



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 319 272**

51 Int. Cl.:

B23K 26/12 (2006.01)

B23K 35/38 (2006.01)

B23K 26/32 (2006.01)

B23K 26/26 (2006.01)

B23K 26/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03291361 .8**

96 Fecha de presentación : **06.06.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1375054**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2004**

54 Título: **Utilización de mezclas gaseosas helio/nitrógeno en soldadura láser de tubos de acero.**

30 Prioridad: **14.06.2002 FR 02 07347**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.05.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.05.2009

73 Titular/es: **L'AIR LIQUIDE, Société Anonyme pour
l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges
Claude
75, quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es: **Briand, Francis;
Chouf, Karim;
Lefebvre, Philippe y
Verna, Eric**

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

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 2 319 272 T3

DESCRIPCIÓN

Utilización de mezclas gaseosas helio/nitrógeno en soldadura láser de tubos de acero.

5 La presente invención concierne a la utilización de mezclas gaseosas formadas únicamente de helio y de nitrógeno en un procedimiento de soldadura láser, a una potencia máxima de 12 kW, de tubos de acero inoxidable austenítico, martensítico o ferrítico.

Ya ha sido propuesto soldar tubos, en longitudinal o en helicoidal, utilizando un haz láser.

10 En efecto, la soldadura por haz láser es un procedimiento de ensamblaje muy efectivo ya que permite obtener, a velocidades elevadas, profundidades de penetración muy importantes si se le compara con otros procedimientos más tradicionales, tal como la soldadura plasma, la soldadura MIG (Metal Inert Gas) o la soldadura TIG (Tungsten Inert Gas).

15 Esto se explica por las fuertes densidades de potencias puestas en juego durante la focalización, por uno o varios espejos o lentes, del haz láser al nivel del plano de unión de las piezas a soldar, por ejemplo densidades de potencia que pueden rebasar 10^6 W/cm².

20 Estas fuertes densidades de potencia provocan una fuerte vaporización en la superficie de las piezas que, se deterioran hacia el exterior, induce una excavación progresiva del baño de soldadura y conduce a la formación de un capilar de vapor estrecho y profundo llamado "keyhole" en inglés (= "agujero de cerradura") en el espesor de las láminas, es decir al nivel del plano de unión.

25 Este capilar permite un depósito directo de la energía del haz láser en profundidad en la lámina y éste, en oposición con los procedimientos de soldadura más convencionales donde el depósito de energía está localizado en la superficie.

30 A este efecto, se pueden citar los documentos siguientes: DE-A-2713904, DE-A-4034745, DE-A-01048692, JP-A-56122690, WO 97/34730, JP-A-01005692, DE-A-4123716, JP-A-02030389, US-A-4,871,897, JP-A-230389, JP-A-62104693, JP-A-15692, JP-A-15693, JP-A-15694, JP-A-220681, JP-A-220682, JP-A-220683, WO-A-88/01553, WO-A-98/14302, DE-A-3619513 Y DE-A-3934920.

35 Este capilar está constituido por una mezcla de vapores metálicos y de plasma de vapores metálicos cuya particularidad es la de absorber el haz láser y atrapar entonces la energía en el seno del mismo capilar.

Una de las problemáticas de la soldadura láser es la formación de un plasma de gas de cubierta.

40 En efecto, este plasma de vapores metálicos, mientras siembra en los electrones libres el gas de cubierta o gas de protección, puede provocar la aparición de un plasma de gas de cubierta que es perjudicial en la operación de soldadura.

El haz láser incidente puede entonces estar fuertemente perturbado por el plasma de gas de cubierta.

45 La interacción del plasma de gas de cubierta con el haz láser puede tomar diversas formas, pero lo más frecuentemente, esto se traduce por un efecto de absorción y/o de difracción del haz láser incidente que puede conducir a una reducción importante de la densidad de potencia láser eficaz en la superficie del blanco, acarreado una disminución de la profundidad de penetración, incluso una pérdida de acoplamiento entre el haz y la materia y entonces una interrupción momentánea del proceso de soldadura.

50 El umbral de densidad de potencia a partir del cual aparece el plasma depende del potencial de ionización del gas de cubierta utilizado y es inversamente proporcional al cuadrado de la longitud de la onda del haz láser.

55 Así, es muy difícil soldar bajo argón puro con un láser de tipo CO₂, mientras que esta operación puede ser realizada con mucho menos problemas con un láser de tipo YAG.

