



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 306 056**

51 Int. Cl.:  
**B23K 9/167** (2006.01)  
**B23K 9/29** (2006.01)  
**B23K 10/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **05300842 .1**  
86 Fecha de presentación : **21.10.2005**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1655096**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **10.05.2006**

54 Título: **Instalación de soldadura por arco que comprende varios portaelectrodos de soldadura por arco del tipo de doble flujo, cada uno de los cuales con un electrodo no consumible adaptado a la soldadura de tubos, en la que la punta de electrodo se sitúa en el plano de la tobera interna.**

30 Prioridad: **09.11.2004 FR 04 52567**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.11.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.11.2008**

73 Titular/es: **AIR LIQUIDE WELDING FRANCE**  
**75 quai d'Orsay**  
**75321 Paris Cédex 07, FR**

72 Inventor/es: **Morvan, Gérard y**  
**Painsard, Hervé**

74 Agente: **Justo Vázquez, Jorge Miguel de**

ES 2 306 056 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).

## ES 2 306 056 T3

### DESCRIPCIÓN

5 Instalación de soldadura por arco que comprende varios portaelectrodos de soldadura por arco del tipo de doble flujo, cada uno de los cuales con un electrodo no consumible adaptado a la soldadura de tubos, en la que la punta de electrodo se sitúa en el plano de la tobera interna.

10 La invención se refiere a una instalación de soldadura por arco que comprende varios portaelectrodos de soldadura por arco de doble flujo que comprenden un electrodo de tungsteno cuyo extremo puntiagudo se sitúa en o aproximadamente en el mismo plano que el formado por el reborde periférico del extremo de la tobera interna, y su utilización para la soldadura longitudinal de tubos o similares.

15 En el momento de la realización de soldaduras longitudinales de tubos de acero al carbono o de acero inoxidable, en particular de tubos destinados a ser utilizados como mástiles o postes, especialmente para el alumbrado que son denominados “candelabros”, los espesores que hay que soldar son generalmente del orden de 2,5 a 4 mm, al nivel del plano de unión, es decir allí donde los dos bordes que hay que soldar se unen y deben ser ensamblados mediante soldadura.

20 Las Figuras 1a y 1b muestran de forma esquemática unas preparaciones de piezas que deben ser soldadas para formar tales tubos, a saber una pieza cilíndrica o cilindrocónica en posición borde con borde en la figura 1a, y una forma poligonal, por ejemplo octogonal en posición de soldadura que forma una “V” en la figura 1b.

25 Como se ilustra en las Figuras 1a y 1b, para unas piezas que tiene un espesor (EP) igual a 4 mm, la penetración (PE) deseada debe ser generalmente de 2,4 mm como mínimo como el fin de obtener una estabilidad mecánica suficiente del tubo así obtenido, en particular cuando está destinado a ser utilizado como poste de soporte.

30 En efecto, la relación PE/EP de la penetración PE con el espesor EP que es habitualmente exigida para responder a las exigencias de utilización debe ser igual o superior al 60% (es decir  $2,4 \text{ mm}/4 \text{ mm} = 60\%$ ).

35 Una soldadura del tipo indicado se obtiene habitualmente mediante soldadura, a saber, la soldadura de alta frecuencia o mediante soldadura por arco sumergido (AS). Ahora bien, estos procedimientos presentan inconvenientes.

40 Así, el procedimiento de soldadura AS hace obligatoria la utilización de un metal de aporte y de flujo de soldadura, lo que no es práctico desde el punto de vista industrial.

45 Las velocidades alcanzadas industrialmente con un procedimiento AS son del orden de 2 m/mm para espesores de tubo de 4 mm de borde a borde, lo que es compatible con unos ritmos de producción elevados, mientras que las que pueden alcanzarse con una soldadura de frecuencia son muy superiores a las anteriores, pero la puesta en práctica de este procedimiento es muy onerosa, y por lo tanto poco extendida en la industria.

50 Por otro lado, los tubos soldados son en la mayoría de los casos revestidos a continuación mediante galvanización con cinc calentado.

55 Ahora bien, la estética del revestimiento resulta alterada por el cordón de soldadura visible exteriormente producida por una soldadura AS y además por una diferencia de aspecto del revestimiento de cinc sobre la soldadura, debido a la naturaleza metalúrgica diferente del hilo de aporte.

