

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 459**

51 Int. Cl.:  
**B23K 9/00** (2006.01)  
**B23K 10/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **03772614 .8**  
96 Fecha de presentación: **12.11.2003**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1581359**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.10.2005**

54 Título: **SOLDADURA MIG-PLASMA.**

30 Prioridad:  
**12.11.2002 US 425271 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**02.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**02.01.2012**

73 Titular/es:  
**PLASMA LASER TECHNOLOGIES LTD.  
P.O. BOX 504  
YOKNEAM 20692, IL**

72 Inventor/es:  
**IGNATCHENKO, Georgiy y  
DYKHNO, Igor**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 371 459 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

## Soldadura MIG-plasma

La presente invención se refiere a un sistema para soldar una pieza a soldar y a un procedimiento de soldadura de una pieza a soldar de acuerdo con el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 4 respectivamente (véase, por ejemplo, el documento US 4 291 220), y más particularmente a una combinación de soldadura de metal y gas inerte (MIG) y de soldadura por arco de plasma.

La tecnología de soldadura MIG se conoce bien desde hace muchos años y se usa extensamente en aplicaciones industriales.

El procedimiento MIG, que también se conoce como soldadura de arco metálico con gas (GMAW), incorpora una alimentación automática de un electrodo consumible continuo, estando el electrodo consumible protegido de la atmósfera mediante un gas suministrado de forma externa. De una importancia especial es la transferencia de metal desde el electrodo consumible hasta la pieza a soldar. La transferencia puede tener lugar a través de uno cualquiera de los siguientes tres modos básicos:

- (a) transferencia por cortocircuito;
- (b) transferencia globular; y
- (c) transferencia por pulverización.

El modo (a), transferencia por cortocircuito, se caracteriza por las bajas corrientes de soldadura y unos pequeños diámetros de electrodo. El metal se transfiere sólo mientras que el electrodo se encuentra en contacto con el baño de fusión de la soldadura. No se transporta metal a lo largo del espacio del arco. Este modo es adecuado principalmente para unir secciones delgadas y para realizar una unión a través de unas aberturas de la raíz grandes. La velocidad de procesamiento y la productividad global resultante del procedimiento son muy bajas, y la penetración es poco profunda.

El modo (b), transferencia globular, se caracteriza por la transferencia de gotas de metal con un diámetro más grande que el diámetro del electrodo. La gravedad tiene un efecto muy significativo sobre estas gotas grandes, lo que limita la soldadura con éxito a piezas a soldar que se encuentran sustancialmente horizontalmente por debajo del arco de soldadura. Además, si la longitud de arco es demasiado corta, tal como se produce cuando el voltaje está cerca del voltaje de transferencia por cortocircuito, las gotas grandes pueden dar lugar a un cortocircuito entre el electrodo y la pieza a soldar, produciendo por lo tanto una salpicadura considerable. El arco ha de ser por lo tanto lo bastante largo para evitar tal cortocircuitación. No obstante, una soldadura hecha usando un voltaje más alto a menudo no puede inaceptarse debido a una falta de fusión, una penetración insuficiente y una deposición excesiva de metal no necesario. Estas características limitan significativamente el uso del modo de transferencia globular en las aplicaciones de producción.

El modo (c), modo de transferencia por pulverización, es posible en un gas de protección rico en argón. La pulverización es un flujo muy dirigido de gotas discretas, acelerándose las gotas mediante unas fuerzas de arco lo suficientemente intensas para vencer los efectos de la gravedad. El modo de transferencia por pulverización es posible si la corriente del arco es más elevada que la así denominada corriente de transición, el valor de la cual depende del diámetro del hilo y del tipo de material. Operar en un modo de transferencia por pulverización es muy deseable.

No obstante, la elevada velocidad de deposición típica del modo de transferencia por pulverización puede producir un baño de fusión de la soldadura demasiado grande para soportarse por la tensión superficial en las posiciones en vertical o suspendida. Tal como se ilustra en la gráfica de la figura 1, la velocidad de deposición aumenta a medida que la corriente de soldadura aumenta, y la velocidad de aumento aumenta a medida que la corriente de soldadura aumenta. Esto conduce a una fusión del electrodo excesiva y a un consumo de metal de relleno excesivo.

Las consideraciones anteriores limitan la velocidad de soldadura y el espesor del material que puede soldarse de una pasada cuando se opera en cualquiera de estos tres modos, lo que conduce a la necesidad de una soldadura con múltiples pasadas con diferentes tipos de canal. Además, el gran baño de fusión de la soldadura produce un nivel elevado de distorsión de soldadura.

Si la velocidad de transferencia de calor a la pieza a soldar puede acelerarse sin aumentar la velocidad de deposición del metal de relleno, pueden aumentarse drásticamente la profundidad de penetración y la velocidad de soldadura.

Una combinación de una soldadura MIG de uso común con una soldadura por plasma puede mejorar la fusión de soldadura y aumentar la productividad.

En la patente de los Estados Unidos n.º 3.612.807, A. J. Lifkens y W. G. Essers presentan un procedimiento y aparato para la soldadura por plasma con una alimentación axial del hilo de relleno. Este trabajo se ha desarrollado adicionalmente, tal como se observa adicionalmente en las patentes de los Estados Unidos, n.ºs 4.016.397,

4.039.800, 4.220.844, 4.205.215, 4.234.778, y 4.142.090. La figura 2 muestra una realización típica del aparato que se presenta en la patente de los Estados Unidos con n.º 3.612.807 que se menciona anteriormente. Un primer arco 21 (arco de plasma) se mantiene entre el electrodo 20 no consumible y la pieza 12 a soldar en el interior de un flujo de gas que fluye a partir de la entrada 9 de gas. El flujo 15 de plasma se estrecha mediante la boquilla 6. El flujo 15 de plasma pasa a través de la boquilla 6 de estrechamiento súbito y continúa en el interior del flujo 22 hacia la pieza 12 a soldar. El electrodo 3 consumible se guía al interior del flujo 22 de forma coaxial con el mismo, y un segundo arco (arco de MIG) se mantiene entre el extremo del electrodo 3 consumible y la pieza 12 a soldar. Tanto el extremo del electrodo 3 consumible como el arco de MIG se sumergen en el flujo 22 de plasma.

Una consideración cuidadosa de esta disposición de la técnica anterior, así como de la física tras esta invención de la técnica anterior, muestra claramente que para conseguir el objetivo reivindicado de la invención, así como para que el cabezal de soldadura sea operativo, el electrodo 3 y el electrodo 20 han de ser ambos de la misma polaridad, o bien ambos positivos o bien ambos negativos.

De hecho, si los electrodos 3 y 20 son de diferentes polaridades, se produce inmediatamente una descarga eléctrica entre estos electrodos 3 y 20, y en consecuencia la corriente eléctrica no pasa a través de la pieza 12 a soldar y no tiene lugar una fusión de la pieza 12 a soldar por el arco. Además, debido a la alimentación axial del hilo 3 de relleno, el hilo 3 de relleno tiene una zona de contacto larga con el arco de plasma, lo que conduce a un calentamiento adicional del hilo 3 de relleno. Esto da como resultado unas velocidades de deposición extremadamente elevadas, sin una penetración real de la pieza 12 a soldar.

En el caso en el que ambos electrodos 3 y 20 son de polaridad positiva la ventana operativa para la corriente del arco de plasma se limita a un máximo de aproximadamente 100 amperios, debido al riesgo de sobrecalentamiento del electrodo 20 no consumible. El efecto anterior se conoce ampliamente para la soldadura por arco de plasma normal cuando el electrodo 20 de plasma es de polaridad positiva. Esto da como resultado una penetración poco profunda y sólo permite una velocidad de soldadura relativamente lenta. Es posible aumentar la velocidad de deposición sólo aumentando la corriente de MIG, y no se obtienen unas soldaduras de penetración profunda.

Es mucho más deseable que el electrodo 20 de arco de plasma sea negativo, debido a que ésta es la polaridad para la soldadura por arco de plasma que se usa normalmente. Véase por ejemplo, el Manual de Soldadura de la Sociedad de Soldadura Americana, Octava Edición, Sociedad de Soldadura Americana, 1991, Capítulo 10, Soldadura por arco de plasma, que se incorpora por referencia a todos los efectos como si se hubiera expuesto por completo en el presente documento. No obstante, un arco de MIG de polaridad negativa tiende a ser muy inestable, siendo esta inestabilidad un problema ampliamente conocido y bien investigado para el procedimiento de soldadura MIG. Véase por ejemplo, el Manual de Soldadura de la Sociedad de Soldadura Americana, Octava Edición, Sociedad de Soldadura Americana, 1991, Volumen 2, que se incorpora por referencia a todos los efectos como si se hubiera expuesto por completo en el presente documento, en particular la página 119. Además, la polaridad negativa da lugar a que el electrodo 3 de MIG consumible se funda a una velocidad más elevada que cuando el electrodo 3 de MIG es de polaridad positiva. Por lo tanto, como en el caso en el que ambos electrodos 3 y 20 son de polaridad positiva, el resultado cuando ambos electrodos 3 y 20 son de polaridad negativa será unas velocidades de deposición aumentadas, en lugar de una penetración y una velocidad de soldadura aumentadas.

