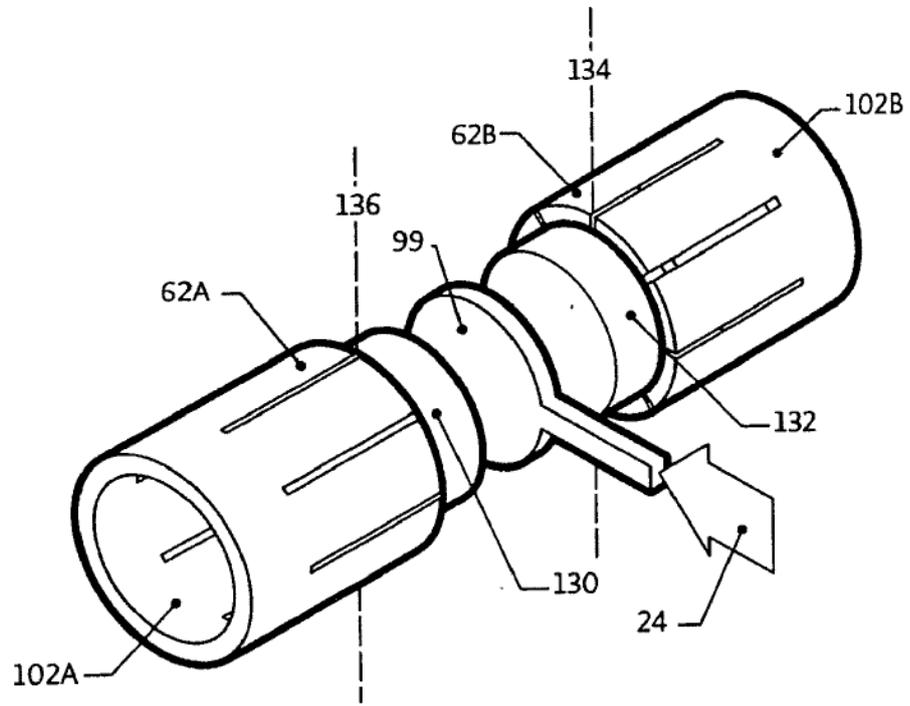


Figura 5

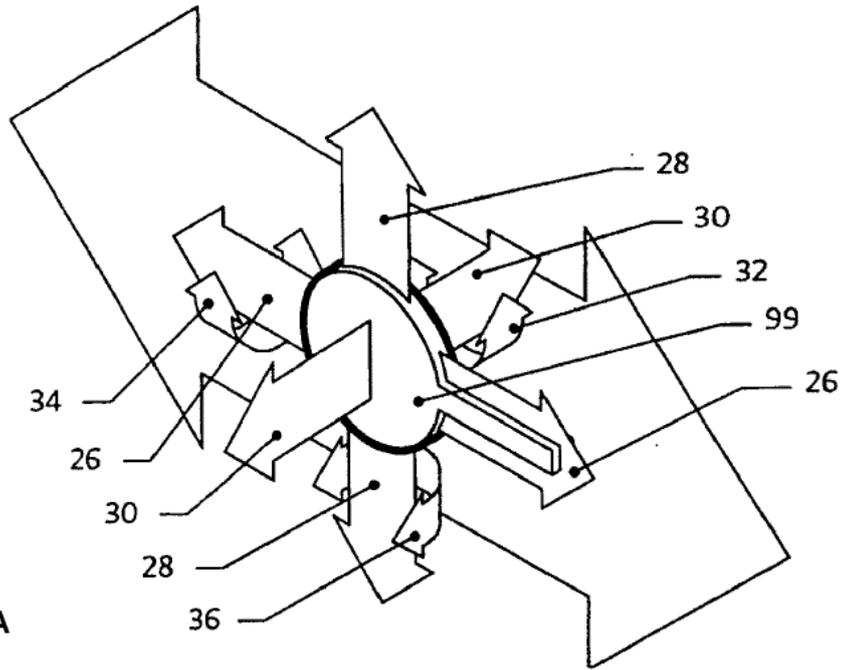


Figura 6A

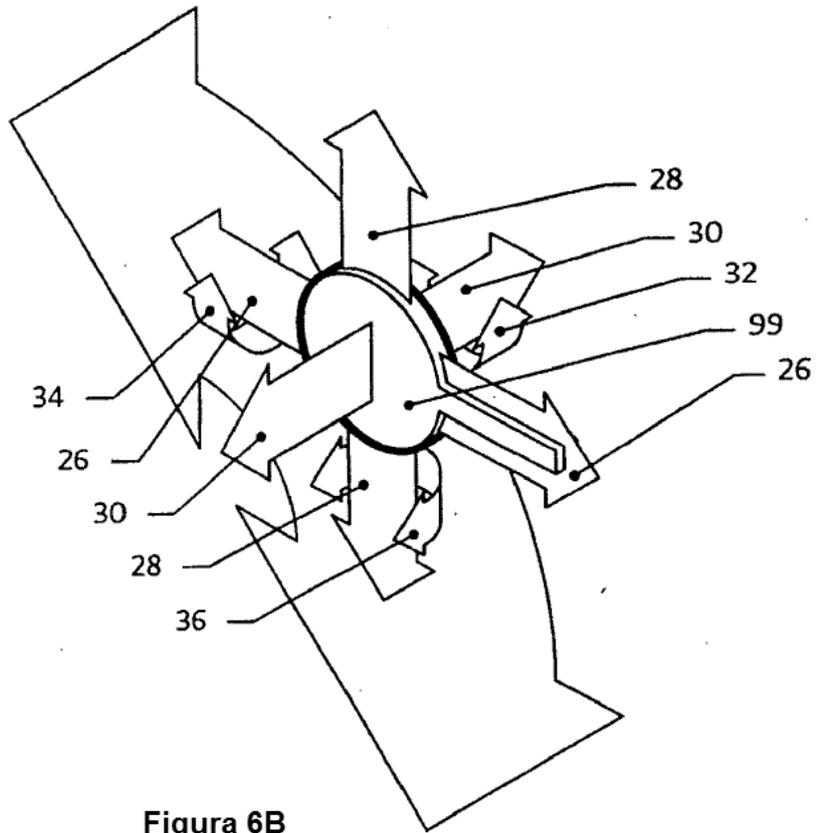


Figura 6B