En general, en soldadura láser CO₂, se utiliza como gas de cubierta el helio que es un gas de alto potencial de ionización y que permite prevenir la aparición del plasma de gas de cubierta y esto, hasta una potencia láser de al menos 45 kW.

60 El helio tiene sin embargo el inconveniente el ser un gas costoso y numerosos usuarios de láser prefieren utilizar otros gases o mezclas gaseosas menos costosas que el helio pero que permitan sin embargo limitar la aparición del plasma de gas de cubierta y entonces obtener los resultados de soldadura similares a aquellos obtenidos con el helio pero a un costo menor.

65 Así, en el plano comercial existen las mezclas gaseosas que contienen argón y helio, por ejemplo la mezcla gaseosa que contiene 30% en volumen de helio y el resto siendo de argón, comercializada bajo el apelativo LASALTM 2045 por la sociedad L'AIR LIQUIDETM, las cuales permiten obtener sensiblemente los mismos resultados que el helio,

ES 2 319 272 T3

para las potencias láser CO₂ inferiores a 5 kW y siempre que las densidades de potencia engendradas no sean muy importantes, es decir algunos superiores a 2000 kW/cm².

5 Sin embargo, el problema que se tiene con este tipo de mezcla Ar/He es que para densidades de potencia láser más importantes, esta ya no se adapta porque el límite de creación del plasma de gas de protección es entonces rebasado, esto es lo que impide la obtención de una soldadura de plena penetración en el momento de la soldadura de un tubo de acero inoxidable.

10 Ahora bien, en el caso de la soldadura de un tubo, es primordial que la penetración de la soldadura sea total o casi total para evitar cualquier ruptura posterior del tubo ya soldado, en el momento de las operaciones de conformación tales como el curvado o la dilatación, o en el momento de su utilización subsiguiente, cuando el tubo es sometido a las diversas tensiones, tales como las térmicas y/o mecánicas, o también cuando este debe servir para transportar productos corrosivos.

15 Además, en ciertos casos de aplicación el tubo soldado debe tener una resistencia elevada a la corrosión por picadura, es decir un índice PI de picadura (Pitting index en inglés) en relación con la aplicación.

Siendo el índice PI definido por la fórmula a continuación:

20
$$PI = [\%Cr] + 3,3x[\%Mo] + 16x[\%N]$$

donde: [%Cr], [%Mo] y [%N] designan las proporciones en pesos de cromo, molibdeno y de nitrógeno en la soldadura.

25 Como se comprende a la vista de esta fórmula, la resistencia a la corrosión por picadura aumenta con el contenido de cromo, con el contenido de molibdeno cuyo efecto sobre la resistencia a la corrosión por picadura es 3.3 veces más importante que el del cromo, y con el contenido de nitrógeno cuyo efecto es 16 veces más importante que el del cromo.

30 Para una aplicación que necesita una buena resistencia a la corrosión por picadura en un medio particular, el matiz de acero retenido, por consiguiente su análisis, es función del medio.

35 Cuando este acero es soldado, cualquiera sea el procedimiento de soldadura, durante la solidificación del metal en fusión, siempre se producen segregaciones, estando en general las primeras partes solidificadas (núcleo de los dendríticos) menos cargadas en elementos de aleación que las últimas (espacios inter dendríticos).

40 Por otra parte, la soldadura de aceros inoxidables austeníticos conduce frecuentemente en el metal en fusión a una estructura mixta austenita + ferrita. La composición química de estas dos fases difiere: la austenita es más rica en elemento llamado gammagenos (elementos que favorecen la estabilidad de la fase γ (austenita)) mientras que la ferrita es más rica en elementos alfagenos (elementos que favorecen la estabilidad de la fase α (ferrita)).

El carbono (C), el nitrógeno (N) y el níquel (Ni) son elementos gammagenos, mientras que el cromo (Cr), el molibdeno (Mo) y el silicio (Si) son elementos alfagenos.

45 Así, en una soldadura de acero que tiene un cierto contenido de Cr, Ni y Mo, se volverá a encontrar, después de la solidificación, zonas, más ricas que el análisis medio, enriquecidas en Cr y Mo, y zonas enriquecidas en Ni, C y N, por consiguiente zonas de resistencia a la corrosión diferentes, teniendo algunas una resistencia a la corrosión necesariamente inferiores a las del metal base.

