

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 364**

51 Int. Cl.:
B23K 26/14 (2006.01)
B23K 26/16 (2006.01)
B23K 26/32 (2006.01)
F23D 14/54 (2006.01)
F23D 14/58 (2006.01)
H01S 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08870211 .3**
96 Fecha de presentación: **16.12.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2240294**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.10.2010**

54 Título: **Procedimiento de soldadura láser que utiliza una boquilla apta para estabilizar el keyhole**

30 Prioridad:
08.01.2008 FR 0850074

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.10.2012

73 Titular/es:
**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE
75, QUAI D'ORSAY
75007 PARIS, FR**

72 Inventor/es:
**CHOUF, Karim y
LEFEBVRE, Philippe**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 388 364 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

Procedimiento de soldadura láser que utiliza una boquilla apta para estabilizar el keyhole

5 La invención se refiere a un procedimiento de soldadura láser que utiliza una boquilla concebida, adaptada y conformada para ser utilizada en soldadura por haz láser, denominada de modo más simple « boquilla láser », de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 (véase por ejemplo el documento JP 2003/181676), la cual tiene una forma particular que permite controlar mejor la hidrodinámica del baño de metal líquido, cuando ésta es puesta en práctica en un procedimiento de soldadura por haz láser siendo atravesada por un haz láser, por una parte, y por gas, por otra.

10 La soldadura por haz láser es un procedimiento bien conocido y ampliamente utilizado en el plano industrial para ensamblar diferentes materiales, tales como los aceros al carbono, los aceros inoxidable, el aluminio y las aleaciones ligeras ...

15 De manera esquemática, para poner en práctica un procedimiento de soldadura láser, se utiliza una fuente o generador láser para generar un haz láser que es encaminado por una fibra óptica o por otros medios ópticos, tales como espejos, lentes ... hasta una o varias piezas que hay que soldar. La energía del haz permite fundir el material constitutivo de las piezas y obtener así, tras el enfriamiento, un cordón de soldadura entre las piezas que hay que soldar.

20 A fin de evitar la contaminación del cordón de soldadura por impurezas atmosféricas, es habitual poner en práctica una protección gaseosa que permita proteger la zona de soldadura. El tipo de gas de protección elegido depende especialmente de la naturaleza del material constitutivo de las piezas que hay que soldar, pero se utilizan clásicamente gases tales como el helio, el argón, el nitrógeno, el CO₂, el oxígeno, el hidrógeno (en una cierta medida) y sus mezclas.

Para facilitar el gas de protección y el haz láser, es habitual utilizar una boquilla, denominada habitualmente « boquilla láser ».

25 Las boquillas láser utilizadas en las máquinas de soldadura láser son clásicamente de forma cilíndrica, cónica o troncocónica y están perforadas en su centro por un paso central que es atravesado por el haz láser y en el seno del cual el gas de protección es introducido de manera que es distribuido por encima de la zona de soldadura y coaxialmente con el haz láser.

30 Este tipo de boquilla permite distribuir el gas de protección en la proximidad de la zona de interacción entre el haz láser y el material que hay que soldar e insertarlo. La inertización de esta zona hace eficaz el acoplamiento entre el haz láser y el material, al tiempo que protege el baño de metal en fusión de las contaminaciones atmosféricas.

Sin embargo, habitualmente, los flujos de gases son laminares y lentos. En efecto, el chorro de gas distribuido por este tipo de boquilla no ejerce fuerza dinámica sobre el baño de metal en fusión y éste no afecta a los flujos hidrodinámicos del baño de metal en fusión que se forman durante la soldadura.

35 Este tipo de flujos lentos conduce a resultados de soldadura satisfactorios en condiciones estándar de utilización. Sin embargo, con este tipo de flujos, existen numerosas configuraciones de soldadura imposibles de soldar por láser, por ejemplo la soldadura láser de apilamientos de varias chapas de cinc, o análogos, con una holgura nula entre ellas.

