

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 072**

51 Int. Cl.:
B23K 35/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06300991 .4**
96 Fecha de presentación: **27.09.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1775060**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.04.2007**

54 Título: **HILO FORRADO SIN ESCORIA PARA SOLDAR EN POSICIÓN VERTICAL DESCENDENTE.**

30 Prioridad:
05.10.2005 FR 0553020

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.03.2012

73 Titular/es:
**L'AIR LIQUIDE, SOCIETE ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCEDES
GEORGES CLAUDE
75, QUAI D'ORSAY
75007 PARIS, FR y
AIR LIQUIDE WELDING FRANCE**

72 Inventor/es:
Leduey, Bruno

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

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 2 376 072 T3

DESCRIPCIÓN

Hilo forrado sin escoria para soldar en posición vertical descendente

5 La presente invención se refiere a un hilo forrado de soldadura del tipo « sin escoria » y un procedimiento de soldadura por arco que utiliza dicho hilo con polaridad negativa, adaptado en particular a una soldadura en posición vertical descendente.

Los hilos forrados de tipo “sin escoria” utilizados en soldadura por arco constan de una funda de metal formada o a partir de un fleje u hoja metálica o a partir de un tubo soldado y un núcleo central constituido casi esencialmente por polvos metálicos, corrientemente denominado relleno, principalmente de hierro, aleaciones de hierro y eventualmente cantidades muy pequeñas de polvos minerales que contienen productos ionizantes.

10 Estos hilos forrados se denominan “sin escoria » o « de alma metálica » (*metal cored* en inglés).

Para la soldadura de posición, este tipo de hilo forrado cuando se aplica con una protección gaseosa durante una operación de soldadura en posición vertical descendente por transferencia con pulverización, es decir por fuertes intensidades de corriente de soldadura, es el que presenta las mejores prestaciones en términos de productividad pero sin ser totalmente satisfactorio.

15 En efecto, la utilización de estos hilos forrados “sin escoria” para aplicaciones en astilleros, colocaciones de gasoductos en el mar o en tierra, en una operación de soldadura en posición vertical descendente, plantea los problemas de adherencia del baño de metal fundido por las fuertes intensidades de corriente, es decir típicamente más de aproximadamente 200 A y limita entonces los resultados en términos de productividad, teniendo en cuenta que es habitual soldar poniendo el hilo en polaridad positiva.

20 Durante la soldadura de posición, el factor limitante de la productividad es la velocidad máxima, a fuerte intensidad de corriente, para la que el soldador puede controlar el baño de metal fundido para obtener el perfil del cordón de soldadura deseado a la vez que se conservan las buenas propiedades del metal fundido.

25 El problema de adherencia del baño para velocidades de soldadura superiores a 40 cm/min, debido a una fluidez demasiado grande del metal fundido, conduce a riesgos de inclusiones en la unión, a una fusión incompleta y a irregularidades de penetración. Además, se constata una reducida productividad debido, en parte, a una pérdida de metal que se contrae durante la soldadura.

Para remediarlo, en general es necesario reducir la intensidad de soldadura hasta obtener la forma del cordón deseada pero esto se hace en detrimento de la productividad.

30 Sin embargo, hay que destacar que algunos hilos de soldadura existentes no permiten dicha reducción de intensidad ya que eso ocasionaría un riesgo de situarse en el régimen de transferencia denominado “globular”, en el que la fusión del hilo se hace en forma de grandes gotas, lo que contribuye a la formación de proyecciones importantes, por tanto a un deterioro de la calidad de la soldadura.

35 En soldadura con polaridad negativa, es decir con el polo negativo de la fuente de corriente asociada al hilo, la energía calorífica sirve para fundir el hilo más bien que recalentar la placa. Se sabe, en este caso, que el metal que se funde se enfría más deprisa, lo que los soldadores denominan un “baño frío”. La frecuencia de las gotas es también más rápida y éstas son por lo tanto más pequeñas.

Sin embargo, la soldadura con polaridad negativa no es apreciada por los usuarios ya que conduce a dificultades de penetración y a un riesgo elevado de inclusiones.