Resumiendo lo anterior, puede concluirse que un diseño de acuerdo con la patente de los Estados Unidos con n.º 3.612.807 que se menciona anteriormente no permitirá un aumento de o bien la profundidad de penetración o bien de la velocidad de soldadura, o de ambas. Por lo tanto, sería imposible conseguir una soldadura de velocidad elevada de láminas delgadas o una soldadura de sección gruesa sin acanalado, que son las principales desventajas de la soldadura MIG o por arco de plasma solas.

Hay por lo tanto una necesidad ampliamente reconocida de, y sería muy ventajoso tener, un sistema para soldar que proporcione los beneficios tanto de la soldadura por plasma como de la soldadura MIG, y en el que el hilo de MIG no atraviesa una parte más larga del arco de plasma de lo necesario, y en el que el arco de plasma es de polaridad negativa y el arco de MIG es de polaridad positiva. Un sistema de este tipo permitirá unas soldaduras de penetración profunda con un mínimo de preparación de la pieza a soldar.

### **Sumario de la invención**

De acuerdo con la presente invención se prevé un sistema para soldar una pieza a soldar, incluyendo el sistema: las características de la reivindicación 1.

De acuerdo con la presente invención, el sistema incluye además: (d) una fuente de alimentación operativa para imponer sobre el primer electrodo un primer potencial eléctrico en relación con la pieza a soldar, la fuente de alimentación también operativa para imponer sobre el segundo electrodo un segundo potencial eléctrico en relación con la pieza a soldar, el segundo potencial eléctrico opuesto en polaridad al primer potencial eléctrico.

De acuerdo con la presente invención, en el sistema, la fuente de alimentación incluye un segundo suministro de corriente continua, teniendo el segundo suministro de corriente continua un terminal positivo, teniendo también el segundo suministro de corriente continua un terminal negativo, y en el que el terminal positivo del segundo suministro de potencia se conecta con el segundo electrodo y en el que el terminal negativo del segundo suministro

de potencia es para conectarse con la pieza a soldar.

Preferentemente, en el sistema, el segundo suministro de corriente continua incluye un suministro de potencia de voltaje sustancialmente constante.

5 Preferentemente, en el sistema, el segundo suministro de corriente continua incluye un suministro de corriente continua pulsada.

10 De acuerdo con la presente invención, en el sistema, la fuente de alimentación incluye: (i) un suministro de corriente alterna que tiene un primer terminal y que tiene un segundo terminal, diferenciándose el primer terminal y el segundo terminal en la fase; (ii) un primer diodo que tiene un ánodo y que tiene un cátodo; y (iii) un segundo diodo que tiene un ánodo y que tiene un cátodo, en el que el primer terminal del suministro de corriente alterna es para conectarse con la pieza a soldar, y en el que el segundo terminal del suministro de corriente alterna se conecta con el cátodo del primer diodo y en el que el ánodo del primer diodo se conecta con el primer electrodo; y en el que el segundo terminal del suministro de corriente alterna se conecta también con el ánodo del segundo diodo y en el que el cátodo del segundo diodo se conecta con el segundo electrodo.

15 Preferentemente, en el sistema, un ángulo entre un eje del primer electrodo y un eje del segundo electrodo es como máximo de aproximadamente cuarenta y cinco grados.

Preferentemente, el sistema incluye además: (d) un mecanismo de alimentación operativo para hacer progresar el segundo electrodo.

Preferentemente, el sistema incluye además: (d) un portaelectrodo operativo para sostener el primer electrodo y en contacto eléctrico con el primer electrodo.

20 Preferentemente, el sistema incluye además: (e) una película que se compone de un material que es térmicamente conductor y eléctricamente aislante, estando la película ubicada entre el portaelectrodo y el cuerpo de separación.

Preferentemente, en el sistema, la película incluye una película que se selecciona del grupo que consiste en películas de poliimida y películas de poliamida.

Preferentemente, en el sistema, el primer electrodo incluye un canal para transportar un fluido de refrigeración.

25 Preferentemente, el sistema incluye además: (d) un mecanismo operativo para desplazar el fluido a través del canal.

Preferentemente, en el sistema, el cuerpo de separación incluye un canal para transportar un fluido de refrigeración.

Preferentemente, el sistema incluye además: (d) un mecanismo operativo para desplazar el fluido a través del canal.

Preferentemente, en el sistema, el cuerpo de separación incluye un tubo, estando el primer electrodo ubicado sustancialmente en el interior del tubo.

30 Preferentemente, en el sistema, el tubo incluye un extremo de estrechamiento súbito.

Preferentemente, el sistema incluye además: (d) un mecanismo para proporcionar un gas que tiene una baja reactividad para rodear sustancialmente una punta del primer electrodo.

Preferentemente, el sistema incluye además: (e) un mecanismo para infundir un movimiento de rotación en el gas.

35 Preferentemente, en el sistema, el gas se selecciona del grupo que consiste en nitrógeno, hidrógeno, gases nobles, y mezclas de los mismos.

Preferentemente, el sistema incluye además: (d) un mecanismo para proporcionar un gas de protección que tiene una baja reactividad para rodear sustancialmente una parte de la pieza a soldar y una parte del segundo electrodo.

Preferentemente, el sistema incluye además: (e) un mecanismo para infundir un movimiento de rotación en el gas de protección.

40 Preferentemente, en el sistema, el gas de protección se selecciona del grupo que consiste en nitrógeno, hidrógeno, dióxido de carbono, gases nobles, y mezclas de los mismos.

Preferentemente, en el sistema, el primer electrodo incluye un material que se selecciona del grupo que consiste en tungsteno, aleaciones de tungsteno, molibdeno, y aleaciones de molibdeno.

45 Preferentemente, en el sistema, el segundo electrodo incluye un material que se selecciona del grupo que consiste en acero suave, hierro, aleaciones de hierro, aleaciones de níquel, aleaciones de cobalto, aluminio, aleaciones de aluminio, cobre, aleaciones de cobre, titanio, y aleaciones de titanio.

Preferentemente, el sistema incluye además: (d) una pantalla magnética ubicada entre el primer electrodo y el

segundo electrodo.

Preferentemente, el sistema incluye además: (d) un mecanismo de control operativo para coordinar el funcionamiento del primer electrodo y el segundo electrodo.

5 De acuerdo con la presente invención se prevé un procedimiento de soldadura de una pieza a soldar de acuerdo con la reivindicación 4.

Preferentemente, el procedimiento incluye la etapa adicional de: (f) desplazar el primer electrodo y el segundo electrodo en relación con la pieza a soldar de una forma tal que el primer electrodo precede al segundo electrodo.

Preferentemente, en el procedimiento, un ángulo entre un eje del primer electrodo y un eje del segundo electrodo es como máximo de aproximadamente cuarenta y cinco grados.

10 Preferentemente, en el procedimiento, el arco eléctrico entre el primer electrodo y la pieza a soldar se excita de una forma pulsada.

Preferentemente, en el procedimiento, el arco eléctrico entre el segundo electrodo y la pieza a soldar se excita de una forma pulsada.

15 De acuerdo con la presente invención, en el procedimiento, el arco eléctrico entre el primer electrodo y la pieza a soldar, y el arco eléctrico entre el segundo electrodo y la pieza a soldar se excitan de forma alterna el uno con el otro.

Preferentemente, el procedimiento incluye la etapa adicional de: (f) hacer progresar el segundo electrodo para compensar el consumo de los mismos.

20 Preferentemente, el procedimiento incluye la etapa adicional de: (f) mantener un arco eléctrico entre el primer electrodo y el cuerpo de separación.

Preferentemente, en el procedimiento, el primer electrodo incluye un canal y el procedimiento incluye además la etapa de: (f) transportar un fluido de refrigeración a través del canal.

Alternativamente, en el procedimiento, el cuerpo de separación incluye un canal, y el procedimiento incluye además la etapa de: (f) transportar un fluido de refrigeración a través del canal.

25 Preferentemente, el procedimiento incluye además la etapa de: (f) rodear una punta del primer electrodo con un gas que tiene una baja reactividad.

Preferentemente, el procedimiento incluye además la etapa de: (g) impartir un movimiento de rotación al gas.

Preferentemente, en el procedimiento, el gas se selecciona del grupo que consiste en nitrógeno, hidrógeno, gases nobles, y mezclas de los mismos.

30 Preferentemente, el procedimiento incluye además la etapa de: (f) rodear una parte de la pieza a soldar y una parte del segundo electrodo con un gas de protección que tiene una baja reactividad.

Preferentemente, el procedimiento incluye además la etapa de: (g) impartir un movimiento de rotación al gas de protección.

35 Preferentemente, en el procedimiento, el gas de protección se selecciona del grupo que consiste en nitrógeno, hidrógeno, dióxido de carbono, gases nobles, y mezclas de los mismos.

Preferentemente, el procedimiento incluye la etapa adicional de: (f) insertar una pantalla magnética entre el primer electrodo y el segundo electrodo.

#### **Breve descripción de los dibujos**

40 La invención se describe en el presente documento, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una gráfica de la velocidad de alimentación de hilo en una soldadura MIG como una función de la corriente de soldadura, para unos electrodos de acero de carbono;

la figura 2 es una ilustración esquemática de un dispositivo de la técnica anterior que combina la soldadura MIG y por plasma, de acuerdo con la patente de los Estados Unidos con n.º 3.612.807;

45 la figura 3a es una ilustración esquemática de una soldadura por plasma de acuerdo con la técnica anterior; la figura 3b es una ilustración esquemática de una soldadura por plasma de acuerdo con la técnica anterior a una velocidad de soldadura elevada;

la figura 3c es una ilustración esquemática de una soldadura MIG y por plasma combinada de acuerdo con la técnica anterior;

la figura 4 es una ilustración esquemática de una soldadura MIG y por plasma combinada no cubierta por la presente invención, que ilustra detalles adicionales;

la figura 5 es una ilustración esquemática de una soldadura MIG y por plasma combinada no cubierta por la presente invención, que incluye unos suministros de corriente continua;

5 la figura 6 es una ilustración esquemática de una soldadura MIG y por plasma combinada de acuerdo con la presente invención que incluye un suministro de corriente alterna.