40 La invención pretende proponer un procedimiento de soldadura mejorado que ponga en práctica una boquilla de soldadura particular, es decir apta y concebida para generar un chorro de gas dinámico que, durante la soldadura láser propiamente dicha, interactúe mecánicamente con el baño de metal en fusión, y por otra parte permita controlar mejor los flujos hidrodinámicos del baño y por tanto la eficacia del procedimiento de soldadura por haz láser.

45 La invención pretende igualmente proponer un procedimiento de soldadura láser que permita obtener, según el caso, una mejor penetración y/o una mejor calidad de soldadura que un procedimiento clásico, especialmente una mejor calidad metalúrgica, y/o que permita obtener una mejor evacuación de los vapores metálicos emitidos durante la soldadura, especialmente los vapores de cinc durante la soldadura de chapas revestidas, y/o que permita soldar configuraciones de soldadura consideradas como difíciles, como los apilamientos de chapas, incluso aumentar la velocidad de soldadura durante la soldadura de ciertos ensamblajes.

50 La solución de la invención es un procedimiento de soldadura por haz láser que pone en práctica una boquilla de soldadura por haz láser de acuerdo con la reivindicación 1.

En efecto, utilizar una boquilla de soldadura láser de este tipo permite generar un chorro de gas dinámico capaz de interactuar mecánicamente con el capilar de soldadura y el baño de metal en fusión de manera que empuja a la pared trasera del capilar que soporta el baño de fusión, agranda la embocadura del capilar y modifica los flujos hidrodinámicos del baño. De hecho, el chorro de gas facilitado por la boquilla láser induce una abertura de la

embocadura del capilar de al menos dos veces el diámetro del haz láser en una profundidad de al menos 1 vez el diámetro del haz.

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

- la boquilla comprende de 2 a 10 pasos internos, preferentemente de 3 a 5 pasos internos.
- 5
- el canal axial de la boquilla está conformado para permitir el paso de un haz láser.
 - los pasos internos de la boquilla están perforados a equidistancia del canal axial.
 - el diámetro de los pasos internos está comprendido entre 0,5 mm y 5 mm, preferentemente entre 1,5 mm y 2,5 mm.
 - los pasos internos de la boquilla están orientados hacia el eje (X-X) de la boquilla.
- 10
- la inclinación de los pasos internos de la boquilla está comprendida entre 10° y 80° con respecto al plano horizontal, preferentemente todavía entre 30° y 60°, preferentemente todavía entre 40° y 50°.
 - la longitud de los pasos internos de la boquilla está comprendida entre 5 mm y 200 mm, preferentemente entre 20 y 100 mm, preferentemente todavía entre 30 y 50 mm. La longitud de los pasos internos es la distancia recorrida por cada paso interno entre la superficie superior y la superficie inferior del cuerpo de boquilla.
- 15
- la superficie superior del cuerpo de boquilla comprende un dispositivo de fijación que permite la fijación de la boquilla a un soporte, en particular a una máquina láser.
 - la boquilla está fijada a una máquina de soldadura por haz láser.
 - se hace pasar un haz láser por el canal axial de la boquilla y se hace pasar un gas o una mezcla gaseosa por los pasos internos de la boquilla.
- 20
- se utiliza un gas elegido entre el helio, el argón, el nitrógeno, el dióxido de carbono, el oxígeno, el aire purificado y las mezclas de estos gases.
 - se suelda un apilamiento de varias chapas.
 - se sueldan varias chapas revestidas.
 - se sueldan varias chapas revestidas de cinc.
- 25
- el haz láser es generado por un generador de haz láser de tipo CO₂, Nd-YAG, de diodos o de fibras de iterbio.
- Como se comprenderá mejor a la vista de las explicaciones que siguen, dadas a título de ejemplo refiriéndose a las figuras anejas, la presente invención se basa en una boquilla láser cuyo cuerpo 1 es de concepción « semiaxial » que tiene un canal axial 2 para el haz láser y varios pasos 3 de inyección de gas equidistantes del citado canal 2 axial. Los puntos de impacto de los diferentes chorros gaseosos distribuidos por los citados pasos 3 de gas están orientados hacia la proximidad directa de la zona de interacción con el haz láser.
- 30
- Dicho de otro modo, la boquilla láser utilizada en el procedimiento de la invención está formada por un cuerpo 1 de boquilla de eje X-X que comprende una superficie superior 6, una superficie inferior 7 y una pared periférica 5 de forma general troncocónica y que se extiende entre las citadas superficies superior 6 e inferior 7.
- 35
- Como muestran las figuras 1a y 1b, un vaciado 2 axial se extiende entre la superficie superior 6 e inferior 7 del cuerpo 1 de boquilla. Este vaciado 2 está dispuesto en la pared 5 periférica del cuerpo 1 de boquilla, ventajosamente en una parte plana de esta pared 5 que forma una pared diametral 4. Este vaciado 2 forma un canal abierto hacia el exterior en toda su longitud, es decir situado remetido con respecto a la superficie 4 diametral plana de la pared periférica 5 del cuerpo 1 de boquilla y cuyo interior comunica en toda su longitud con la atmósfera ambiente.
- 40
- El vaciado 2 está dimensionado y adaptado para ser atravesado por el haz láser en el sentido que va de la superficie superior 6 a la superficie inferior 7.
- Varios pasos 3 internos que sirven para transportar gas están perforados a través del cuerpo 1 de boquilla entre las superficies superior 6 e inferior 7.
- Los pasos internos 3 pueden estar orientados hacia el eje X-X de la boquilla.
- 45
- Los chorros de gas facilitados por estos pasos 3 permiten controlar el procedimiento de soldadura láser ejerciendo una presión dinámica sobre el baño de metal en fusión y el capilar de vapor o keyhole.

