



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 364 950**

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

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **99933684 .5**
96 Fecha de presentación : **08.07.1999**
97 Número de publicación de la solicitud: **1105246**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.06.2001**

54 Título: **Cabeza de soldadura.**

30 Prioridad: **09.07.1998 US 92332 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.09.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.09.2011

73 Titular/es: **MTS Systems Corporation**
14000 Technology Drive
Eden Prairie, Minnesota 55344-2290, US

72 Inventor/es: **Campbell, Craig, L.;**
Fullen, Mark, S. y
Skinner, Michael, J.

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 364 950 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

Cabeza de soldadura

La presente invención se refiere a un aparato de soldadura y a un método de soldadura de una unión entre una primera y una segunda sección de pieza de trabajo según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 17, respectivamente (véase, por ejemplo, el documento EP 0810055), para aplicaciones de soldadura por fricción.

La soldadura por fricción es un proceso de soldadura de partes componentes juntas que usa el calor por fricción generado en una unión de soldadura para formar una región plastificada que solidifica las secciones de pieza de trabajo que se unen. Para generar el calor por fricción a lo largo de una unión de soldadura se usa una cabeza de soldadura. La cabeza de soldadura incluye una sonda de soldadura que se inserta en una unión entre secciones de pieza de trabajo. La sonda incluye un pasador que se inserta en la unión y un resalte que se insta a apretarse contra una superficie superior de la pieza de trabajo. El pasador y el resalte giran para generar calor por fricción con el fin de formar una región plastificada para la operación de soldadura.

Para la operación de soldadura, se soporta una pieza de trabajo mediante una mesa rígida o placa posterior formada típicamente de una placa de acero. La placa posterior rígida estabiliza la fuerza de actuación del resalte superior para mantener la integridad de la pieza de trabajo con el fin de que la pieza de trabajo no se pueda doblar o deformar bajo la carga. Para maximizar la resistencia mecánica de la unión entre las secciones de las piezas de trabajo, la parte soldada debería extenderse por todo el espesor de la pieza de trabajo. Para asegurar que la soldadura se extienda por todo el espesor, se debe generar suficiente calor por fricción entre las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo, de tal manera que la región plastificada se extienda entre las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo.

Típicamente, el espesor de la pieza de trabajo puede variar a lo largo de la unión. Las variaciones en el espesor de la pieza de trabajo pueden variar la profundidad del pasador en la unión de la pieza de trabajo. Si la profundidad del pasador no se extiende durante un espesor suficiente, la región plastificada no se extiende por todo el espesor de la pieza de trabajo, causando muescas por tensiones en la unión. Para un espesor menor, el pasador se puede extender demasiado cerca de la placa posterior, de tal manera que la pieza de trabajo llegue a unirse a la placa posterior como resultado de la operación de soldadura. Estos y otros problemas se solucionan mediante la presente invención.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un aparato de soldadura según la reivindicación 1, con una sonda o una profundidad de pasador ajustables para compensar por las variaciones en el espesor de la pieza de trabajo. La presente invención se refiere a un método de soldadura según la reivindicación 17.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una ilustración esquemática de una realización de una cabeza de soldadura de la presente invención.

La Figura 2A es una ilustración de una región plastificada para una sonda de la técnica anterior que incluye un resalte superior y un pasador fijo.

La Figura 2B es una ilustración de una región plastificada para una sonda que incluye unos miembros de sonda superior e inferior.

La Figura 3 es una realimentación esquemática de control para la fuerza de forja F_{g1} sobre el miembro de sonda superior y para la fuerza de forja F_{g2} sobre el miembro de sonda inferior.

La Figura 4 es una ilustración en corte transversal de una cabeza de soldadura de la presente invención.

La Figura 5 es una ilustración en perspectiva de un accesorio que soporta una cabeza de soldadura de la presente invención.

La Figura 6 es una ilustración esquemática para la realimentación de las fuerzas F_{g1} y F_{g2} de los miembros de sonda superior e inferior.

La Figura 7 es una ilustración esquemática de la realimentación del control de posición y de fuerza para los miembros de sonda superior e inferior.

La Figura 8 es una ilustración detallada de una realización de control de operación para los miembros de sonda superior e inferior.

La Figura 9 es una ilustración esquemática de un conjunto de montaje flexible para una cabeza de soldadura para seguir el contorno de las formas o componentes conformados.

La Figura 10 es una ilustración en perspectiva de un accesorio de montaje flexible que soporta una cabeza de soldadura.

Descripción detallada de realizaciones ilustrativas

5 La Figura 1 ilustra esquemáticamente una realización de una sonda 50 de soldadura para una aplicación de soldadura por fricción. La sonda 50 de soldadura suelda las secciones de pieza de trabajo 52, 54 en la unión 56. La sonda 50 de soldadura está conectada a un dispositivo 58 de accionamiento de husillo para rotar la sonda 50 para la operación de soldadura. Como se muestra, la sonda 50 incluye un miembro superior 60 de sonda, un miembro inferior 62 de sonda y un pasador de sonda 64. Como se muestra, el miembro inferior 62 de sonda está rígidamente unido al pasador 64 de sonda y se puede mover con él. El miembro inferior 62 de sonda y el pasador 64 de sonda están soportados de forma deslizante, según se ha ilustrado por la flecha 66, con respecto al miembro superior 60 de sonda para ajustar la extensión del pasador 64 con respecto al miembro superior 60 de sonda para uso para piezas de trabajo de diversos espesores y para compensar por las variaciones de espesor en una pieza de trabajo, según se explica más adelante.

10 Como se muestra, el miembro superior 60 de sonda incluye un resalte superior 72, y el miembro inferior 62 de sonda incluye un resalte inferior 74. Para el funcionamiento, el miembro superior 60 de sonda está soportado de tal manera que el resalte 72 se apoya en una superficie superior 76 de las secciones de pieza de trabajo 52, 54. El pasador 64 se extiende a través de la unión 56, y el resalte 74 del miembro inferior 62 de sonda se apoya en una superficie inferior 78 de las secciones de pieza de trabajo 52, 54.

15 Un dispositivo superior de accionamiento 80 de forja está acoplado al miembro superior 60 de sonda y un dispositivo inferior de accionamiento 82 de forja está acoplado al miembro inferior 62 de sonda y al pasador 64. Para la operación de soldadura, la sonda 50 rota, y los dispositivos de accionamiento superior e inferior 80, 82 de forja suministran unas fuerzas de forja F_{g1} , F_{g2} a los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda, como se ha ilustrado por las flechas F_{g1} , F_{g2} , respectivamente.

20 La rotación del pasador 64 y de los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda genera calor por fricción para crear una región plastificada para soldar las secciones de piezas de trabajo. Para asegurar que la soldadura se extienda por el espesor de la pieza de trabajo, la sonda debería formar una región plastificada que se extienda entre las superficies superior e inferior 76, 78 de la pieza de trabajo. En la Figura 2A, un perfil de región plastificada 92 formado por una sonda de la técnica anterior se estrecha progresivamente desde una región más gruesa 94 en una superficie superior 76 de la pieza de trabajo hasta una región de menor espesor 96 próxima a una superficie inferior 78 de la pieza de trabajo. Si la soldadura no se extiende por todo el espesor de la pieza de trabajo, se forman muescas por tensiones o aberturas de raíz

25 En contraste con lo anterior, en la Figura 2B, los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda forman una región plastificada 98 que incluye unas regiones más gruesas 100, 102 en las superficies superior e inferior 76, 78 y una región central 104 que se estrecha progresivamente. El calor de fricción generado en la pieza de trabajo para formar la región plastificada 98 es función de la fuerza de forja total de los miembros superior e inferior de sonda, o $F_{gT} = |F_{g1}| + |F_{g2}|$. Por tanto, el calor de fricción generado por la sonda se incrementa por el miembro inferior 62 de sonda funcionando en cooperación con el miembro superior 60 de sonda.