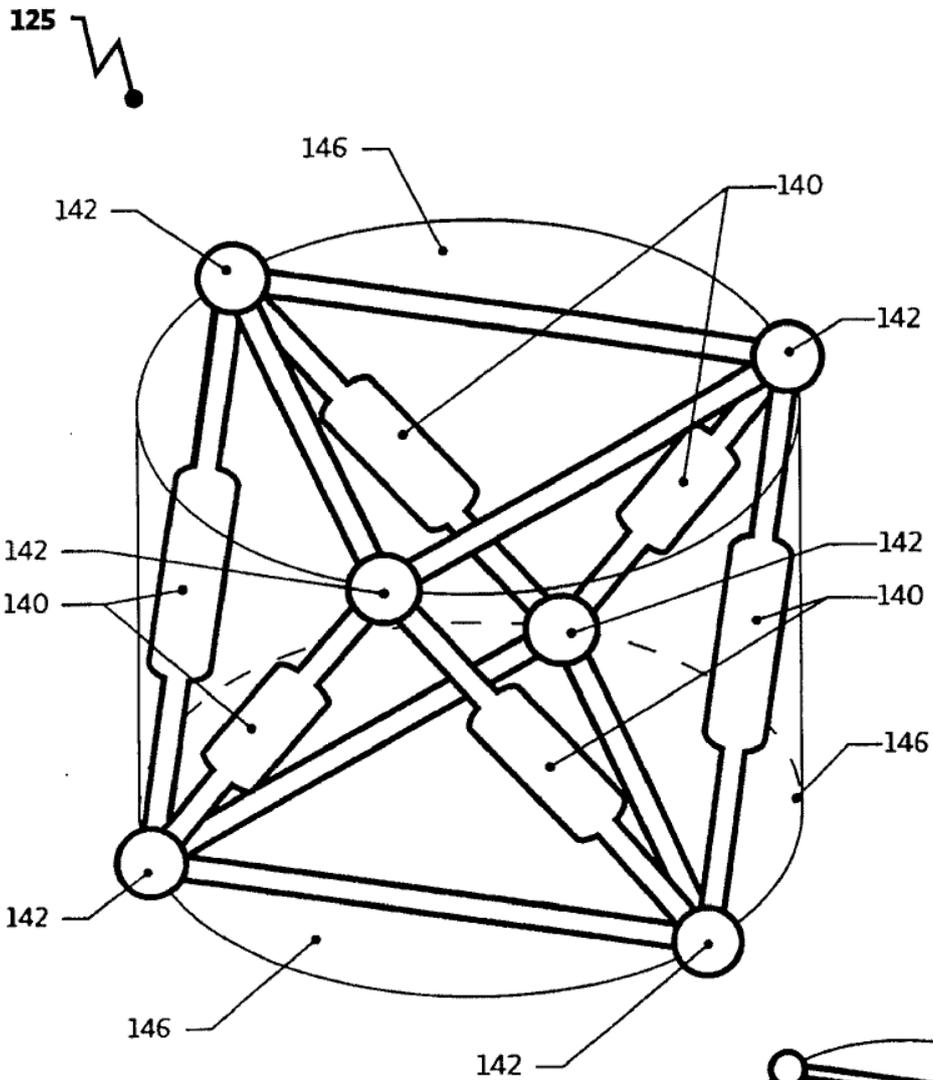


Figura 7A

Figura 7B

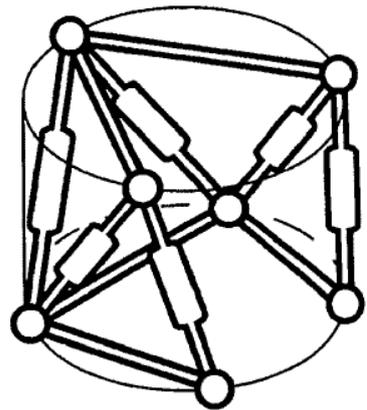


Figura 8A

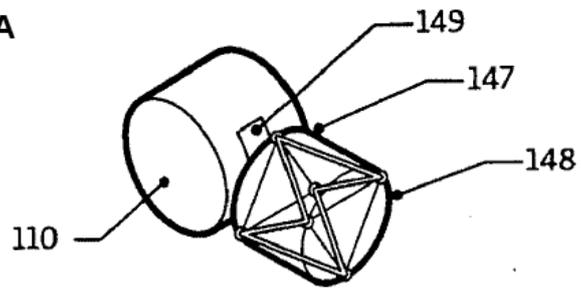


