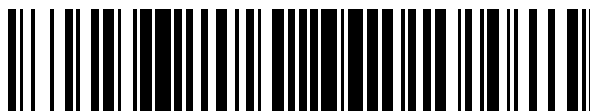


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 899**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/24** (2014.01)  
**B23K 26/00** (2014.01)  
**B23K 26/03** (2006.01)  
**B23K 26/14** (2014.01)  
**B23K 26/22** (2006.01)  
**B23K 26/142** (2014.01)  
**B23K 26/082** (2014.01)  
**B23K 26/70** (2014.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2013** **PCT/US2013/065924**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **24.04.2014** **WO14063151**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2013** **E 13847453 (1)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017** **EP 2908979**

54 Título: **Pistola de soldadura láser accionable manualmente**

30 Prioridad:

**19.10.2012 US 201261716455 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**27.12.2017**

73 Titular/es:

**IPG PHOTONICS CORPORATION (50.0%)**  
**50 Old Webster Road**  
**Oxford, Massachusetts 01540, US y**  
**VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT (50.0%)**

72 Inventor/es:

**FOMIN, VALENTIN;**  
**STAROVYTOV, ANTON;**  
**ABRAMOV, ANDREY;**  
**GAPONTSEV, VALENTIN;**  
**FUCHS, ARTJOM;**  
**SCHRAMM, INGO;**  
**SCHERBAKOV, EUGENE;**  
**MAMEROW, HOLGER y**  
**MICHALZIK, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**CANELA GIMÉNEZ, María Teresa**

ES 2 647 899 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

Pistola de soldadura láser accionable manualmente.

### 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

#### Campo de la invención

La descripción se refiere al campo de las pistolas de soldadura utilizables manualmente para producir un cordón de soldadura y, en particular, a la pistola de soldadura utilizable manualmente provista de un láser de fibra. En especial, la descripción se refiere a la pistola de soldadura de láser de fibra accionable manualmente realizada con una configuración robusta y liviana, un sistema de suministro de rayo láser mejorado, un sistema eficaz de evacuación de desechos de la soldadura y un sistema de control de la calidad de la soldadura.

#### Antecedentes

La soldadura se emplea comúnmente como un método de ensamblaje para unir varias piezas de metal o láminas metálicas juntas en un conjunto. Los métodos de soldadura convencionales están disponibles fácilmente e incluyen, por ejemplo, arco y soldadura por puntos resistente. Bastante recientemente, la soldadura láser se ha desarrollado y ha demostrado tener varias ventajas sobre las formas de soldadura más convencionales. Por ejemplo, el enfoque nítido del rayo láser permite una concentración de energía capaz de proporcionar una soldadura más rápida con menos calor que se introduzca en las partes circundantes. Una herramienta de soldadura láser de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 se describe en el documento US2011/0278265 A1. El documento DE102010005043 A1 divulga además el uso de una fuente de vacío para eliminar restos de soldadura.

El documento DE202007003451U describe el uso de gas que fluye axialmente y se usa para proteger la soldadura.

La soldadura por láser automatizada o de precisión se puede realizar en componentes láser industriales con un alto grado de exactitud, al tiempo que se eliminan los riesgos potenciales de daño por calor y estrés térmico para materiales de fabricación complejos. Las conocidas pistolas de soldadura por láser y soldadura por puntos incluyen conjuntos de alta precisión, conjuntos herméticos sensibles a la presión y otros ensambles diseñados de forma única. En consecuencia, el diseño de un soldador láser no es simple y ofrece algunos desafíos estructurales, como se explica a continuación.

Uno de estos desafíos incluye la soldadura de piezas de trabajo que tienen una geometría complicada. Por ejemplo, los paneles del cuerpo de un automóvil se transportan a una estación de soldadura donde se impone un sistema de sujeción para sujetar los paneles del cuerpo mientras se realizan las operaciones de soldadura. Debido a la configuración de algunas de las partes a soldar, no se pueden utilizar ciertos aparatos de sujeción y soldadura ya que los límites de espacio pueden limitar la cantidad de espacio disponible para las maniobras necesarias y el funcionamiento adecuado del aparato de sujeción y soldadura. Para maximizar la productividad y la eficiencia, se deben utilizar varias configuraciones distintas de aparatos de sujeción y soldadura dentro de una estación de soldadura, dependiendo de la configuración, velocidad y costo de los aparatos de sujeción y soldadura. Tal enfoque puede implicar una eficiencia reducida y altos costos.

Por lo tanto, existe la necesidad de una pistola de soldadura láser compacta, liviana y robusta, maniobrable a mano que tenga una configuración que elimine sustancialmente la necesidad de tener múltiples pistolas.

Un desafío adicional está asociado con configuraciones de láser que se usan típicamente para soldadura: CO<sub>2</sub> y Nd:YAG. Ambas configuraciones de láser operan en la región infrarroja del espectro de radiación electromagnética, invisible para el ojo humano.

Nd:YAG funciona a una longitud de onda de aproximadamente 1,06 micras. Esta longitud de onda es absorbida muy bien por materiales conductores, con una reflectancia típica de aproximadamente 20 a 30 por ciento para la mayoría de los metales. Por otro lado, la longitud de onda de salida del infrarrojo lejano (10.6 micras) del láser de CO<sub>2</sub> tiene una reflectancia inicial de aproximadamente 80 a 90 por ciento para la mayoría de los metales, pero puede suministrar fácilmente 10.000 vatios, que es mucho mayor que la potencia de salida más alta de láseres Nd:YAG.

Ambos tipos de láser discutidos anteriormente se caracterizan por un gran tamaño físico. Por ejemplo, los sistemas de CO<sub>2</sub> para lograr los altos poderes requeridos pueden ocupar una habitación. Otra característica común entre estos tipos de láser es la baja eficacia de la toma de corriente, es decir, la baja eficiencia de conversión de energía desde la energía eléctrica a energía óptica.

Otra necesidad, por lo tanto, existe para una pistola de soldadura láser accionable manualmente con una configuración de láser que tenga una estructura compacta y eficiente.

Se presenta todavía otro reto conocido para soldadores de láser de fibra accionados robóticamente que se refiere al impacto, sobre la ventana protectora del cabezal óptico, de los restos de soldadura de la zona de soldadura que son capaces de dañar críticamente las ópticas alojadas en el cabezal. Para hacer frente a este problema, se introduce un chorro de aire presurizado en un canal de guía de luz de flujo inferior desde el cabezal del láser a altas velocidades y transversalmente al eje longitudinal del canal. Como el chorro se introduce en ángulo con respecto a la propagación de la luz, se lo conoce como chorro transversal.

Sin embargo, el chorro transversal también está asociado con algunas dificultades. En primer lugar, debido a las altas velocidades, el chorro cruzado forma vórtices dentro del canal. Los vórtices, a su vez, crean un gradiente de presión entre la zona del canal central y la periferia del canal. Con una presión más baja en la zona central, los desechos de soldadura se acumulan a lo largo de esta zona y dañan la ventana de protección con relativa facilidad. Otra consecuencia indeseable del chorro cruzado es que el gradiente de presión afecta negativamente al rayo láser. Además, el chorro cruzado produce altos niveles de ruido.

Una necesidad adicional, por lo tanto, existe para un sistema de protección del cabezal láser que supere los problemas discutidos anteriormente.

Todavía otro reto se deriva de la acumulación de residuos de soldadura alrededor de la zona de soldadura y particularmente en el brazo de soporte de sistemas de soldadura conocidos que tienen una estructura de sujeción con dos brazos. La acumulación de desechos es perjudicial para la calidad de una soldadura y provoca daños en los brazos del soldador.

Como resultado, existe la necesidad de una pistola de soldadura accionable manualmente basada en láser configurada con un sistema para eliminar los restos de soldadura de la zona de soldadura.

Se presenta un desafío adicional por la falta de control de la calidad de la soldadura. Sin embargo, la calidad de la soldadura es uno de los parámetros, si no el más importante, de un proceso de soldadura.

Por consiguiente, existe una necesidad adicional de una pistola de soldadura láser maniobrable a mano configurada con un sistema para ajustar automáticamente la salida del láser en función de la calidad de la soldadura.

#### RESUMEN DE LA INVENCION

Estructuralmente, la pistola de soldadura láser accionable manualmente descrita se inserta dentro de un cojinete de gran tamaño y se suspende en una guía externa mediante una combinación de conjuntos de polea. Como resultado, la pistola de soldadura puede girar alrededor de su eje longitudinal, moverse linealmente hacia las piezas a soldar, girar alrededor de un eje vertical, que se extiende perpendicularmente al eje longitudinal, e inclinarse alrededor de un eje de pivote que se extiende transversalmente a ambos ejes longitudinal y vertical. La pistola de soldadura láser accionable manualmente descrita se define por la reivindicación 1. Algunas de las características se describen brevemente inmediatamente a continuación y, junto con otras, se discuten adicionalmente en detalle en la descripción detallada de la invención.

Una de las características que abordan los problemas de chorro cruzado incluye la introducción en un canal de guía de luz de una corriente de aire presurizada. La corriente presurizada se fuerza en el canal paralelo al eje longitudinal de la misma. Dicha técnica de administración, denominada en lo sucesivo "overjet", elimina prácticamente el gradiente de presión entre las zonas central y periférica. Como resultado, son efectivamente rechazadas las partículas pequeñas o desechos que fluyen hacia la ventana protectora del cabezal óptico por la primera corriente lo que aumenta el tiempo de vida de la ventana protectora y no afecta la calidad del haz. Además, el ruido de alto nivel asociado con la estructura de chorro transversal se reduce considerablemente utilizando la configuración de overjet descrita.