30 Los dispositivos de accionamiento superior e inferior 80, 82 de forja y el dispositivo de accionamiento de husillo 58 están acoplados al controlador 106 según se ilustra esquemáticamente en la Figura 1 para la operación. El controlador hace funcionar a los dispositivos de accionamiento superior e inferior 80, 82 de forja para mantener a los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda o a los resaltes 72, 74 apoyados en las superficies superior e inferior de la pieza de trabajo, para compensar por las variaciones en el espesor y perfil de la pieza de trabajo y proporcionar una carga equilibrada sobre las superficies opuestas de la pieza de trabajo. El controlador 106 puede ser un controlador digital o un controlador analógico configurado para suministrar una fuerza de forja equilibrada para los dispositivos de accionamiento superior e inferior. Un controlador digital 106 incluye un procesador y una memoria para guardar instrucciones programadas.

35 En particular, el controlador hace funcionar al dispositivo de accionamiento inferior 82 de forja para mantener una separación apropiada entre los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda con el fin de ajustar la profundidad del pasador 64 con respecto al espesor de la pieza de trabajo y a las variaciones en el espesor de ésta. El controlador está programado o configurado para suministrar una fuerza de forja equilibrada $F_{g1} = F_{g2}$ a los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda con el fin de soportar rígidamente a la pieza de trabajo para reducir las cargas descentradas del eje a la pieza de trabajo y limitar la flexión o la distorsión de la pieza de trabajo durante la operación de soldadura. La Figura 3 ilustra una realización simplificada para controlar el funcionamiento de los dispositivos de accionamiento superior e inferior 80, 82 de forja. Como se muestra en la Figura 3, el controlador 106 usa un comando o entrada de fuerza de forja 108, que se usa para controlar a los dispositivos de accionamiento superior e inferior 80, 82. En la Figura 3, la fuerza de forja de entrada $108 = F_{gt}$, y F_{g2} es la inversa, según se ha ilustrado por el bloque 109. En una realización alternativa, la fuerza de entrada $108 = F_{gt}$ y $F_{g1} = F_{gt}/2$ y $F_{g2} = -F_{gt}/2$. El controlador 106 incluye al control superior e inferior 110, 112 de proceso que proporciona un control operativo a los dispositivos de accionamiento superior e inferior 80, 82 de forja, según se ha ilustrado por las líneas 114, 116,

basado en los parámetros de entrada 108, 109 y en la realimentación de control 118, 120. Durante la operación de soldadura, la realimentación 118, 120 incluye una realimentación de fuerza, como se explica más adelante, para mantener una carga equilibrada a la pieza de trabajo con el fin de limitar el doblamiento o deformación de la pieza de trabajo. El control de los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda carga elásticamente a los miembros 60, 62 contra la pieza de trabajo para mantener una profundidad apropiada del pasador 64 basándose en el espesor de la pieza de trabajo y en las variaciones de espesor de ésta. De ese modo, según se describe, la sonda de soldadura provee un perfil plastificado que tiene regiones más gruesas con respecto a la superficies superior e inferior 76, 78 de la pieza de trabajo para proveer una unión soldada relativamente rígida a través del espesor de la unión de la pieza de trabajo, al mismo tiempo que soporta rígidamente a la pieza de trabajo para limitar el doblamiento y la distorsión.

La Figura 4 es una vista detallada en corte transversal de una realización de una sonda 50 de soldadura que unos miembros superior e inferior 60, 62 de sonda que se pueden accionar. En la realización mostrada, la sonda 50 incluye un alojamiento exterior 122 y un alojamiento interior 124 conectado rotativamente al alojamiento exterior por unos cojinetes 125. El miembro superior 60 de sonda está formado por el alojamiento interior 124. El pasador 64 está soportado de forma deslizante en el alojamiento 124 por medio del vástago 126. El miembro 62 de sonda está unido al pasador 64 para soportar de forma deslizante al resalte interior 74 con respecto al resalte superior 72 formado por el alojamiento 124. El eje 128 de husillo está acoplado al alojamiento 124 para rotar a éste (miembro superior 60 de sonda, miembro inferior 62 de sonda y pasador 64) mediante el funcionamiento del dispositivo de accionamiento 58 de husillo para la operación de soldadura. En una realización, el dispositivo de accionamiento 58 de husillo incluye un transductor de par de torsión en línea para el control del husillo. El control de husillo incluye el control simultáneo del par de torsión y de las revoluciones por minuto (en adelante RPM).

Como se muestra esquemáticamente, el dispositivo superior de accionamiento 80 de forja está conectado al alojamiento exterior 122 para posicionar y accionar al miembro superior 60 de sonda, como se explica más adelante. En la realización mostrada, el dispositivo de accionamiento inferior 82 de forja es un dispositivo de accionamiento de fluido soportado en el alojamiento interior 124 y acoplado al vástago 126 conectado al miembro inferior 62 de sonda y al pasador 64. El dispositivo de accionamiento de fluido incluye una cámara de accionamiento 130 y un pistón 132. El vástago 126 está conectado al pistón 132 que puede funcionar en la cámara 130. El fluido del dispositivo de accionamiento se descarga a la cámara 130 desde la fuente 134 de fluido para un movimiento bidireccional, como se ha ilustrado por la flecha 136. El fluido se descarga de la fuente 134 de fluido mediante la rotación del alojamiento 124 por el conmutador de fluido o los anillos de deslizamiento 138. El fluido se descarga a través de los canales 140, 142 para un accionamiento bidireccional según se ha ilustrado por la flecha 136. Preferiblemente, la fuente 134 de fluido es de fluido hidráulico, aunque se pueden usar otros fluidos.

Aunque se ha mostrado un dispositivo de accionamiento por fluido, la aplicación no se limita a este tipo de dispositivo de accionamiento, y podrían usarse dispositivos de accionamiento alternativos, tales como un dispositivo de accionamiento eléctrico o mecánico, con una interfaz de dispositivo de accionamiento eléctrico o por fluido, para la comunicación entre la sonda rotativa y el alojamiento estacionario para la actuación. En la realización mostrada, el fluido de refrigeración se suministra desde una fuente 144 de fluido de refrigeración a los canales 144 de la sonda a través del conmutador 138 de fluido para controlar la temperatura durante la operación de soldadura. El alojamiento 122 incluye unas partes superior e inferior separadas por un aro de cierre hermético 148 para la contención del fluido operativo.

Según se ha descrito antes, la realimentación 118, 120 de fuerza se usa para activar el control de los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda y el pasador 64 con el fin de mantener un equilibrio de $F_{g1} = F_{g2}$ sobre la pieza de trabajo, como se ha ilustrado esquemáticamente en la Figura 1. Adicionalmente, en la realización ilustrada en la Figura 4, un sensor 150 de desplazamiento (por ejemplo, un transductor de desplazamiento por tensión, en adelante LVDT) está acoplado al vástago 126 para posicionar el control de realimentación para la extensión del pasador 64 y la distancia de separación entre los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda, como se explicará más adelante.

Como se muestra en la Figura 5, para la operación de soldadura, el alojamiento 122 de sonda está soportado para su movimiento a lo largo de una pista 152 de sonda soportada por un accesorio 154 de soldadura. El accesorio incluye una base 156, y unos vástagos 160, 162 que se extienden desde la base 156 para soportar la pista 152 de sonda por encima de una mesa de pieza de trabajo o placa posterior 164. La pista 152 de sonda está acoplada de forma móvil a las pistas 166, 168 a lo largo de unos pilares 160, 162 para elevar y bajar la sonda 50 según se ha ilustrado por la flecha 170 para la operación de soldadura. La mesa 164 incluye una acanaladura 172 o alternativamente se pueden usar dos secciones de mesa separadamente espaciadas para soportar la pieza de trabajo. La unión de la pieza de trabajo está alineada con la acanaladura 172 de separación para la colocación del miembro inferior 62 de sonda debajo de la pieza de trabajo soportada por la mesa 164. Según se ha descrito, la pista 152 de sonda soporta la sonda 50 para su movimiento a lo largo de una unión de soldadura de una pieza de trabajo soportada por la mesa 164, como se ha ilustrado por la flecha 174.