Un modo de realización de una boquilla utilizada en un procedimiento de acuerdo con la invención está representado en la FIG. 1. Esta boquilla es « semiaxial », es decir que es de forma general troncocónica solamente en una semicircunferencia y presenta una pared plana 4 dispuesta a nivel de su diámetro, denominada también pared diametral 4, de acuerdo con la invención.

5 Preferentemente, los pasos 3 de inyección de gas están situados de manera simétrica a lo largo de una semicorona alrededor del paso axial 2. Los diámetros de los orificios están comprendidos entre 0,5 mm y 5 mm, preferentemente 1,5 mm a 2,5 mm. El número de pasos 3 de inyección está comprendido entre 1 y 10, preferentemente entre 3 y 5.

10 La inclinación de los pasos 3 de inyección está comprendida entre 10° y 80° con respecto a un plano horizontal perpendicular al eje X-X de la boquilla, preferentemente entre 40° y 50°. La longitud de los pasos de inyección 3 está comprendida entre 5 mm y 200 mm, preferentemente 30 a 50 mm.

15 La superficie superior 6 del cuerpo de boquilla 1 comprende un dispositivo de fijación 8 que permite la fijación de la boquilla a un soporte, en particular a una máquina láser. El dispositivo de fijación 8 puede ser por ejemplo una parte o una moldura roscada que está montada sobre la superficie superior 6 del cuerpo de boquilla 1 y apta para empalmarse, por ejemplo roscarse, a la extremidad de un camino óptico o análogo que transporta el haz láser desde un generador láser hasta la boquilla.

Como está representado en la FIG. 2, la boquilla B « semiaxial » está localizada en la proximidad inmediata del haz láser A, al tiempo que está situada por encima de la chapa C que hay que soldar, a una altura D de 1 mm a 40 mm, preferentemente 5 mm a 10 mm.

El centrado de la boquilla B con respecto al haz láser A puede hacerse de dos maneras, a saber:

20 - utilización de una placa preperforada por un agujero de diámetro inferior a 1 mm en el interior del cual se sitúa el haz láser de referencia (generalmente de tipo He/Ne) perfectamente alineado con el haz láser de potencia (gráfico 1 bis).