De acuerdo con otra característica, además del overjet, el túnel es atravesado por una segunda corriente de aire que elimina restos de soldadura relativamente grandes y que fluye en paralelo al overjet. Una bomba que crea una presión negativa dentro del túnel guía un gran volumen de aire ambiente a baja velocidad en la corriente superior hacia el extremo del túnel paralelo al overjet. Dado que la salida evacua ambas corrientes del túnel está situada cerca de la zona de soldadura, las corrientes expulsan escombros de soldadura de diferentes tamaños a través de la salida.

Otra característica incluye una fuente de láser de fibra de alta potencia que emite un rayo láser guiado a la pistola. Está montado un cabezal óptico con una óptica de enfoque de haz, protegido por una ventana protectora de salida, en la pistola y recibe el rayo láser que es enfocado adicionalmente sobre las piezas a soldar. Preferiblemente, el láser de fibra se utiliza para emitir un haz multimodo de nivel de kW con un punto de haz de aproximadamente 500 micras. Alternativamente, si es necesario, una fuente de láser puede configurarse para emitir sustancialmente el haz en modo único.

De acuerdo con otra característica, la pistola está configurada con una columna de soporte central que se extiende a lo largo del eje longitudinal de la pistola. Diversos conjuntos están montados en la columna de soporte para definir un circuito cerrado cinemáticamente en el que la columna recibe las cargas generadas por estos conjuntos. A diferencia de

la técnica anterior conocida, la configuración divulgada tiene un número limitado de componentes intermedios entre los conjuntos generados por la carga y el soporte. En consecuencia, la pistola descrita está configurada como una estructura rígida ligera.

5 Según otra característica, uno de los conjuntos acoplados al soporte incluye un sistema de fijación operativo para fijar y sujetar las piezas a soldar. El sistema de sujeción puede tener la configuración de un brazo o una configuración de dos brazos en la que se puede desacoplar operativamente uno de los brazos de la columna de soporte.

10 Común a ambas configuraciones existe un brazo desplazable actuable para deslizarse en un carril guía que está montado también en la columna de soporte. La configuración de un brazo puede usarse cuando la sujeción de dos piezas o más no sea necesaria lo que sucede cuando medios de sujeción externa sostienen juntas las piezas de trabajo.

15 Otra característica se relaciona con la configuración de dos brazos descrita anteriormente en que se proporciona un brazo estacionario en forma de «L» con un canal interior en que puede crearse una presión negativa para eliminar los residuos de la soldadura acumulados durante la operación de soldadura. Alternativamente o en adición al canal de vacío, el brazo inferior puede tener un fondo removible permitiendo al operador limpiar manualmente las acumulaciones de residuos.

20 De acuerdo con una característica adicional, el brazo estacionario incluye además un fotodetector adecuado para detectar la luz que escapa de la soldadura. Con dependencia de la energía detectada de la emisión de láser propagada a través de la soldadura, se determina su calidad y, si es necesario, se ajusta la energía de salida del láser.

#### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

25 Las características anteriores y otras del dispositivo descrito se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada acompañada de los dibujos, en los que:

La Fig. 1 es una representación general de una disposición típica de una pistola de soldadura láser accionable manualmente;

30 Las Figs. 2 y 3 muestran esquemáticamente conjuntos respectivos para desplazar la pistola láser descrita en diferentes planos.

La Fig. 4A es una vista axonométrica de la pistola divulgada completamente ensamblada;

La Fig. 4B es una vista axonométrica de la pistola divulgada sin un conjunto de carcasa;

35 La Fig. 4C es una vista lateral de la pistola descrita de las Figs. 4A - 4B que se muestra con un brazo de agarre desplazable que se retira de una zona de soldadura a la posición de inicio;

La Fig. 4D es otra vista lateral de la pistola descrita en las Figs. 4A - 4B mostrada con ambos brazos de agarre que se juntan en una posición de sujeción de la soldadura;

La Fig. 4E es una vista superior de la pistola descrita de las Figs. 4A - 4C;

La Fig. 5A es una vista lateral esquemática de la pistola de la invención;

La Fig. 5B es una vista esquemática del esquema cinemático cerrado de la pistola de la invención;

40 La Fig. 6A es una vista lateral elevada del brazo desplazable;

La Fig. 6B es una vista de la pistola con el brazo desplazable ensamblado de la FIG. 6A;

La Fig. 6C es una vista desde arriba del brazo de la FIG. 6A;

45 La Fig. 7A es una vista del brazo desplazable de la FIG. 6A provisto de un mecanismo de seguridad operable para monitorear el contacto deseado entre el brazo y la pieza de trabajo delantera e indicar la integridad estructural del brazo mismo.

La Fig. 7B es un circuito eléctrico que ilustra el funcionamiento del mecanismo de seguridad.

Las Figs. 7C - 7D son vistas ortogonales y laterales respectivas de la pieza del extremo de presión.

La Fig. 8 es una vista axonométrica del brazo estacionario de la pistola de la invención.

50 La Fig. 9 es un diagrama de bloques simplificado que ilustra el principio operativo de la pistola de costura automática descrito.

La Fig. 10 es un diagrama de flujo que ilustra el principio de funcionamiento de la pistola láser maniobrable a mano descrita.

#### EXPLICACION DETALLADA

55 Se hará referencia aquí en detalle a varias realizaciones de la invención que se ilustran en los dibujos adjuntos. Siempre que sea posible, se usan números de referencia iguales o similares en los dibujos y la descripción para referirse a partes o pasos iguales o similares. Los dibujos están en forma simplificada y no tienen una escala precisa.

60 La Fig. 1 ilustra un principio general de funcionamiento del sistema descrito de pistola láser 10 accionable manualmente. La pistola 12 de soldadura de la invención está suspendida sobre una guía 14 externa por medio de un soporte 20 de pistola para deslizarse a lo largo de una guía externa en respuesta a una fuerza aplicada por el operador. Alternativamente, el soporte de pistola 20 puede estar suspendido sobre una estructura externa móvil que entrega la pistola a la ubicación deseada.

Se coloca un sistema láser 16 en cualquier ubicación conveniente y se configura para emitir un haz de alta potencia, que puede alcanzar niveles de kW, preferiblemente en sustancialmente un modo individual. Si bien se prefiere un láser de fibra de alta potencia por razones que incluyen alta eficiencia, pequeñas dimensiones y altas potencias, el láser 16 puede tener otras configuraciones tradicionales. Una fibra de suministro guía un rayo láser desde el láser 16 hasta la pistola 12. Al menos parte de la fibra, que atraviesa la pistola 12 hasta un cabezal óptico láser, está protegida por un manguito 18.

Con referencia a la Fig. 2, la pistola de soldadura 12 puede ser maniobrada fácilmente por el operador en diferentes planos. Por ejemplo, la pistola 12 es capaz de pivotar alrededor del eje B, que se extiende perpendicularmente a un eje longitudinal A-A de la pistola 12, en direcciones opuestas, como se indica mediante la flecha doble 26. El pivote se realiza mediante un mecanismo, tal como una polea 22, acoplada al soporte de la pistola 20.

La Fig. 3 ilustra un mecanismo que proporciona a la pistola 12 un movimiento giratorio alrededor de su eje longitudinal A-A. El mecanismo puede tener diferentes configuraciones que incluyen, por ejemplo, un cojinete 24. El cojinete 24 está suspendido sobre el soporte de la pistola 20 y rodea la sección media de la pistola 12 de modo que toda la pistola gira en respuesta a un par aplicado por el operador.

Las Figs. 4A - 4E ilustran la pistola 12 accionable manualmente de la invención en más detalle. Con referencia particularmente a la Fig. 4A, la pistola 12 está configurada con un conjunto de carcasa que incluye alojamientos proximal y distal 28 y 30, respectivamente. Los alojamientos se pueden desmontar fácilmente y, cuando se ensamblan como se muestra, flanquean el cojinete 24 de una forma que aísla completamente al operador de los componentes internos desplazables, tal como se describe a continuación.

El lado posterior 32 de la carcasa proximal 28 está configurado como un panel de control que soporta una palanca 34 con un botón de inicio/final 35 de soldadura, una carcasa de electrónica de control 36, una pluralidad de conectores que enlazan la pistola de soldadura láser 12 a respectivas fuentes de suministro externas y una interfaz para la introducción manual de los parámetros deseados. En particular, un conector 38 recibe el manguito 18 que rodea la fibra y está hecho de un material que protege la fibra de cargas mecánicas externas. Un conector 40 se acopla a un tubo que guía un medio gaseoso a alta presión dentro de la pistola 12 desde un dispositivo externo. Los conectores 42 están estructurados para recibir, respectivamente, tubos que transportan el medio de enfriamiento de entrada y salida de la pistola. Otro conector recibe un cable de corriente eléctrica. El panel de control se configura ergonómicamente para facilitar al operador maniobrar la pistola 12 en una forma que ninguno de los cables y tubos interfiera con su trabajo.

Durante la soldadura, el operador atrapa la palanca 34 con una mano mientras sujeta la otra mano en una de las empuñaduras 44 que están montadas en el conjunto de cojinete 24. Este último tiene un corte 25 configurado para acoplar la pistola 12 al soporte de la pistola 20 (Fig. 2). La carcasa distal 30 encierra todas las partes móviles a las que el operador no puede acceder fácilmente. Dos brazos de agarre - brazo desplazable 46 y brazo estacionario 48 - completan el exterior de la pistola 12.