Los dispositivos 176, 178 de accionamiento por fluido están acoplados a la pista 152 de sonda para elevar y bajar la pista 152 y la sonda 50 según se ha ilustrado por la flecha 170. Los dispositivos de accionamiento 176, 178 posicionan la sonda 50 con respecto a la pieza de trabajo y suministran una fuerza de forja al miembro superior 60 de sonda a través del alojamiento 122. Aunque se ha mostrado un accesorio particular, la aplicación no se limita a

este accesorio particular. Por ejemplo, la mesa 164 se puede soportar de forma móvil con respecto a la base 180, como se ha ilustrado por la flecha 180, para la colocación de la sonda lo largo de una unión de soldadura. La colocación bidireccional de la sonda como se ha ilustrado por las flechas 180, facilita una operación compleja de soldadura lo largo de una unión curva, adicionalmente a una soldadura en línea recta a lo largo de una unión recta.

5 El funcionamiento de los dispositivos de accionamiento 176, 178 se puede controlar independientemente para variar el ángulo de ataque 184 de la sonda para operaciones de soldadura de contornos, como se explicará más adelante.

Como se ha mostrado esquemáticamente en la Figura 6, la realimentación 118 de fuerza para el miembro superior 60 de sonda se mide mediante el transductor 188 de fuerza conectado en serie con el dispositivo de accionamiento de fuerza 80 (dispositivos de accionamiento por fluido 176, 178) y con el miembro superior 60 de sonda. La realimentación 120 de fuerza para el miembro inferior 62 de sonda se mide mediante un conjunto sensor de presión que sirve para medir la diferencia de presiones entre las partes 190, 192 de cámara del dispositivo de accionamiento por fluido 82. Aunque se han descrito realimentaciones de fuerza particulares 118, 120, la realimentación de fuerza 118, 120 no se limita a la realización particular descrita.

10 La realimentación 120 de fuerza para el miembro inferior 62 de sonda se mide mediante un conjunto sensor de presión que sirve para medir la diferencia de presiones entre las partes 190, 192 de cámara del dispositivo de accionamiento por fluido 82. Aunque se han descrito realimentaciones de fuerza particulares 118, 120, la realimentación de fuerza 118, 120 no se limita a la realización particular descrita.

Como se ha explicado anteriormente, en una realización, la realimentación de posición de, por ejemplo, el sensor de desplazamiento 150, se puede usar para controlar la sonda. La Figura 7 ilustra un esquema de control para el control de fuerza y posición. Como se ha mostrado esquemáticamente, los controles de proceso superior e inferior 110, 112 reciben y procesan la entrada o comando de fuerza 108, 109 y de posición 194, 196 y la realimentación 118, 120 de fuerza y 198, 200 de posición. El control de proceso superior e inferior 110, 112 incluye conmutación de modo para conmutar entre control de fuerza y de posición. La conmutación de modo incluye un controlador 202 de modo un dispositivo de accionamiento de operación 80, 82 entre el control de fuerza y de posición para mantener los parámetros de fuerza y posición dentro de los parámetros o límites de órdenes de ejecución.

15 Como se ha explicado anteriormente, en una realización, la realimentación de posición de, por ejemplo, el sensor de desplazamiento 150, se puede usar para controlar la sonda. La Figura 7 ilustra un esquema de control para el control de fuerza y posición. Como se ha mostrado esquemáticamente, los controles de proceso superior e inferior 110, 112 reciben y procesan la entrada o comando de fuerza 108, 109 y de posición 194, 196 y la realimentación 118, 120 de fuerza y 198, 200 de posición. El control de proceso superior e inferior 110, 112 incluye conmutación de modo para conmutar entre control de fuerza y de posición. La conmutación de modo incluye un controlador 202 de modo un dispositivo de accionamiento de operación 80, 82 entre el control de fuerza y de posición para mantener los parámetros de fuerza y posición dentro de los parámetros o límites de órdenes de ejecución.

El controlador de modo 202 conmuta el control de modo entre el control de fuerza y de posición basándose en el error de posición y fuerza entre los comandos de programa 108, 109, 194, 196 y la realimentación 118, 120, 198, 200. Por ejemplo, en la Figura 7, el controlador de modo 202 provee control de fuerza para mantener la realimentación de fuerza con respecto a los parámetros de comandos, y conmuta a posición si la realimentación de fuerza 118, 120 está dentro de los parámetros de comandos 108, 109 y provee control de posición para mantener la realimentación de posición dentro del parámetro de comando, y conmuta a control de fuerza cuando la realimentación de posición 198, 200 está dentro de los parámetros de comando. Un controlador proporcional integrado (en adelante DID) provee control de fuerza y posición y conmutación de modo sin saltos entre el control de fuerza y de posición.

20 El controlador de modo 202 conmuta el control de modo entre el control de fuerza y de posición basándose en el error de posición y fuerza entre los comandos de programa 108, 109, 194, 196 y la realimentación 118, 120, 198, 200. Por ejemplo, en la Figura 7, el controlador de modo 202 provee control de fuerza para mantener la realimentación de fuerza con respecto a los parámetros de comandos, y conmuta a posición si la realimentación de fuerza 118, 120 está dentro de los parámetros de comandos 108, 109 y provee control de posición para mantener la realimentación de posición dentro del parámetro de comando, y conmuta a control de fuerza cuando la realimentación de posición 198, 200 está dentro de los parámetros de comando. Un controlador proporcional integrado (en adelante DID) provee control de fuerza y posición y conmutación de modo sin saltos entre el control de fuerza y de posición.

Como se ha ilustrado en la Figura 8, la realimentación de posición 198 se puede usar para mantener la separación mínima Δz entre los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda basándose en el espesor Δt de pieza de trabajo. Por ejemplo, se puede controlar Δz basándose en parámetros de comando preprogramados basados en el perfil de la pieza de trabajo. En una realización, el control superior e inferior de proceso 110, 112 ajusta la posición de los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda para ajustar Δz (separación entre los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda) para corresponder al parámetro de comando de espesor de pieza de trabajo o de mínima separación. En particular, la posición de la sonda inferior es fija con respecto a una pieza de trabajo soportada por la mesa 164. Para el control de separación, el dispositivo de accionamiento 82 ajusta la posición del miembro superior 62 de sonda para Δz , y la posición del miembro 60 de sonda se ajusta también por el mismo incremento que el miembro inferior 62 de sonda mediante el dispositivo de accionamiento 80 para compensar por el ajuste del miembro inferior 62 de sonda con el fin de mantener la elevación del miembro inferior 62 de sonda alineada con la mesa 164.

35 Como se ha ilustrado en la Figura 8, la realimentación de posición 198 se puede usar para mantener la separación mínima Δz entre los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda basándose en el espesor Δt de pieza de trabajo. Por ejemplo, se puede controlar Δz basándose en parámetros de comando preprogramados basados en el perfil de la pieza de trabajo. En una realización, el control superior e inferior de proceso 110, 112 ajusta la posición de los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda para ajustar Δz (separación entre los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda) para corresponder al parámetro de comando de espesor de pieza de trabajo o de mínima separación. En particular, la posición de la sonda inferior es fija con respecto a una pieza de trabajo soportada por la mesa 164. Para el control de separación, el dispositivo de accionamiento 82 ajusta la posición del miembro superior 62 de sonda para Δz , y la posición del miembro 60 de sonda se ajusta también por el mismo incremento que el miembro inferior 62 de sonda mediante el dispositivo de accionamiento 80 para compensar por el ajuste del miembro inferior 62 de sonda con el fin de mantener la elevación del miembro inferior 62 de sonda alineada con la mesa 164.

Se puede usar la realimentación de posición para compensar por los cambios de perfil o de dimensión en la pieza de trabajo basándose en comandos de posición. Como se muestra en la Figura 8, los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda se pueden ajustar con respecto a los datos 204 de perfil de pieza de trabajo. Los datos Δz 204 de perfil de pieza de trabajo se pueden medir o descargar fuera de línea o durante el proceso de soldadura por varios sensores como los sensores ópticos, para proveer comandos de posición 194 para operación.

45 Se puede usar la realimentación de posición para compensar por los cambios de perfil o de dimensión en la pieza de trabajo basándose en comandos de posición. Como se muestra en la Figura 8, los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda se pueden ajustar con respecto a los datos 204 de perfil de pieza de trabajo. Los datos Δz 204 de perfil de pieza de trabajo se pueden medir o descargar fuera de línea o durante el proceso de soldadura por varios sensores como los sensores ópticos, para proveer comandos de posición 194 para operación.