Figura 8B

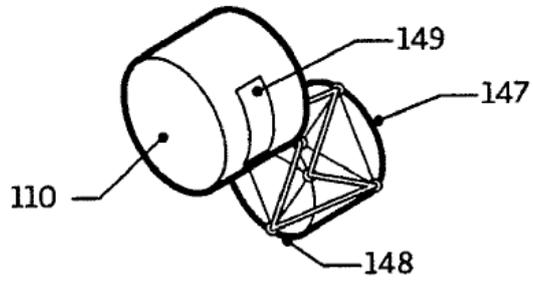


Figura 8C

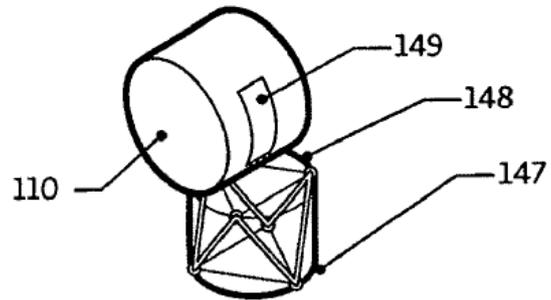
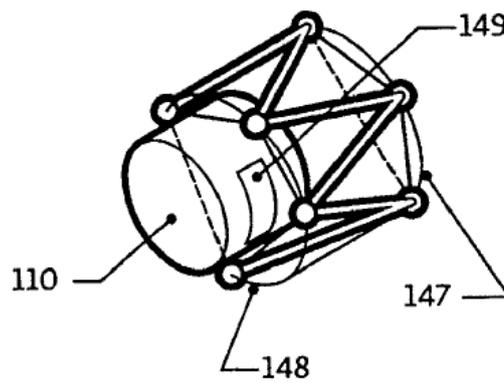