La Fig. 4B ilustra el interior de la pistola láser 12 accionable manualmente en una posición de brazo cerrado en la que el brazo 46 es desplazado junto al brazo estacionario 48. La configuración de la pistola 12 se sustenta en la columna de soporte principal 50 hecha de perfiles metálicos ligeros que pueden tener, por ejemplo, un interior hueco. La columna 50 se extiende sustancialmente en toda la longitud de la pistola 12 en paralelo al eje longitudinal A-A. La configuración de la pistola 12 permite que la columna 50 reciba todas las cargas generadas por las partes móviles de la pistola que están acopladas a esta columna. Dicha distribución de carga define un circuito cinemático cerrado en el que las cargas generadas están cerradas en la columna.

Los lados alargados opuestos de la columna 50 están provistos de un rail ancho o un par de raíles de guía 52 separados por una placa de soporte 54 que se desliza a lo largo del eje AA y mueve el brazo 46 entre una pluralidad de posiciones predeterminadas de los brazos, como se describe posteriormente.

Refiriéndonos brevemente a la Fig. 5A en combinación con la Fig. 4, la placa 54 se mueve linealmente a lo largo del recorrido de propagación de la luz en respuesta a una fuerza generada por un actuador electromecánico que puede incluir un motor 56 y una transmisión 58. Pueden utilizarse diversas configuraciones de motores y transmisiones, tales como transmisiones de correa 58 (Fig. 4B), y ambos componentes están montados en una placa móvil linealmente 54. Como se muestra esquemáticamente, la transmisión 58 incluye un pistón que aplica una fuerza lineal a la placa 54 que, en respuesta, se desliza a lo largo de la columna 50 por medio de un cojinete lineal 60 montado sobre el rail 52 entre las posiciones abierta y cerrada del brazo 46 desplazable (Fig. 4C y Fig. 4D, respectivamente). La placa 54 es parte de un marco que incluye, además, entre otros, un par de lados espaciados 62, que preferiblemente están configurados con una sección transversal triangular.

Volviendo a la Fig. 4B, el lado de corriente superior de la placa de soporte 54 soporta no solo los medios electromecánicos, sino también un cabezal óptico 62 que recibe la fibra de suministro de haz en el manguito protector 18 por medio de un conector 64. El manguito tiene partes flojas que se tensan cuando la placa 54 se mueve hacia la zona de soldadura. Con un haz de emisión láser, suministrado en la cabeza láser 62, de aproximadamente 500 micras,

la cabeza 62 puede configurarse, por ejemplo, con una distancia focal de aproximadamente 300 mm que elimina la ventana protectora a la salida del cabezal de la zona de soldadura a una distancia mayor que la de la técnica anterior conocida.

5 En la placa 54, junto con el cabezal óptico y el actuador electromecánico, también están montados el mecanismo de oscilación 66 para producir una soldadura sinusoide y un motor lineal para proporcionar la soldadura con la longitud deseada.

10 El lado opuesto, corriente inferior de la placa 54, soporta el brazo desplazable 46 que termina con una pieza de presión 68 en su extremo que está montada de forma desmontable en la corriente inferior del brazo. La pieza de extremo de presión 68 está estructurada para presionar contra una de las piezas de trabajo a soldar y rodear un rayo láser de modo que no se escape ninguna emisión fuera del interior del extremo de la pieza. Tal característica califica la pistola divulgada como un láser de Clase 1, la más segura bajo todas las condiciones de uso normal. La placa 54 junto con el brazo 46 se mueven a lo largo de múltiples posiciones predeterminadas analizadas inmediatamente a continuación.

15 Con referencia a las Figs. 5A y 5B, el brazo desplazable 46 se encuentra inicialmente en la posición inicial 71 (Fig. 5B) a una gran distancia de la zona de soldadura. El operador inicia el desplazamiento del brazo presionando el botón de inicio 35 (Figs. 4B y 4E). El brazo 46 se desplaza inicialmente a una primera velocidad lineal a una posición abierta 73 y se detiene allí a una pequeña distancia de la pieza de trabajo. Se controla el desplazamiento del brazo 46 a la posición 20 73 y, si se detecta algún objeto en el camino, el brazo se detiene, hasta que se retira el objeto. El brazo 46 se desplaza adicionalmente a una posición cerrada 75 a una segunda velocidad más baja que la primera velocidad y se detiene a una distancia predeterminada de la pieza de trabajo que es una función del grosor de la pieza. Finalmente, el brazo se desplaza a una posición de soldadura/agarre 77 en la que aprieta contra la pieza con la presión deseada.

25 Con referencia a las Figs. 6A - 6C, el brazo desplazable 46 está configurado para ser un componente multifuncional: además de una función de agarre, el interior de este brazo sirve como guía para el haz de láser y el flujo de fluido. Una de las corrientes del medio gaseoso está formada para evitar o al menos minimizar sustancialmente la exposición de la ventana de vidrio protector, que está montada en el extremo de salida del cabezal óptico 62 (Fig. 6A), de chispas y pequeñas partículas o residuos esparcidos de la zona de soldadura en una dirección contraria a la dirección de la propagación de la luz. La otra corriente de aire, viajando paralela a la primera corriente a una presión inferior a la del flujo presurizado, se encarga de las partículas más grandes.

Volviendo específicamente a las Figs. 6A y 6B, el brazo 46 está estructurado con un interior hueco alargado que define un túnel 75 que se extiende a lo largo del eje longitudinal A-A de la pistola entre los extremos de entrada y salida del brazo 46. El brazo incluye un alojamiento 82 (Fig. 6B) coronado por una brida 71 que une de forma desmontable el brazo 46 a la placa de soporte 54 (Fig. 6B). La estructura de la carcasa puede ser monolítica o ensamblarse a partir de componentes múltiples. Por ejemplo, el alojamiento 82, como se muestra, incluye una estructura en dos partes generalmente frustocónica que se estrecha hacia una zona de soldadura.

40 La brida 71, como se muestra en la Fig. 6B, está rebajada en el extremo de entrada 72 de la misma y configurado con una pared periférica de múltiples pasos que termina con un hombro 74 que se extiende axialmente y que solapa el extremo de la corriente superior (a lo largo del camino de luz y aire) del alojamiento 82. Un tubo corto en forma de "T" 84 es recibido en el extremo rebajado de la brida 71 y se extiende hacia dentro de forma que se solapa axialmente con el extremo de la corriente superior de la carcasa 82 y está espaciado radialmente hacia dentro desde este extremo.

45 La posición relativa de la carcasa, brida y tubo discutidos anteriormente define un primer espacio anular relativamente grande 88 y un paso relativamente estrecho 90 que se extiende axialmente y que se abre en el espacio anular 88 por uno de sus extremos y en el interior de la carcasa 82 por el otro extremo.

50 El espacio anular 88 recibe un chorro de medio gaseoso presurizado, tal como aire, a través de la entrada 85 que se extiende radialmente (Fig. 6A). A medida que el chorro de aire presurizado llena el espacio 88, sangra a través del paso axial 90 (figura 6B) en el interior o túnel 75 del alojamiento 82 paralelo al eje A-A (Fig. 6A). A medida que el aire presurizado fluye a través del túnel, su presión cae prácticamente a la presión atmosférica. El suministro axial y el flujo adicional de corriente de aire inicialmente presurizado a lo largo del túnel se denominan en lo sucesivo "overjet". El overjet evita eficazmente que pequeños residuos de soldadura dañen la ventana de vidrio protector del cabezal óptico 62 (Fig. 4B), lo que aumenta drásticamente el tiempo de vida del cabezal láser.

60 Con referencia a las Figs. 6B y 4B-4E, la configuración del brazo desplazable 46 permite crear una presión negativa en el túnel para eliminar, además de partículas pequeñas, partículas grandes también originadas en la zona de soldadura. Tal presión puede crearse usando una entrada de aire 94 provista en cualquier lugar a lo largo de la región de la corriente superior del alojamiento 82 o incluso usando el cabezal óptico como una guía de aire. Esta segunda corriente de aire ingresa al túnel, como se mencionó anteriormente, a una presión menor que la de la primera corriente de aire presurizado y, por lo tanto, a baja velocidad. Preferiblemente, la segunda corriente está por debajo de la presión atmosférica. Al final, la presión de la segunda corriente se selecciona de manera que se eliminan los vórtices de aire,

que son típicos para un chorro transversal presurizado que ingresa al túnel a alta velocidad en los dispositivos conocidos.

5 Una salida de succión 96, mejor vista en las Figs. 4C - 4E, se abre al túnel dentro del alojamiento 82 cerca de la pieza del extremo de presión 68 (Fig. 4C) y está en comunicación fluida con una fuente generadora de presión negativa externa 100 a través de una manguera 98 que crea un gradiente de presión entre los extremos de la corriente superior e inferior del túnel 75. La segunda corriente de aire inferior a la presión atmosférica es succionada al túnel 75 en un volumen que excede sustancialmente el volumen de aire del overjet dentro del túnel. Ambas corrientes de aire son axialmente unidireccionales y bajo sustancialmente la misma presión, relativamente baja, a lo largo de un tramo más grande de la trayectoria de aire a lo largo del túnel. El overjet, la velocidad lenta y el gran volumen de la segunda corriente de aire y la dirección uniforme de ambas corrientes, en combinación, prácticamente eliminan la interferencia entre las corrientes de aire, proporcionan evacuación efectiva de pequeños y grandes residuos de soldadura y no afectan la calidad del rayo láser atravesando el túnel.

15 Con referencia a las Figs. 7A y 7B además de a la Fig. 5B, la pieza del extremo de presión 68 del brazo desplazable 46 está provista de un mecanismo de seguridad 105 operable para controlar el contacto deseado entre el brazo y la pieza de trabajo delantera. El mecanismo 105 también está configurado para controlar la integridad estructural de la pieza de extremo de presión 68.