Por ejemplo, el espesor de la pieza de trabajo podría fluctuar ó podría aumentar Δt . Para compensar por variaciones de perfil, el control inferior 112 de proceso opera al dispositivo de accionamiento de forja 82 basado en los comandos de posición para el perfil de la pieza de trabajo, de tal manera que la distancia de separación de los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda es $\Delta z = t + \Delta t$ donde:

50 Por ejemplo, el espesor de la pieza de trabajo podría fluctuar ó podría aumentar Δt . Para compensar por variaciones de perfil, el control inferior 112 de proceso opera al dispositivo de accionamiento de forja 82 basado en los comandos de posición para el perfil de la pieza de trabajo, de tal manera que la distancia de separación de los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda es $\Delta z = t + \Delta t$ donde:

Δz es la distancia de separación entre los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda;

t es el espesor original de la pieza de trabajo; y

Δt es el cambio de espesor en la pieza de trabajo

Para un soporte fijo, el control superior 110 de proceso hace funcionar al dispositivo de accionamiento 80 para ajustar la posición del miembro superior 60 de sonda con respecto al miembro inferior 62 de sonda con el fin de mantener la elevación del miembro inferior 62 de sonda alineada con la mesa 164 de la forma siguiente: $z_2 = z_1 + \Delta t$ donde:

55 Para un soporte fijo, el control superior 110 de proceso hace funcionar al dispositivo de accionamiento 80 para ajustar la posición del miembro superior 60 de sonda con respecto al miembro inferior 62 de sonda con el fin de mantener la elevación del miembro inferior 62 de sonda alineada con la mesa 164 de la forma siguiente: $z_2 = z_1 + \Delta t$ donde:

Zu_2 es la posición ajustada de la sonda superior;

Zu_1 es la posición original de la sonda superior; y

Δt es el cambio de espesor de la pieza de trabajo.

5 Para el funcionamiento por fuera de un bastidor fijo de referencia (con respecto a la mesa 164) la realimentación de posición 198, 200 de los miembros superior e inferior de sonda 60, 62, como se ha ilustrado en la Figura 7, y los comandos de posición, se pueden usar mediante los controladores para la colocación de los miembros superior e inferior 60 y 62 de sonda apoyados en las superficies superior e inferior 76, 78 de la pieza de trabajo. Por ejemplo, se pueden usar z_u , z_1 y Δz para colocar los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda basándose en la realimentación de posición z_u , Δz y en los comandos de posición para z_u , Δz donde:

10 Δz es la medida del desplazamiento del sensor 150 correspondiente a la separación de los miembros superior e inferior 60, 62 de sonda;

z_u es la posición del miembro superior 60 de sonda medida con respecto a la elevación del alojamiento 122 basándose en la medida por el sensor de posición 206 mostrada en la Figura 6; y

z_1 es la posición del miembro inferior de sonda calculada basándose en $z_u + \Delta z$.

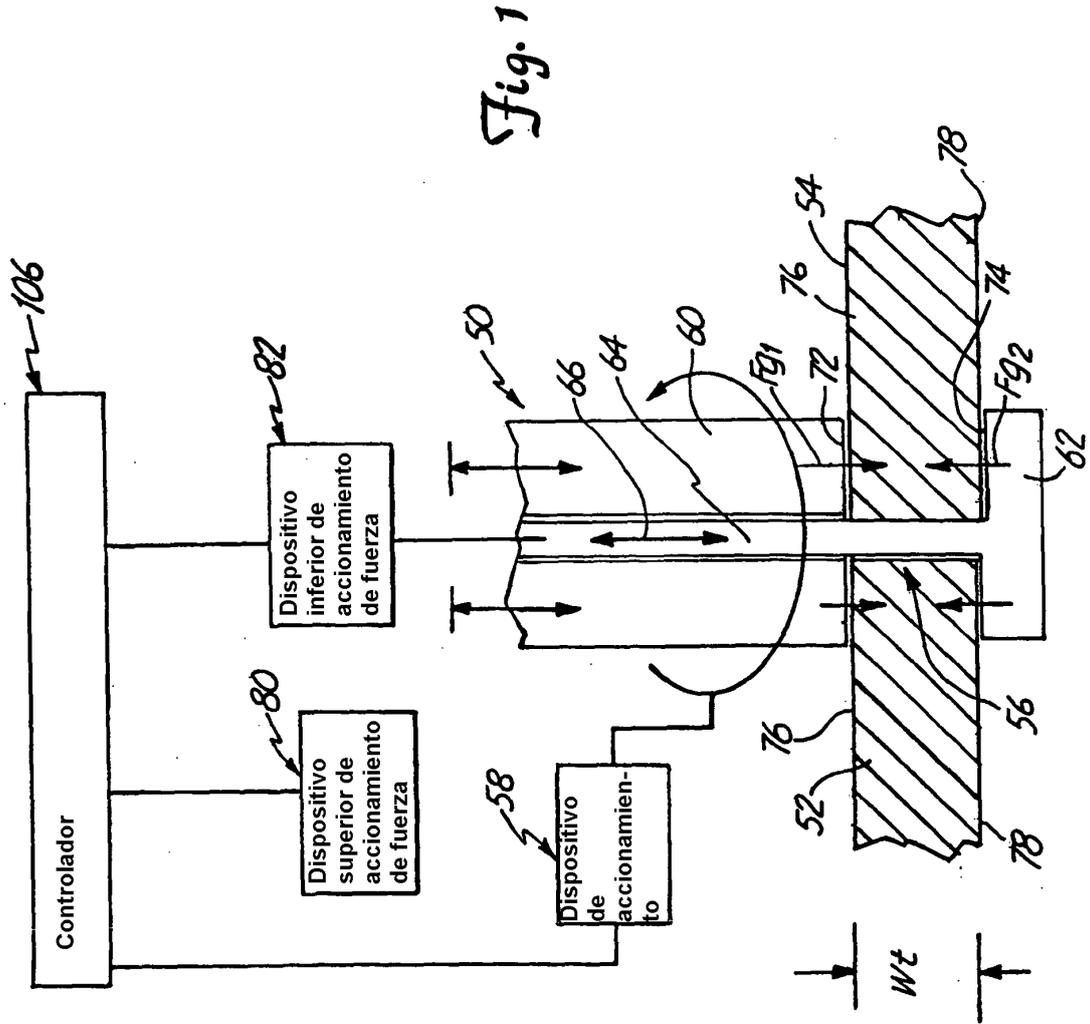
15 Los comandos de posición para z_u , z_1 y Δz se pueden obtener a partir de los datos de perfil o de imagen de la pieza de trabajo, que se descargan a la memoria del controlador para ejecución, o se pueden obtener durante el proceso de soldadura por medio de varios sensores como los sensores de láser o los sensores ópticos. Como se muestra en las Figuras 9-10, en una realización, la cabeza se soporta flexiblemente para acoplar flexiblemente la cabeza (miembros superior e inferior de sonda) para seguir el contorno de la pieza de trabajo con el fin de adaptar la cabeza
20 50 para formas y modalidades complejas de soldadura. En la Figura 9, la cabeza 50 está soportada flexiblemente al cabeceo y al alabeo con respecto a un eje x mediante unos miembros primero y segundo 210, 212 de bastidor para la soldadura en pendiente o de contornos de la superficie 208. La cabeza 50 está conectada pivotablemente al primer miembro de bastidor en unos muñones 214 al alabeo con respecto al eje x, como se ha ilustrado por la flecha 216. El miembro 210 de bastidor está conectado pivotablemente al miembro 212 de bastidor para soportar la cabeza
25 50 al balanceo como se ha ilustrado por la flecha 218. Como se ha mostrado en la Figura 10, los dispositivos de accionamiento 220, 222 de balanceo y alabeo ajustan la posición de la cabeza 50 de tal manera que la superficie de la cabeza 50 (por ejemplo, los resaltes superior e inferior 72, 74) sean normales a la superficie de la pieza de trabajo para soldadura de contornos por medio de la operación del controlador 106 basada en medidas de perfiles o de datos programados, recibidos durante la operación de soldadura por medio de sensores de láser u ópticos.