Figura 8D



151 

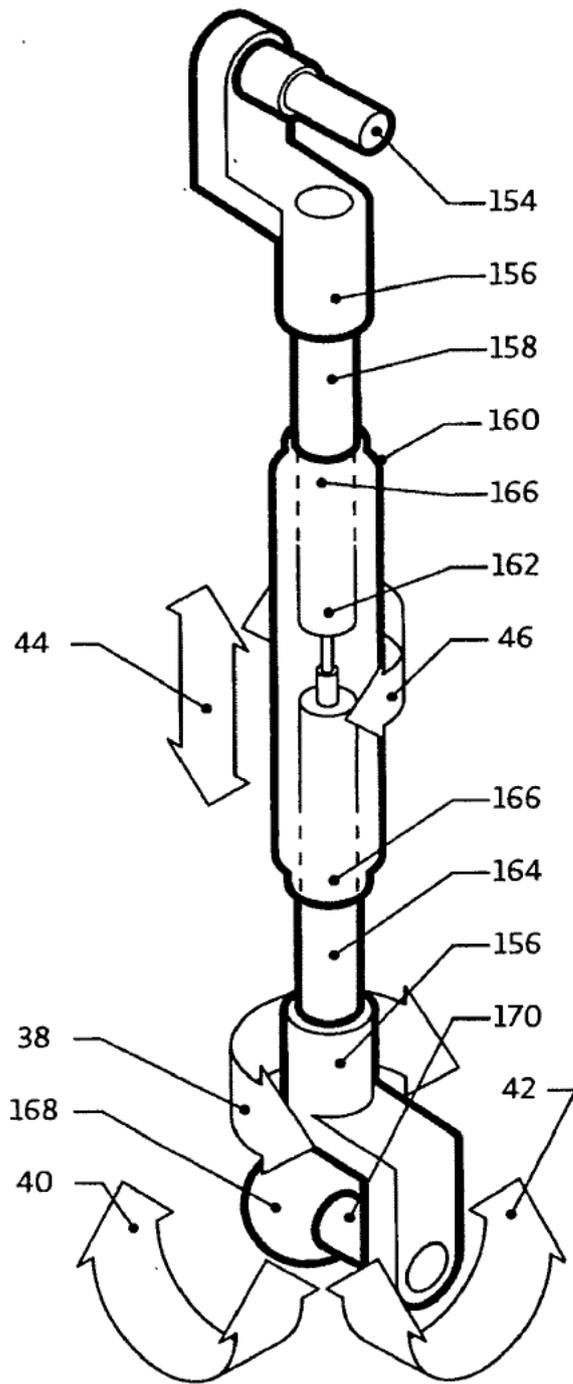


Figura 9