60 Para paliar estos inconvenientes ya se ha propuesto soldar tales montajes poniendo en práctica unos procedimientos de soldadura por arco plasma o de soldadura TIG (siglas de electrodo de Tungsteno con Gas Inerte).

65 El documento JP-A-07.256463 divulga un portaelectrodo de soldadura por arco plasma o de soldadura TIG que comprende un electrodo localizado en el interior de la tobera interna pero que puede formar un saliente más allá del reborde periférico de la tobera interna de forma que la distancia entre el electrodo y la pieza que debe soldarse tenga entre 1 y 6 mm.

70 Por otro lado, el documento US-A-2.806.124 divulga la puesta en práctica de un portaelectrodo de soldadura por arco que comprende un electrodo de tungsteno y una tobera de cobre, caracterizado porque el electrodo está situado enteramente en el interior de la tobera y porque la forma de la tobera se escoge en función del espesor de la pieza que debe soldarse.

75 En este caso, la soldadura no presenta cordón de soldadura ni diferencia de composición del metal fundido puesto que no es necesario ningún metal de aporte en este tipo de procedimientos, lo que mejora la estética de la soldadura del tubo soldado y seguidamente galvanizado así obtenido.

80 Sin embargo, la soldadura por arco ya sea plasma o TIG, es un procedimiento lento cuando se utiliza con un solo portaelectrodo de soldadura puesto que pueden alcanzarse unas velocidades máximas del orden únicamente de 10 a 30 cm/min, lo que a menudo es claramente insuficiente desde el punto de vista industrial.

## ES 2 306 056 T3

Se ha propuesto una mejora notable basada en una soldadura TIG multicátodos, es decir poniendo en práctica varios arcos eléctricos alineados según el plano de unión a realizar de forma que cada zona de la soldadura quede sometida sucesivamente a los diferentes arcos eléctricos. Este tipo de soldadura se divulga en el documento US-A-6.054.667 representando este documento el estado de la técnica más próximo.

5

Así, un procedimiento TIG multicátodo con doble flujo de gas de protección ha sido ya aplicado para realizar una soldadura de gran velocidad de tubo de acero inoxidable con unos espesores de entre aproximadamente 1 y 2 mm.

La Figura 2 muestra una configuración clásica de la parte activa de uno de los portaelectrodos TIG que sirven para realizar dicha soldadura multicátodo bajo un flujo gaseoso doble. Como se aprecia, dicho portaelectrodo 1 de soldadura por arco TIG que comprende un electrodo 2 de tungsteno con un extremo 5 activo puntiagudo, donde se forma el arco eléctrico. El electrodo 2 está rodeado por una tobera interna 3 y por una tobera externa 4. Unos flujos de gas central, genéricamente un gas inerte, y periférico circulan, respectivamente, entre el electrodo y la tobera interna 3, y entre las dos toberas internas 3 y externa 4, antes de ser expulsados en dirección a la soldadura. En este caso, el extremo activo puntiagudo 5 del electrodo forma siempre un saliente más allá de un reborde periférico 6 de la tobera interna 3, es decir que el extremo 5 del electrodo 2 emerge de la tobera interna 3 con una longitud D típicamente del orden de 4 mm aproximadamente, como se divulga en el documento EP-A-1,459,830.

Con el fin de mejorar este procedimiento multicátodo, se ha propuesto sustituir los arcos TIG por arcos plasma. En efecto, la soldadura por arco plasma presenta diferentes ventajas con relación a la soldadura por arco TIG.

La primera ventaja de un arco plasma es que es más “caliente” que un arco TIG y que permite, por tanto, alcanzar unas prestaciones de fusión superiores y, por tanto, unos espesores más importantes.

Otra ventaja importante, como se muestra en la Figura 3 es que, en un portaelectrodo 1 de plasma, el electrodo 2 de tungsteno elevado a una alta temperatura está mejor protegido de la oxidación, en particular, del oxígeno del aire ambiente, y de los óxidos y de las proyecciones metálicas del metal en fusión situado en su proximidad, en particular en el momento de la soldadura de un acero al carbono, puesto que el electrodo 2 está situado en el interior de la tobera interna 3 del portaelectrodo de plasma.