### Descripción de las realizaciones preferidas

La presente invención es de un sistema que combina la soldadura por plasma con la soldadura MIG en un único sistema integrado.

10 La discusión a continuación, sólo a modo de ejemplo, muestra cómo la presente invención puede aplicarse a la construcción de sistemas para soldar, y al procedimiento de soldadura en sí mismo. El objetivo principal de la invención propuesta es aumentar la productividad de los procedimientos de plasma y MIG combinados, aumentando los beneficios que ofrecen ambos procedimientos:

15 (1) la elevada densidad de potencia y la profunda penetración de la soldadura por arco de plasma, y  
(2) las elevadas eficiencia de arco y capacidad para realizar una unión a través de grandes espacios entre piezas a soldar de MIG (GMAW).

20 Este objetivo se consigue combinando en un soplete de procesamiento tanto un electrodo consumible como un electrodo no consumible, de una forma tal que los ejes de tanto el electrodo de arco de plasma no consumible como el electrodo consumible (MIG/GMAW) tienen un ángulo agudo que está orientado hacia la pieza a soldar, y los ejes de los electrodos se encuentran en un plano que interseca la pieza a soldar sustancialmente en la línea de soldadura. La presente invención se centra en las ventajas fundamentales del arco de plasma por un lado, y en la elevada eficiencia de arco y rápida transferencia de metal de MIG/GMAW por otro lado. Esto se consigue por medio de la interacción del arco de plasma y el arco de MIG.

25 Los principios y el funcionamiento de un sistema de soldadura de acuerdo con la presente invención pueden entenderse mejor con referencia a los dibujos y a la descripción adjunta.

Haciendo referencia a continuación a los dibujos, la figura 3c ilustra esquemáticamente una realización preferida de un sistema de soldadura de acuerdo con la presente invención, que combina la soldadura de plasma y MIG.

30 El arco **32** de plasma arde entre el electrodo **38** no consumible y la pieza **31** a soldar. El arco **32** de plasma se estrecha mediante la boquilla **33**. Un arco de MIG se establece entre el electrodo **39** consumible y la pieza **31** a soldar. La punta **56** del electrodo **39** se sumerge en el flujo **41** de plasma que se crea mediante el arco **32** de plasma.

Un soplete **58** de soldadura combinado, que incluye los electrodos **38** y **39**, y los componentes asociados, se desplaza en la dirección de la flecha **46** sustancialmente a lo largo de una superficie de la pieza **31** a soldar. La dirección de la flecha **46** se conoce como la dirección de la soldadura.

35 Unas investigaciones teóricas y prácticas exhaustivas han mostrado que la profundidad de penetración y la velocidad de soldadura pueden aumentarse sustancialmente, en comparación con plasma y MIG/GMAW solas o cualquiera de las mejoras de plasma-MIG de la técnica anterior existente, manteniendo un ángulo agudo,  $\alpha$ , entre el eje **35** del electrodo **38** de arco de plasma y el eje **36** del electrodo **39** de MIG, y manteniendo la separación, D, entre el punto en el que el eje **36** del electrodo **39** consumible (MIG) cruza la superficie de la pieza **31** a soldar y el punto en el que el eje **35** del electrodo **38** no consumible (plasma) cruza la superficie de la pieza **31** a soldar. El resultado en algunos casos es al menos una cantidad triplicada de la profundidad de penetración y de la velocidad de procesamiento, sin necesidad de acanalado o de cualquier otra técnica de preparación de borde, en oposición o bien a la soldadura por plasma o bien MIG/GMAW solas, o en comparación con cualquier tecnología por plasma-MIG mejorada de la técnica anterior.

45 El ángulo agudo que se menciona anteriormente,  $\alpha$ , entre los ejes **35** y **36** de los electrodos **38** y **39**, y la distancia, D, entre las intersecciones de los ejes **35** y **36** con la pieza **31** a soldar no son obvias o evidentes a partir de la técnica anterior, y las combinaciones del ángulo agudo  $\alpha$ , y la distancia D, que se enseñan mediante la presente invención proporcionan unas mejoras significativas en cuanto a la profundidad de penetración y a la velocidad de procesamiento. Además, la presente invención se basa en una comprensión de los procedimientos físicos que tienen lugar en la soldadura por plasma-MIG que es completamente diferente de la comprensión que subyace a la técnica anterior.

50 Los expertos en la técnica conocen bien que cuando la velocidad de la soldadura por arco de plasma es demasiado grande, el baño **34** de fusión de la soldadura que se crea mediante el arco **32** de plasma permanece por debajo de, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, la intersección del eje **35** del electrodo de plasma **38** con la superficie de la pieza **31** a soldar, tal como se ilustra, esquemáticamente en la figura 3b, dando lugar a recortes y a falta de penetración. La soldadura por plasma de la técnica anterior, tal como se ilustra esquemáticamente en la figura 3a,

proporciona unos buenos resultados de soldadura, pero, dependiendo del material que se está soldando, y el espesor de los mismos, la velocidad de soldadura se limita normalmente a menos de 1 metro por minuto. Cuando el electrodo **38** de arco de plasma es negativo, tal como es el modo preferido del funcionamiento para la soldadura por arco de plasma (véase por ejemplo, el documento Los Procedimientos Metalúrgicos por Arco de Plasma, de Robert L. O'Brien, Sociedad de Soldadura Americana, junio de 1967, que se incorpora por referencia a todos los efectos como si se hubiera expuesto por completo en el presente documento) con el fin de lograr la máxima velocidad y penetración, y el electrodo **39** de MIG es positivo, tal como es el modo preferido de funcionamiento para la soldadura MIG con el fin de lograr la máxima velocidad de procesamiento, minimizar las salpicaduras, y operar en el modo de transferencia por pulverización, las fuerzas magnéticas F, que se ilustran esquemáticamente en la figura 3c, se producen como el resultado de la interacción entre las corrientes **42** y **43** y los arcos **32** y **40**. Estas fuerzas magnéticas F, debido a unas corrientes eléctricas que se desplazan en diferentes direcciones, dan lugar a un desvío del arco de plasma hacia la parte frontal, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, del baño **34** de fusión de la soldadura, compensando por lo tanto la tendencia natural y bien conocida del arco de plasma a caer por debajo del eje **35** del arco de plasma durante la soldadura de velocidad elevada. En consecuencia, se tiene como resultado un aumento sustancial en la rigidez y estabilidad del arco **32** de plasma, sin que el arco **32** de plasma caiga excesivamente por debajo de, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, el eje 35 del electrodo de plasma **38** mientras se suelda a una velocidad elevada. Esto conduce a un aumento sustancial de la profundidad de penetración y de la velocidad de soldadura, eliminando por lo tanto la necesidad de preparación de borde o de acanalado, que son necesarias para la soldadura MIG de la técnica anterior. Las fuerzas magnéticas F dependen del ángulo  $\alpha$ , entre los ejes **35** y **36** de electrodo, y de la distancia D, entre los puntos en los que los ejes **35** y **36** de electrodo intersectan la superficie de la pieza 31 a soldar.

Hay también un efecto significativo del arco **32** de plasma sobre la forma en la que el metal se transfiere a partir del electrodo **39** consumible. En la presente invención, el arco **32** de plasma sólo afecta a la punta **56** del electrodo **39** consumible. En la disposición existente de la técnica anterior de la figura 2 el electrodo **3** consumible pasa a través de la totalidad del volumen del arco **21** de plasma, que da como resultado un sobrecalentamiento sustancial del electrodo **39** consumible. En consecuencia, tal como se discute anteriormente, esto necesita una elevada velocidad de consumo de hilo de relleno, lo que da como resultado unas excesivas salpicadura y deposición del metal de soldadura.

La mancha anódica es el área sobre el electrodo **39** de MIG positivo en el que la corriente del arco 40 de MIG pasa desde el electrodo **39** de MIG positivo al arco **40** de MIG.

Debido a la influencia del plasma sólo sobre la punta **56** del electrodo **39** de MIG consumible, la mancha anódica del arco **40** de MIG permanece en una ubicación fija. Esto evita la expansión de la mancha anódica. Además, la ubicación limitada de la mancha anódica permite una reducción considerable en la distancia de retroceso del extremo del tubo **60** de contacto, a través del cual se alimenta el electrodo **39** consumible, a partir del extremo del electrodo **39** consumible, sin un sobrecalentamiento del tubo **60** de contacto. Esto supone una ventaja considerable en la práctica, debido a que es más sencillo alimentar un electrodo **39** a lo largo de la distancia de retroceso más corta a la ubicación precisa del baño de fusión de la soldadura. Cuando el electrodo **39** consumible no es concéntrico con la boquilla **33** de arco de plasma se produce un arco **40** de MIG más concentrado sin el efecto de rotación que se produce en el sistema de la técnica anterior de la figura 2, en el que el electrodo **3** de MIG de polaridad positiva es sustancialmente concéntrico con el flujo **15** de plasma.