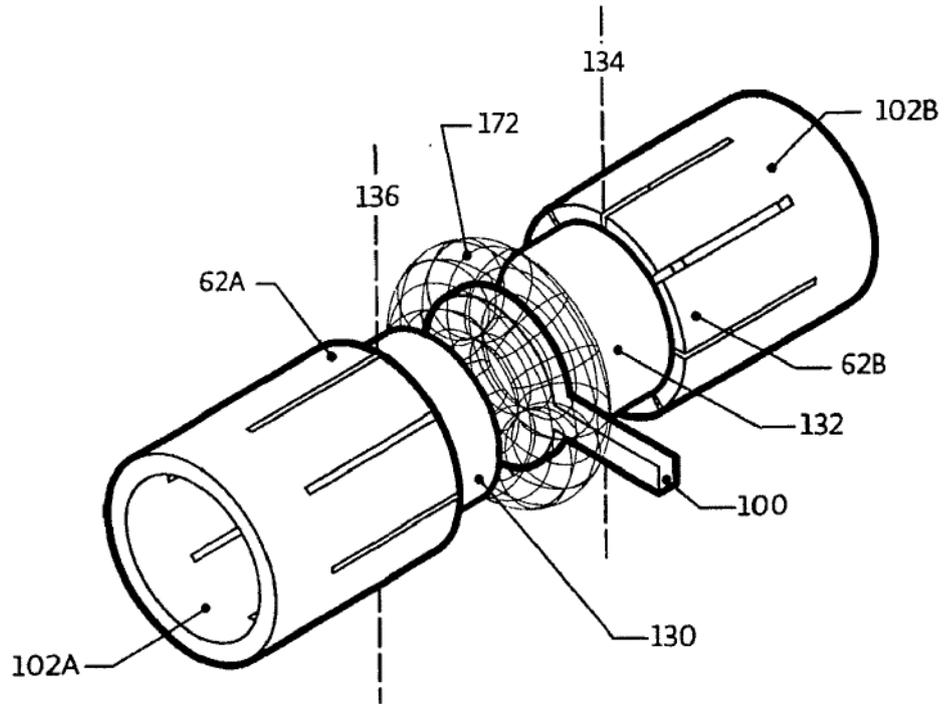


Figura 10

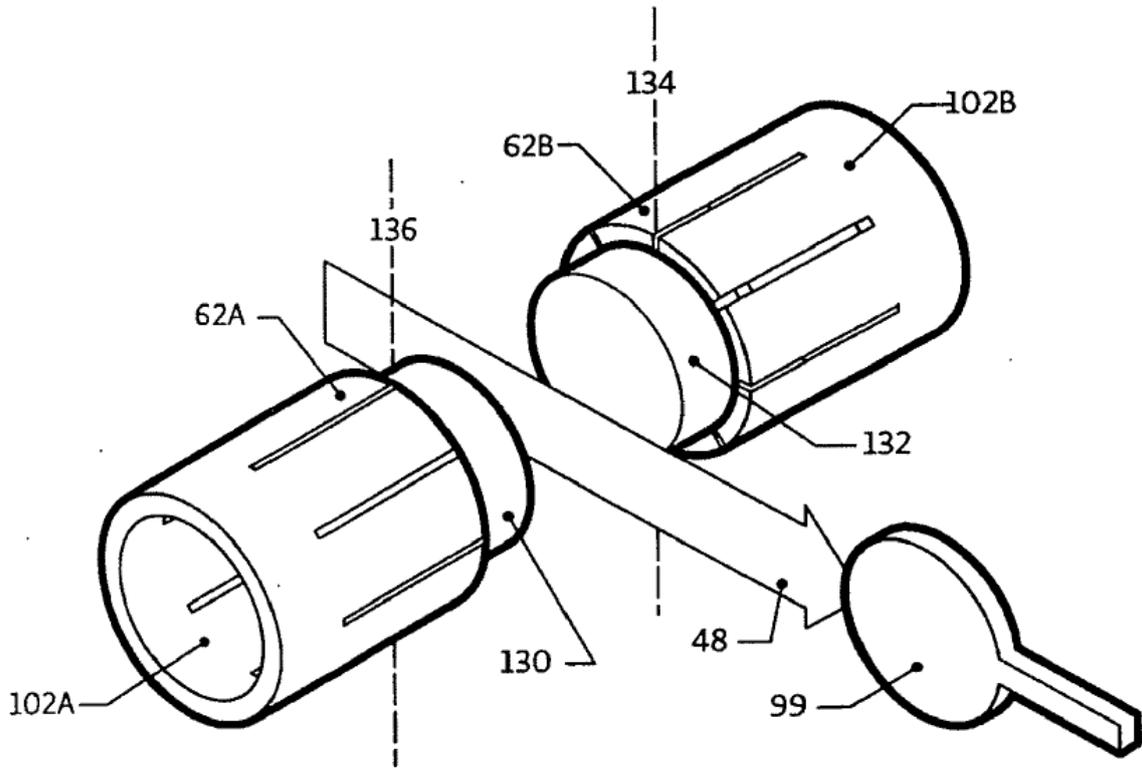