30

Otra ventaja más de un portaelectrodo plasma es que se puede aplicar un arco piloto entre el electrodo de tungsteno y la tobera. Este arco es cebado al principio mediante una chispa de alta tensión/alta frecuencia, en presencia del gas central que es típicamente argón, y este arco piloto es mantenido en funcionamiento antes del cebado del arco principal de soldadura. Así, el cebado del arco principal de soldadura sobre la pieza que debe soldarse se lleva a cabo de manera instantánea, sin necesidad de chispa de alta tensión/alta frecuencia, en cada principio de la soldadura, lo que evita las perturbaciones electromagnéticas sobre los órganos de gobierno de la máquina. A continuación, justo después del cebado principal, y durante la soldadura, el gas central puede ser ventajosamente sustituido por otro gas mejor adaptado a la fusión del acero al carbono, como por ejemplo la mezcla gaseosa de tipo argón/hidrógeno comercializada por L'Air Liquide con la denominación NOXAL 4<sup>TM</sup>.

40

En general, la puesta en práctica simultánea de varios arcos eléctricos, con unos portaelectrodos TIG o plasma, permite mejorar las prestaciones de soldadura, especialmente la velocidad de soldadura y la calidad estética del cordón, dado que:

45

- un portaelectrodo permite precalentar el metal y someterlo a una fusión parcial en superficie.

- otro portaelectrodo permite terminar la fusión y asegurar la penetración de soldadura perseguida.

50

- un portaelectrodo suplementario, llamado portaelectrodo de alisado, puede eventualmente añadirse a continuación de los dos anteriores para refundir, pero solamente en superficie, la superficie visible del cordón para mejorar el aspecto de la zona fundida.

55

Sin embargo, en la práctica, han aparecido dificultades debidas a las desviaciones de los arcos provocadas por interacciones entre los dos arcos eléctricos puestos en práctica en el momento de la soldadura con una instalación multielectrodo del tipo indicado.

60

Para resolverlas, se ha propuesto hacer circular de un modo concreto, la corriente eléctrica de retorno de cada arco en el metal del tubo, es decir disponiendo unos flotadores o tomas de masa, detrás de cada portaelectrodo de soldadura, como se ilustra en la Figura 4, que representa una instalación de soldadura de tres portaelectrodos 10, 11, 12 alineados para llevar a la práctica una junta de soldadura 14, estando cada portaelectrodo asociado con unas tomas de masa 13 situadas corriente abajo del punto de impacto de cada arco sobre el tubo 15, indicándose en el sentido de desplazamiento del tubo 15 que debe soldarse en relación con los portaelectrodos, que son fijos, mediante la flecha 16. Como se aprecia, los arcos eléctricos 17 son desviados voluntariamente hacia delante con el fin de mejorar su estabilidad.

65

Como se aprecia en la Figura 3, en un portaelectrodo por arco plasma, el extremo 7 del electrodo 2 está localizado en el interior de la tobera interna 3, lo que indica que el arco eléctrico generado, durante la soldadura, entre el electrodo y la o las piezas que deben soldarse es relativamente largo, es decir típicamente de más de 5 o 6 mm.

## ES 2 306 056 T3

Ahora bien, se comprende fácilmente que cuanto más largo es el arco, más fenómenos de desviación de los arcos mencionados perturban la estabilidad de los arcos.

5 Las perturbaciones electromagnéticas y en consecuencia las desviaciones intempestivas de los arcos son tanto más importantes cuanto más elevada es la intensidad, de forma que, desde que la intensidad de la corriente continua principal de soldadura sobrepasa los 320 amperios, los arcos ya no son suficientemente estables para una aplicación industrial, en particular para la soldadura de tubos de acero al carbono con un espesor del orden de 3 y 4 mm.

10 Debido a que no se puede sobrepasar fácilmente la intensidad de soldadura de 320 amperios, las velocidades de soldadura están por tanto limitadas por el procedimiento mismo alrededor de 1,5 a 1,7 m/mm para unos tubos y un espesor de 4 mm, cuando se desea una penetración de soldadura de aproximadamente 2,4 a 2,5 mm.