La disposición, en la que el electrodo **38** de plasma y el electrodo **39** de MIG se encuentran en un ángulo agudo  $\alpha$ , el uno con respecto al otro, y a una distancia D, existe entre la intersección del eje **35** de electrodo de plasma y la superficie de la pieza **31** a soldar, y la intersección del eje **36** de electrodo de MIG y la superficie de la pieza **31** a soldar, es significativa y novedosa con respecto a la obtención de la mejor sinergia posible entre la soldadura por soldadura de plasma y la MIG, en la que el sistema combinado es mucho más efectivo, en comparación con la técnica anterior. Esta efectividad aumentada da como resultado un aumento sustancial tanto de la velocidad de procesamiento como de la de penetración, y permite unas soldaduras de metal sin la necesidad de preparación de borde o de acanalado. Además, en la disposición de la presente invención, el sistema de plasma puede traerse más cerca de la superficie de la pieza a soldar, lo que aumenta la eficiencia del funcionamiento debido a la mayor concentración del flujo de calor, lo que a su vez da como resultado una penetración profunda. En consecuencia, es posible usar una soldadura de una única pasada en lugar de la soldadura con múltiples pasadas, lo que sustancialmente mejora la calidad de la soldadura, la productividad del procedimiento de soldadura, y la rentabilidad. Además, se obtienen unas soldaduras libres de salpicadura y de metal en exceso.

Se prevé un procedimiento combinado de soldadura de arco de plasma y de arco de MIG. En el presente procedimiento, se mantiene un arco **32** de plasma, en el interior de un flujo de gas inerte, entre un extremo de un electrodo **38** no consumible y una pieza a soldar. El arco **32** de plasma se estrecha mediante una boquilla **33** de estrechamiento súbito, y produce un flujo de plasma, que fluye al exterior a partir del orificio **64** de la boquilla **33** de estrechamiento súbito. El electrodo **39** consumible se guía al interior de un área del flujo de plasma en el exterior de la boquilla **33** de estrechamiento súbito, y un arco **40** de MIG se mantiene entre la punta **56** del electrodo **39** consumible y la pieza **31** a soldar. Esto supone una distinción por contraste con respecto a lo que se enseña en la patente de los Estados Unidos con n.º 3.612.807, que se ilustra esquemáticamente en la figura 2, en la que el electrodo **3** consumible se extiende a través de una parte mucho más larga del flujo **15** de plasma. En la presente

invención, el electrodo **38** no consumible es de polaridad negativa, que es una condición favorable para la soldadura por arco de plasma, y el electrodo **39** consumible es de polaridad positiva, que es una condición favorable para la soldadura MIG. Debido a que tanto los arcos **32** como **40** están funcionando en unas condiciones favorables para sus tipos respectivos, se permite un intervalo sustancialmente más amplio de corrientes de arco, lo que produce un procedimiento combinado estable. Esto prevé un procedimiento de soldadura muy productivo.

De acuerdo con un aspecto adicional no cubierto por la presente invención, que se ilustra esquemáticamente en la figura 5, se prevé un único soplete 100 de procesamiento, que incluye una carcasa **101** con una cubierta **102** en el extremo superior de la carcasa **101**, teniendo la carcasa **101** también una boquilla **116** de protección en el extremo inferior de la carcasa **101**. La cubierta **102** se equipa con una primera cavidad **134** y una segunda cavidad **138**, siendo las cavidades **134** y **138** no paralelas entre sí. La primera cavidad **134** contiene un cuerpo **104** interior hueco que tiene una boquilla **105** de estrechamiento súbito en su extremo de aguas abajo, y un electrodo **107** no consumible se ubica en el interior de este cuerpo **104** interior. Se prevé también un orificio **140** para hacer pasar un gas que tiene una baja reactividad a través del cuerpo **104** interior. Los gases adecuados para esta aplicación incluyen, pero no se limitan a, nitrógeno, hidrógeno, gases nobles, y mezclas de los mismos. Los gases nobles incluyen los elementos, que también se conocen como gases inertes, que se encuentran en la columna 8 de la tabla periódica de los elementos. A pesar de que el hidrógeno se considera normalmente bastante reactivo, el hidrógeno es de baja reactividad con respecto al tungsteno. Opcionalmente, un mecanismo tal como la paleta **142** introduce un movimiento de rotación en el gas.

La segunda cavidad **138** contiene un tubo **103** hueco que sirve para guiar un electrodo **112** consumible al interior de una zona periférica del flujo de plasma, de tal modo que la punta del electrodo **112** consumible se encuentra por debajo de la boquilla **105**, con respecto a la dirección de la soldadura **148**, y en el interior de la boquilla **116** de protección en el extremo de aguas abajo de la carcasa **101**, la boquilla **116** de protección que rodea la punta del electrodo **112** consumible y la boquilla **105** de estrechamiento súbito del cuerpo **104** interior. Por lo tanto, el electrodo **112** consumible y el electrodo **107** no consumible se orientan a lo largo de dirección de la soldadura **148**, con el electrodo **107** no consumible ligeramente por delante del electrodo **112** consumible con respecto a la dirección de la soldadura **148**.

Haciendo referencia a continuación a la figura 4, un arco **32** de plasma se mantiene entre la pieza **31** a soldar y el electrodo **38** no consumible, en un flujo **54** de gas inerte. El orificio **64** de la boquilla **33** estrecha el arco **32** de plasma y dirige el arco **32** de plasma hacia la pieza **31** a soldar. Un electrodo **39** consumible se guía al interior de un área periférica del arco **32** de plasma, manteniéndose el arco **40** de MIG entre el electrodo **39** consumible y la pieza **31** a soldar. El terminal negativo de un primer suministro **49** de potencia se conecta con el electrodo **38** no consumible, y el terminal positivo del primer suministro **49** de potencia se conecta con la pieza **31** a soldar. El terminal positivo de un segundo suministro **48** de potencia se conecta con el electrodo **39** consumible, y el terminal negativo del segundo suministro **48** de potencia se conecta con la pieza **31** a soldar. El gas **51** de protección, por ejemplo una mezcla de argón y de dióxido de carbono, fluye al exterior a través de la boquilla **52** de protección. Unas elecciones adecuadas para el gas **51** de protección incluyen, pero no se limitan a, nitrógeno, hidrógeno, dióxido de carbono, gases nobles, y mezclas de los mismos. A pesar de que el hidrógeno se considera normalmente bastante reactivo, el hidrógeno es de baja reactividad con respecto a algunos metales.

El electrodo **38** de arco de plasma tiene un eje **35**. El electrodo **38** consumible tiene un eje **36**. El eje **35** de electrodo de plasma y el eje **36** de electrodo consumible se encuentran sustancialmente en un plano común, siendo el plano sustancialmente perpendicular a la superficie de la pieza **31** a soldar, y forman un ángulo agudo,  $\alpha$ , entre sí. Además, el arco **32** de plasma se encuentra en la parte frontal, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, del baño **34** de fusión de la soldadura.

El flujo **41** de plasma a partir del orificio **64** se dirige hacia el lado frontal, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, del baño **34** de fusión de la soldadura, pasando a lo largo de la concavidad del baño **34** de fusión de la soldadura y desviándose hacia la parte posterior, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, del baño **34** de fusión de la soldadura, en el que se ha depositado el metal fundido a partir de la punta del electrodo **39** consumible. El arco **40** de MIG arde sustancialmente en el interior del flujo **41** de plasma.

Una desventaja de la soldadura por arco de plasma de la técnica anterior es la baja velocidad de soldadura, debido a que a unas velocidades de soldadura elevadas el arco se desvía, lo que da como resultado el desvío del vector velocidad del flujo de plasma lejos con respecto a ser normal a la superficie de la pieza a soldar. Esto disminuye la profundidad de penetración a unas velocidades de soldadura elevadas, y más allá de una velocidad límite particular destruye el baño **34** de fusión de la soldadura. No obstante, en la presente invención, se obtiene la ventaja de una interacción electromagnética entre la corriente **42** de arco de MIG y la corriente **43** de plasma. Debido a que estos arcos tienen una polaridad opuesta, esta interacción da como resultado el desvío del arco **32** de plasma hacia la parte frontal, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, del baño **34** de fusión de la soldadura compensando el desvío del arco **32** de plasma hacia la parte de detrás, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, del baño **34** de fusión de la soldadura al que da lugar el movimiento del arco **32** de plasma a lo largo de la dirección **46** de la soldadura. En consecuencia, en determinadas condiciones, el vector velocidad de arco de plasma es casi normal con respecto a la superficie de la pieza **31** a soldar, y la penetración del arco de plasma se maximiza, y el arco de plasma muestra una sustancial rigidez (estabilidad). Esto facilita unos aumentos sustanciales en cuanto a la

velocidad de soldadura y a la penetración. Debido a que estas fuerzas magnéticas dependen de las corrientes de arco, la distancia entre los ejes de los electrodos, y el ángulo entre los electrodos, es muy importante colocar correctamente los electrodos y ajustar adecuadamente las corrientes que fluyen a través de los electrodos.