40 Sin embargo, esta dificultad encontrada por los soldadores está asociada a la utilización de hilos macizos ya que con estos hilos macizos, para una intensidad determinada, la velocidad de fusión del hilo es más importante cuando éste tiene polaridad negativa con respecto a la polaridad positiva de modo que con polaridad negativa al hilo, para una energía de soldadura determinada (UI/Vs), la proporción de hilo electrodo en el metal fundido con respecto al metal de base es más importante que con polaridad positiva, la penetración es más reducida y el riesgo de defecto de soldadura de tipo “encolado” aumenta. Si esta constatación es verdadera con hilos macizos, no siempre lo es con hilos forrados ya que ciertos constituyentes del relleno pueden modificar la relación de las velocidades de fusión entre las polaridades negativa y positiva de modo que la reticencia de los soldadores a utilizar la polaridad negativa que resulta de su experiencia con hilo macizo no está forzosamente justificada con un hilo forrado.

50 Se conoce, por otra parte, el documento US-A-5.192.851 que describe hilos forrados para la soldadura con arco pulsado que contienen compuestos que forman escoria y cuyos elementos de relleno representan de 15 a 28% de la masa total del hilo.

De ahí, el problema que se plantea es mejorar la productividad de un procedimiento de soldadura con arco utilizando

un hilo forrado "sin escoria" bajo protección gaseosa, especialmente cuando el ensamblaje que se tiene que realizar se encuentra en una posición distinta de la posición denominada "de plano", en particular durante una soldadura en posición vertical descendente.

5 Dicho de otro modo, la presente invención se refiere por tanto a proponer un hilo de soldadura mejorado que permite obtener una ganancia de tiempo durante la realización del cordón de soldadura, una reducción del tiempo de amoladura, un aumento de la cantidad de metal depositado por unidad de tiempo y una disminución del número de reparaciones de la soldadura, es decir, menos defectos, especialmente proyecciones.

10 La disolución de la invención es entonces un hilo forrado de soldadura que comprende una envoltura metálica externa y elementos de relleno contenidos en dicha envoltura metálica, conteniendo dichos elementos de relleno hierro y representando de 8 a 27% de la masa total del hilo, caracterizado por que la cantidad total de calcio contenida en el hilo representa de 100 ppm a 0,14% de la masa total del hilo o de 0,035% a 1,8% en peso de la masa de los elementos de relleno.

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

- el calcio proviene del metal constitutivo del hilo forrado y/o del relleno del hilo forrado.
- 15 - la cantidad total de calcio contenido en el hilo representa de 500 ppm a 0,13% de la masa total del hilo, preferiblemente menos de 0,12% de la masa total del hilo.
- la cantidad total de calcio contenido en el hilo representa menos del 1,7% en peso de la masa de los elementos de relleno.
- la envoltura metálica externa está formada por al menos 90% en peso de hierro.
- 20 - el calcio está en forma de una o varias aleaciones metálicas y/o en forma mineral.
- los elementos de relleno representan de 9 a 22% de la masa total del hilo, preferiblemente de 10 a 20%.
- los elementos de relleno contienen uno o varios elementos elegidos entre polvo de hierro, constituyentes de elementos desoxidantes, elementos de aleación y agentes estabilizantes de arco.
- 25 - contiene de 0,010% a 0,25% de carbono (% del peso del hilo), 0,10% a 1,85% de silicio, 1% a 2,9% de manganeso, 0,001% a 0,03% de azufre, 0,001% a 0,1% de aluminio, 0,001% a 0,2% de titanio y/o 1 a 150 ppm de boro. En particular, el titanio y el boro se pueden añadir para favorecer la formación de ferrita acicular y mejorar por lo tanto el nivel de resistencia de la soldadura.
- contiene menos de 2,8% de manganeso, preferiblemente incluso menos de 2,7% de manganeso,
- contiene menos de 0,09% de aluminio,
- 30 - el diámetro del hilo está comprendido entre 0,8 mm y 2,4 mm, preferiblemente entre 1 y 2 mm.
- los elementos metálicos desoxidantes se eligen entre Fe-Mn y Fe-Si.
- los elementos de aleación contienen níquel, cromo y/o molibdeno. Éstos se pueden añadir en el caso de una soldadura de piezas de acero débilmente aleado, incluso fuertemente aleado.
- los elementos estabilizantes de arco se eligen entre Na y K.
- 35 - el hilo está formado por un fleje o un tubo lleno de elementos de relleno.

La invención se refiere también a un procedimiento de soldadura de arco bajo flujo gaseoso que aplica un hilo forrado con polaridad negativa según la invención, en particular para una soldadura en posición vertical descendente.

40 Preferiblemente, se utiliza como flujo gaseoso un gas inerte o una mezcla de gases inertes, tales como argón, helio o una mezcla de argón y helio o un gas oxidante, tal como CO₂ o una mezcla de gases inertes y oxidantes, tal como argón y/o helio con oxígeno y/o CO₂.