20 En particular, el mecanismo 105 incluye dos contactos 107 desplazables axialmente pretensados que se extienden a lo largo de lados respectivos de la pieza de presión 68. En el estado inicial pretensado, ambos contactos 107 se extienden más allá del borde 113 (Fig. 7A) de la pieza de extremo de presión 68 a una distancia predeterminada. Si la pieza de trabajo delantera y el brazo 46 están posicionados correctamente, ambos contactos 107 tocan la superficie de la pieza de trabajo. Sin embargo, si la posición no es correcta, al menos uno de los contactos 107 no presiona contra la pieza de trabajo, el láser 16 (Fig. 1) no puede dispararse, como se explica a continuación.

El circuito eléctrico en la Fig. 7B incluye tres componentes: contactos laterales 107 y un cable 111 que están conectados eléctricamente entre sí en serie. Si al menos uno de estos componentes no genera una señal recibida por el microcontrolador 125, la circuitería permanece abierta y el controlador no emite una señal de control a una fuente de energía del láser 16, que permanece así inactivo.

35 El cable 111 está montado a una distancia corta del borde 113 (Fig. 7A) de la pieza extrema 68 a una ranura cerrada que se extiende alrededor del perímetro de la pieza extrema 68. Si la pieza terminal 68 está dañada, el cable 111 entra en contacto directo con la superficie de la pieza de trabajo delantera, el cable se rompe fácilmente y la fuente del láser no se enciende.

Con referencia a las Figs. 7C-7D, las piezas de extremo de presión 68, cada una acoplada a los brazos y con una superficie de contacto, se apoyan en la pieza de trabajo a tratar. Para evitar el desgaste excesivo de la superficie de contacto 103, una placa 101 de material, que tiene una dureza mayor que la del resto de la pieza de extremo, está acoplada a la superficie de contacto 103. La placa 101 puede soldarse a la superficie 103. Alternativamente, como se muestra en las figuras, la placa 101 está acoplada de forma separable a la superficie 103 mediante sujetadores 105.

45 Si la placa 101 está acoplada mediante sujetadores 105, su superficie interior está ranurada para acomodar el cable 111. En el caso de soldadura, se coloca un tubo entre la superficie 103 y la placa 101 antes de que estas partes se suelden. El cable 111 es luego tirado a través del tubo. La adición de la placa 101 no solo aumenta la vida útil de la pieza final. También facilita tanto el montaje del dispositivo divulgado como su mantenimiento.

50 Con referencia a las Figs. 8 y 4B, el brazo estacionario en forma de "L" 48 tiene un componente 106, que se extiende paralelo al eje longitudinal A-A' de la pistola 10 cuando el brazo 48 está montado en la columna de soporte 50, mientras que un componente 102 se extiende perpendicular al mismo eje. El componente 106 está montado de forma desmontable para soportar la columna 50 (Fig. 4B) mediante cualquier tipo adecuado de fijación 104 (Fig. 7). En consecuencia, la pistola 12 se puede usar con un solo brazo desplazable 46.

55 Durante la soldadura, los desechos pueden penetrar en el interior del componente de brazo 102 a través de la pieza sin fondo del extremo de presión 68 y, si no se eliminan, los residuos acumulados pueden dañar este componente y generalmente afectar negativamente la calidad de una soldadura. Para evitar la acumulación, el interior hueco del componente 102 está en comunicación fluida con una bomba exterior. Esta puede ser la bomba 100 (Fig. 4C) o una bomba operativa diferente para crear un gradiente de presión suficiente para la eliminación de los residuos a través de una manguera 110 que es recibida por un conector 108. Además de la técnica de evacuación de presión, la parte inferior del componente 102 puede quitarse para una mayor eliminación de los residuos acumulados.

65 Con referencia a la Fig. 9 en adición a la Fig. 8, la potencia de salida del láser 16 (Fig. 1) se controla continuamente mientras las piezas de trabajo están siendo soldadas. Como el cabezal óptico 62 (Fig. 4B) se mueve a lo largo de una longitud predeterminada mientras oscila a una frecuencia predeterminada, un rayo láser funde hojas superpuestas para crear un pasaje que se extiende a través de las piezas de trabajo delantera y trasera. A medida que el rayo se mueve

adicionalmente, el metal fundido fluye hacia atrás cerrando el paso, pero no antes de que el rayo láser atraviese el pasaje. La intensidad medida del rayo láser penetrante es indicativa de la calidad de la soldadura. Si la intensidad medida es mayor que un valor de referencia, como se explica más adelante, el paso es demasiado grande y la potencia de salida del láser se reduce. Por el contrario, si la intensidad medida es menor que el valor de referencia, la potencia del láser de salida aumenta.

En una realización particular de la Fig. 9, un fotodetector 112 está montado en un encaje 114 pasante (Fig. 8) provisto en el componente 102 del brazo 48 estacionario. El detector 112 detecta la radiación, que en la configuración mostrada se refleja desde la parte inferior del componente 102 y genera una señal aumentada en un amplificador 116. La luz reflejada puede tener una intensidad mayor o menor con la intensidad alta correspondiente a los picos de luz. Al convertirse por un convertidor 118 de analógico a digital, las potencias promedio (Vav) y pico (Vpeak) de la señal se determinan en el microcontrolador 125. El controlador puede ser de un tipo de circuito integrado conocido como matriz de puertas programable (FPGA) que puede realizar una variedad de funciones, incluyendo, por ejemplo, las funciones 120 de detector de pico y de integrador, y tiene una estructura ligera. El analizador 122 procesa las potencias determinadas y emite una señal de control correspondiente a una relación Vav a Vpeak. Este último láser se realimenta con una fuente de potencia 126 si la relación es menor o mayor que un valor de referencia. En respuesta, la potencia del rayo láser puede aumentar o disminuir para tener la costura deseada. La característica de control de potencia descrita anteriormente puede realizarse fácilmente mediante una configuración diferente. En lugar del brazo estacionario, puede utilizarse cualquier configuración de trampa de luz, provista en la parte posterior de la zona de soldadura y, opcionalmente, teniendo su interior aislado de la luz ambiental, en combinación con un fotodetector. En consecuencia, el láser 16, integrado en la configuración descrita de un solo brazo, también puede ser controlada de acuerdo con la técnica descrita anteriormente. Además, en lugar de detectar la luz reflejada, el sensor 112 puede colocarse para detectar directamente la luz incidente.

La Fig. 10 ilustra el funcionamiento de la pistola 12 de la invención. Vale la pena señalar que todos los controladores incorporados en el esquema de control de la pistola 12 se basan en la plataforma FPGA que disminuye considerablemente el peso total de la pistola 12 en comparación con pistolas configuradas de forma similar que se basan en una plataforma de controlador lógico programable (PLC).

En respuesta a la pulsación del botón 35 (Fig. 4A), la fuente externa de medio presurizado comienza a funcionar para proporcionar el overjet dentro del túnel 75 (Figs. 6A, 6B) como se muestra en 120. Simultáneamente con o después del overjet, el motor 56 (Figs. 4B y 5) se acciona hasta que se establece la presión deseada sobre la pieza de trabajo, la longitud de soldadura y la frecuencia de oscilación, como se muestra en 122 y 124, respectivamente. Siempre que se completen todos los pasos descritos anteriormente, el motor 56 comienza a desplazar el brazo 46 desde la posición de inicio a la posición abierta (Fig. 5B) como se ilustra por el número 126. A medida que el brazo 46 se mueve hacia las posiciones abiertas a una velocidad relativamente alta, la presencia de cualquier obstáculo a lo largo de la trayectoria se controla continuamente en 128. Se proporciona un desplazamiento adicional del brazo 46 a la posición cerrada en 130 a una velocidad relativamente lenta. Finalmente, el brazo 46 se desplaza a la posición de soldadura para proporcionar la presión deseada en la pieza de trabajo en 132.

En la posición de soldadura, el contacto entre la pieza de presión extrema 68 y la superficie de la pieza de trabajo se verifica como se muestra en 134. O bien después del control de contacto o en alguna parte anterior, la bomba 10 (Fig. 4D) es accionada para crear un gradiente de presión evacuando todas las corrientes de aire junto con restos de soldadura. Solo después de todo lo anterior, el láser emite un rayo y comienza una operación de soldadura, como se indica en 136. Durante la operación de soldadura, la calidad de la costura se controla, como se describe anteriormente y es indicado aquí por 138. Si es necesario, la potencia del haz se ajusta en 140. Una vez que el proceso termina en 150, todas las bombas y la fuente del láser se apagan, lo que ahorra consumo de energía considerablemente y ayuda a caracterizar la pistola divulgada como una tecnología ahorradora de energía.

La pistola de la invención puede configurarse con los siguientes parámetros que se proporcionan a modo de ejemplo.

Tabla

Peso	35 kg
Fuerza de sujeción ajustable (bujes-Z)	0.6-3.0 kN
Ancho de apertura pistola-C	130 mm
Longitud de la costura de soldadura	máx. 40 mm
Amplitud de oscilación (oscilación)	± 1 mm
Frecuencia (Frecuencia de oscilación)	3-25 Hz
Velocidad de soldadura máx.	80 mm/s
Distancia focal	250 o 300 mm
Consumo de aire comprimido	250 l/min a 5 bar

Especificaciones técnicas 2.0: Controlador/Láser	
Modo de operación	CW, modulado
Longitud de onda	070 nm

## ES 2 647 899 T3

5	Potencia de salida nominal	máx. 4 kW
	Tamaño del punto	0.5 mm
	Consumo de energía	12 kW (sin enfriador)
	Dimensiones Controlador L x B x H	806 x 856 x 1508 mm
	Peso	400 kg

La presente invención no se limita a las construcciones particulares descritas e ilustradas con respecto, por ejemplo, a los láseres de fibra, sino que está definida por las reivindicaciones adjuntas.