15 Debe constatar, por otro lado, la aparición de burbujas en la superficie del cordón que son muy perjudiciales para la estética de la soldadura y a la estabilidad mecánica del montaje. Estos defectos son probablemente imputables a una protección gaseosa insuficiente del baño de fusión que es muy prolongado del orden de varios cm detrás del primer portaelectrodo, asociada con un "ahondamiento" del baño de metal fundido, bajo la presión combinada del arco eléctrico y del gas plasmagénico, las cuales provocan la aparición y subida a la superficie de las impurezas del metal, y de los óxidos metálicos de altas temperaturas.

20 El problema que se plantea es el de mejorar las instalaciones multielectrodo y los procedimientos de soldadura por arcos existentes con el fin de evitar o reducir al mínimo los fenómenos de las burbujas del cordón y aumentar sensiblemente la velocidad de soldadura, es decir, proponer una instalación de soldadura mejorada poniendo en práctica unos portaelectrodos que presenten las ventajas de los portaelectrodos de plasma pero no sus inconvenientes, instalación que pueda permitir la soldadura de los tubos destinados a ser utilizados como postes o mástiles - soportes.

25 La solución de la invención es una instalación de soldadura por arco que comprende varios portaelectrodos de soldadura por arco tal como se define en la reivindicación 1. Esta instalación comprende varios portaelectrodos, comprendiendo cada uno un electrodo de tungsteno con un electrodo puntiagudo, una tobera interna que rodea el electrodo y una tobera externa que rodea dicha tobera interna, estando el reborde anular del extremo de la tobera interna y la punta del electrodo sustancialmente situados en el mismo plano.

30 De acuerdo con la invención, la distancia  $d$  que separa un primer plano  $P$  perpendicular al eje longitudinal del electrodo y que pasa al nivel de la superficie del reborde anular situado en el extremo de la tobera interna, de un segundo plano  $P'$  que pasa por el extremo puntiagudo del electrodo y que es paralelo al primer plano  $P$  es tal que:  $0 \leq d < -1$  mm, y la tobera interna tiene un orificio de salida con un diámetro comprendido entre 5,3 y 7 mm.

Según el caso, la instalación de la invención puede comprender una o varias de las siguientes características:

40 - la distancia  $d$  que separa un primer plano  $P$  perpendicular al eje longitudinal del electrodo y que pasa al nivel de la superficie del reborde anular situado en el extremo de la tobera interna, de un segundo plano  $P'$  que pasa por el extremo puntiagudo del electrodo y que es paralelo al primer plano  $P$  es tal que:  $d < 0,5$  mm, preferentemente  $d$  es igual a 0 mm.

45 - la tobera interna tiene un orificio de salida con un diámetro comprendido entre 5,7 y 6,5 mm.

- la tobera interna tiene un orificio de salida con un diámetro en torno a 6 mm.

Preferentemente, la instalación comprende de 2 a 5 portaelectrodos alineados.

50 La invención se refiere así mismo a un procedimiento de soldadura por arco eléctrico de una o más piezas metálicas, en particular, de los dos bordes longitudinales de un tubo, en el que se pone en práctica una instalación de acuerdo con la invención.

Según el caso, el procedimiento de la invención puede comprender una o varias de las características siguientes:

55 - se aplica una corriente de soldadura que tenga una intensidad comprendida entre 120 y 250 amperios, sobre el último portaelectrodo de soldadura.

60 - se sueldan entre sí los dos bordes longitudinales de un tubo, especialmente de un tubo cilíndrico o poligonal.

- se efectúa una soldadura en la que la penetración (PE) de la soldadura es igual o superior al 60% del espesor (EP) de la o de las piezas que se van a soldar entre sí.

65 - el espesor de la o de las piezas que hay que soldar entre sí está comprendido entre 2 y 6 mm, preferentemente entre 2,5 a 4 mm.

- la o las piezas que hay que soldar entre sí son de acero al carbono.

## ES 2 306 056 T3

- la velocidad de soldadura es de al menos 2 m/min.

En otras palabras, la solución de la invención, ilustrada en la figura 5, descansa, por tanto, en el compromiso entre las dos configuraciones de los extremos de los portaelectrodos conocidos, a saber, la configuración “TIG doble flujo”, por un lado, y la configuración “plasma” por el otro.

Más concretamente, de acuerdo con la invención, el extremo o la punta 7 activa del electrodo 2 no sobresale como en un portaelectrodo TIG de doble flujo (Fig. 2), ni es interno como en un portaelectrodo de plasma (Fig. 3), sino que despunta por el extremo del cañón de centrado que hace la función de tobera o boquilla interna 3 del portaelectrodo.

