

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 674 743**

51 Int. Cl.:

B23K 35/02 (2006.01)

B23K 35/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.12.2011** E 11192746 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018** EP 2489460

54 Título: **Procedimiento de fabricación de alambre con recubrimiento mediante soldadura láser con un llenado diferenciado**

30 Prioridad:

15.02.2011 FR 1151232

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

03.07.2018

73 Titular/es:

**AIR LIQUIDE WELDING FRANCE (50.0%)
75 quai d'Orsay**

**75007 Paris, FR y
FRO - AIR LIQUIDE WELDING ITALIA S.P.A.
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**SCAPPIN, MICHELE y
BALLERINI, GAIA**

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ-VEGA FEIJOO, María Covadonga

ES 2 674 743 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 fabricación de alambre con recubrimiento mediante soldadura láser con un llenado diferenciado

5 La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un alambre con recubrimiento estanco destinado a la soldadura, concretamente de acero de límite elástico alto (en concreto, pero no de manera exclusiva $>690 \text{ N/mm}^2$), en el que el alambre se suelda mediante haz láser, después de su llenado de elementos de llenado que forman el fundente interno del alambre con recubrimiento, elementos de llenado que se disponen en varias capas superpuestas una con respecto a otra, conteniendo una de las capas elementos no metálicos y conteniendo la otra
10 de las capas esencialmente elementos metálicos.

Los alambres con recubrimiento se utilizan en determinados procedimientos de soldadura, concretamente por arco, por ejemplo, en soldadura MIG/MAG o en soldadura por arco sumergido.

15 Habitualmente, un alambre con recubrimiento está constituido por una envoltura externa, también denominada fleje, formada por una banda metálica conformada en forma tubular, y por un fundente de interior formado por elementos de llenado, tales como polvo o material granulado.

20 Concretamente, un alambre con recubrimiento de este tipo se describe por los documentos US-A-6787736 o FR-A-2766399.

La fabricación de un alambre con recubrimiento puede realizarse según varios métodos diferentes conocidos, presentando cada uno ventajas e inconvenientes.

25 Según un primer método conocido esquematizado en la figura 1, se parte de una banda metálica o "fleje", que constituye la envoltura externa del alambre, que se pliega progresivamente mediante rodillos de formación o similares y se llena de materias primas, es decir, de fundente de llenado que contiene elementos metálicos y, eventualmente, no metálicos.

30 Más concretamente, en primer lugar, una lámina o banda metálica se lamina en frío hasta obtener unas dimensiones relativamente pequeñas, normalmente de 9 a 30 mm de anchura y de 0,4 a 1,5 mm de grosor, después se conforma en forma de "U" mediante la aproximación de uno de sus dos bordes longitudinales hacia el otro. Tras la formación en "U", se introduce una mezcla homogénea de las diversas materias primas que constituyen el fundente interno, después se pasa a la formación para lograr una forma tubular en forma de "O" no cerrada, la que a continuación se estira hasta el diámetro de utilización deseado, por ejemplo, de 0,8 a 4 mm de diámetro. En este caso, los bordes longitudinales del tubo que forman el alambre no están soldados y, por tanto, el alambre no es estanco.
35

Este primer método es relativamente sencillo de poner en práctica y permite producir alambres con una composición interna muy homogénea.

40 No obstante, los alambres con recubrimiento obtenidos de este modo son sensibles a la absorción de humedad ya que al no ser estancos, el vapor de agua puede penetrar al interior del alambre durante su almacenamiento, lo que puede dar como resultado niveles de hidrógeno difusible muy elevados y, por tanto, no aceptables en los cordones de soldadura obtenidos mediante la fusión de estos alambres.
45

Por otro lado, según un segundo método conocido esquematizado en la figura 2 y tratado por los documentos EP-A-847831 o JP-A-58148096, en primer lugar se produce de manera continua, un alambre tubular de aproximadamente 10 a 25 mm de diámetro a partir de una banda o fleje metálico, normalmente de grosor de 1,5 a 3,5 mm y laminado en caliente, conformado en forma de O, después soldado mediante un procedimiento de soldadura a frecuencia alta y, al final, eventualmente laminado en línea hasta un diámetro normalmente del orden de 10 a 15 mm. Puede llevarse a cabo un recocido de ablandamiento y, a continuación, el tubo se estira hasta el diámetro de llenado deseado.
50

55 En este caso, el llenado con las materias primas, es decir el fundente interno, no se lleva a cabo hasta después de la soldadura del tubo vacío. Generalmente, se realiza mediante vibración. El tubo lleno, además de a las operaciones de estiramiento mencionadas anteriormente hasta el diámetro de utilización deseado, por ejemplo de 0,8 a 5 mm de diámetro, también se somete a etapas de tratamiento térmico de recristalización y de limpieza química o electroquímica.

60 Opcionalmente, puede realizarse un revestimiento a base de cobre, níquel, latón u otros sobre la superficie exterior del alambre.

Esta tecnología es más compleja de poner en práctica, pero permite producir alambres con recubrimiento estancos, es decir, revestidos en la superficie. Estos alambres con recubrimiento son, por tanto, totalmente insensibles a la absorción de humedad y dan como resultado niveles de hidrógeno difusible bajos en el metal depositado, es decir, normalmente del orden de 1 a 5 ml/100g de metal depositado. En efecto, durante el recocido de recristalización, el
65

tubo se vuelve permeable al hidrógeno, que se escapa a través de la envoltura tubular. Después del enfriamiento, el tubo vuelve a ser estanco y, por tanto, impide que el hidrógeno entre en el interior y afecte a las materias primas, es decir el fundente, que ahí se encuentra.