5 La presencia de plasma altera los procedimientos en la mancha anódica del arco de MIG. Por lo tanto, se cambia la forma en la que metal se transfiere a partir del electrodo consumible. El resultado es que las gotas se eliminan más fácilmente con respecto al extremo del hilo. Por lo tanto, la corriente de transición para establecer el modo de transferencia por pulverización se reduce sustancialmente, en comparación con la tecnología de soldadura MIG convencional. En la presente invención, la velocidad axial de las gotas que se desplazan hacia la pieza a soldar es más elevada que la que puede conseguirse con la soldadura MIG convencional, desviándose el vector velocidad hacia el extremo de atrás, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, del baño **34** de fusión de la soldadura. En esta situación, unas gotas de metal fundido alcanzan el extremo de atrás, con respecto a la dirección **46** de la soldadura, del baño **34** de fusión de la soldadura, como en la técnica "de revés", en la que el electrodo se apunta en la dirección opuesta a la de la soldadura, lo que aumenta la penetración.

15 El volumen de gota promedio es más grande que el que puede conseguirse mediante una transferencia por pulverización en una soldadura MIG convencional. No obstante, el sistema de la presente invención permite una soldadura en cualquier posición con respecto a la gravedad debido a que el flujo de plasma aumenta la velocidad de las gotas hacia la pieza a soldar. Además, un volumen de gota más grande evita el sobrecalentamiento de las gotas mientras que las gotas pasan a lo largo del espacio del arco. Evitar o reducir el sobrecalentamiento de las gotas es un factor vital en la obtención de unas soldaduras libres de salpicadura, así como la mejora de la calidad y la integridad metalúrgica de la soldadura.

20 En una soldadura de velocidad elevada, la presente invención hace que sea posible disminuir el consumo del electrodo consumible (hilo de relleno) por longitud de la soldadura en comparación con la soldadura MIG convencional, y aumentar la profundidad de penetración.

25 La relación entre el ángulo agudo  $\alpha$ , la distancia D, y las corrientes de arco puede representarse aproximadamente por las siguientes ecuaciones:

$$0^\circ < \alpha < 45^\circ$$

$$D > K_m R_p [(I_m / I_p) \tan \alpha]^{1/2}$$

$$D < K_v R_p$$

$$1 < K_m < 3$$

30  $1 < K_v < 5$

en las que:

$\alpha$  = ángulo entre los ejes de electrodo

D = distancia entre los puntos en los que los ejes de electrodo cruzan la superficie de la pieza a soldar

35  $I_m$  = corriente del arco de MIG

$I_p$  = corriente del arco de plasma

$R_p$  = radio de flujo de plasma

$K_m$  = una constante de proporcionalidad para la influencia magnética en el arco de MIG, y depende de la composición de la pieza a soldar, de la composición del hilo, del diámetro del hilo, y de otros factores.

40  $K_v$  = una constante asociada con la forma del flujo de plasma cerca de la superficie del baño de fusión de la soldadura, y depende de la velocidad de flujo del gas de plasma, del ángulo entre los ejes de electrodo, y de otros factores.

La figura 5 ilustra un ejemplo de un dispositivo que no cubre la presente invención. La presente realización incluye un único soplete **100** de procesamiento de la presente invención, que incluye una carcasa **101**, una cubierta **102** fabricada de un material eléctricamente aislante y que tiene dos cavidades. Los materiales adecuados para la cubierta **102** incluyen, pero no se limitan a, plásticos térmicamente resistentes, y cerámicas tales como el óxido de aluminio. Un guía-hilo **103** se ubica en una cavidad de la cubierta **102**. Un cuerpo **104** interior con una boquilla **105** de estrechamiento súbito ubicada en el extremo de aguas abajo del cuerpo **104** interior, se ubica en la segunda cavidad de la cubierta **102**). Un portacátodo **106** operativo para sostener un cátodo **107** fabricado de un conductor, tal como tungsteno, que tiene un punto de fusión elevado se ubica en el interior del cuerpo **104** interior. Otros materiales adecuados para el cátodo **107** incluyen, pero no se limitan a, aleación de tungsteno, molibdeno, y aleación de molibdeno. La boquilla **105** de estrechamiento súbito se ubica en el extremo de aguas abajo del cuerpo **104** interior, que tiene un orificio **108** para estrechar el arco de plasma. El cuerpo **104** interior tiene un canal **110** operativo para transportar un fluido de refrigeración bombeado por la bomba **136**. El cátodo **107** tiene una punta **134**, y el arco de plasma entra en contacto con el cátodo **107** sustancialmente en la punta **134** del cátodo **107**. El guía-hilo **103** dirige un hilo **112** de electrodo consumible más allá de la boquilla **105** de estrechamiento súbito hasta la pieza **115** a soldar. Los materiales adecuados para el hilo **112** de electrodo consumible incluyen, pero no se limitan

a, acero suave, hierro, aleaciones de hierro, aleaciones de níquel, aleaciones de cobalto, aluminio, aleaciones de aluminio, cobre, aleaciones de cobre, titanio, y aleaciones de titanio. El hilo **112** se conduce a través del guía-hilo **103** mediante un mecanismo **130** de alimentación de hilo. Una boquilla **116** de protección en el extremo de aguas abajo de la carcasa **101** rodea el extremo del hilo **112** y la boquilla **105** de estrechamiento súbito. Un canal **132** en el cuerpo **104** interior y contiguo con el canal **110**, es operativo para transportar un fluido de refrigeración para el cuerpo **104** interior de refrigeración, el portacátodo **106**, y la boquilla **105**. El portacátodo **106** tiene una forma cónica y se ubica en un orificio en el cuerpo **104** interior. El portacátodo **106** se separa del cuerpo **104** interior mediante una película **109** eléctricamente aislante fabricada de un material con una elevada conductividad térmica y capaz de tolerar unas temperaturas de aproximadamente 200 °C. Los materiales adecuados para la película **109** incluyen, pero no se limitan a, películas de poliimida tales como DuPont Kapton™, y películas de poliamida. Debido a la elevada conductividad térmica y al pequeño espesor de la película **109** aislante hay una buena transferencia de calor desde el portacátodo **106** hasta el cuerpo **104**, lo que permite que el dispositivo funcione sin una refrigeración especial del cátodo **107**, lo que por lo tanto permite un diseño más simple para el dispositivo.

El cátodo **107** de tungsteno se conecta a través del portacátodo **106** con el terminal negativo de un primer suministro **120** de corriente continua (CC), al que también se hace referencia como el suministro **120** de potencia de plasma. El hilo **112** se conecta a través del guía-hilo **103** con el terminal positivo de un segundo suministro **121** de potencia de CC, al que también se hace referencia como el suministro **121** de potencia de MIG. Tanto el terminal positivo del primer suministro **120** de potencia como el terminal negativo del segundo suministro **121** de potencia se conectan con la pieza **115** a soldar. Preferentemente, el primer suministro **120** de potencia tiene una característica de salida de corriente constante, que proporciona un arco de plasma estable, y un segundo suministro **121** de potencia tiene una característica de salida de voltaje constante, de tal modo que la longitud del arco de MIG se estabiliza por sí misma, lo que, a su vez, estabiliza el procedimiento de fusión de hilo. Un tercer suministro **122** de potencia de CC auxiliar se conecta a lo largo del cátodo **107** y la boquilla **105** de estrechamiento súbito. Si se usa el suministro **122** de potencia auxiliar, la boquilla **105** de estrechamiento súbito ha de fabricarse de un material conductor. El suministro **122** de potencia auxiliar mantiene un arco de baja corriente entre el cátodo **107** y la boquilla **105**. Las corrientes típicas para este arco de baja corriente varían entre 2 amperios y 30 amperios. Este arco de baja corriente arde antes de que la soldadura comience y prevé el precalentamiento del cátodo **107**, lo que evita el daño por choque térmico al cátodo **107** cuando se inicia el arco de plasma principal. Además, este arco de baja corriente proporciona un flujo de plasma que sale hacia la pieza **115** a soldar, lo que facilita el inicio de los arcos principales. Si no se usa el suministro **122** de potencia auxiliar opcional, un oscilador de alta frecuencia, que no se muestra, puede usarse para facilitar el inicio de los arcos principales, a pesar de que el uso de un oscilador de este tipo puede dar lugar a problemas de interferencia electromagnética, y no evita el choque térmico al cátodo **107**.

Cuando se acciona el voltaje de funcionamiento a partir del primer suministro **120** de potencia y del segundo suministro **121** de potencia se aplica al cátodo **107** y al hilo **112** de electrodo consumible, el voltaje no es suficiente para encender un arco directamente entre el cátodo **107** y el hilo **112**. No obstante, el arco de baja corriente entre el cátodo **107** y la boquilla **105** ayuda en la ignición de un arco entre el cátodo **107** y la pieza **115** a soldar, lo que a su vez ayuda en la ignición de un arco entre la pieza **115** a soldar y el hilo **112**. Una vez que estos arcos se han encendido, las fuerzas magnéticas y el flujo de gas evitan una aparición directa de arco entre el cátodo **107** y el hilo **112**.

En algunas aplicaciones, tal como la soldadura en las posiciones en vertical o suspendida, con el fin de compensar el efecto de la gravedad sobre el metal de soldadura es deseable reducir la entrada de calor. Una baja entrada de calor permite que el baño fundido se solidifique rápidamente. En este caso, es deseable que el suministro **121** de potencia de MIG funcione en un modo de pulso. La duración del modo de pulso y la corriente de pico de pulso dependen del diámetro del hilo **112** y del material del que se hace el hilo **112**.