30 Aunque se ha descrito la presente invención con referencia a realizaciones preferidas, los expertos en la técnica reconocerán que podrían realizarse cambios en forma y detalle sin apartarse del alcance de la invención definido en las reivindicaciones que se adjuntan como apéndice. Aunque se han descrito miembros de sonda con respecto a una orientación superior e inferior, se entenderá que los miembros de sonda no están restringidos a una orientación superior e inferior y que los miembros superior e inferior de sonda se pueden orientar en cualquier relación opuesta.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de soldadura (50) que comprende un alojamiento (124);
- 5 una sonda rotatoria (50) que incluye un primer miembro rotatorio (60) de sonda que tiene un primer resalte (72) orientado en una primera dirección; un segundo miembro rotatorio (62) de sonda que se puede mover con respecto al primer miembro rotatorio (60) de sonda y que tiene un segundo resalte (74) orientado en una segunda dirección contraria al primer resalte (72) y cuyos resaltes primero y segundo (72,74) están separados para formar un espacio intermedio entre ellos; y un pasador (64) de sonda acoplado al segundo miembro (62) de sonda y que puede rotar con el mismo en el espacio intermedio entre los resaltes primero y segundo (72, 74) **caracterizado porque** el aparato de soldadura comprende:
- 10 un primer dispositivo de accionamiento (80) acoplado al primer miembro (60) de sonda y que puede funcionar para proveer una primera fuerza controlable al primer miembro (60) de sonda en la primera dirección;
- 15 un segundo dispositivo de accionamiento (82) acoplado al pasador (64) de sonda soportado de forma móvil en un canal del primer miembro (60) de sonda para suministrar una segunda fuerza controlable al segundo resalte (74) del segundo miembro (62) de sonda en la segunda dirección por medio del pasador (64) de sonda que puede rotar con respecto al alojamiento (124);
- un controlador (106) acoplado operativamente a los dispositivos de accionamiento primero y segundo (80, 82) y configurado para controlar a los dispositivos de accionamiento primero y segundo (80, 82) con el fin de proveer la primera fuerza controlable de equilibrio y la segunda fuerza reactiva y controlable de equilibrio a la primera fuerza controlable de equilibrio en las direcciones contrarias primera y segunda.
- 20 2. El aparato de soldadura de la reivindicación 1, en el que el segundo dispositivo de accionamiento (82) es un dispositivo de accionamiento por fluido (82) que comprende un conmutador de fluido para proveer una interfaz de fluido entre una fuente de fluido y el dispositivo de accionamiento por fluido (82) acoplado al pasador (64) de sonda que puede rotar con respecto al alojamiento (124).
- 25 3. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 1, que incluye un sensor de desplazamiento (150) acoplado al pasador (64) de sonda para medir el espacio intermedio entre los resaltes primero y segundo (72,74).
4. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 2, que incluye un conjunto de sensor de presión acoplado a una cámara 130 de dispositivo de accionamiento por fluido del dispositivo de accionamiento por fluido (82) para medir la presión de activación para controlar la operación del segundo miembro (62) de sonda.
- 30 5. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 1, que incluye unos canales (146) de refrigeración en la sonda rotatoria (50) y una interfaz de fluido desde una fuente (144) de fluido refrigerante a los canales (146) de refrigeración de la sonda rotatoria (50) para la descarga de fluido de refrigeración a la sonda rotatoria (50) para la operación de soldadura.
6. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 1, que incluye una primera realimentación de fuerza (120) acoplada al controlador (106)
- 35 y el primer dispositivo de accionamiento (80); y
- una segunda realimentación de fuerza (118) acoplada al controlador (106) y al segundo dispositivo de accionamiento (82) y cuyo controlador (106) controla a los dispositivos de accionamiento primero y segundo (80, 82) basándose en las realimentaciones de fuerza primera y segunda (118, 120).
- 40 7. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 6, en el que el controlador (106) controla una dimensión del espacio intermedio entre los resaltes primero y segundo (72, 74) basándose en las realimentaciones de fuerza primera y segunda (118, 120) para los dispositivos de accionamiento primero y segundo (80, 82) para proveer la separación prevista entre los resaltes primero y segundo (72, 74) basándose en un espesor de la pieza de trabajo.
8. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 6, en el que al menos una de las realimentaciones primera y segunda de fuerza (118, 120) se mide por un transductor de fuerza (188).
- 45 9. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 6, en el que al menos una de las realimentaciones primera y segunda de fuerza (118, 120) se mide por la presión de accionamiento de los dispositivos de accionamiento primero y segundo (80, 82)
10. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 1, que incluye una realimentación de posición acoplada a los miembros primero y segundo (60, 62) de sonda, y el controlador (106) está configurado para controlar una dimensión del espacio intermedio entre los resaltes primero y segundo (72, 74) basándose en la realimentación de posición para los miembros primero y segundo (60, 62) de sonda.
- 50 11. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 1, que incluye una realimentación de fuerza (118, 20) acoplada

- 5 a los dispositivos de accionamiento primero y segundo (80, 82) y al controlador (106) para realimentación de posición y control de fuerza (198, 200) acoplada a los miembros primero y segundo (60, 62) de sonda para el control de posición, y el controlador (106) está configurado para controlar una dimensión del espacio intermedio entre los resaltes primero y segundo (72, 74) basándose en la realimentación de fuerza (118, 120) y en la realimentación de posición (198, 200) basada en un espesor de pieza de trabajo.
12. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 11, en el que el controlador (106) está configurado para conmutar el modo entre el control de posición y de fuerza.
- 10 13. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 1, en el que el controlador (106) recibe comandos positivos para al menos uno de entre Δz , z_1 ó z_2 en donde Δz es una distancia de separación entre los miembros primero y segundo (60,62) de sonda; z_1 es una posición del primer miembro (60) de sonda y z_2 es una posición del segundo miembro (62) de sonda para controlar una dimensión del espacio intermedio entre los resaltes primero y segundo (72, 74).
- 15 14. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 11, en el que el controlador (106) incluye datos (204) de perfil y el controlador (106) está configurado para controlar una posición de los miembros primero y segundo (60, 62) de sonda basándose en los datos (204) de perfil y en la realimentación de posición (198, 200).
- 15 15. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 14, en el que los datos (204) de perfil incluyen una imagen guardada en memoria de un perfil de una pieza de trabajo.
- 20 16. El aparato de soldadura (50) de la reivindicación 1, en el que el pasador (64) de sonda está unido rígidamente al segundo miembro (62) de sonda y soportado deslizadamente en el canal para soportar móvilmente al segundo miembro rotatorio (62) de sonda con respecto al primer miembro (60) de sonda para ajustar el espacio intermedio entre los resaltes primero y segundo (72, 74) de los miembros primero y segundo (60, 62) de sonda.
- 25 17. Un método de soldadura (50) de una unión entre unas secciones primera y segunda (52, 54) de pieza de trabajo por medio de la rotación de una sonda (50) que incluye un primer miembro (60) de sonda que tiene un primer resalte (72) orientado en una primera dirección y un segundo miembro (62) de sonda que tiene un segundo resalte (74) orientado en una segunda dirección contraria a la del primer resalte (72), en donde el primer miembro (60) de sonda y el segundo miembro (62) de sonda están ubicados en la unión entre las secciones (52, 54) de pieza de trabajo de tal manera que el primer resalte (72) se apoya en las primeras superficies de las secciones primera y segunda (52, 54) de pieza de trabajo y el segundo resalte (74) se apoya en las segundas superficies de las secciones primera y segunda (52, 54) de pieza de trabajo opuestas a las primeras superficies de las secciones (52, 54) de pieza de trabajo, caracterizado porque el método comprende:
- 30 rotar la sonda mientras se suministra una primera fuerza controlable de equilibrio al primer miembro (60) de sonda;
- rotar la sonda mientras se suministra una segunda fuerza controlable de equilibrio al segundo miembro (62) de sonda a través de un pasador (64) de sonda que se puede mover dentro de un canal del primer miembro (60) de sonda, en el que la segunda fuerza controlable de equilibrio es reactiva con respecto a la primera fuerza controlable de equilibrio para proveer fuerzas auto-reactivas para la operación de soldadura;
- 35 proveer una primera realimentación (118, 198) de fuerza o de posición para el primer miembro (60) de sonda y una segunda realimentación (120, 200) de fuerza o de posición para el segundo miembro (62) de sonda; y
- 40 ajustar las fuerzas controlables de equilibrio primera y segunda en los miembros primero y segundo (60, 62) de sonda basándose en las realimentaciones primera y segunda (118, 120; 198, 200) de fuerza o de posición.
18. El método de la reivindicación 17, que comprende además la etapa de:
- ajustar una distancia de separación entre los miembros primero y segundo (60, 62) de sonda con respecto a un espesor de las secciones (52,54) de pieza de trabajo.