5 Asimismo, bajo el efecto de la presión y de la temperatura, el agua reacciona en el interior del tubo con el polvo que ahí se encuentra. Se genera hidrógeno (H), el cual se difunde fácilmente en el tubo debido al tamaño pequeño de la molécula de hidrógeno y de la temperatura que prevalece. Por otro lado, el agua presente en el exterior del tubo en forma de moléculas de H₂O, no se difunde en el metal, por tanto, no puede entrar en el tubo.

10 El inconveniente de la fabricación del alambre con recubrimiento tubular es el riesgo de segregación de las materias primas, en efecto, si la granulometría y/o la granulación de las materias primas no está optimizada, existe un riesgo de tener una distribución no homogénea del fundente en el tubo.

15 Un tercer método conocido combina las ventajas de los dos métodos de fabricación anteriores y permite producir alambres con recubrimiento llenados en línea, es decir, de manera continua, desplazándose el alambre continuamente arrastrándose mediante rodillos motorizados, a partir de un fleje y soldándolos, también en línea, solamente después del llenado mediante el fundente.

20 En este método representado en la figura 3, el alambre se produce a partir de un fleje laminado que, en primer lugar, se conforma en "U". A continuación, el tubo formado en U se llena con una mezcla homogénea de diferentes materias primas y se pasa a la formación para lograr una forma de O. Entonces, el tubo se suelda en línea, por ejemplo, con láser de penetración parcial (figura 4a) o total (figura 4b), con el fin de garantizar la estanqueidad. Posteriormente, el tubo se estira hasta un diámetro intermedio o se somete a un tratamiento térmico y, finalmente, se reduce a su diámetro final de utilización.

25 Concretamente, se describe un método de este tipo por los documentos US-A-4,673,121, GB-A-1199736, JP-A-56148494, WO-A-2010102318. Más particularmente, los documentos WO-A-2008006057, EP-A-0589470, USA-4.584.169 o US-A-4.632.882 describen un procedimiento de fabricación de un alambre con recubrimiento a partir de una banda metálica que se conforma en forma de U en la que se depositan varias capas sucesivas de elementos de llenado. A continuación, la banda se conforma en forma de O y sus dos bordes longitudinales se sueldan.

30 No obstante, en el documento WO-A- 2008006057 no se da a conocer la naturaleza precisa de los elementos de llenado.

35 Por otro lado, en los documentos EP-A- 0589470, US-A-4.584.169 o US-A-4.632.882, el cierre de la banda formada en O se realiza mediante procedimientos de soldadura mediante corriente de alta frecuencia, por tanto, los problemas hallados durante una soldadura mediante haz láser no se plantean.

40 Al final, estos métodos diferentes no son ideales y presentan inconvenientes más o menos importantes.

45 Así, la producción por láser o por haz electrónico, de alambres con recubrimiento genera un riesgo de fusión o de modificación térmica y química de la mezcla contenida en el tubo. En efecto, cuando el haz láser impacta contra los bordes longitudinales del fleje metálico para soldarlos entre sí, con penetración total o parcial, siempre existe un riesgo de que el haz láser pase entre los dos bordes longitudinales del fleje e impacte contra las materias primas contenidas en el tubo, por ejemplo en caso de sobrepotencia puntual del generador láser, dando como resultado una sobrepenetración de soldadura y/o en caso de separación puntual excesiva entre los bordes que van a soldarse.

50 Entonces, el haz láser entrará en contacto con el fundente y generará una fusión de las materias primas del fundente, por tanto, para su modificación térmica y/o química y para la formación de conglomerados duros, tales como acumulaciones duras en forma de esferas, de agujas u otras, tales como las mostradas en la figura 5, por ejemplo, formadas por partículas de composición mixta, a saber, metálica y no metálica, de dimensiones variables comprendidas entre algunos micrones (µm) y algunos milímetros (mm) en los casos los más desfavorables.

55 O bien, generando las acumulaciones o conglomerados duros formados de este modo problemas:

- o bien durante la fase de laminado y estirado del tubo ya que pueden desgarrar el fleje, por ejemplo, si la dimensión de las acumulaciones duras es superior al diámetro interno del tubo;

60 - o bien durante la utilización del alambre ya que un alambre con recubrimiento que contiene conglomerados duros y de grandes dimensiones no se apoya de manera uniforme y puede generar defectos en la soldadura: falta de material, composición del metal depositado no homogénea, variación incontrolada de los parámetros de soldadura...

Además, el polvo también puede modificarse desde un punto de vista químico mediante el calor generado por el haz láser dando como resultado variaciones no deseables de sus propiedades de soldadura.

65 Para intentar resolver este problema, el documento EP-1820599 ha propuesto llevar a cabo una rotación de

aproximadamente 90° del alambre después del llenado y antes de la soldadura. Este procedimiento, aunque eficaz, genera una complicación de las líneas de producción y, por tanto, es delicado a la hora de ponerse en práctica en el plano industrial, concretamente, debido a la torsión de 90° aplicada al alambre.