Figura 11

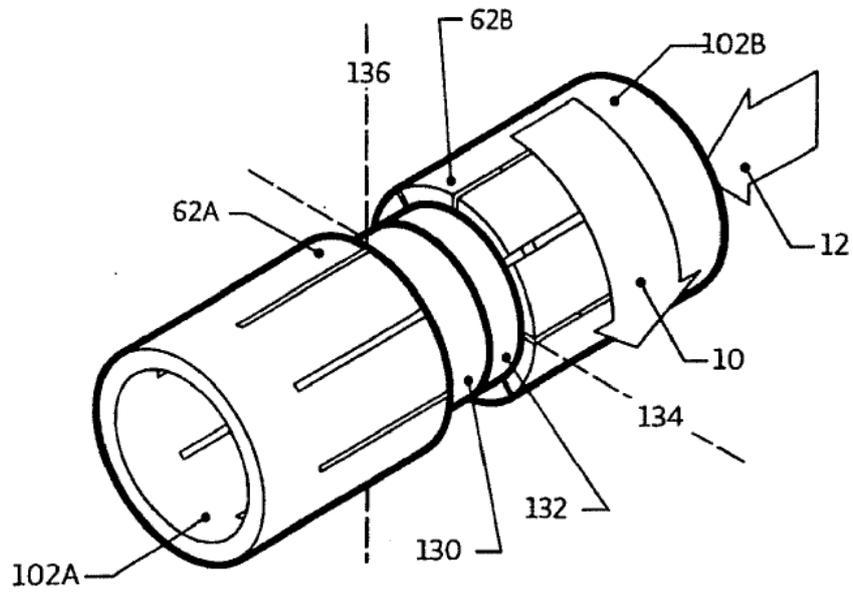


Figura 12