Una unión de soldadura o metal depositado obtenido por el procedimiento de soldadura de la invención, es decir, con un hilo de la invención, contiene:

- hierro,
- 45 - de 1 ppm a 50 ppm de calcio, preferiblemente menos de 30 ppm de calcio,

- de 0,010% a 0,12% de carbono,
- de 0,15% a 1% de silicio,
- de 0,7% a 2% de manganeso, preferiblemente menos de 1,9% de manganeso,
- de 0,001% a 0,025% de azufre, preferiblemente menos de 0,020% de azufre para aumentar el nivel de resistencia,
- 5 - de 0,001% a 0,05% de aluminio, preferiblemente menos de 250 ppm de aluminio y preferentemente incluso menos de 100 ppm de aluminio,
- de 0,001% a 0,08% de titanio, preferiblemente menos de 0,060% de titanio,
- de 1 a 100 ppm de boro, preferiblemente menos de 80 ppm de boro,
- 10 - de 200 a 800 ppm de oxígeno, preferiblemente menos de 600 ppm de oxígeno y preferentemente incluso menos de 500 ppm de oxígeno y/o
- menos de 80 ppm de nitrógeno, preferiblemente menos de 50 ppm de nitrógeno.

Más precisamente, el autor de la presente invención ha puesto de manifiesto que la adición no habitual de calcio en forma de aleaciones metálicas que contienen el elemento calcio, tal como silicio-calcio y/o en forma mineral como carbonato de calcio bajo toda forma cristalográfica, dolomita, wollastonita, yeso, anortita, carbonato de calcio y magnesio, borato de calcio, carbonatos de calcio, fluoruro de calcio, molibdato de calcio, oxalato de calcio, silicatos de calcio, siliciuro de calcio, sulfatos de calcio, sulfuro de calcio o cualquier otra forma mineral que contenga el elemento calcio, en la composición de un hilo forrado sin escoria conduce a una mejora significativa de la productividad, durante una operación de soldadura en posición vertical descendente con este hilo puesto en polaridad negativa (polo negativo del generador de corriente asociado al hilo) debido a una mejor adherencia del baño de soldadura, es decir, del baño de metal que funde, sin riesgo de defecto de la soldadura.

Dicho hilo presenta, además, un comportamiento operatorio muy bueno y una gran facilidad de ejecución del cordón de soldadura, especialmente en términos de penetración.

Por otro lado, la adición de materias minerales, en las cantidades indicadas más adelante, no conduce a una formación de islotes de silicatos más importante que en su ausencia.

25 Es destacable también que el hecho de cambiar la polaridad conservando la misma velocidad del hilo no hace variar la intensidad de soldadura (permaneciendo los otros parámetros constantes), solamente en el caso de los productos a los que concierne esta invención.

Ejemplos

30 Los ensayos de soldadura a continuación se han efectuado sobre un acero de tipo S235JR según la norma EN 10025 y teniendo la composición química proporcionada (% en peso) en la Tabla 1 a continuación (siendo el resto esencialmente hierro).

Tabla 1

%	C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	Ca (ppm)
Placa	0,14	0,21	0,73	0,009	0,005	0,031	0,042	10

% : con respecto al peso de la placa

Ejemplo 1

35 La Tabla 2 describe el análisis químico del metal depositado de cada muestra ensayada en este primer grupo para una soldadura con corriente continua de polo (+) al hilo.

ES 2 376 072 T3

Tabla 2: Análisis químico del metal depositado

%	C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	Nb	Ti	V	Ca (ppm)	B (ppm)	O (ppm)	N (ppm)
Hilo A	0,068	0,51	1,61	0,013	0,009	0,021	0,017	0,003	0,007	0,003	2	4	466	35
Hilo B	0,064	0,42	1,47	0,010	0,013	0,040	0,023	0,002	0,009	0,005	1	4	506	49
Hilo C	0,048	0,78	1,56	0,012	0,006	0,018	0,024	0,003	0,006	0,003	2	35	530	57

Los hilos A a C ensayados en este ejemplo 1 no contienen o contienen muy poco calcio en forma residual, como se puede ver en la Tabla 3 más adelante. En efecto, los valores proporcionados corresponden a lo que se encuentra habitualmente en los hilos forrados convencionales.