5 Por otro lado, el documento EP-A-1207002 propone por su parte dirigir el haz para que impacte contra el plano de junta según un ángulo inferior a 15° con respecto al eje del tubo que va a soldarse. Este procedimiento también genera una complicación de las líneas de producción y también es delicado a la hora de ponerse en práctica en el plano industrial ya que es difícil un control preciso del punto de impacto del haz teniendo en cuenta el grosor tan reducido del fleje, que es del orden de 1 mm, y las fluctuaciones o vibraciones parásitas inevitables del fleje sobre las líneas de producción.

10 Por tanto, el objetivo de la presente invención es resolver los problemas mencionados anteriormente, es decir, proponer un método de fabricación de alambres con recubrimiento soldados y estancos, que sean, por tanto, poco o nada sensibles a la absorción de humedad, que sea sencillo a la hora de ponerse en práctica y permita evitar la formación de acumulaciones o conglomerados duros en el fundente interno, incluso cuando el haz láser impacta de manera inesperada el fundente interno, con el fin de evitar o minimizar los incidentes durante su estirado posteriores, concretamente, roturas o desgarros.

15 La solución es un procedimiento de fabricación de un alambre con recubrimiento a partir de una banda metálica y de elementos de llenado, que comprende las etapas de:

- 20 a) proporcionar una banda metálica que tiene dos bordes longitudinales paralelos,
- 25 b) conformar la banda metálica en una ranura (sección en "U") mediante la aproximación de sus bordes longitudinales,
- 30 c) llenar la ranura obtenida en la etapa b) de elementos de llenado,
- 35 d) conformar la ranura llena de elementos de llenado obtenida en la etapa c) en un alambre de forma tubular preliminar (sección en "O") mediante la aproximación de sus bordes longitudinales hasta que estén en contacto o casi en contacto uno con respecto a otro, y
- e) soldar mediante haz láser, los dos bordes longitudinales del alambre preliminar de la etapa d) para obtener un alambre soldado que contiene elementos de llenado,
- 40 caracterizado porque en la etapa c), se procede según las subetapas sucesivas de:
- i) introducir en la ranura los primeros elementos de llenado que contienen elementos metálicos con el fin de formar una subcapa que contiene dichos elementos metálicos,
- 45 ii) realizar la deposición por encima de la subcapa que contiene dichos elementos metálicos, conteniendo al menos una capa protectora de segundos elementos de llenado esencialmente elementos no metálicos.

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

- 50 - los primeros elementos de llenado contienen únicamente elementos metálicos o están formados por una mezcla de elementos metálicos y de elementos no metálicos.
- la cantidad de elementos no metálicos de la capa protectora de segundos elementos de llenado representa al menos el 90%, preferiblemente al menos el 95%, en masa de la totalidad de los segundos elementos de llenado de dicha capa protectora.
- 55 - la cantidad de elementos no metálicos de la capa protectora de segundos elementos de llenado representa más del 98% en masa de la totalidad de los segundos elementos de llenado de dicha capa protectora.
- la cantidad de elementos no metálicos de la capa protectora de segundos elementos de llenado representa más del 99% al 100% en masa de la totalidad de los segundos elementos de llenado de dicha capa protectora.
- 60 - los segundos elementos de llenado contienen únicamente elementos no metálicos.
- los elementos metálicos que forman los primeros elementos de llenado se eligen de los metales elementales, preferiblemente elegidos de Ti, Ni, Fe, Si, Mn, Cr, Cu, V, Nb, Mo, B, W y Co, o aleaciones de hierro, para aportar estos mismos elementos, y eventualmente, boro, grafito o nitrógeno.
- 65 - los elementos no metálicos que forman los segundos elementos de llenado se eligen de, por ejemplo, TiO₂, Al₂O₃,

ES 2 674 743 T3

SiO₂, MgO, KAlSi₃O₈, CaF₂, Na₂SO₄, CaCO₃...