50 El enriquecimiento en nitrógeno del metal fundido por la utilización de una mezcla gaseosa que contiene nitrógeno permite atenuar o también suprimir estas diferencias de resistencia a la corrosión. El nitrógeno que se encuentra en mayoría en la fase austenítica compensa parcialmente o totalmente el menor contenido de Cr y Mo de esta fase ligado al enriquecimiento de la ferrita en estos elementos.

55 Así, el documento JP-A-09220682 preconiza un procedimiento de soldadura láser de tubo en acero doble con una mezcla He/N₂, siendo el acero doble un acero que presenta un índice de picadura generalmente elevado, es decir siempre superior a 35.

60 A la vista de esto, se comprende por consiguiente que el problema permanece entero para los aceros distintos de los dobles o super-dobles con fuerte resistencia a la corrosión, es decir los aceros que presentan habitualmente una resistencia más baja a la corrosión.

El objetivo de la presente invención es entonces proponer un procedimiento de soldadura por láser de un tubo de acero inoxidable, más particularmente los aceros inoxidables de tipo austenítico, ferrítico o martensítico, con una mezcla gaseosa de soldadura a base de nitrógeno, que puede ser utilizada con un láser de potencia hasta 12 kW, el cual conduce a la obtención de una unión de soldadura de plena penetración eficaz y resistente a la corrosión en particular por picadura y esto, a pesar del hecho de que el acero de base solo presenta una resistencia baja a la corrosión, es decir un índice de picadura inferior a 35.

ES 2 319 272 T3

La solución de la invención es entonces un procedimiento de soldadura, el uno con el otro, de los bordes longitudinales de una lámina de acero inoxidable austenítico, ferrítico o martensítico, teniendo un espesor de 0.5 a 4 mm, de manera de obtener un tubo soldado, utilizando al menos un haz láser que tiene una potencia que va hasta 12 kW, en el cual se utiliza una mezcla gaseosa constituida de 30% a 80% en volumen de nitrógeno y helio para el resto (hasta 100%) para realizar una soldadura de penetración total o casi total, la lámina de acero que forma el tubo teniendo un índice de picadura (PI) tal que:

$$PI = [\%Cr] + 3,3x[\%Mo] + 16x[\%N]$$

con $PI < 35$

donde: [% Cr], [%Mo] y [% N] son las proporciones ponderales en cromo, molibdeno y nitrógeno en el acero inoxidable de la lámina a soldar.

Preferiblemente:

- la lámina de acero inoxidable tiene un espesor de 1 mm a 3 mm.
- el tubo obtenido tiene un diámetro de 5 mm a 50 cm.
- la mezcla gaseosa está constituida de 40% a 70% en volumen de nitrógeno y de helio para el resto (hasta 100%), de preferencia de 45 a 65% en volumen de nitrógeno, de preferencia incluso de 46 a 60% de nitrógeno.
- el láser es de tipo CO₂.
- se realiza una soldadura de penetración total.
- previamente a la soldadura de los bordes de la lámina metálica, dichos bordes son aproximados el uno al otro en un pre-tubo no soldado en forma de O por medio de rodillos de presión.
- el tubo es soldado borde a borde, según una junta axial, longitudinal o helicoidal.
- la labor focal es circular u oblonga.
- el caudal del gas está comprendido entre 5 l/min y 100 l/min.
- la presión del gas está comprendida entre 1 y 5 bar.
- el conducto que distribuye el gas es un conducto lateral que tiene un diámetro de 3 a 30 mm o un conducto axial que tiene un diámetro que va de 1 a 50 mm.
- la lámina metálica está animada de una velocidad de desplazamiento no nula en relación a la cabeza de soldadura que entrega el haz láser.

La invención va a ser mejor comprendida gracias a los ejemplos ilustrativos a continuación y a las curvas anexadas.

Ejemplos

A fin de verificar la eficacia del procedimiento de la invención, se realizó una medición de la penetración de las líneas de fusión, particularmente penetradas, realizadas con un láser CO₂ focalizado por un espejo parabólico que posee una distancia focal de 200 mm, en la superficie de un blanco metálico de acero inoxidable de tipo 304L (acero austenítico) y de espesor igual a 12 mm.