10

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Una pistola de soldadura láser (12) accionable manualmente para unir dos o más piezas de metal superpuestas, que comprende:
  - una columna de soporte alargada (50) que se extiende a lo largo de un eje longitudinal (A-A);
  - un cabezal óptico (62) axialmente desplazable a lo largo de la columna de soporte (50) y provisto de ópticas que están configuradas para enfocar un rayo láser a lo largo de un recorrido a través de una ventana protectora del cabezal óptico (62) en una zona de soldadura,
  - 10 un primer brazo (46) montado en la columna de soporte (50) a lo largo de la trayectoria de la corriente inferior desde la ventana protectora y acoplado al cabezal óptico (62) para moverse axialmente entre una posición inicial y una posición de soldadura en la que el brazo (46) presiona contra una de las piezas de metal a fin de encerrar la zona de soldadura para evitar que la emisión del láser escape fuera de la zona de soldadura durante la misma,
  - 15 caracterizado en que el primer brazo (46) está estructurado con una superficie periférica interior que define un túnel alargado (75) configurado con extremos abiertos de la corriente superior e inferior, estando el túnel (75) configurado para ser atravesado axialmente por el rayo láser,
  - 20 una primera corriente que fluye axialmente de un medio gaseoso presurizado, y una segunda corriente que fluye axialmente de un medio gaseoso a una segunda presión más baja que la de la primera corriente, seleccionándose la segunda presión para evitar la formación de vórtices de aire; y una primera fuente de vacío (100) en comunicación fluida con el extremo de corriente inferior del túnel (75) y operable para extraer las primeras y segundas corrientes del túnel (75) al generar un gradiente de presión entre
  - 25 los extremos de las corrientes superior e inferior del túnel (75) de modo que los restos de soldadura dentro del túnel (75) salen del extremo de corriente inferior del túnel con la primera y segunda corrientes.
- 30 2. La pistola de soldadura láser (12) de la reivindicación 1, que comprende, además un segundo brazo estacionario (48) acoplado de forma separable a la columna de soporte (50), y primeros y segundos extremos de presión de soporte de material alineados entre sí y montados de forma separable en sendos brazos primero y segundo (46, 48), apretando los extremos de presión contra las respectivas piezas metálicas a soldar con una fuerza predeterminada durante una operación de soldadura con el rayo láser.
- 35 3. La pistola de soldadura láser (12) de la reivindicación 2, en la que el brazo estacionario (48) está configurado con un primero y segundo componentes (106, 102) que están acoplados entre sí para definir una forma de "L", estando el primer componente (106) del brazo estacionario (48) provisto de una unidad de fijación (104) configurada para acoplar de forma desmontable el brazo estacionario (48) a la columna (50) de modo que el primer componente (106) se extiende paralelo al eje longitudinal (A-A).
- 40 4. La pistola de soldadura láser (12) de la reivindicación 3, en la que el segundo componente (102) del brazo estacionario (48) se extiende perpendicularmente al eje longitudinal (A-A) en una posición montada del brazo estacionario (48), el segundo componente (102) está configurado con una superficie interna que define un interior hueco.
- 45 5. La pistola de soldadura láser (12) de la reivindicación 4 que comprende además una unidad de vacío (100) en comunicación fluida con un extremo libre del segundo componente (102) del brazo estacionario (48), pudiendo funcionar la unidad de vacío (102) para crear un diferencial de presión en el interior suficiente para eliminar los restos de soldadura del mismo
- 50 y/o que comprende además un fotodetector (112) alojado de forma extraíble en el segundo componente (102) o en el brazo estacionario (48) y configurado para detectar el haz de luz que se propaga a través de las piezas a soldar, donde la intensidad de la luz reflejada es contrastada con un valor de referencia de modo que, si la intensidad medida no coincide con el valor, se ajusta la potencia del rayo láser y se mejora la calidad de la costura
- 55 y/o en el que el brazo estacionario (48) está configurado con un fondo separable que recibe desechos de soldadura que se retiran de allí al desplazar el fondo.
- 60 6. La pistola de soldadura láser (12) de la reivindicación 1, que comprende además una placa de soporte (54) montada de forma desplazable y extendiéndose en un plano perpendicular al eje longitudinal (A-A), estando el cabezal óptico (62) y el primer brazo (46) montados en la placa de soporte (54) y extendiéndose en direcciones axiales opuestas desde allí y / o donde el primer brazo (46) está configurado con:
  - un alojamiento (82) que proporciona la superficie periférica y que tiene una forma frustocónica que se estrecha hacia el extremo de la corriente inferior;
- 65

- una pestaña rebajada (71) configurada con una pared periférica que se estrecha hacia el extremo de la corriente inferior y que solapa axialmente una región de la corriente superior de la carcasa (82); y un tubo en forma de "T" (84) recibido en un rebaje de la brida (71) y que se extiende axialmente en la carcasa (82) para solapar el extremo de la corriente superior del mismo para definir un espacio anular grande con la brida (71) y un estrecho paso axial con el alojamiento, el espacio anular y el paso axial estando en comunicación fluida de modo que la primera corriente de medio gaseoso se introduce en el espacio y adicionalmente fluye axialmente a través del paso hacia el túnel (75) hacia el extremo de la corriente inferior del alojamiento (82).
7. La pistola de soldadura láser (12) de la reivindicación 1 que comprende además una placa de soporte (54) montada de forma desplazable y extendiéndose en un plano perpendicular al eje longitudinal (A-A), estando el cabezal óptico (62) y el primer brazo (46) montados en la placa de soporte (54) y extendiéndose en direcciones axiales opuestas desde allí y que además comprende:
- un primer actuador (56, 58) operable para desplazar la placa de soporte (54) a lo largo de la columna (50);
  - un segundo actuador operable para proporcionar una costura con la longitud deseada; y
  - un tercer actuador (66) operativo para proporcionar la costura con una forma sinusoidal, estando acoplados los actuadores a la placa de soporte (54).
8. La pistola de soldadura láser (12) de la reivindicación 7, en la que el primer actuador (56, 58) es operativo para desplazar linealmente la placa de soporte entre una pluralidad de posiciones secuenciales espaciadas que incluyen:
- una posición de reposo (71) en la que el brazo desplazable (46) está separado de la zona de soldadura a una primera distancia,
  - una posición abierta (73) en la que el brazo desplazable (46) está separado de la zona de soldadura a una segunda distancia más pequeña que la primera distancia;
  - una posición cerrada (75) con el brazo desplazable (46) localizado entre la posición abierta y la zona de soldadura, y
  - una posición de agarre (77) en la que el brazo desplazable (46) presiona contra la pieza de trabajo con una fuerza deseada.
9. La pistola de soldadura láser (12) de la reivindicación 8, donde el primer actuador (56, 58) es operable para desplazar la placa de soporte (54) entre las posiciones inicial y abierta (71, 73) a una velocidad lineal mayor que velocidad lineal de la placa de soporte (54) entre las posiciones abierta y cerrada (73, 75).
10. La pistola de soldadura láser (12) de la reivindicación 1, que comprende además un láser de fibra (16) que emite el rayo láser que tiene una potencia de hasta un nivel de kW.
- y / o
- que comprende además un sistema de suspensión (20) que acopla una carcasa de la pistola (12) a una guía externa (14) y está configurado de modo que la pistola pueda funcionar para:
- girar alrededor del eje longitudinal (A-A),
  - girar sobre un eje vertical que se extiende transversalmente al eje longitudinal (A-A),
  - inclinarse sobre un eje de pivote que se extiende transversalmente a los ejes longitudinal y vertical, y moverse linealmente hacia y desde las piezas a soldar.
11. Un método para soldar dos o más piezas metálicas mediante una pistola láser (12) accionable manualmente de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores que tiene un brazo desplazable (46), que comprende:
- guiar una emisión de láser (16) a través de un túnel (75) definido por una superficie interna del brazo (46);
  - guiar una primera corriente de medio gaseoso presurizado a través del túnel (75), estando montado el primer brazo (46) de forma desplazable en una columna de soporte (50) de la pistola;
  - generar un gradiente de presión entre los extremos de la corriente superior e inferior del túnel;
  - simultáneamente a generar el gradiente de presión, introducir una segunda corriente de medio gaseoso en el túnel (75) bajo una presión, que es menor que la de la primera corriente e insuficiente para crear vórtices dentro del túnel (75) y guiar la segunda corriente paralela a la primera corriente, en donde la primera y segunda corrientes salen a través del extremo de corriente inferior; y
  - dirigir un rayo láser a la zona de soldadura a través de un cabezal óptico (62), montado en la corriente superior y movable con el brazo (46),
- donde la primera y segunda corrientes llevan a cabo al menos parte de los desechos de soldadura, fluyendo a través del túnel hacia el cabezal óptico, a través del extremo de corriente inferior del túnel para minimizar sustancialmente la colisión entre los desechos de soldadura y la ventana protectora del cabezal óptico (62).
12. El método de la reivindicación 11, que comprende además hacer avanzar el primer brazo (46) a lo largo de la columna (50) hacia las piezas a soldar antes de dirigir el haz a la zona de soldadura.
13. El método de la reivindicación 12, en el que el avance del primer brazo (46) incluye:
- guiar a una primera velocidad el primer brazo (46) hacia la zona de soldadura desde una posición de inicio (71) a una posición cerrada (75);

desplazar a una segunda velocidad inferior a la primera velocidad el primer brazo (46) desde la posición abierta (73) a la posición cerrada (75); y  
hacer avanzar el brazo desde la posición cerrada (75) hasta una posición de agarre (77) en la que una pieza de presión extrema se empuja contra las piezas de trabajo.