- 5 - los elementos no metálicos forman una capa protectora continua por encima de la subcapa que contiene los elementos metálicos, preferiblemente una capa que tiene un grosor comprendido entre 0,1 mm y 10 mm, preferiblemente comprendido entre 0,2 mm y 6 mm.
- 10 - la cantidad en masa de la capa protectora superior de elementos no metálicos representa del 25% al 85% de la totalidad de los elementos de llenado cuando el alambre contiene escoria, o menos del 10% de la totalidad de los elementos de llenado cuando el alambre es de tipo sin escoria.
- 15 - los bordes longitudinales de la banda metálica están biselados y comprenden un ángulo de biselado inferior a 73°, de manera que los bordes de la banda metálica estén perfectamente en contacto entre sí y paralelos cuando el tubo está plegado en forma de "O".
- 15 - el ángulo de biselado es inferior o igual a β tal como $\tan(\beta) = 3,14$, y por tanto un ángulo incluido entre aproximadamente 0 y 72°,33".
- se garantiza el contacto entre de los bordes longitudinales con un sistema de rodillos.
- 20 - tras el llenado y conformación de la etapa d) el diámetro externo del tubo está comprendido entre 5 mm y 25 mm, es decir tras su conformación en forma de "O".
- las etapas a) a e) se realizan de manera progresiva y continua, estando la banda metálica dotada de un movimiento de traslación.
- 25 - el alambre soldado obtenido en la etapa e) se somete a una o varias etapas complementarias f) elegidas de etapas de estirado, de laminado, de recocido, de revestimiento de superficie, de limpieza mecánica o química.
- 30 - la banda metálica que constituye la envoltura del alambre puede ser de acero C-Mn, acero inoxidable, aleaciones de acero que pueden ser o bien aceros de aleación baja (<5% en peso), aceros de aleación alta (>5% en peso) o bien de aleación de níquel del tipo Inconel.
- la penetración de la soldadura de la etapa e) está comprendida entre el 40% y el 100% del grosor de la banda metálica, preferiblemente el grosor de la banda metálica es inferior a 4,5 mm.
- 35 - el haz láser impacta en el tubo preliminar según un ángulo (γ) comprendido entre 35 y 90° con respecto al eje longitudinal del tubo preliminar, preferiblemente comprendido entre 40 y 90°.
- el alambre soldado obtenido en la etapa e) o después de al menos una etapa f) es un alambre con recubrimiento estanco que comprende una envoltura metálica externa soldada y un fundente interno formado por elementos de llenado.
- 40 - el alambre soldado obtenido en la etapa e) o después de al menos una etapa f) es un alambre con recubrimiento estanco que comprende una envoltura metálica externa soldada y un fundente interno formado por elementos de llenado.
- 45 Por otro lado, la invención también trata sobre un alambre con recubrimiento estanco que comprende una envoltura metálica externa soldada, de acero C-Mn por ejemplo, y un fundente interno formado por elementos de llenado obtenido mediante un procedimiento de fabricación según la invención, caracterizado porque el fundente interno comprende al menos dos capas de elementos de llenado superpuestas una con respecto a otra, conteniendo una de las capas exclusivamente elementos no metálicos y conteniendo la otra capa elementos metálicos.
- 50 Preferiblemente, el alambre tiene un diámetro final, es decir tras el estirado, laminado o similar, comprendido entre 0,8 y 5 mm preferiblemente de 1,2 a 4 mm aproximadamente.
- Ahora, la invención se comprenderá mejor gracias a la siguiente descripción detallada realizada con referencia a las figuras adjuntas en las que:
- 55 - las figuras 1 a 3 representan esquemas ilustrativos de los tres métodos de fabricación de alambres con recubrimiento que se conocen del estado de la técnica,
- las figuras 4a y 4b representan la sección de un fleje formado en forma de "O" soldado con penetración parcial en primer lugar y después estirado, respectivamente,
- 60 - la figura 5 muestra acumulaciones duras que aparecen en un alambre después de que un haz láser haya impactado y fundido los elementos de llenado contenidos en el alambre en cuestión,
- la figura 6 esquematiza una vista en sección de un alambre con recubrimiento durante la fabricación con el
- 65 procedimiento según la invención,

- la figura 7 esquematiza el principio del procedimiento de fabricación de la invención y

- la figura 8 representa un esquema (vista en sección) del biselado de los bordes del fleje.

5 Tal como se explicó anteriormente, en el marco de la presente invención, se propone un procedimiento de fabricación de alambre con recubrimiento para la soldadura por arco, concretamente, por ejemplo soldadura MIG/MAG, soldadura híbrida láser-arco, soldadura TIG con aporte de alambre, o incluso soldadura por arco sumergido, que o bien no contiene o contiene pocos conglomerados duros susceptibles de formarse de manera inesperada y no deseada en el fundente interno del alambre con recubrimiento durante la soldadura por láser de los
10 bordes longitudinales del fleje que forma la envoltura externa de dicho alambre con recubrimiento.

De manera general, según la invención, durante la fabricación con soldadura mediante haz láser de los bordes de los flejes, de un alambre con recubrimiento que contiene o bien elementos metálicos, tales como metales elementales o aleaciones de hierro metálicas, o bien elementos no metálicos, por ejemplo elementos de formación de escoria por ejemplo óxidos y feldspatos de tipo TiO_2 , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , $KAlSi_3O_8$..., o elementos ionizadores en forma de carbonatos, fluoruros, sulfatos o silicatos, por ejemplo CaF_2 , Na_2SO_4 , $CaCO_3$... se lleva a cabo una protección de los elementos metálicos frágiles, es decir susceptibles de degradarse y fundirse mediante el haz láser con el fin de minimizar o bien la formación de conglomerados duros, o bien la dimensión de estos últimos en el caso de su formación inoportuna.
15

20 Para ello, siempre según la invención, se realiza una protección de los elementos metálicos frágiles y sensibles al haz láser mediante una capa protectora formada por elementos nada o menos sensibles y menos frágiles.