- utilización de una punta rígida (generalmente de tungsteno) que se desliza por el canal de inyección del gas. El haz láser es situado entonces a nivel de la extremidad de la punta rígida.

25 Generalmente, los pasos de gas 3 están repartidos de manera simétrica con respecto al eje de desplazamiento del haz láser A, durante un proceso de soldadura lineal.

30 Sin embargo, se considera que, cuando el procedimiento de soldadura láser necesita un ligero cambio de dirección (trayectoria de soldadura no lineal), no es necesario reposicionar la boquilla B perpendicularmente a la trayectoria. Los numerosos pasos de inyección 3 de la boquilla semiaxial B estabilizan el procedimiento de soldadura a pesar de la disimetría del desplazamiento. Esto está esquematizado en la FIG. 3 que es una vista desde arriba de varias boquillas B de 5 pasos de inyección 3 (véase la Fig. 3a), 3 canales de inyección (véase la Fig. 3b) y 2 canales de inyección (véase la Fig. 3c). El vector V1 corresponde a la velocidad del haz láser A y el vector V2 representa la de la boquilla B. La boquilla B permite cambios de dirección de la trayectoria de soldadura, es decir valores de ángulos entre el vector V1 y V2, del orden de $\pm 1^\circ$ a $\pm 40^\circ$, preferentemente $\pm 5^\circ$ a $\pm 20^\circ$.

35 Los chorros de gas que salen de los pasos 3 pueden ser orientados hacia el frente delantero del capilar, con un posicionamiento de la boquilla B por encima de la superficie del baño de fusión (véanse las Figs. 3a y 3b), pero los chorros pueden ser orientados también hacia la pared trasera del capilar, directamente sobre el baño de metal en fusión (véase la Fig. 3c).

40 Con esta boquilla B pueden utilizarse todos los gases utilizados habitualmente para la soldadura láser tales como el helio, el argón, el nitrógeno, el dióxido de carbono, el oxígeno, el aire purificado y todas las mezclas posibles entre estos gases.

Los caudales de gas inyectados en cada uno de los orificios pueden variar independientemente uno de otro entre 1 l/min y 50 l/min, preferentemente 10 a 25 l/min.

45 El eje de un chorro de gas está caracterizado generalmente por el eje del canal de inyección 3 de la boquilla B. La intersección de los ejes de los chorros y del haz láser A incidente se hace preferentemente en la superficie de la chapa que hay que soldar. Generalmente, esta configuración funciona bien pero ésta puede ser desechada de acuerdo con la aplicación y el efecto dinámico deseado sobre el capilar o el baño de metal en fusión.

50 Así, es posible hacer incidir algunos de los chorros de gas de la boquilla a nivel de la superficie de la chapa, y otros chorros a un nivel más bajo en el capilar de soldadura, por debajo de la superficie de la chapa. Esta técnica permite entre otros mejorar la penetración del cordón y mejorar su calidad permitiendo una mejor evacuación de los vapores metálicos (véase la FIG. 4).

La orientación de los pasos 3 de gas debe elegirse según el resultado deseado.