Dicho de otra manera, el extremo de la punta 7 del electrodo 2 está sustancialmente situada en el mismo plano P que el reborde 6 anular situado en el extremo de la boquilla interna 3, es decir el reborde anular 6 que rodea el orificio de salida 9 del gas distribuido por la boquilla interna 3.

En el marco de la presente invención, por “sustancialmente situado en un mismo plano”, pretende significarse que la distancia  $d$  que separa el plano P perpendicular al eje perpendicular del electrodo 2 y que pasa al nivel de superficie del reborde 6 anular situado en el extremo de la tobera interna 3, del plano P' que pasa por el extremo puntiagudo 7 del electrodo 2 y que es paralelo al plano P es tal que  $0 \leq d < +/- 1$  mm, preferentemente  $d < +/- 0,5$  mm o dicho de otra manera la punta del electrodo puede encontrarse a una distancia de inferior o igual a 1 mm de parte o de otro de dicho plano P preferentemente a una distancia  $d$  inferior o igual a 0,5 mm de parte o de otro de dicho plano (por encima o por debajo del plano P), y preferentemente aún lo más cerca posible del plano P (esto es  $d = 0$ ), como se muestra de forma esquemática en la figura 7.

Preferentemente, se utiliza una boquilla interna 3 cuyo orificio de salida 9 tiene un diámetro de 6 mm aproximadamente. El electrodo 2 puede por su parte tener un diámetro de 4 mm.

En efecto, para que pueda realizarse una soldadura eficaz y de calidad, es indispensable que la tobera interna 3 tenga un orificio de salida con un diámetro comprendido entre 5,3 y 7 mm.

Un primer flujo de gas no oxidante es distribuido por la boquilla central 3, flujo que entra en contacto con el electrodo de tungsteno, y un segundo flujo de gas, oxidante, no oxidante, inerte o reductor, es distribuido por la boquilla externa periféricamente o anularmente con respecto al primer flujo de gas. La elección de los gases se efectúa de la manera clásica, especialmente en función de la naturaleza del material que hay que soldar.

La solución de la invención presenta las ventajas siguientes:

- el electrodo 2 también está protegido de la oxidación y de los óxidos metálicos, lo que resulta en una mayor duración de vida entre dosafilados.

- se puede generar un arco piloto entre el electrodo 2 y el cañón de centrado o tobera interna 3, con el fin de ionizar el gas central y crear así fácilmente un arco piloto. Se obliga entonces al arco piloto a “engancharse” al extremo 7 del electrodo 2 de tungsteno gracias a la presencia de un cañón aislante 20, por ejemplo de aluminio, de manera que se facilite el encendido del arco principal instantáneamente al principio de cada soldadura.

- la protección gaseosa de los paños de soldaduras sucesivas resulta mejorada gracias al dimensionamiento del calibre de salida de la tobera 3 interna, el cual es preferentemente del orden de 6 mm, y más generalmente está comprendido entre 5,3 y 7 mm.

En efecto, con tales dimensiones, los arcos son más estables que con un portaelectrodo de plasma clásico en el cual el orificio 9 tiene generalmente un diámetro de 3 a 5 mm; las burbujas desaparecen, se puede aplicar unas intensidades más elevadas del 10% aproximadamente sobre los portaelectrodos, es decir de 350 a 370 A y unas tensiones de los arcos más débiles de aproximadamente un 10%, es decir de aproximadamente 27 V; y la forma de la penetración de la zona fundida permite disminuir la sensibilidad de su hundimiento, como se muestra de forma esquemática en las figuras 6a y 6b, para una misma preparación de borde a borde en el momento de la soldadura de un tubo cilíndrico.

Se han efectuado ensayos comparativos de soldadura de un tubo con un portaelectrodo de acuerdo con la invención análogo a la de la Figura 5 y, a título comparativo, con un portaelectrodo de plasma clásico análogo a la de la Figura 3.

El tubo que hay que soldar tiene un espesor de 4 mm, es de acero al carbono de la misma composición, está puesto en posición borde a borde (pretubo de forma cilíndrica).