En efecto, los elementos metálicos presentes en la mezcla homogénea utilizada para producir los alambres con recubrimiento son, habitualmente, más sensibles a la interacción con el láser que los elementos no metálicos y, por ello, los conglomerados duros de formas más irregulares y de dimensiones más grandes están compuestos, principalmente, por materias primas metálicas fundidas, tal como se muestra en la figura 5.
25

Partiendo de esa base, la solución propuesta por la invención se basa, esencialmente, en el hecho de llevar a cabo un llenado del fleje 1 antes de la soldadura en al menos dos etapas, tal como se ilustra en la figura 6.
30

En un primer momento, el fleje 1 conformado en forma de ranura, es decir en forma de U como en las figuras 1 y 3, se llena por las materias primas más sensibles a la radiación láser, tales como los elementos metálicos o una mezcla de elementos metálicos y no metálicos, con el fin de constituir al menos una subcapa 2 en el fondo de la ranura (en U).
35

En un segundo momento, las materias primas no metálicas se reparten en una (o varias capas) capa protectora 3 superficial que se superpone a la subcapa 2. Esta capa protectora superior forma una barrera mecánica suficientemente gruesa y continua por toda la longitud del tubo, lo que permite proteger la subcapa metálica 2.
40

Entonces, el fleje se conforma en un tubo preliminar (forma de O no soldado), es decir un cilindro metálico cuyos dos bordes longitudinales están en contacto o casi en contacto uno con respecto a otro, después se sueldan en conjunto mediante el haz láser 10 para constituir un tubo 1 con al menos dos capas 2, 3 internas.
45

Así, si el haz láser 10 penetra de improviso en el tubo preliminar, durante la soldadura de dicho tubo preliminar, entonces este impacta contra los elementos no metálicos resistentes de la capa superficial protectora 3 y no contra los elementos metálicos fusibles que se encuentran en la subcapa 2 en el fondo del tubo 1. Por tanto, estos últimos 2 están protegidos y no pueden formarse conglomerados duros de manera inoportuna.
50

El número de capas de elementos de llenado 2, 3 debe ser al menos igual a dos, pero el procedimiento puede aplicarse para un número de capas superior, con la condición de que al menos la capa superior, es decir la capa 3 más próxima a la zona de interacción 4 entre láser y fleje, esté compuesta por materias primas no metálicas, es decir menos sensibles o nada sensibles al haz láser 10 y, que, por tanto, no sean susceptibles de fundirse y formar acumulaciones duras dañinas.
55

Normalmente, el fleje que constituye la envoltura externa tubular 1 del alambre con recubrimiento está formado por un acero carbono manganeso (C-Mn) no aleado o de aleación baja, o de acero inoxidable, o de Inconel..., es decir que contiene menos del 5% de metales de aleación, que está laminado en caliente o en frío, y que contiene además los elementos Fe, C y Mn, eventualmente otros elementos, por ejemplo Si, P, Cr, Ni, Cu...
60

Gracias a la invención, cuando se lleva a cabo la soldadura por láser del tubo 1, el haz láser o sus reflexiones pueden entrar en contacto con la capa protectora superior 3 formada por materias primas no metálicas. Se absorberá por los elementos no metálicos de esta capa 3, lo que reduce el riesgo de fusión de las materias primas metálicas que se encuentran en la subcapa 2 más alejada de la zona de interacción 4 entre el fleje 1 y el láser 10.
65

De esta manera, incluso si existe formación de conglomerados duros tras la interacción entre el láser y las materias

primas en el tubo, sus proporciones, sus dimensiones y sus geometrías serán limitadas y por tanto no afectarán negativamente o entonces solamente muy poco al procedimiento global de fabricación del alambre con recubrimiento y no generarán desgarros o rupturas del alambre durante etapas posteriores de estirado o de laminado, concretamente.

5 Ventajosamente, la capa protectora 3 está formada únicamente por elementos o materiales no metálicos.

10 En el marco de la invención, la capa protectora 3 también puede estar formada por una mezcla de elementos metálicos y de elementos no metálicos. En este caso, esta mezcla contiene, ventajosamente, una gran mayoría de elementos no metálicos, es decir, que está formada esencialmente por elementos no metálicos. Preferiblemente, la cantidad de elementos no metálicos de esta mezcla representa al menos el 90%, preferiblemente al menos el 95%, en masa de la totalidad de los segundos elementos de llenado de la capa protectora 3. De manera ideal, del 98 al 100% en masa de dicha capa.

15 La figura 7 es una representación esquemática general de las etapas principales del procedimiento de fabricación de un alambre con recubrimiento 1 según la invención, a partir de una banda metálica que constituye la envoltura externa del alambre 1 y de elementos de llenado que constituyen el fundente interno de dicho alambre 1.

20 Tal como se observa, una banda metálica o fleje, por ejemplo, de acero C-Mn, de varias decenas, incluso centenares de metros de longitud, que tiene dos bordes longitudinales paralelos uno con respecto a otro se transporta mediante rodillos motorizados (no esquematizados) en el sentido de la flecha 12 que representa a la vez la dirección de desplazamiento del fleje y el sentido de soldadura.

25 La banda se desplaza al tiempo que se conforma de manera continua para adoptar progresiva y sucesivamente una forma de ranura, es decir de sección en U, mediante la aproximación de sus bordes longitudinales, por medio de rodillos de presión (no mostrados) o similares, después una forma en O, es decir un tubo preliminar 1 de sección circular abierta también por medio de rodillos de presión o similares, antes de soldarse mediante el haz láser 10 que permite formar una junta longitudinal 5 en la superficie superior del tubo preliminar 1.

30 El llenado de la ranura de sección en U mediante los elementos de llenado se realiza en primer lugar mediante la introducción en la ranura en U de primeros elementos de llenado que contienen elementos metálicos con el fin de formar una (o varias) subcapa 2 que contiene dichos elementos metálicos, después mediante la deposición por encima de la subcapa 2 que contiene dichos elementos metálicos, de una (o varias) capa protectora de segundos elementos de llenado que contiene elementos no metálicos, tal como se explica anteriormente en relación con la figura 6. En el caso presente, la capa protectora de segundos elementos de llenado contiene únicamente (es decir, el 100% en masa) elementos no metálicos,

35 La tasa de llenado del tubo es inferior al 50%, preferiblemente entre el 8 y el 45% en masa con respecto a la masa del alambre.