- 5 Por ejemplo, eligiendo de modo adecuado sus orientaciones, es posible empujar el baño de metal en fusión lejos del frente delantero del capilar de manera que se alargue la embocadura del capilar, longitudinalmente al desplazamiento. Esto permite una mejor evacuación del vapor metálico, resultante del procedimiento de soldadura láser, fuera del capilar. Esto mejora la calidad metalúrgica de las soldaduras y aumenta ligeramente ciertas velocidades de soldadura (~10%). Así, con este tipo de boquilla pueden realizarse nuevas configuraciones de soldadura láser, tal como la soldadura láser de chapas revestidas (cinc u otro) situadas en apilamiento con una holgura nula entre las chapas. En efecto, el alargamiento de la embocadura del capilar permite una mejor evacuación de los vapores de cinc inicialmente localizada en la interfaz de las chapas apiladas (véase la FIG. 5).
- 10 Es posible también ejercer una fuerza dinámica más o menos importante directamente sobre el baño de metal en fusión para modificar la forma y la naturaleza de los flujos en este último. Esto genera entonces una modificación de los intercambios térmicos convectivos y de las isoterms en la soldadura. Esto permite un agrandamiento del cordón acompañado de una ligera disminución de la penetración.
- 15 Uno de los chorros puede también golpear directamente el frente delantero del capilar algunos milímetros por debajo de la superficie de la chapa, típicamente de 1 mm a 3 mm según el espesor de la chapa, mientras que los otros chorros de gas son dirigidos verticalmente y participan en la penetración del capilar y del cordón (véase la FIG. 6).
- La elección de la orientación de los pasos 3 puede hacerse empíricamente utilizando varias boquillas cuyos canales presenten orientaciones diferentes y probando estas boquillas en soldadura láser.
- 20 El diámetro de cada paso 3 interno puede ser igual en toda la longitud de cada paso o variar. Por ejemplo, el diámetro del orificio de entrada de cada paso 3 situado en la superficie superior 6 puede ser superior al diámetro de salida situado en la superficie inferior 7 de la boquilla.
- Asimismo, los pasos 3 o sus orificios de entrada o de salida pueden ser idénticos uno respecto de otro, o ser diferentes, es decir que por ejemplo un paso 3 puede tener un diámetro superior al diámetro de los otros pasos 3.
- El cuerpo de boquilla es preferentemente macizo y está formado de un metal o aleación metálica, preferentemente de una aleación de cobre o de latón.
- 25 A título de ejemplo no limitativo, la boquilla puede tener una altura de 2 a 30 cm, y un diámetro máximo de 1 a 15 cm medido por ejemplo a nivel de su superficie diametral plana 4.
- 30 La boquilla utilizada en la descripción de la invención puede utilizarse para soldar configuraciones variadas, especialmente apilamientos de chapas, y materiales variados, especialmente las chapas revestidas de cinc. Así pues, ésta está particularmente adaptada para una utilización en el ámbito de la fabricación de vehículos automóviles.
- El procedimiento de la invención puede ser puesto en práctica instalando la boquilla de soldadura láser en una máquina de soldadura automática.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de soldadura por haz láser que pone en práctica una boquilla (B) de soldadura por haz láser (A) formada por un cuerpo de boquilla (1) de eje (X-X) que comprende al menos una superficie superior (6), una superficie inferior (7) y una pared periférica (5) y varios pasos internos (3) perforados a través del cuerpo de boquilla (1) entre las superficies superior e inferior (6, 7), caracterizado porque se pone en práctica una boquilla (B) que comprende:
- 10 - un vaciado axial (2) que se extiende entre las superficies superior (6) e inferior (7) del cuerpo de boquilla (1), dispuesto en la pared periférica (5) del cuerpo de boquilla (1) de manera que forma un canal externo remetido con respecto a la superficie de la citada pared periférica (5), teniendo el cuerpo de boquilla (1) una forma general semitroncocónica y comprendiendo la pared periférica (5) del citado cuerpo de boquilla (1) una superficie periférica plana (4) en el seno de la cual está dispuesto el vaciado axial (2) que forma canal externo.
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la boquilla (B) comprende de 2 a 10 pasos internos (3), preferentemente de 3 a 5 pasos internos (3).
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque el canal axial (2) de la boquilla está conformado para permitir el paso de un haz láser (A).
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque los pasos internos (3) de la boquilla están perforados a equidistancia del canal axial (2).
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el diámetro de los pasos internos (3) está comprendido entre 0,5 mm y 5 mm, preferentemente entre 1,5 mm y 2,5 mm.
- 20 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los pasos internos (3) de la boquilla están orientados en dirección al eje (X-X) de la boquilla.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la inclinación de los pasos internos (3) de la boquilla (B) está comprendida entre 10° y 80° con respecto al plano horizontal, preferentemente todavía entre 30° y 60°.
- 25 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque la longitud de los pasos internos (3) de la boquilla (B) está comprendida entre 5 mm y 200 mm, preferentemente entre 20 y 100 mm.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque se hace pasar un haz láser por el canal axial (2) de la boquilla y se hace pasar un gas o una mezcla gaseosa por los pasos internos (3) de la boquilla.
- 30 10. Procedimiento de soldadura de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque se utiliza un gas elegido entre el helio, el argón, el nitrógeno, el dióxido de carbono, el oxígeno, el aire purificado y las mezclas de estos gases.
11. Procedimiento de soldadura de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado porque se suelda un apilamiento de varias chapas, en particular chapas revestidas de cinc.