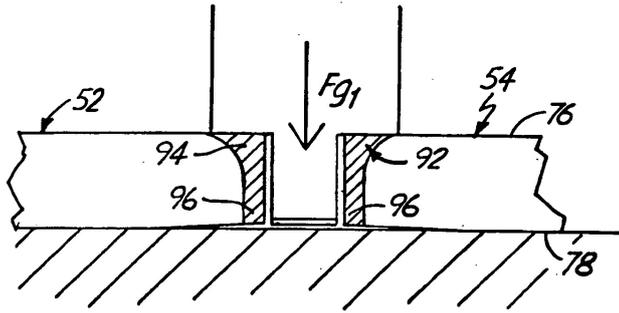


Fig. 2A

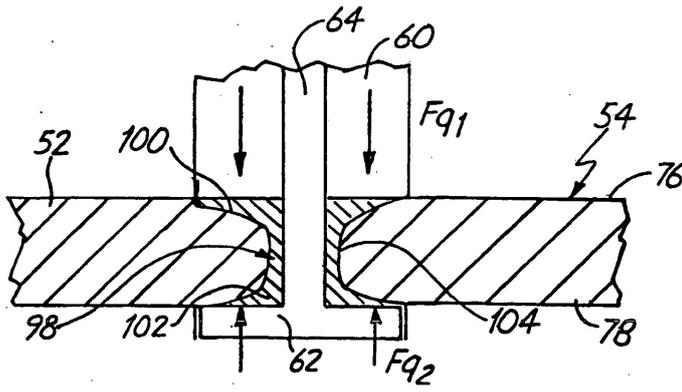
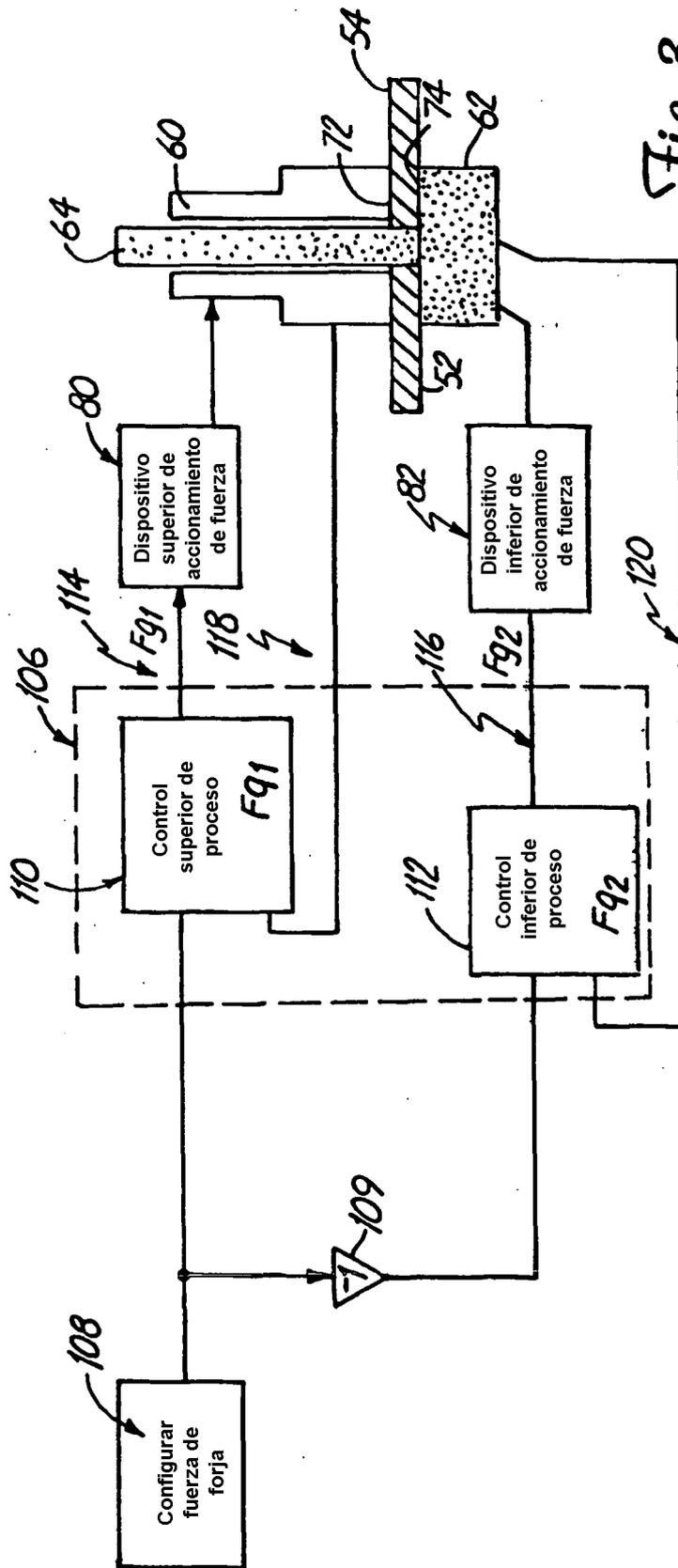