40 Según la invención, el llenado de la ranura en U con los elementos del fundente se realiza, por tanto, justo antes de la aproximación de los bordes longitudinales de la banda metálica hasta su contacto o casi contacto, formando de este modo un tubo preliminar no soldado y su posterior soldadura mediante el haz láser 10 que impacta contra el plano de junta del tubo preliminar, es decir, la zona de interacción láser/fleje 4, con el fin de formar la junta 5 que hace que el tubo 1 sea estanco.

45 Ha de observarse que la cantidad en masa de la capa superior 3 de elementos no metálicos comprende entre el 25% y el 85% de la totalidad de las materias primas para los alambres con escoria interna o, según el caso, menos del 10% de elementos no metálicos con respecto a la totalidad de las materias primas contenidas en el fundente para los alambres sin escoria.

50 La fuente láser utilizada para generar el haz 10 puede ser una fuente láser de tipo CO₂, YAG (es decir, Nd:YAG, Yb:YAG, Er:YAG...), de diodos, de disco o de fibra (Yb) de potencia comprendida entre 500 W y 10 kW, preferiblemente 2 kW y 8 kW.

55 Por otro lado, el cabezal láser utilizado es un cabezal clásico adecuado para y concebido para permitir repartir el haz o bien verticalmente tal como se muestra en la figura 6, o bien según un ángulo α tal como se ilustra en la figura 7.

60 Ventajosamente, el haz láser 10 tiene una inclinación α comprendida entre 0 y 55°, normalmente 0° y 50° (por ejemplo 45° en la figura 7), con respecto a la vertical con respecto a la junta 5 de soldadura y, por tanto, también al eje del tubo preliminar 1, y por tanto está contenido en el ángulo sólido definido alrededor del eje vertical con respecto al eje longitudinal del tubo 1, de apertura máxima de $2\pi \cdot (1 - \cos(\alpha))$ sr y concretamente de $0,187\pi$ sr (estereorradianes) con $\alpha = 50^\circ$, tal como se ilustra mediante el cono 11 en la figura 7. Dicho de otro modo, el haz tiene una inclinación γ comprendida entre 40° y 90° con respecto al eje del tubo preliminar 1.

65

ES 2 674 743 T3

Por otro lado, tal como se esquematiza en la figura 8, los bordes longitudinales 21 de la banda metálica 20 están biselados y comprenden un ángulo P de biselado inferior a 73° , de manera que los bordes 21 de la banda metálica 20 están perfectamente en contacto entre sí y paralelos (en 22) cuando el tubo preliminar 1 está plegado en forma de "O". El contacto entre los bordes longitudinales 21, uno con respecto a otro, se obtiene mediante un sistema de rodillos o similares que se apoyan sobre la banda metálica 20 con el fin de conferirle de manera progresiva una forma en U después en O.

Gracias al procedimiento de la invención, la velocidad de soldadura según el grosor y la composición del fleje, está comprendida entre 1 y 40 m/min, preferiblemente de al menos 4 m/min pero normalmente inferior a 35 m/min.

La soldadura se realiza mediante penetración total o parcial, es decir, que la penetración de la soldadura realizada a través del fleje se extiende una profundidad comprendida entre el 40% y el 100% del grosor de dicho fleje, teniendo en cuenta que el grosor del fleje normalmente es inferior a 4,5 mm en el entorno en el que se lleva a cabo su soldadura por láser 10, normalmente entre 1,5 y 4 mm.

Una vez se hace que el tubo 1 sea estanco mediante soldadura, incluso puede laminarse y/o estirarse hasta su diámetro final, normalmente entre 0,8 y 5 mm aproximadamente.

También puede someterse a operaciones de tratamiento de superficie, tal como un revestimiento o chapado mediante cobre, níquel o similares que permite, concretamente, mejorar su comportamiento en soldadura con arco.

Los alambres con recubrimiento obtenidos gracias al procedimiento de la invención presentan las ventajas, durante su utilización en soldadura, concretamente por arco, de:

- fundirse de manera uniforme y, por tanto, no generar defectos en la soldadura.

- dar como resultado una proporción reducida de hidrógeno difusible.

- estar particularmente bien adaptados para la soldadura de aceros de límite elástico alto, concretamente de al menos 690 MPa, en las aplicaciones (estructurales, transportes, sistemas de levantamiento....).

- reducir la posibilidad de porosidades y defectos de soldadura gracias a la eliminación de la absorción de humedad del polvo interno en los alambres, esto en todas las aplicaciones en un entorno húmedo y/o con la puesta en práctica de un procedimiento de soldadura por arco sumergido.

- controlar más fácilmente el llenado del alambre.

- posibilidad de reducir o de eliminar los ligantes, la fase de aglomeración del fundente y la fase de llenado más allá de la línea.