- 5
14. El método de la reivindicación 13 que comprende además controlar la presión del brazo (46) sobre la pieza de trabajo delantera y el contacto entre la pieza de extremo de presión y la pieza de trabajo delantera en la posición de agarre (77) del brazo (46).
- 10
15. El método de la reivindicación 14 que comprende además prevenir el disparo de un láser (16) si el contacto no existe.
- 15
16. El método de la reivindicación 11 que comprende además montar de forma desmontable un brazo estacionario (48) en forma de "L" en la columna de soporte (50) de modo que las piezas extremas de presión de los brazos respectivos (46, 48) estén alineadas cuando se mueve el primer brazo (46) a lo largo de la columna (50).
- 20
17. El método de la reivindicación 16, que comprende además evacuar los desechos de soldadura que caen a través de la pieza del extremo de presión del brazo estacionario (48) en un interior hueco del mismo.
- 25
18. El método de la reivindicación 17, en el que la evacuación de los desechos de soldadura incluye crear una diferencia de presión dentro del interior hueco de forma que los residuos son guiados desde allí a través del extremo libre del brazo estacionario en forma de "L" (48).  
y / o  
en el que la evacuación de los desechos de soldadura incluye retirar la parte inferior del brazo estacionario (48) para acceder a los residuos de soldadura acumulados en el mismo.
- 30
19. El método de la reivindicación 11 que comprende adicionalmente  
detectar la emisión del láser que se propaga a través de las piezas a soldar;  
determinar una potencia máxima de la emisión detectada;  
determinar una potencia promedio de la emisión detectada;  
calcular una relación entre las potencias pico y media para que coincida con la relación y un valor de referencia, y  
alterar la potencia de salida del láser en respuesta a la relación calculada y, si es necesario, ajustar la potencia del rayo láser para mejorar la calidad de la soldadura.  
y / o
- 35
- que comprende además controlar la frecuencia de oscilación y la longitud de la costura de la soldadura producida por el rayo láser.