La penetración de soldadura pretendida en los dos casos es de 2,4 mm, con una relación PE / EP = 60%.

Los resultados obtenidos muestran que la velocidad de soldadura se aumenta de un 30 a un 40% con el portaelectrodo de acuerdo con la invención puesto que se ha obtenido una velocidad de soldadura de 2 a 2,4 m/min con el portaelectrodo de la invención contra solamente 1,5 a 1,7 m/min con el portaelectrodo de plasma clásico, siendo por otra parte iguales todas las demás condiciones de la soldadura: naturaleza de los gases utilizados, voltaje, intensidad.

## ES 2 306 056 T3

5 En el caso concreto de la soldadura de un tubo de acero al carbono, destinado a ser utilizado como poste o mástil de soporte, para obtener una soldadura con una bella apariencia estética, se ha constatado que se recomienda utilizar una instalación que incorpore tres electrodos de acuerdo con la invención alineados según el plano de la junta que hay que soldar y a los cuales se apliquen unas intensidades crecientes, por ejemplo 300 A para el primer portaelectrodo, 320 A para el segundo portaelectrodo y 350 A para el tercer portaelectrodo.

Así mismo, las distancias entre los portaelectrodos, es decir entre los arcos, deben ser lo más reducidas posibles, es decir del orden de 60 mm aproximadamente.

10 Un cuarto portaelectrodo puede ser ventajosamente utilizado para refundir en superficie la soldadura con el fin de mejorar la apariencia. Una intensidad de 150 a 220 A bajo 25 a 30 V es suficiente. Este cuarto portaelectrodo, llamado de alisado de la soldadura, es situado a una distancia superior a los otros, es decir aproximadamente de 120 a 200 mm por detrás del tercer portaelectrodo, para dejar enfriar suficientemente el metal soldado, antes de someter a la soldadura a una refundición de superficie mediante este cuarto arco.

15 Un ligero aporte de metal de la misma composición química que el metal de base, en forma de hilo fundido bajo el arco eléctrico de la soldadura, puede ser igualmente útil con el fin de llenar un ligero déficit de materia de acuerdo con la calidad de la preparación de los bordes de la pieza que hay que soldar.

20 En el marco de la invención, es también primordial que los portaelectrodos puestos en práctica en la instalación tengan una configuración de “doble flujo”, es decir con una boquilla central y una boquilla periférica, pues una de las toberas es utilizada para crear un arco piloto de cebado entre el electrodo de tungsteno y dicha tobera, y así obtener un cebado inmediato del arco principal de soldadura.

25 Esto es primordial pues, cuando se ponen en funcionamiento varios portaelectrodos de soldadura, por ejemplo para soldar un tubo, y cuando el primer arco principal está cebado, la pieza que hay que soldar ya está generalmente puesta en movimiento relativo con respecto a los portaelectrodos, y entonces es preciso poder cebar con seguridad los arcos siguientes para asegurar una soldadura eficaz del tubo.

30 Ahora bien, dicha ventaja no existiría con un portaelectrodo TIG de monoflujo clásico o un portaelectrodo TIG de doble flujo estándar, en los cuales se ceba el arco principal mediante un sistema de alta frecuencia, lo que no garantiza unos cebados logrados al 100%.