- posibilidades de revestimientos superficiales con ventajas desde un punto de vista de la resistencia a la corrosión, facilitar la toma de corriente en el tubo contacto, reducir el consumo de los tubos de contacto y de las líneas de guiado de alambre.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un alambre con recubrimiento estanco a partir de una banda metálica y de elementos de llenado, que comprende las etapas de:
- 5 a) proporcionar una banda metálica que tiene dos bordes longitudinales paralelos,
- b) conformar la banda metálica en una ranura (sección en "U") mediante la aproximación de sus bordes longitudinales,
- 10 c) llenar la ranura obtenida en la etapa b) de elementos de llenado,
- d) conformar la ranura llena de elementos de llenado obtenida en la etapa c) en un alambre de forma tubular preliminar (sección en "O") mediante la aproximación de sus bordes longitudinales hasta que estén en contacto o casi en contacto uno con respecto a otro, y
- 15 e) soldar mediante haz láser, los dos bordes longitudinales del alambre preliminar de la etapa d) para obtener un alambre soldado estanco que contiene elementos de llenado,
- 20 caracterizado porque en la etapa c), se procede según las subetapas sucesivas de:
- i) introducir en la ranura los primeros elementos de llenado que contienen elementos metálicos con el fin de formar una subcapa que contiene dichos elementos metálicos,
- 25 ii) realizar la deposición por encima de la subcapa que contiene dichos elementos metálicos, de al menos una capa protectora de segundos elementos de llenado que contienen esencialmente elementos no metálicos.
2. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado porque la cantidad de elementos no metálicos de la capa protectora de segundos elementos de llenado representa al menos el 90%, preferiblemente al menos el 95%, en masa de la totalidad de los segundos elementos de llenado de dicha capa protectora.
- 30 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los primeros elementos de llenado contienen únicamente elementos metálicos o están formados por una mezcla de elementos metálicos y de elementos no metálicos.
- 35 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los segundos elementos de llenado contienen únicamente elementos no metálicos.
- 40 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los elementos metálicos que forman los primeros elementos de llenado se eligen de metales elementales o aleaciones de hierro, preferiblemente elegidas de Ti, Ni, Fe, Si, Mn, Cr, Cu, V, Nb, Mo, B, W y Co.
- 45 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los elementos no metálicos que forman los segundos elementos de llenado se eligen de TiO₂, Al₂O₃, SiO₂, MgO, KAlSi₃O₈, CaF₂, Na₂SO₄ y CaCO₃.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los elementos no metálicos forman una capa protectora continua por encima de la subcapa que contiene los elementos metálicos, preferiblemente una capa que tiene un grosor comprendido entre 0,1 mm y 10 mm, preferiblemente comprendido entre 0,2 mm y 6 mm.
- 50 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la cantidad en masa de la capa protectora superior de elementos no metálicos representa del 25% al 85% de la totalidad de los elementos de llenado cuando el alambre contiene escoria o menos del 10% de la totalidad de los elementos de llenado cuando el alambre es de tipo sin escoria.
- 55 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los bordes longitudinales de la banda metálica están biselados y comprenden un ángulo de biselado inferior a 73°.
- 60 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las etapas a) a e) se realizan de manera progresiva y continua, estando la banda metálica dotada de un movimiento de traslación.
- 65 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la banda metálica que constituye la envoltura del alambre es de acero C-Mn, acero inoxidable, aleación de níquel de tipo Inconel o

de acero aleado.

- 5
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la penetración de la soldadura de la etapa e) está comprendida entre el 40% y el 100% del grosor de la banda metálica, preferiblemente el grosor de la banda metálica es inferior a 4,5 mm.
- 10
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el haz láser (10) impacta contra el tubo preliminar según un ángulo (γ) comprendido entre 35 y 90° con respecto al eje longitudinal del tubo preliminar (1), preferiblemente comprendido entre 40 y 90°.
- 15
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el alambre soldado obtenido en la etapa e) o después de al menos una etapa f) es un alambre con recubrimiento estanco que comprende una envoltura metálica externa soldada y un fundente interno formado por elementos de llenado.
- 20
15. Alambre con recubrimiento estanco que comprende una envoltura metálica externa soldada y un fundente interno formado por elementos de llenado obtenido mediante un procedimiento de fabricación según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el fundente interno comprende al menos dos capas de elementos de llenado superpuestas una con respecto a otra, conteniendo una de las capas exclusivamente elementos no metálicos y conteniendo la otra capa elementos metálicos.