40

45

50

55

60

65

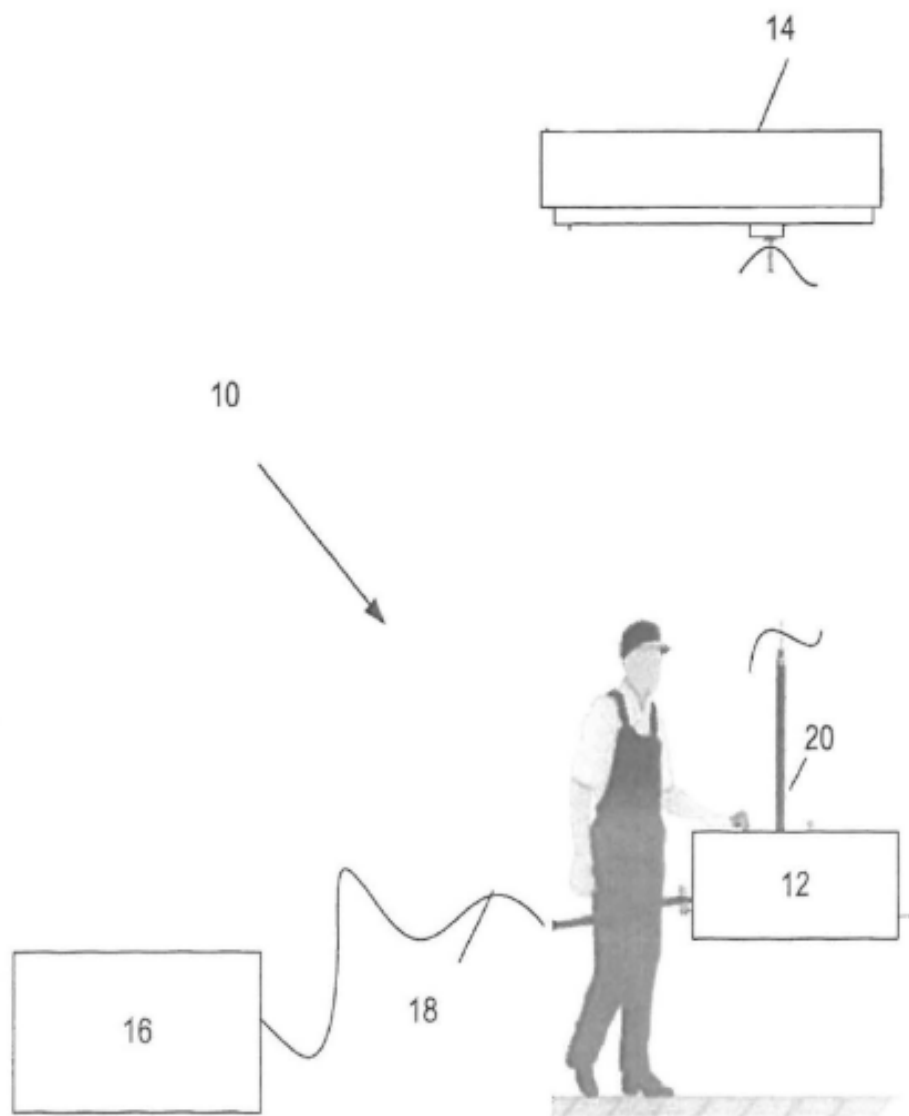


FIG. 1

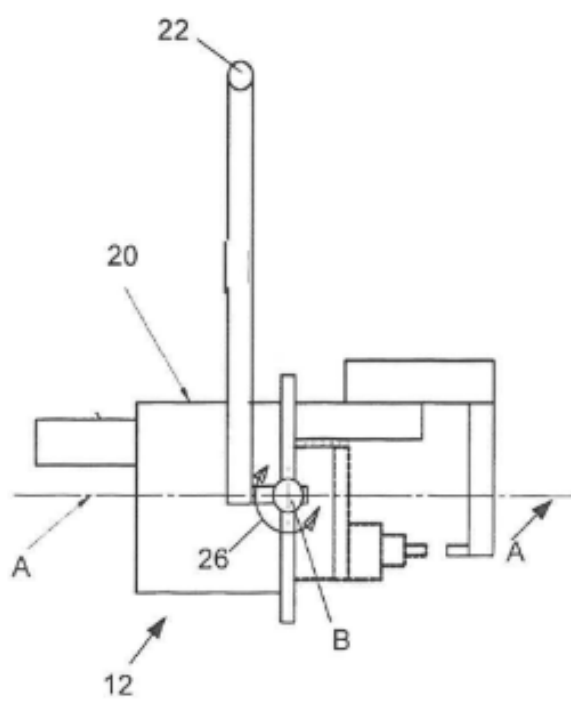


FIG. 2

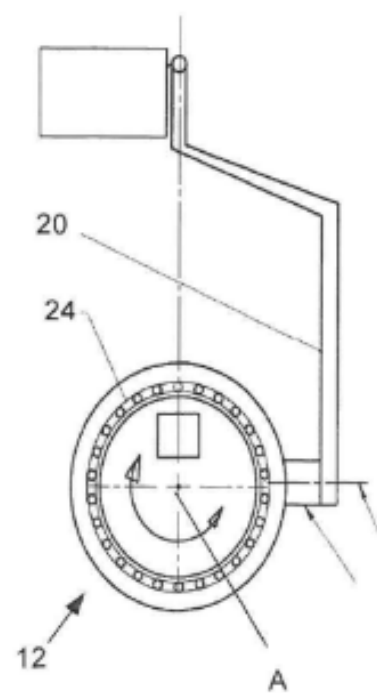


FIG. 3

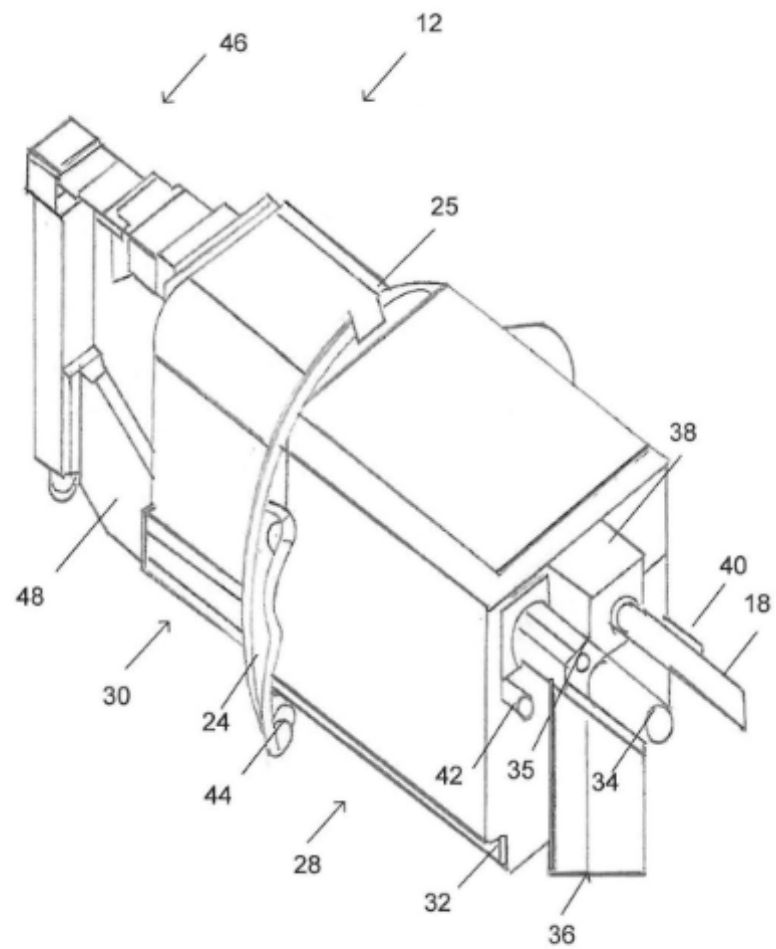


FIG. 4A

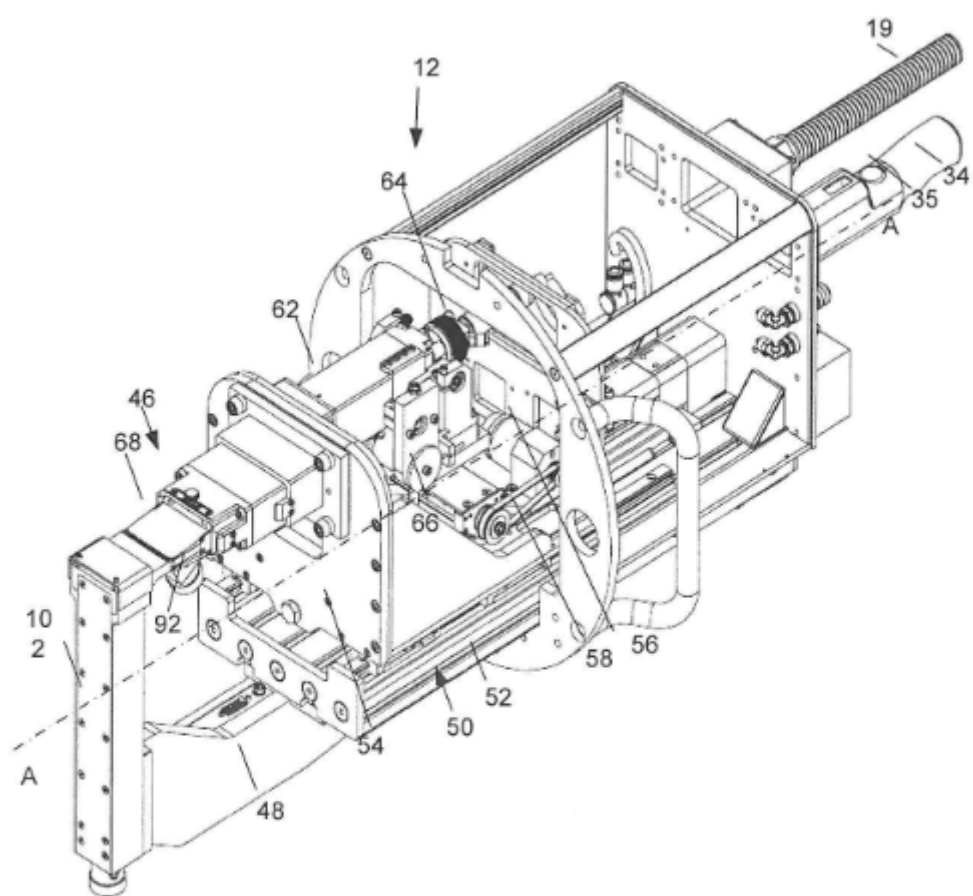
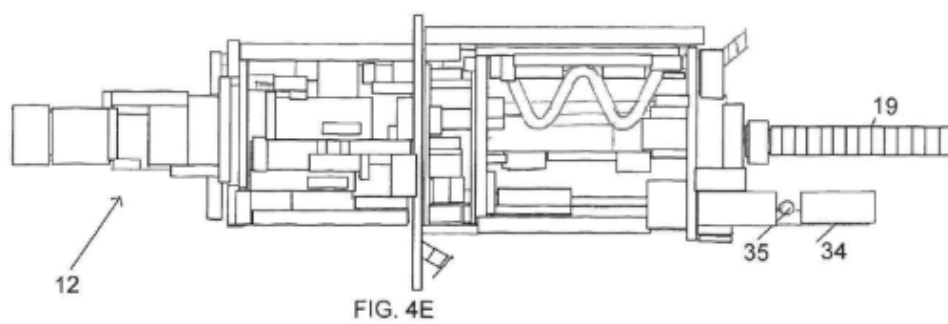
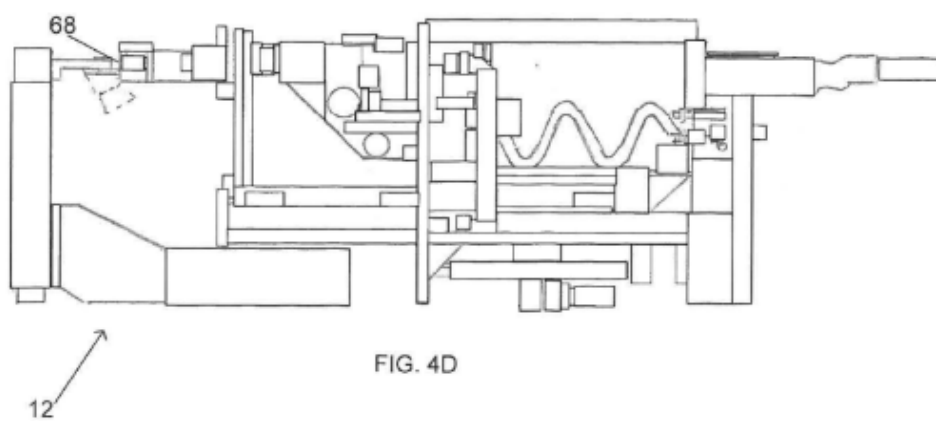
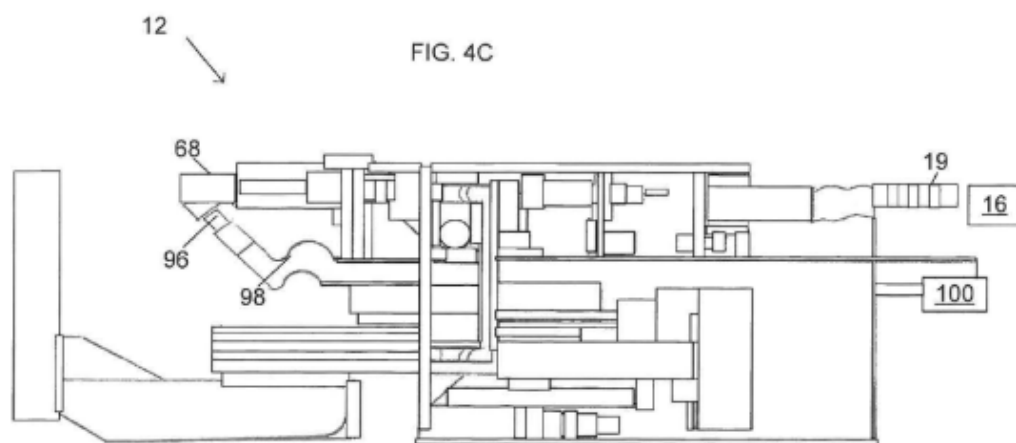


FIG. 4B



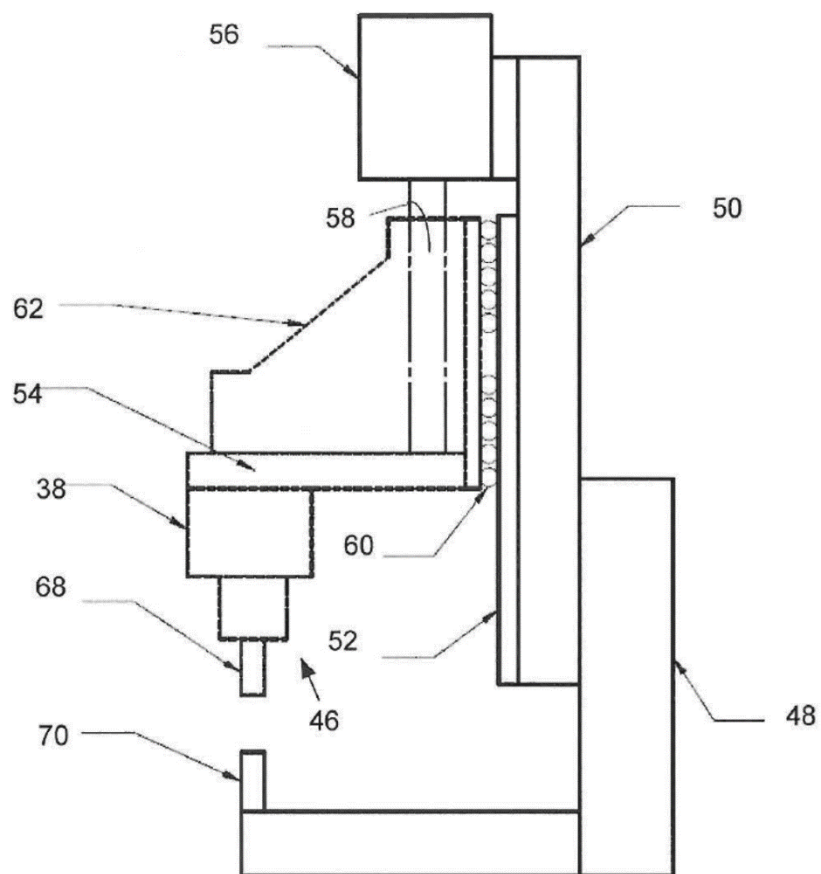
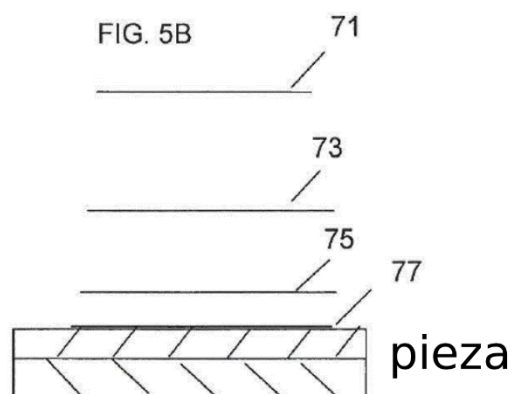
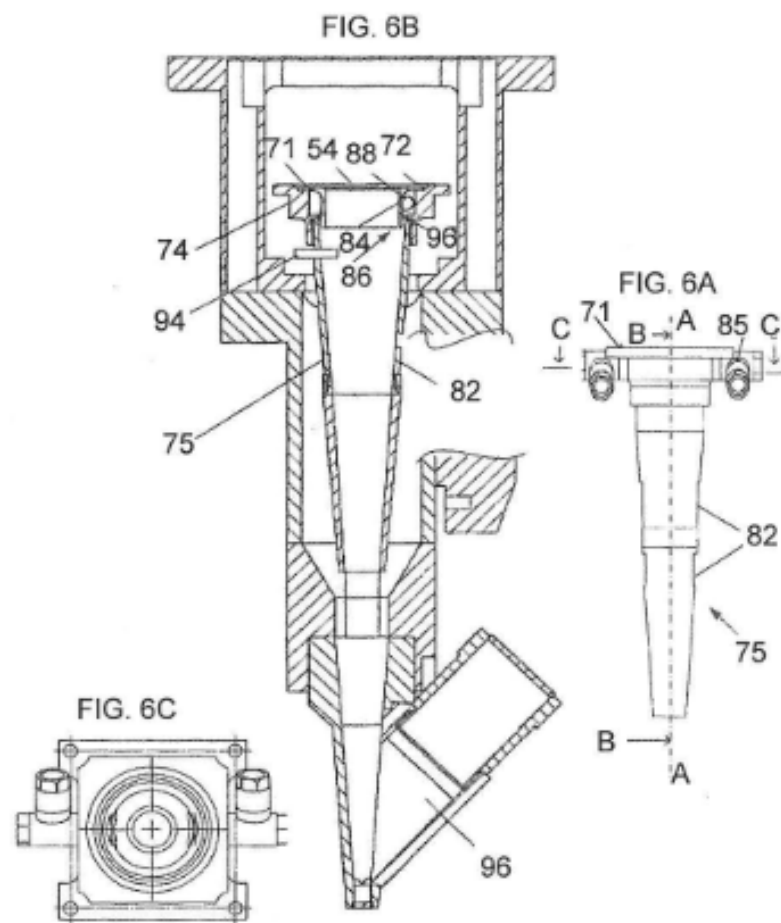