35

40

45

50

55

60

65

## ES 2 306 056 T3

### REIVINDICACIONES

- 5 1. Instalación de soldadura por arco que comprende varios portaelectrodos (1) de soldadura por arco comprendiendo cada uno un electrodo (2) de tungsteno con un extremo (5) puntiagudo (7), **caracterizada** porque cada portaelectrodo (1) comprende una tobera interna (3) que rodea el electrodo (2) y una tobera externa (4) que rodea dicha tobera interna (3), el reborde anular (6) del extremo de la tobera interna (3) y la punta (7) del electrodo (5) están sustancialmente situados en el mismo plano, en el que la distancia (d) que separa el primer plano (P) perpendicular al eje perpendicular del electrodo (2) y que pasa al nivel de la superficie del reborde (6) anular situado en el extremo de la tobera interna (3) de un segundo plano (P') que pasa por el extremo puntiagudo (7) del electrodo (2) y que es paralelo y está situado por encima o por debajo del primer plano (P) es tal que:  $0 \leq d < 1$  mm, y la tobera interna (3) tiene un orificio de salida con un diámetro comprendido entre 5,3 y 7 mm.
- 10 2. Instalación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque la distancia (d) entre el primero y segundo planos (P, P') es tal que:  $d < 0,5$  mm.
- 15 3. Instalación de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada** porque la tobera interna (3) tiene un orificio de salida con un diámetro comprendido entre 5,7 y 6,5 mm, preferentemente del orden de 6 mm.
- 20 4. Instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque comprende 2 a 5 portaelectrodos (1) alineados.
- 25 5. Procedimiento de soldadura por arco eléctrico de una o varias piezas metálicas, en particular de los dos bordes longitudinales de un tubo, en el que se pone en práctica una instalación de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4.
- 30 6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque se aplica una corriente de soldadura con una intensidad comprendida entre 120 y 250 amperios, sobre el primer portaelectrodo de soldadura.
- 35 7. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizado** porque se sueldan entre sí los dos bordes longitudinales de un tubo, especialmente un tubo cilíndrico o poligonal.
- 40 8. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado** porque se efectúa una soldadura cuya penetración (PE) de la soldadura es superior o igual al 60% del espesor (EP) de la o de las piezas que hay que soldar entre sí.
- 45 9. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 5 a 8, **caracterizado** porque el espesor de la o de las piezas que hay que soldar entre sí está comprendido entre 2 y 6 mm, preferentemente entre 2,5 a 4 mm.
- 50 10. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 5 a 9, **caracterizado** porque la o las piezas que hay que soldar entre sí son de acero al carbono.
- 55 11. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 5 a 10, **caracterizado** porque la velocidad de soldadura es de al menos 2 m/min.
- 60
- 65