El gas de protección está constituido de una mezcla He/N₂. El contenido de nitrógeno de la mezcla es reportado en porcentaje volumétrico sobre el eje de las abscisas, el resto de la mezcla siendo de helio.

El gas es distribuido en la zona de interacción por un conducto lateral de forma cilíndrica de diámetro igual a 12 mm y con un caudal de 24 l/min. La velocidad de soldadura es de 3.5 m/min.

Como se puede observar en la figura aquí anexada, la penetración de los cordones de soldadura es a lo mínimo conservada por los contenidos importantes de nitrógeno, es decir que van de 30 a 80% en volumen.

Se observa igualmente un aumento sorprendente de la penetración de los cordones del orden de 5 a 10% en ciertos casos.

ES 2 319 272 T3

En otras palabras, las mezclas helio/argón según la invención conducen a penetraciones de los cordones de soldadura por lo menos iguales a las obtenidas con el helio, mientras que mejoran la naturaleza del cordón de soldadura reversa: humectabilidad, posibilidad de enlace, aspecto.

5 En efecto, la naturaleza del reverso del cordón será tanto mejor si la potencia láser que atraviesa la chapa será superior a al menos 5% de la potencia láser incidente.

Ahora bien, parece que para parámetros de soldadura equivalentes, la potencia láser que atraviesa el espesor de la chapa en el curso del proceso de soldadura a través del capilar o “keyhole”, sea más importante en el caso de la
10 utilización de un gas de protección formado por una mezcla de helio y de nitrógeno que en el caso de un gas de protección compuesto únicamente de helio.

La disociación endotérmica de la molécula de nitrógeno en las cercanías de la pluma del plasma metálico de superficie acarrea una disminución de la temperatura de esta última.

15 La absorción del haz láser incidente por la pluma de plasma metálico es entonces menos eficaz y la cantidad de energía láser disponible más allá del espesor de la chapa ligeramente más importante.

Este tipo de resultados es reproducible si se hace variar uno de los parámetros experimentales precedentes.

20 El procedimiento de la invención es particularmente bien adaptado para una integración sobre una cadena automatizada de producción de tubos soldados sobre la cual la conformación de la lámina metálica (en forma de O) y su desplazamiento son automatizados y se hacen particularmente por medio de rodillos de arrastre y rodillos de presión.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento de soldadura, el uno con el otro, de los dos bordes longitudinales de una lámina de acero inoxidable austenítico, ferrítico o martensítico, que tiene un espesor de 0.5 a 4 mm, de manera a obtener un tubo soldado, que utiliza al menos un haz láser que tiene una potencia que va hasta 12 kW, y en el cual se utiliza una mezcla gaseosa constituida de 30% a 80% en volumen de nitrógeno y el resto de helio (hasta a 100%) para realizar una soldadura de penetración total o casi total, dicha lámina de acero que forma el tubo teniendo un índice de picadura (PI) tal que:

10
$$PI = [\%Cr] + 3,3 \times [\%Mo] + 16 \times [\%N] \text{ con } PI < 35$$

donde: [%Cr], [%Mo] y [%N] son las proporciones ponderales de cromo, molibdeno y nitrógeno en el acero inoxidable de la lámina a soldar.

15 2. Procedimiento de acuerdo a la reivindicación 1, **caracterizado** porque la lámina de acero inoxidable tiene un espesor de 1 a 3 mm.

20 3. Procedimiento de acuerdo a una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado** porque el tubo obtenido tiene un diámetro de 5 mm a 50 cm.

4. Procedimiento de acuerdo a una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** que la mezcla gaseosa está constituida de 40% a 70% en volumen de nitrógeno y el resto de helio (hasta 100%), de preferencia de 45% a 65% de nitrógeno y el resto de helio.

25 5. Procedimiento de acuerdo a una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el láser es de tipo CO₂.

6. Procedimiento de acuerdo a una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque se realiza una soldadura de penetración total.

30 7. Procedimiento de acuerdo a una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** en que la mezcla gaseosa está constituida de 46% a 60% en volumen de nitrógeno y el resto de helio (hasta 100%).

35 8. Procedimiento de fabricación de un tubo soldado a partir de una lámina de acero inoxidable austenítico, ferrítico o martensítico cuyos bordes longitudinales son soldados el uno con el otro por la utilización de un procedimiento de soldadura de penetración total o casi total según una de las reivindicaciones 1 a 7.

40

45

50

55

60

65

FIGURA