FIG. 5A





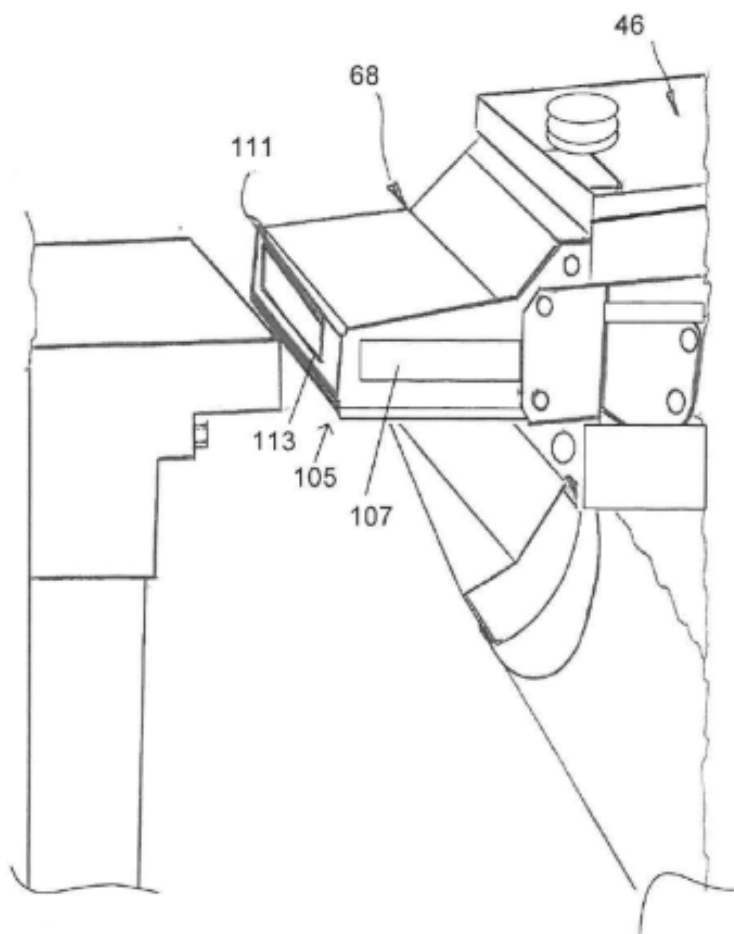


FIG. 7A

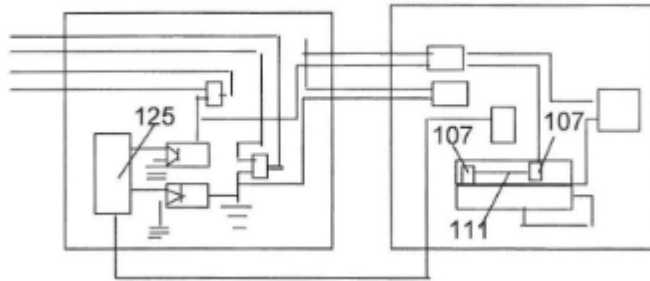


FIG. 7B

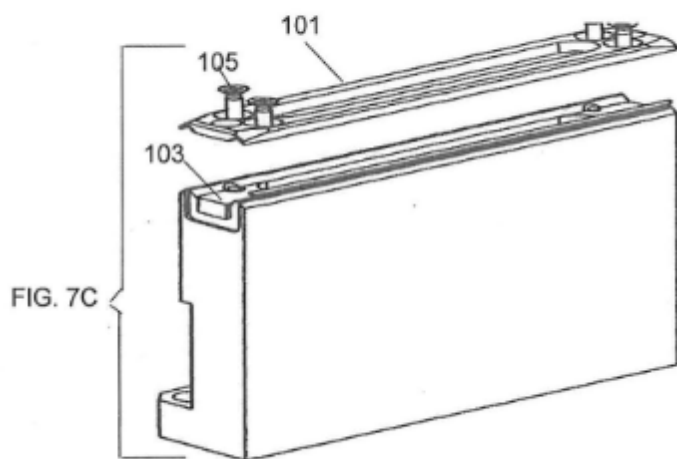


FIG. 7C

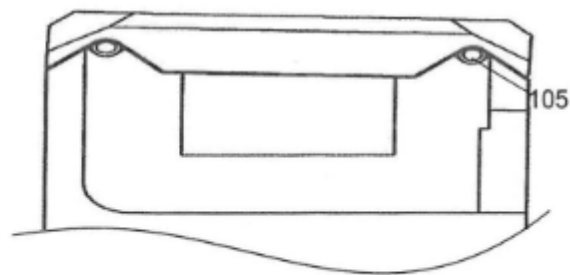


FIG. 7D

FIG. 8

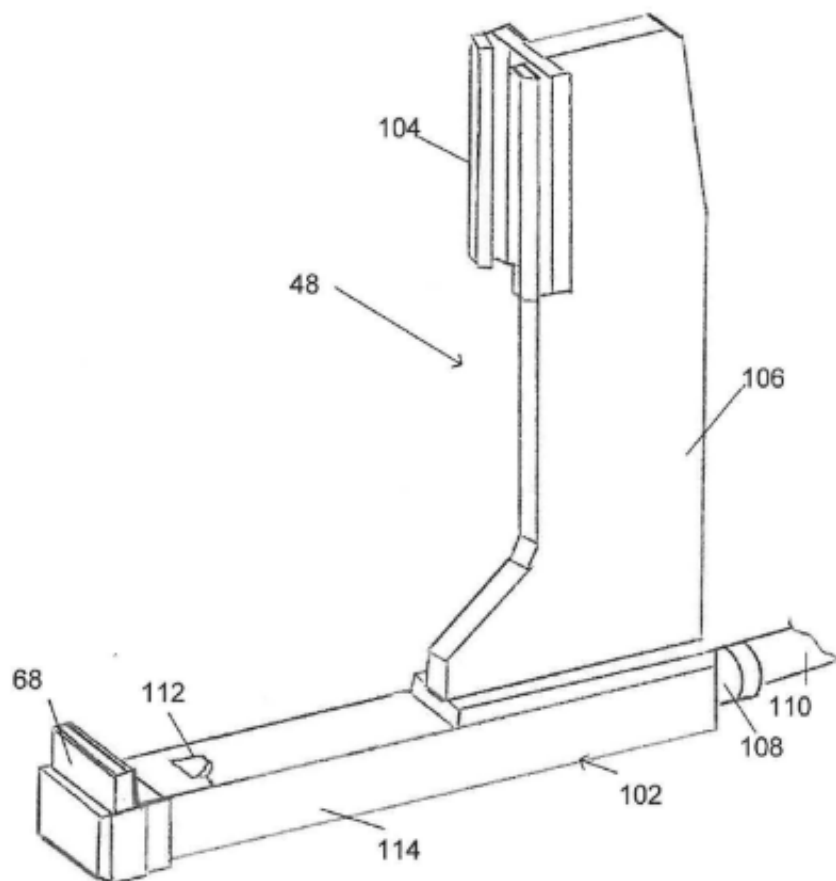


FIG. 9