La presente invención se ilustra esquemáticamente en la figura 6. En la presente realización, un suministro **125** de corriente alterna (CA) se utiliza en lugar de dos de los suministros **120** y **121** de potencia de CC. Un suministro **125** de potencia de terminal de CA se conecta con la pieza **115** a soldar, y el otro suministro **125** de potencia de terminal de CA se conecta con el cátodo **107** a través de un primer diodo **126** y de un portacátodo **106**, y con un hilo **112** consumible a través de un segundo diodo **127** y de un guía-hilo **103**. El ánodo del primer diodo **126** se conecta con el portacátodo **106** y el cátodo del primer diodo **126** se conecta con el suministro **125** de potencia de CA. El cátodo del segundo diodo **127** se conecta con el guía-hilo **103** y el ánodo del segundo diodo **127** se conecta con suministro **125** de potencia de CA. Por lo tanto, la corriente de arco de MIG y la corriente del arco de plasma fluyen durante unas mitades alternas del ciclo de CA. Esto reduce la interacción magnética entre los dos arcos. Esto a su vez reduce la entrada de calor y permite una reducción en la longitud del baño de fusión de la soldadura reduciendo la distancia entre el arco de plasma y el arco de MIG.

De acuerdo con la presente invención, una pantalla **150** magnética se ubica entre la boquilla **105** y el electrodo **112** consumible. Las corrientes de arco de MIG más grandes de 300 amperios pueden conducir a unas fuerzas magnéticas que desvían el arco de plasma demasiado lejos, de tal modo que el arco de plasma impacta sobre la boquilla **105**, lo que sobrecalienta la boquilla **105** y reduce la eficiencia de la transferencia de energía desde el arco de plasma hasta la pieza **115** a soldar. La pantalla **150** magnética reduce el campo magnético en la zona del arco de plasma, reduciendo por lo tanto la influencia del arco de MIG sobre el arco de plasma.

En otra realización de la presente invención, el mecanismo para suministrar un gas inerte para el arco de plasma incluye un mecanismo, tal como la paleta **142** para impartir un movimiento de rotación al gas. De forma similar, un mecanismo tal como la paleta **144** puede usarse para impartir un movimiento de rotación al gas de protección que rodea el arco de MIG.

- 5 Opcionalmente, las realizaciones incluyen, tal como se muestra esquemáticamente en la figura 5, un mecanismo **146** de control operativo para coordinar el funcionamiento de las diversas partes del sistema. Un mecanismo **146** de control de este tipo puede ser operativo para controlar uno o más parámetros que incluyen, pero que no se limitan a, voltajes de suministro de potencia, corrientes de suministro de potencia, presiones de gas, velocidades de flujo de gas, presión de fluido de refrigeración, velocidad de flujo de fluido de refrigeración, temperatura de fluido de refrigeración, velocidad de alimentación de electrodo consumible, y velocidad de soldadura. Un sistema **146** de control de este tipo puede también ser operativo para detectar uno o más parámetros que incluyen, pero que no se limitan a, entradas de operador, voltajes de suministro de potencia, corrientes de suministro de potencia, voltajes de arco, corrientes de arco, presiones de gas, velocidades de flujo de gas, presión de fluido de refrigeración, velocidad de flujo de fluido de refrigeración, temperatura de fluido de refrigeración, velocidad de alimentación de electrodo consumible, temperaturas de electrodo, y velocidad de soldadura. La detección de los parámetros puede incorporarse en uno o más lazos de realimentación para el ajuste de los parámetros controlados. Con fines de simplicidad, el sistema **146** de control se muestra como que está conectado sólo con el suministro **120** de potencia y con el suministro **122** de potencia, a pesar de que otras conexiones son posibles y están dentro del alcance de la presente invención.
- 10
- 15
- 20 Pese a que la invención se ha descrito con respecto a un número limitado de realizaciones, se apreciará que muchas variaciones, modificaciones y otras aplicaciones de la invención pueden hacerse de acuerdo con el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para soldar una pieza (115) a soldar que comprende:

a. un soplete combinado que incluye un electrodo (112) consumible y un electrodo (107) no consumible colocado de tal modo que sus ejes respectivos forman un ángulo agudo ( $\alpha$ ) y de tal modo que unos arcos (32, 40) que se inician a partir de los dos electrodos (107, 112) intersectan un plano de la pieza (115) a soldar para definir una distancia (D) de punto de impacto de arco; y

b. una pantalla (150) magnética que se inserta entre los dos electrodos (107, 112) y que se usa para controlar la distancia (D) de punto de impacto de arco durante la soldadura; y **caracterizado porque** el sistema además comprende:

c. una fuente de alimentación para imponer en el electrodo (112) consumible un primer potencial eléctrico en relación con la pieza (115) a soldar y para imponer en el electrodo (107) no consumible un segundo potencial eléctrico en relación con la pieza (115) a soldar, siendo el segundo potencial eléctrico opuesto al primer potencial eléctrico, incluyendo la fuente de alimentación:

(i) un suministro (125) de corriente alterna que tiene un primer terminal y un segundo terminal que se diferencian en la fase, siendo el primer terminal para conectar con la pieza (115) a soldar y siendo el segundo terminal para conectar con los electrodos (107, 112),

(ii) un primer diodo (126) a través del cual el segundo terminal se conecta con el electrodo (112) no consumible a través de un portacátodo (103), y

(iii) un segundo diodo (127) a través del cual el segundo terminal se conecta con el electrodo (112) consumible a través de un guía-hilo (103) del electrodo (112) consumible,

en el que los dos diodos (126, 127) se orientan de forma opuesta en relación con el segundo terminal.

2. El sistema de la reivindicación 1, en el que el electrodo (112) consumible es un electrodo de metal y gas inerte (MIG) y en el que el electrodo (107) no consumible es un electrodo que se selecciona del grupo que consiste en un electrodo de arco de plasma y un electrodo de gas inerte y tungsteno (TIG).

3. El sistema de la reivindicación 1, en el que el ángulo agudo ( $\alpha$ ) se encuentra en el intervalo de 0 a 30 grados y en el que la distancia (d) de punto de impacto de arco es más pequeña que 30 cm.

4. Un procedimiento de soldadura de una pieza (115) a soldar que comprende las etapas de:

a. dotar a dos, primer (112) y segundo (107), electrodos de unos ejes respectivos, que se disponen espacialmente con el fin de definir un ángulo agudo ( $\alpha$ ) entre los mismos;

b. establecer unos arcos eléctricos respectivos entre cada electrodo (107, 112) y la pieza (115) a soldar, teniendo los arcos una distancia (D) de punto de impacto de arco; y

c. soldar la pieza (115) a soldar mientras que se controla la distancia (D) de punto de impacto de arco usando una pantalla (150) magnética entre los dos electrodos (107, 112);

**caracterizado** el procedimiento **porque** el establecimiento de los arcos eléctricos respectivos alterna entre establecer un arco eléctrico respectivo entre el primer electrodo (112) y la pieza (115) a soldar mediante:

a. proporcionar un suministro de corriente alterna que tiene un primer terminal y un segundo terminal que se diferencian en la fase;

b. conectar el primer terminal a la pieza (115) a soldar;

c. imponiendo un primer potencial eléctrico en relación con la pieza (115) a soldar en el primer electrodo (112) conectar el segundo terminal al primer electrodo (112) a través de un primer diodo (126) y un portacátodo (103); y

d. establecer un arco eléctrico respectivo entre el segundo electrodo (107) y la pieza (115) a soldar imponiendo un segundo potencial eléctrico en relación con la pieza (115) a soldar en el segundo electrodo (107) conectando el segundo terminal al segundo electrodo (107) a través de un segundo diodo (127) y un guía-hilo (103) del segundo electrodo (107), estando los dos diodos (126, 127) orientados de forma opuesta en relación con el segundo terminal de tal modo que el segundo potencial eléctrico es opuesto al primer potencial eléctrico, y de tal modo que la pieza (115) a soldar se suelda mientras que se alterna entre el establecimiento de los dos arcos eléctricos.

5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la etapa de proporcionar unos electrodos primero (112) y segundo (107) incluye proporcionar un primer (112) electrodo consumible y un segundo (107) electrodo no consumible.

6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que proporcionar un electrodo (112) consumible incluye proporcionar un electrodo de metal y gas inerte (MIG) y en el que proporcionar un electrodo (107) no consumible incluye proporcionar un electrodo que se selecciona del grupo que consiste en un electrodo de arco de plasma y un electrodo de gas inerte y tungsteno (TIG).