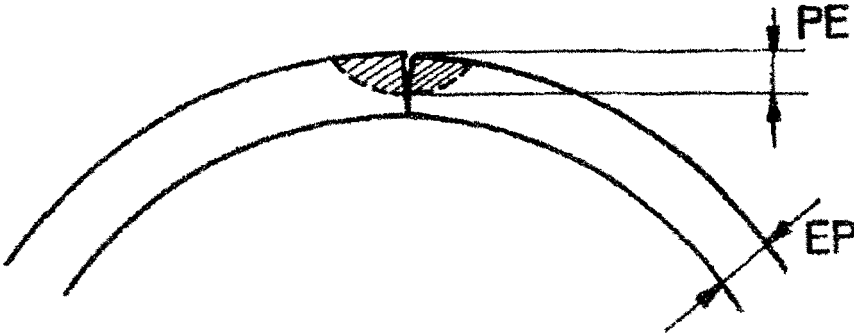


FIG. 1a

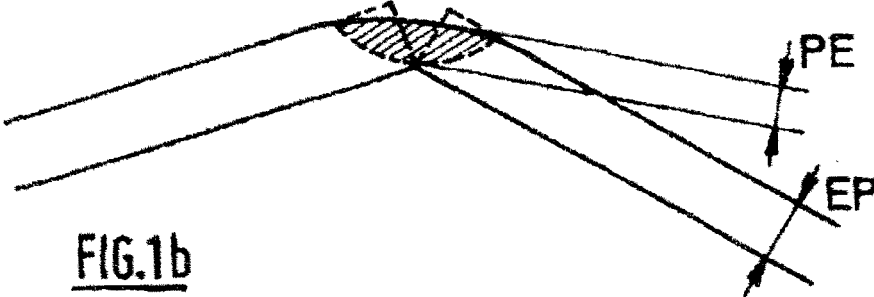


FIG. 1b

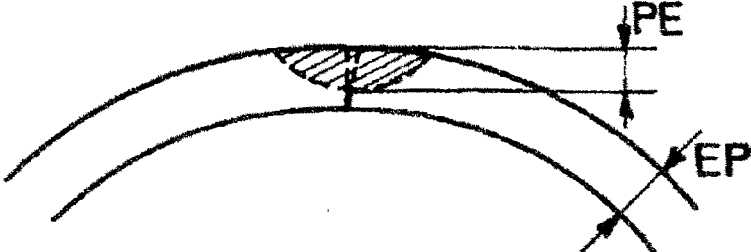


FIG. 6a

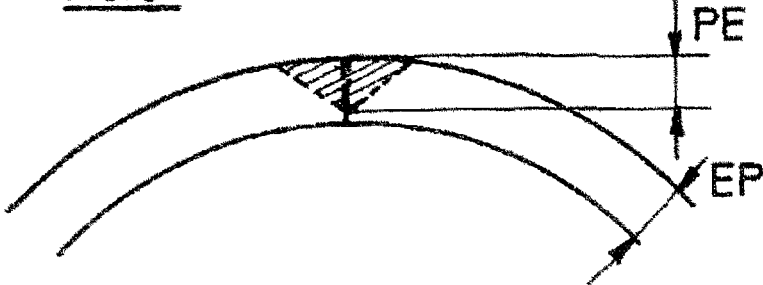


FIG. 6b

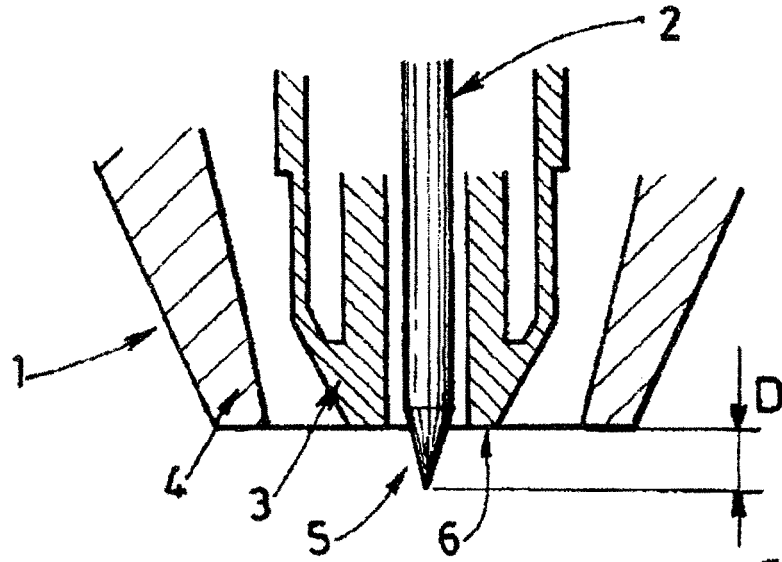


FIG. 2

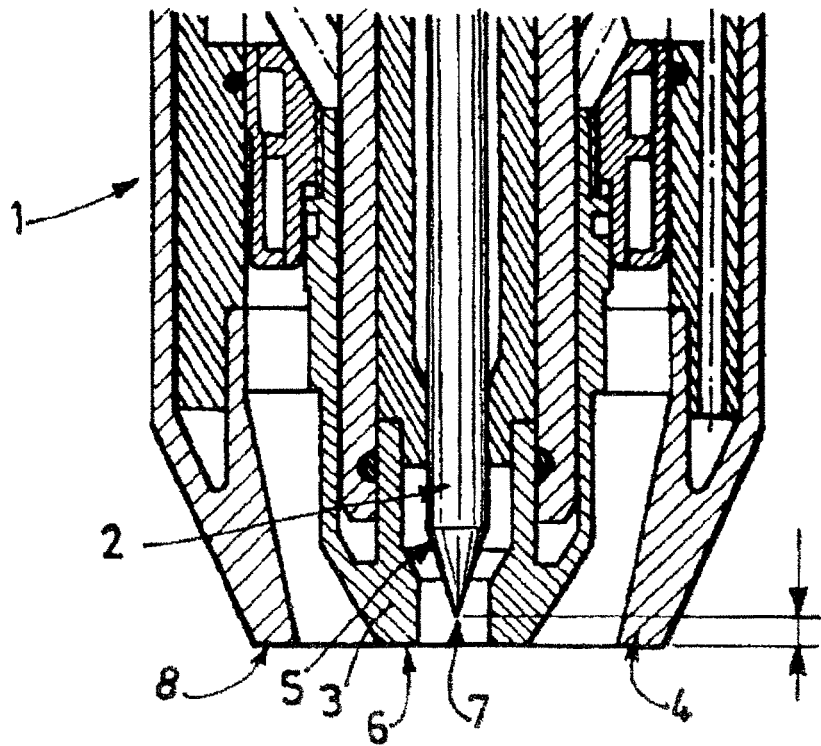


FIG. 3