35

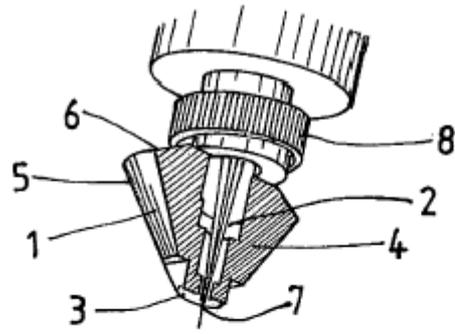


FIG.1a

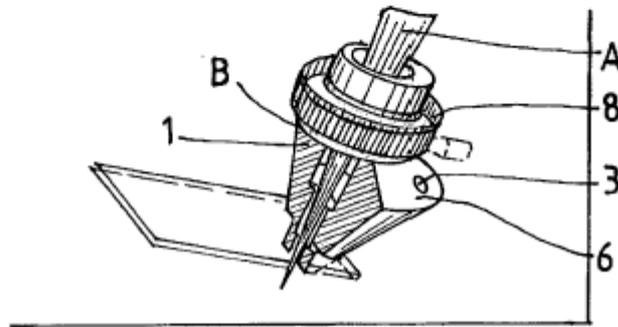


FIG.1b

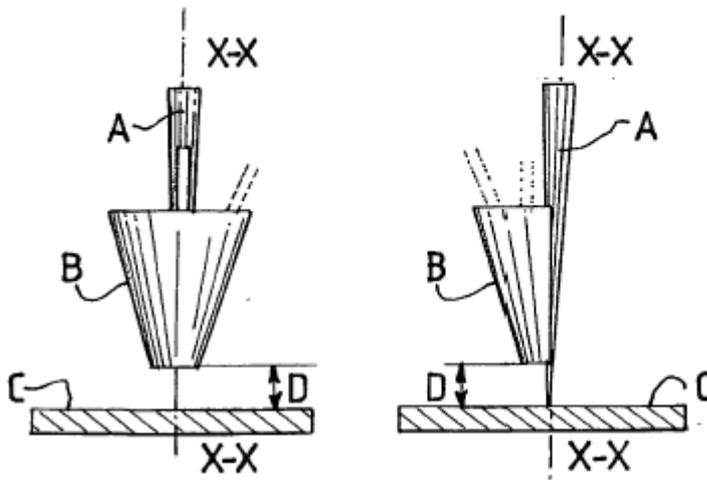
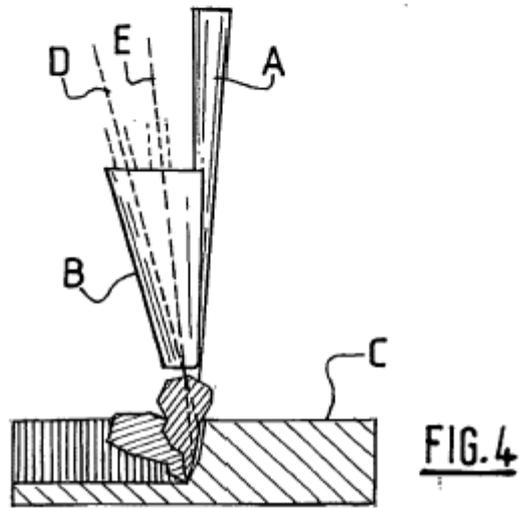