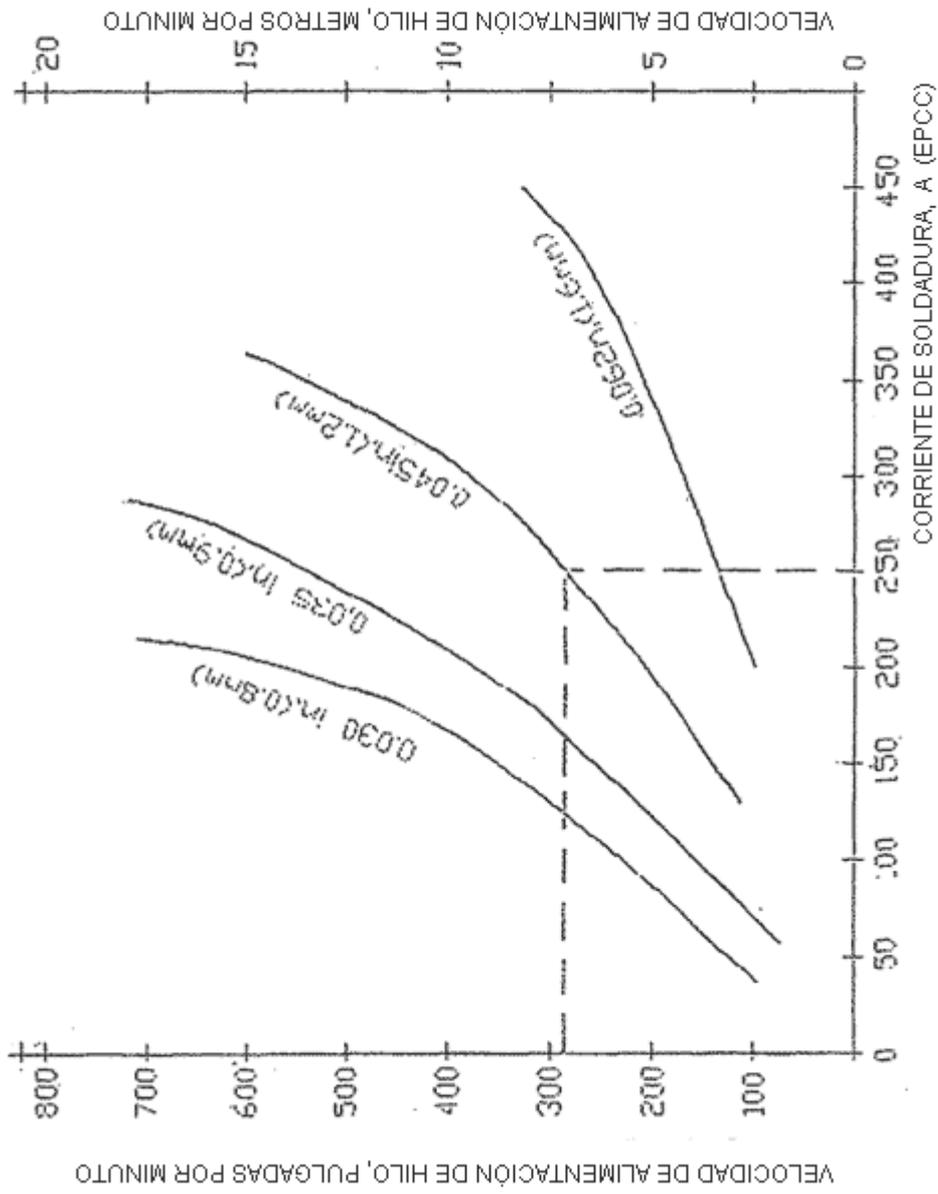


Fig. 1 - Corrientes de soldadura típicas frente a velocidades de alimentación de hilo para electrodos de acero de carbono

Técnica anterior

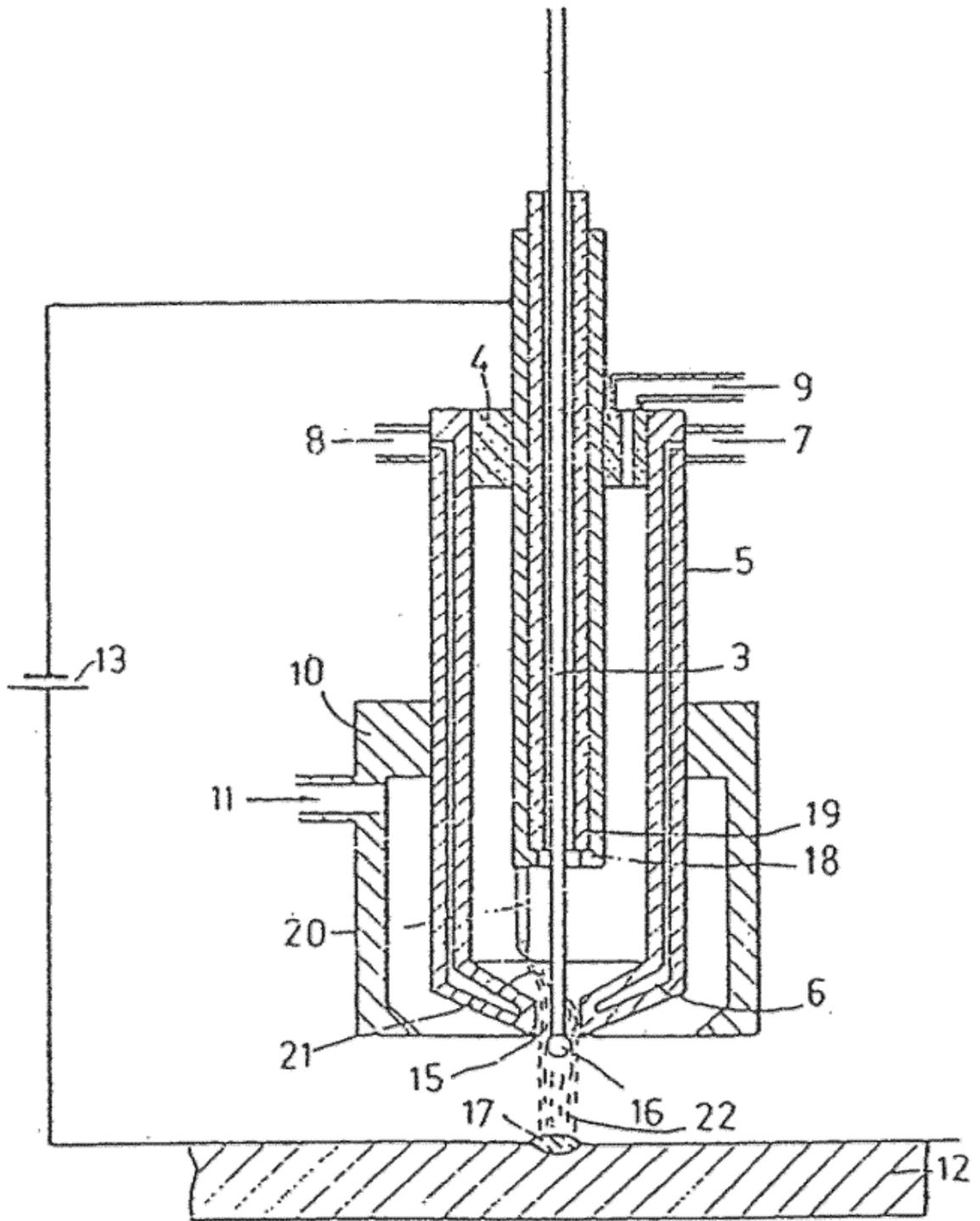
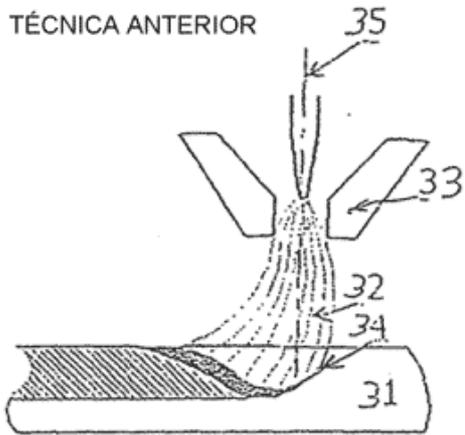


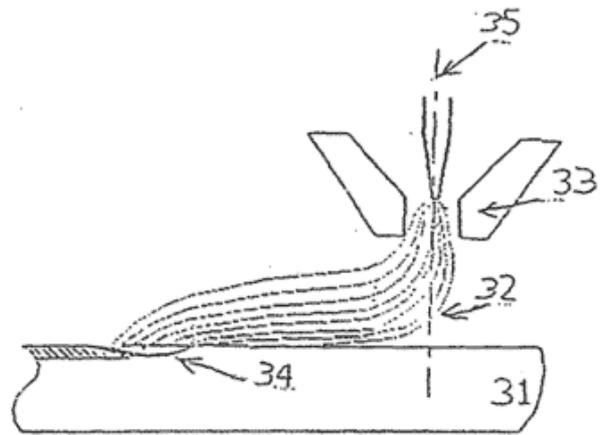
Fig.2.