FIGURA 1

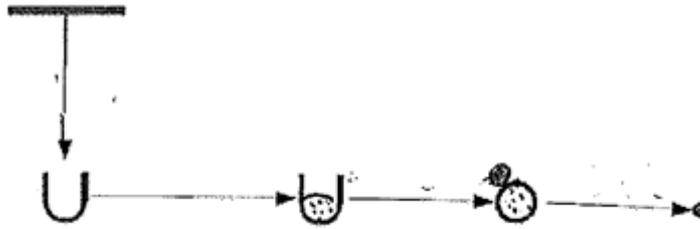


FIGURA 2

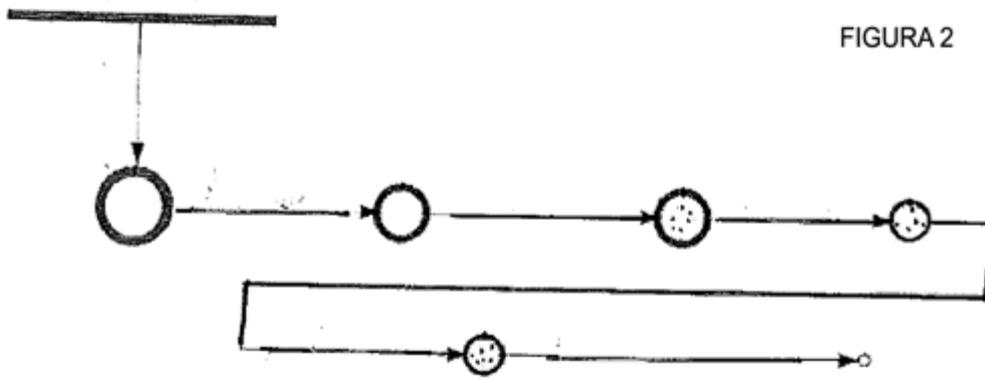
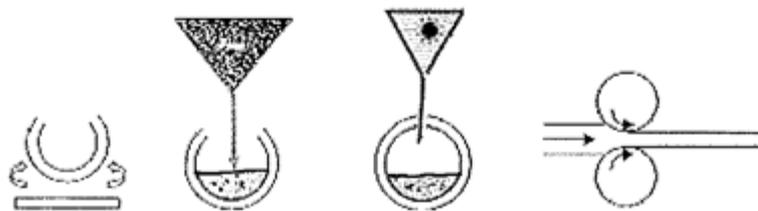


FIGURA 3



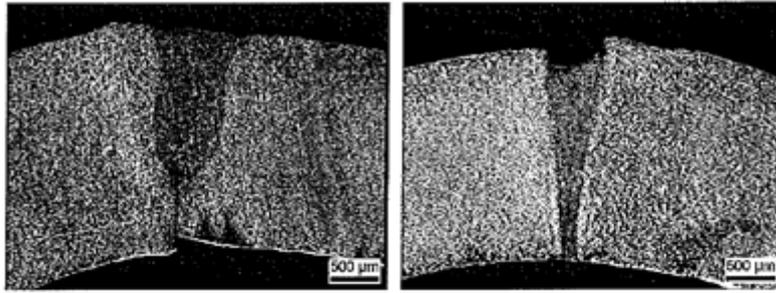


FIG. 4a

FIG. 4b

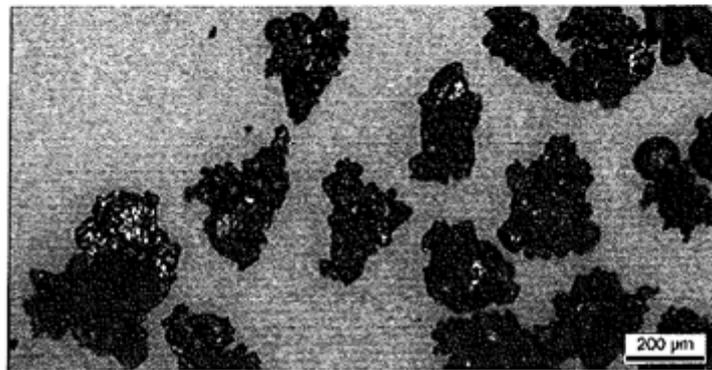


FIGURA 5

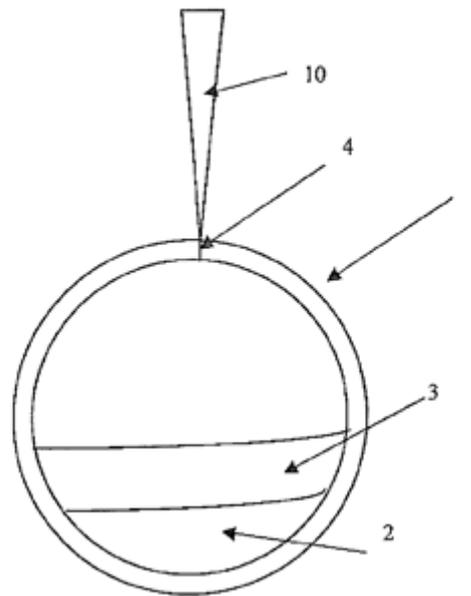


FIGURA 6

FIGURA 7

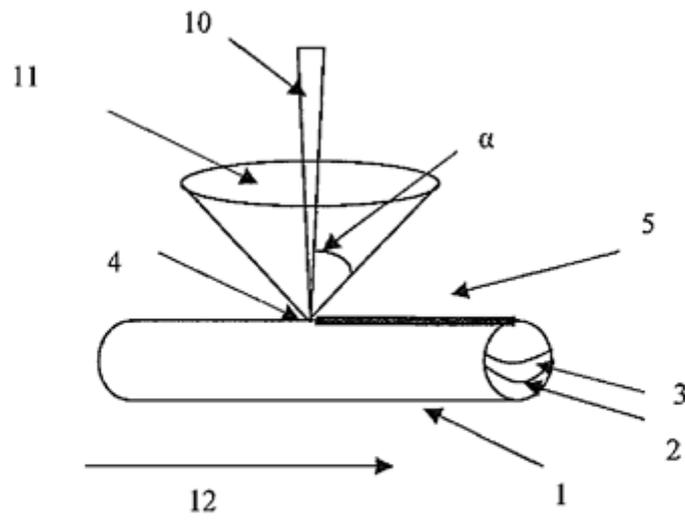


FIGURA 8