Fig. 2B



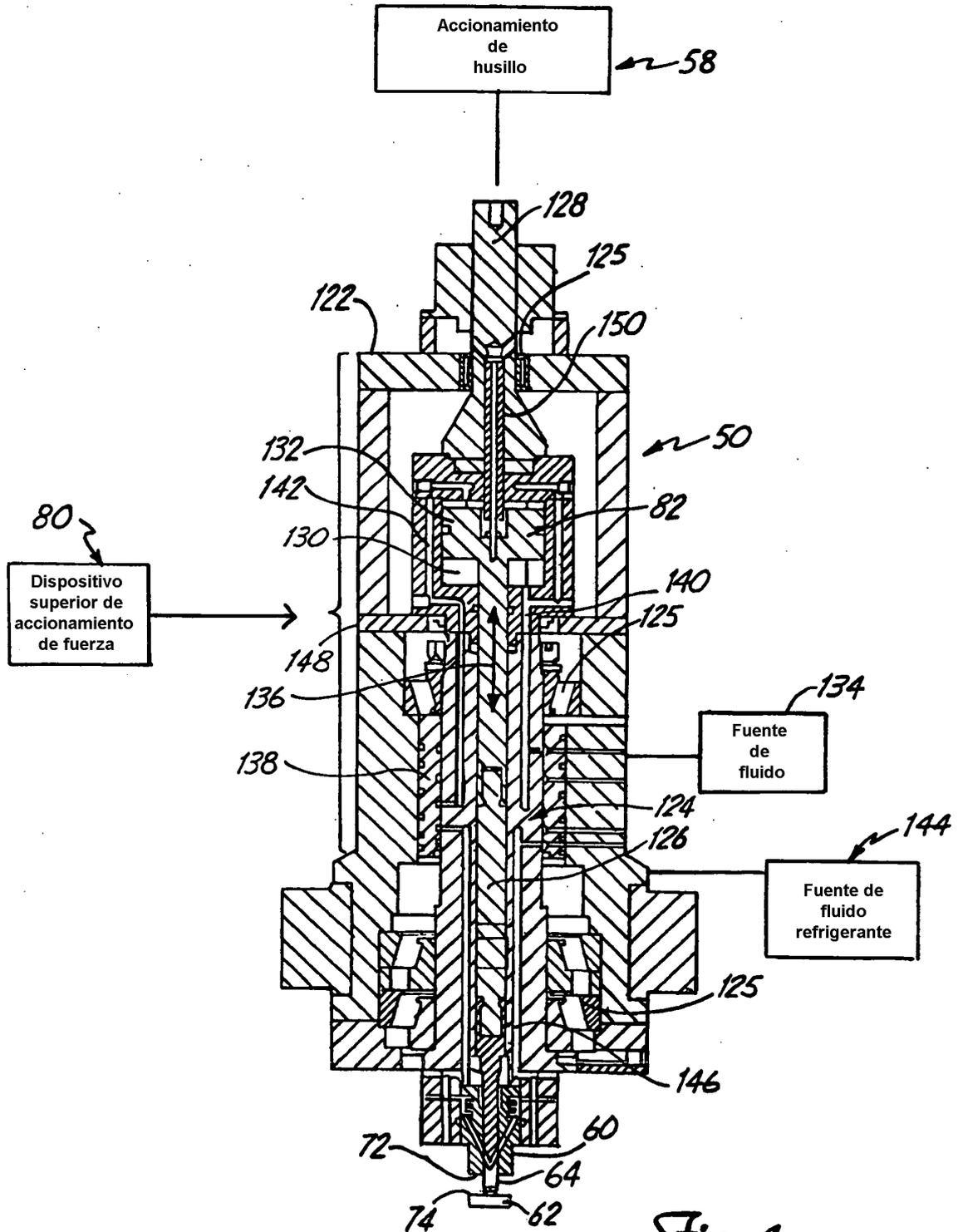


Fig. 4

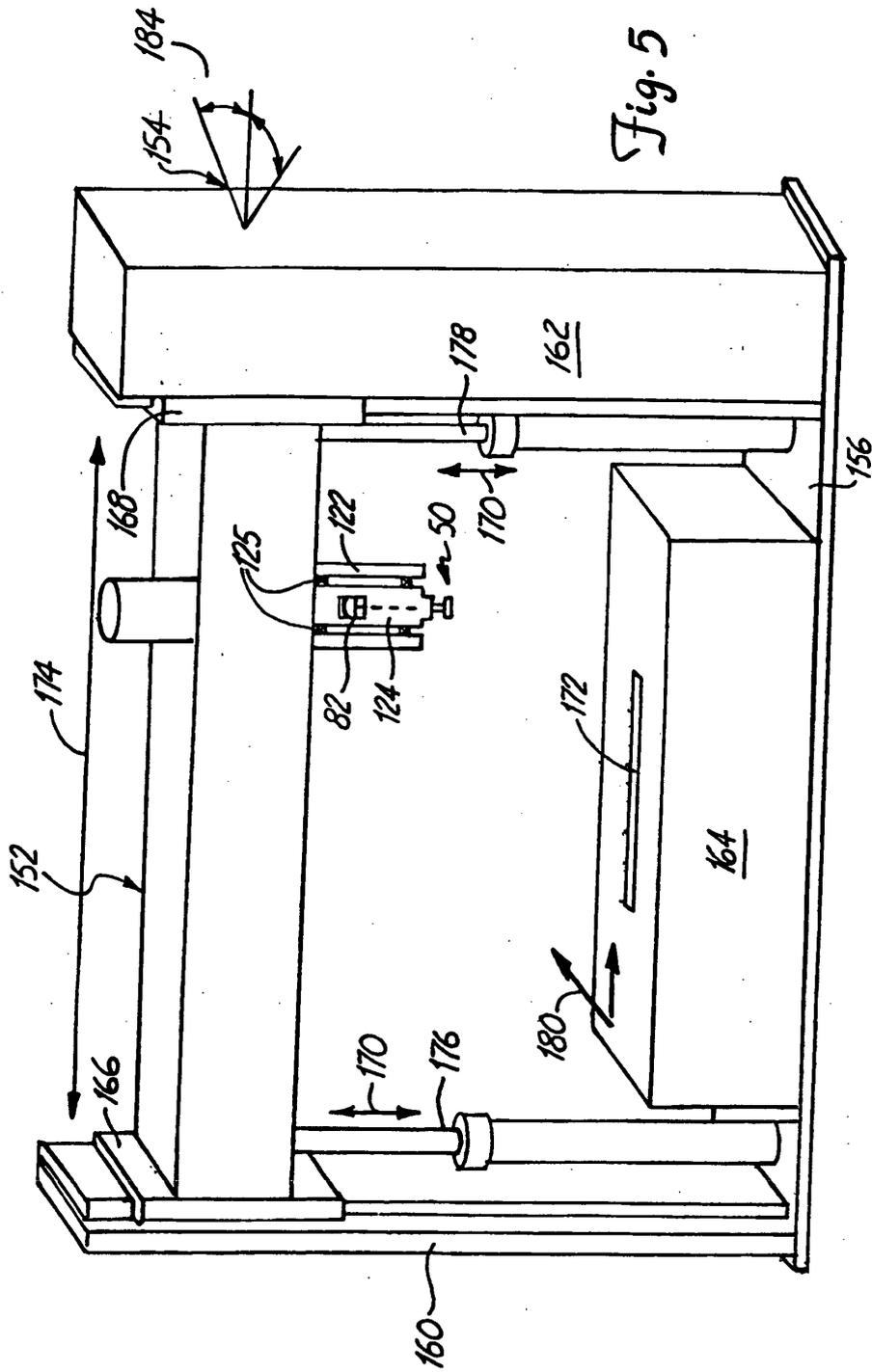


Fig. 5

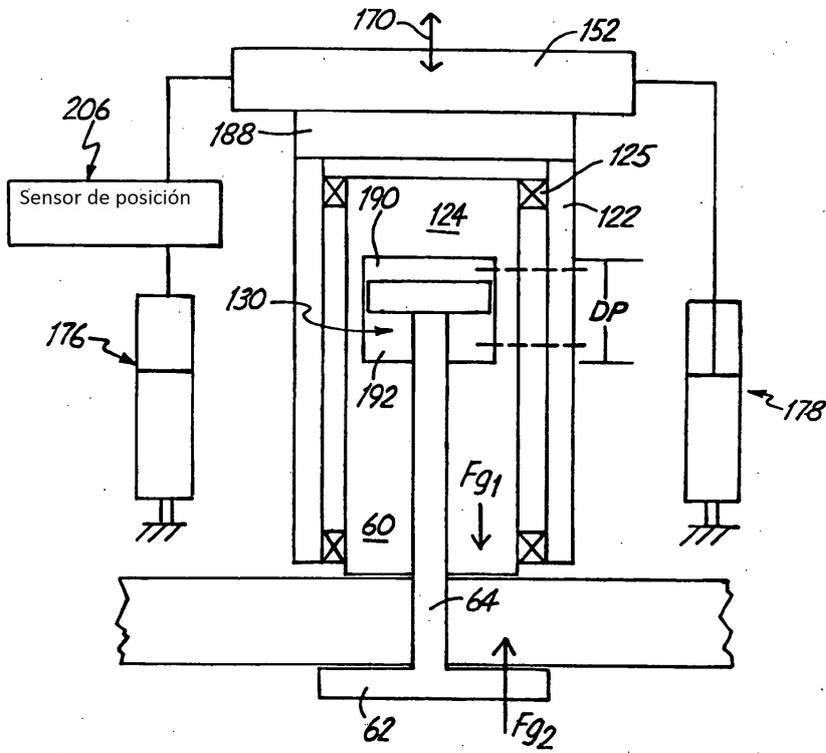