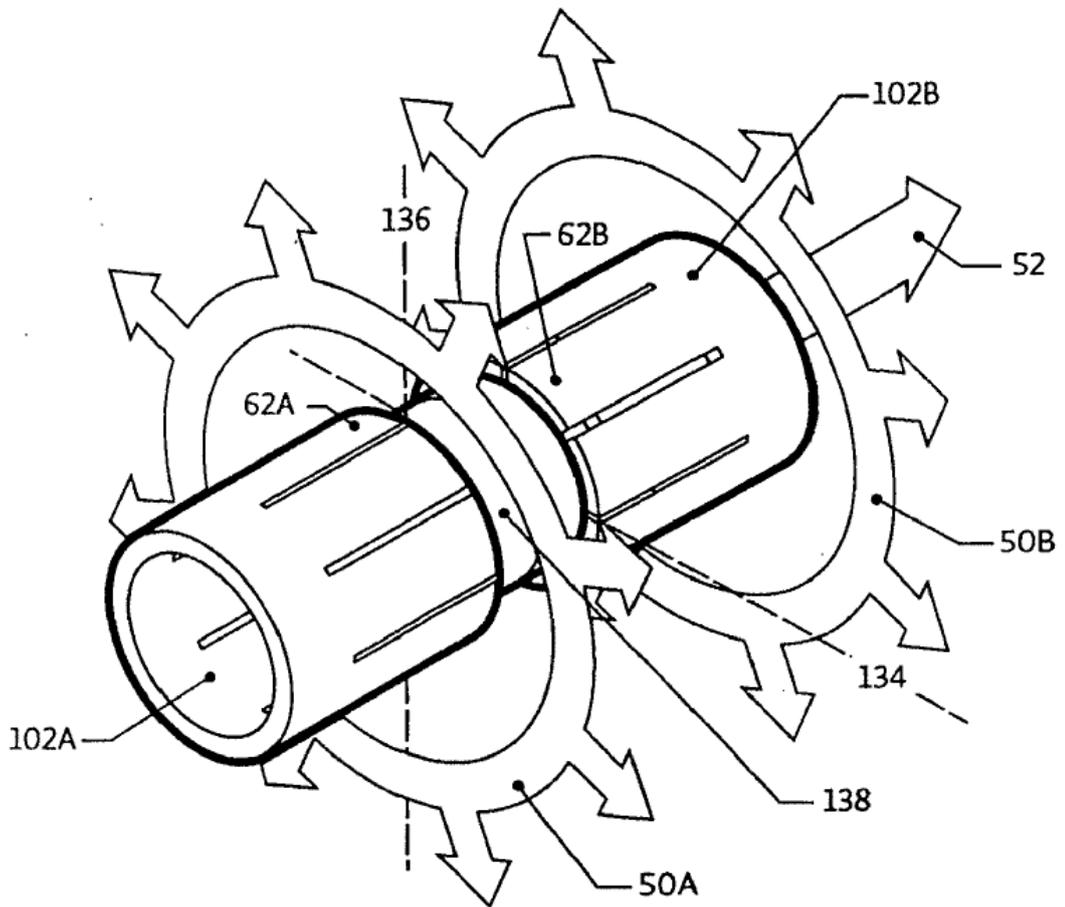


Figura 13

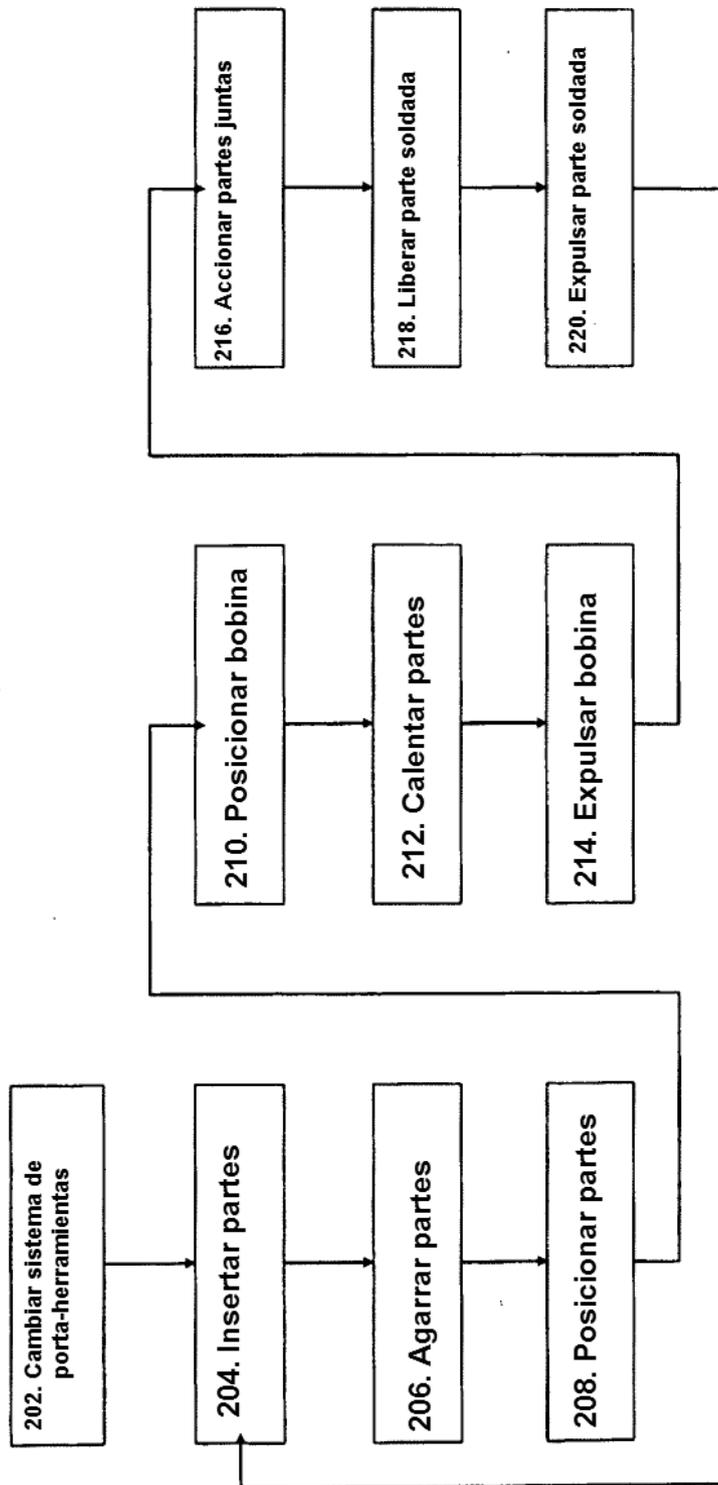