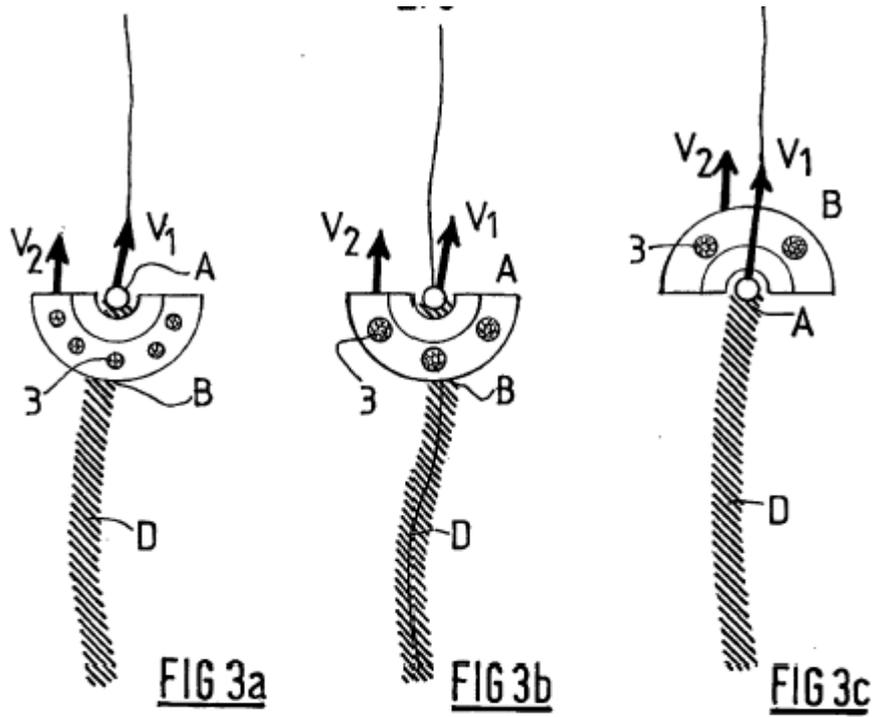


FIG.2



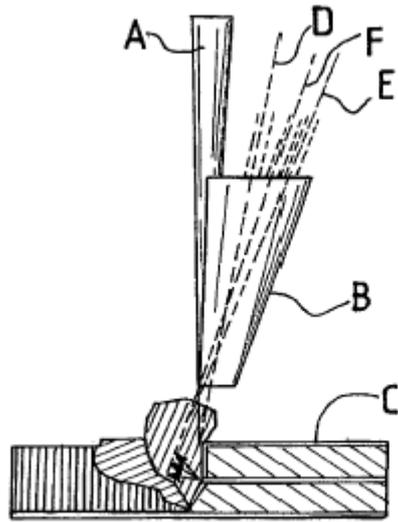


FIG. 5

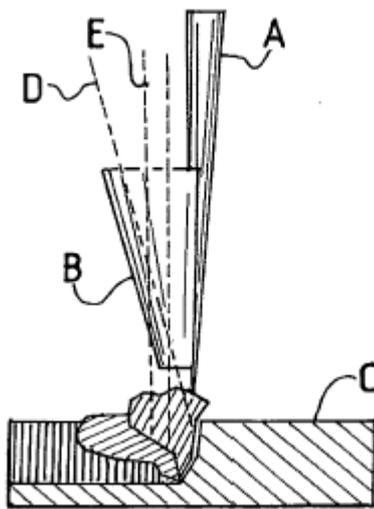


FIG. 6