Fig. 6

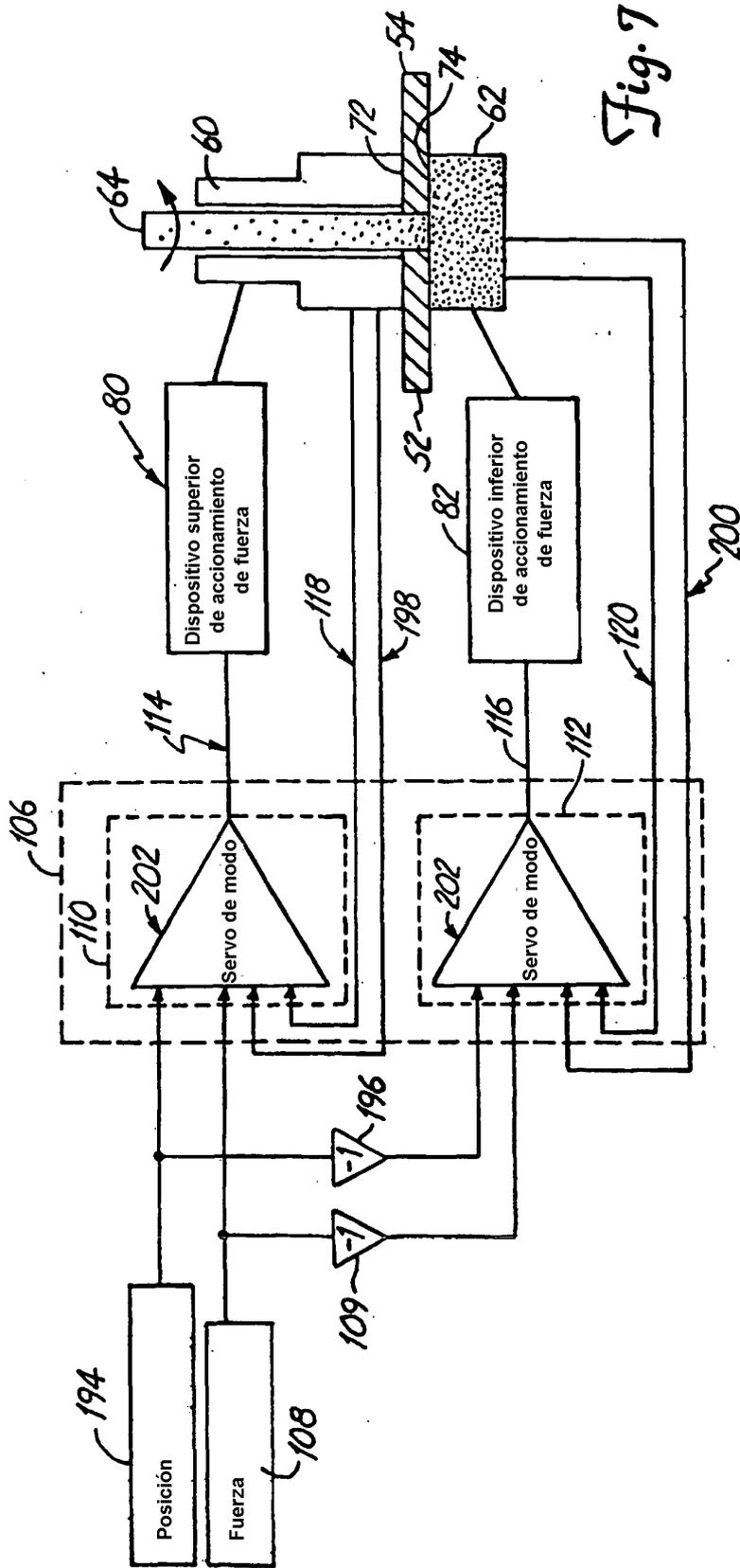
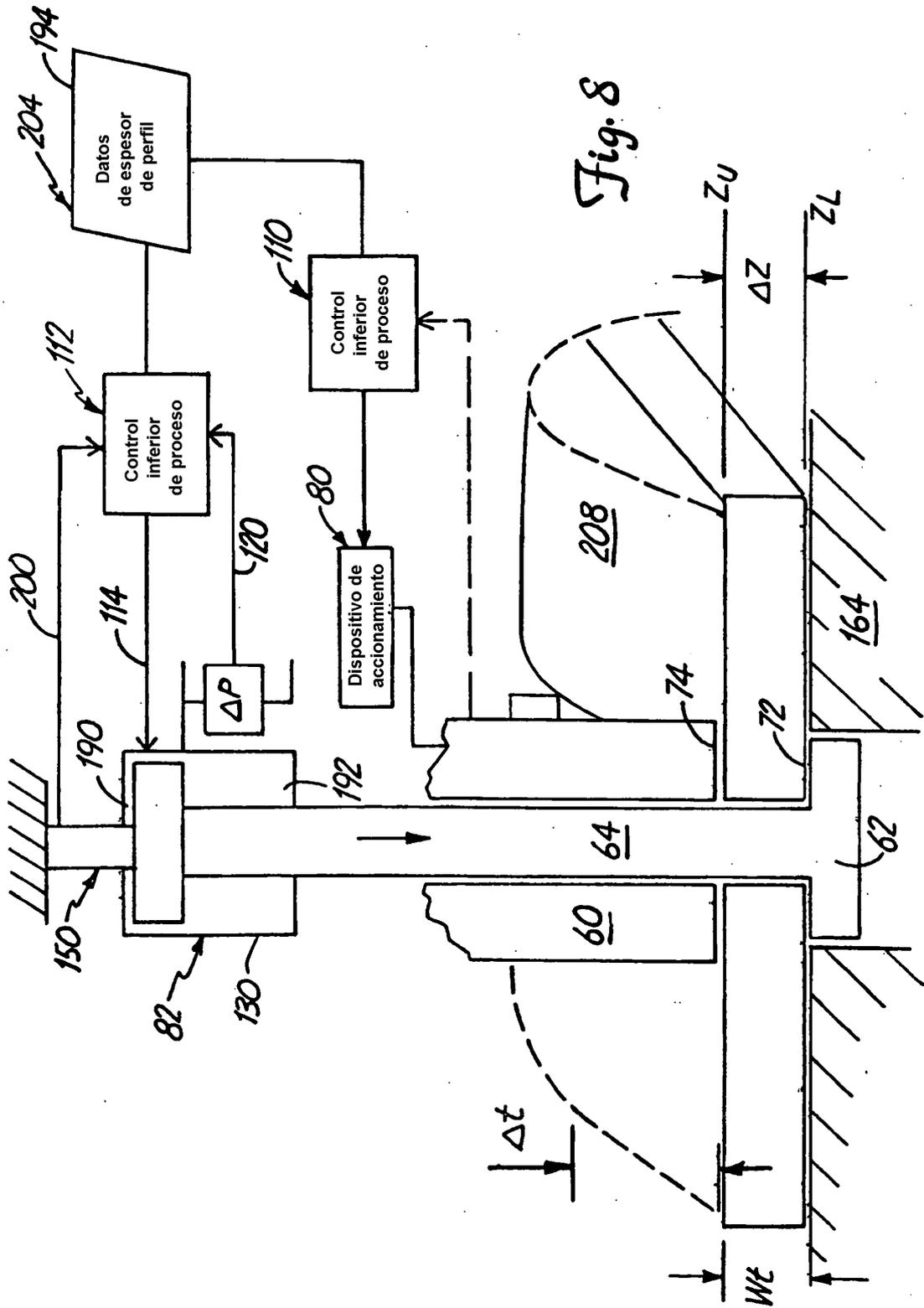


Fig. 7



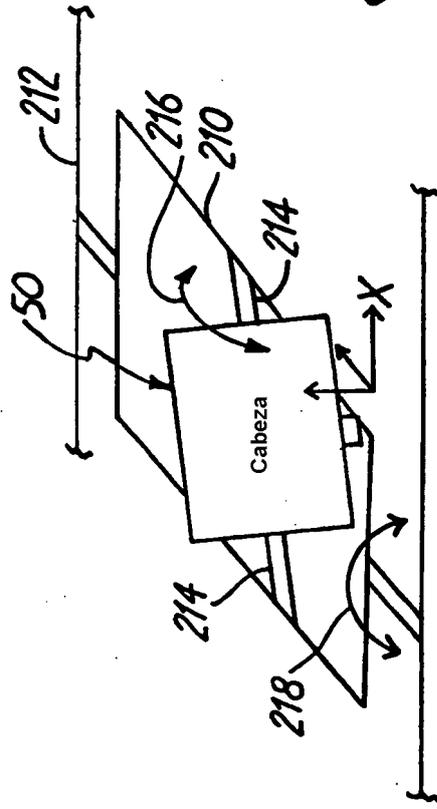


Fig. 9