TÉCNICA ANTERIOR



46 →

Figura 3a



46 →

Figura 3b  
Técnica Anterior

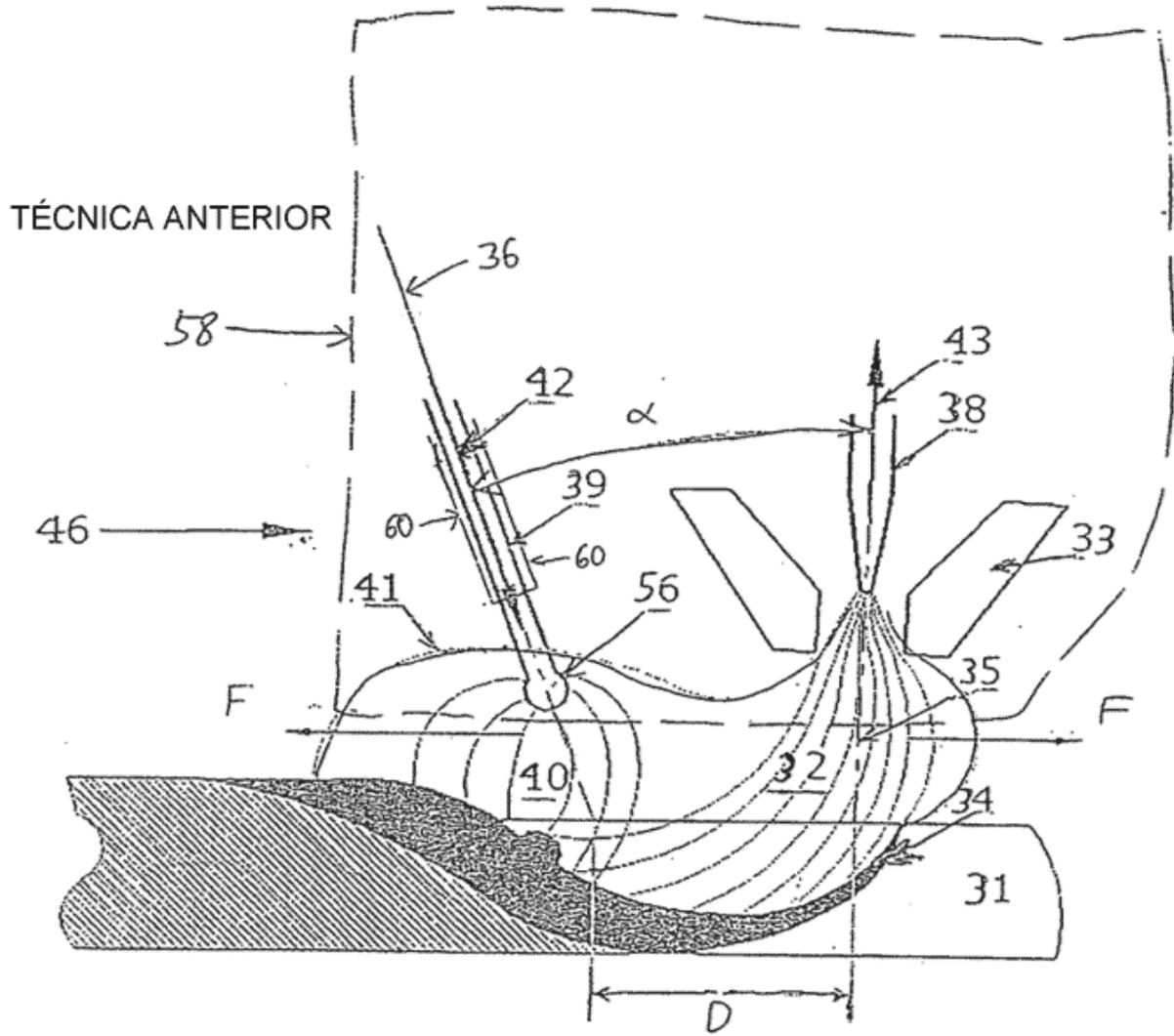
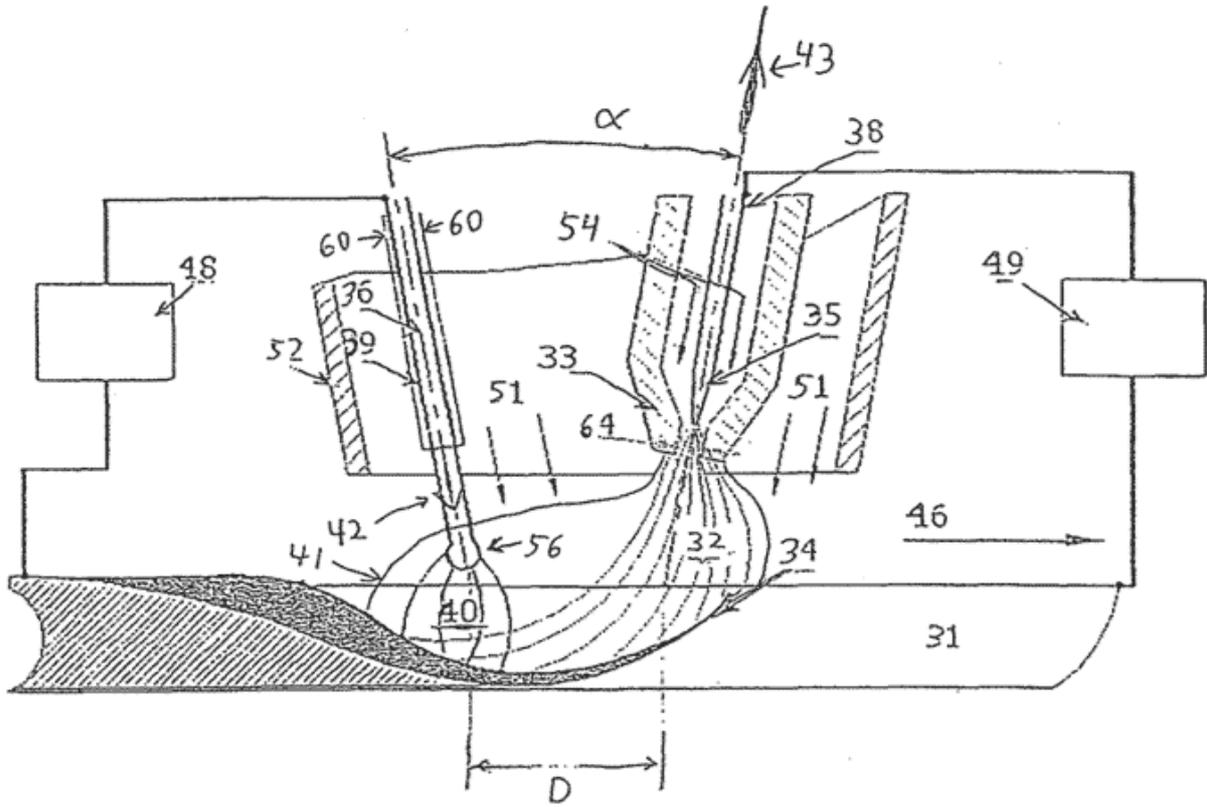


Fig.3. C





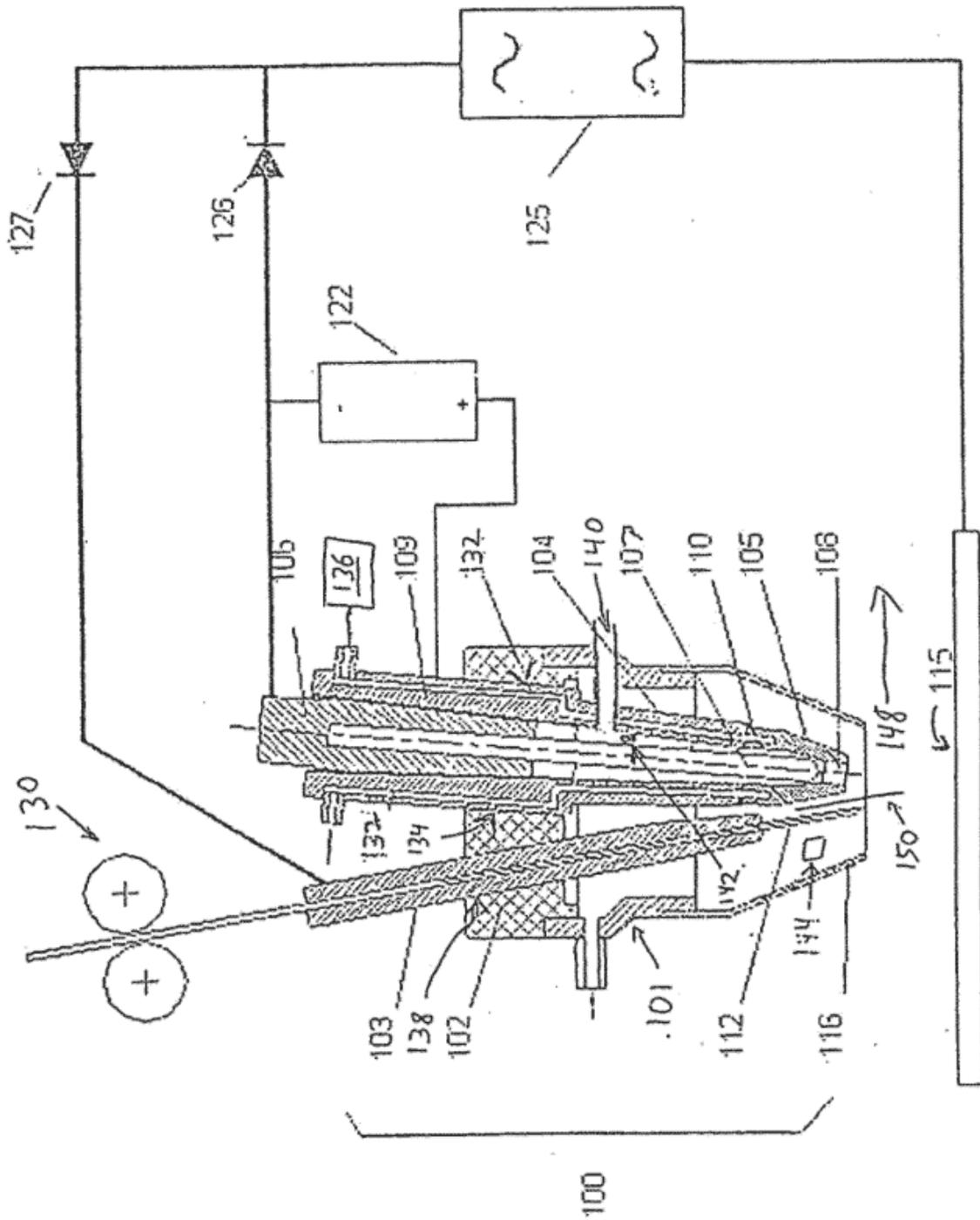


Fig. 6