Figura 14

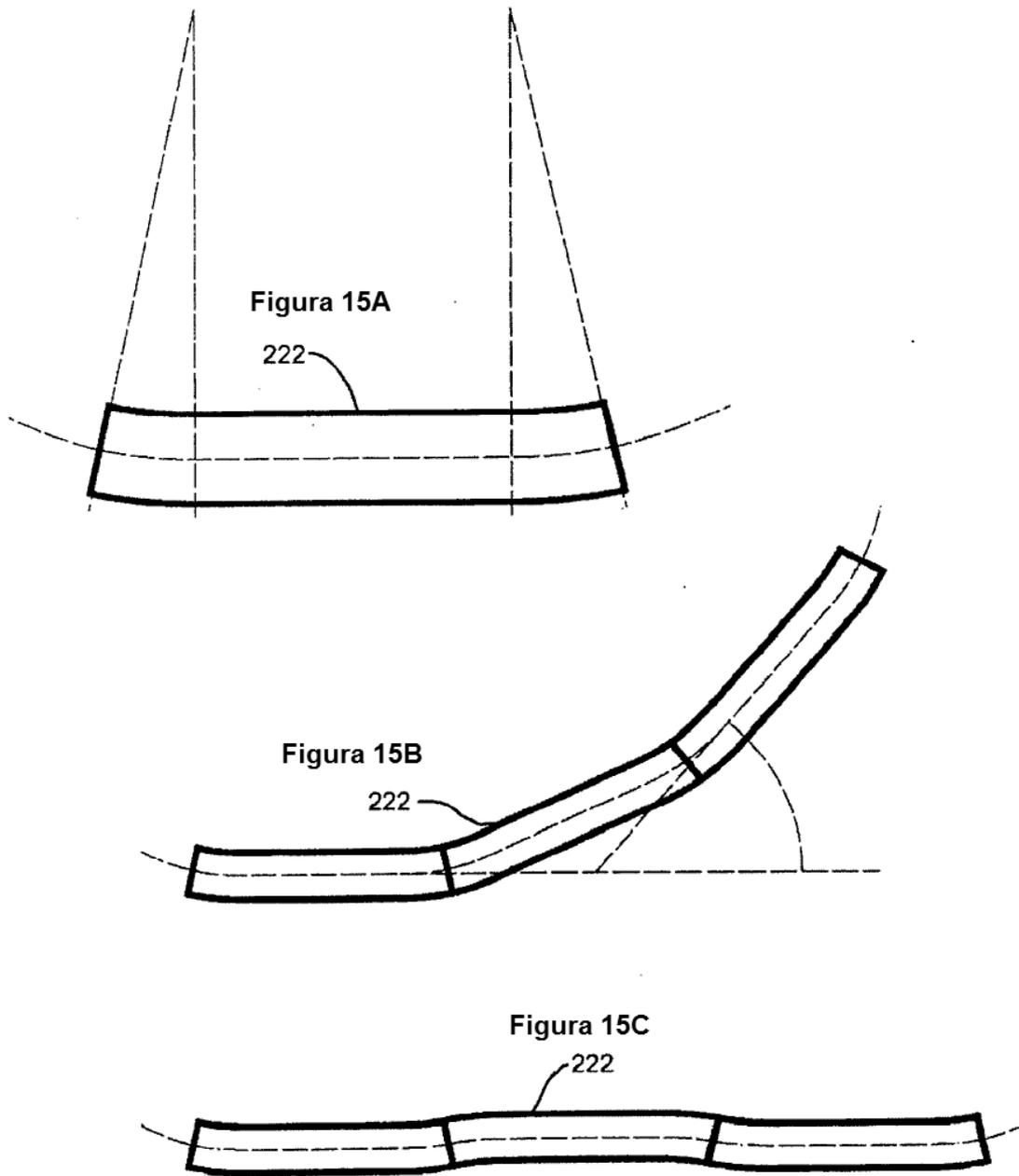


Figura 15