5

Tabla 3: Constituyentes del hilo

%	C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	Nb	Ti	V	Ca (ppm)	B (ppm)
Hilo A	0,16	0,72	2,15	0,015	0,015	0,02	0,07	0,005	0,03	0,004	10	10
Hilo B	0,14	0,57	1,96	0,012	0,018	0,02	0,09	0,005	0,06	0,007	8	10
Hilo C	0,09	0,93	2,13	0,020	0,016	0,05	0,1	0,005	0,04	0,004	17	65

Los ensayos a continuación se han realizado con ayuda de un generador SAFMIG tipo 450S comercializado por LA SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE con corriente continua de polo (+) al hilo con un gas de protección compuesto por 82% de argón y 18% de CO₂ (% en volumen) liberado a un caudal de 20 l/min. Los cordones de soldadura se han realizado con ayuda de hilos de diámetro 1,2 mm.

10

El ensayo consiste en ensamblar por soldadura, en posición vertical descendente, 2 placas pre-pintadas, de 5 mm de espesor, sin preparación de los bordes, según un ensamblaje denominado "en I", es decir, borde derecho (véase la Figura 1) con 3 cordones sucesivos, es decir, realizando 3 pases de soldadura: 1 cordón de penetración (1^{er} pase; cf. Tab. 4) y cordón 1 de relleno (pases 2^o y 3^o; cf. Tab. 5) de cada lado del ensamblaje.

15

Los parámetros utilizados para la ejecución de cada etapa de la soldadura se proporcionan en las tablas 4 y 5.

Tabla 4

Cordón de penetración (1 ^{er} pase)	Intensidad (A)	Tensión (V)	Velocidad del hilo (m/min)	Velocidad de soldadura (cm/min)
Hilo A	190	24	4,8	56
Hilo B	215	24	4,8	61
Hilo C	215	24,5	4,8	59

Tabla 5

Cordones de relleno (pases 2º y 3º)	Intensidad (A)	Tensión (V)	Velocidad hilo (m/min)	Velocidad de soldadura (cm/min)
Hilo A	240-240	27-27,5	6,5	61
Hilo B	255-260	26,5-26,5	6,5	66
Hilo C	255-270	27-25,5	6,5	58

Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 6 a continuación para los 3 hilos A a C anteriores.

Tabla 6

	Hilo A	Hilo B	Hilo C
Ca en el hilo	10 ppm	8 ppm	17 ppm
Penetración	O	X	X
Adherencia del baño	O	O	X
Fusión	O	O	O
Proyecciones	O	X	O
Remojo	O	O	O
Productividad (Kg /h)	1,9	1,9	2,1

5

X = bueno O = no aceptable

Son considerados como no aceptables (O), los hilos que conducen a una penetración insuficiente, una adherencia del baño mala (baño que se corre), una fusión fuertemente crepitante característico de un arco inestable, proyecciones muy numerosas y remojo insuficiente, es decir, un ángulo de empalme del cordón con la placa que se tiene que soldar reducido.

10 Se constata a la vista de la Tabla 6 que es muy difícil, incluso imposible de llevar a cabo un ensamblaje de tipo unión en "I" con polaridad positiva y en posición vertical descendente con estos hilos.

15 En efecto, se constata en este ejemplo 1 que el metal que funde está muy líquido y tiene tendencia a correrse. Esta situación hace que la operación sea extremadamente delicada para el soldador. Además, el pase de penetración es difícil y se encuentran a menudo problemas de inclusiones de escoria, como se ilustra en la Figura 2 adjunta que es una fotografía que representa un corte macrográfico del ensamblaje (unión) obtenido y faltas de fusión entre el metal de base y el metal depositado, que conducirá por lo tanto a una unión de soldadura de mala calidad (propiedades mecánicas).

Los ensayos de soldadura análogos realizados con los hilos A a C y con polaridad (-), han conducido a resultados similares a los obtenidos con polaridad (+), por lo tanto no aceptables.

20 **Ejemplo 2**

Este Ejemplo 2 pretende demostrar que es completamente posible llevar a cabo la ejecución del ensamblaje representado en la Figura 1, siempre que se juegue con la proporción de calcio del hilo de la soldadura.

ES 2 376 072 T3

La Tabla 7 proporciona el análisis químico del metal depositado de cada hilo ensayado (soldadura con corriente continua de polo (-) al hilo), así como las proporciones de calcio presentes en el metal.

Tabla 7

%	C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	Nb	Ti	V	Ca (ppm)	B (ppm)	O (ppm)	N (ppm)
Hilo D	0,096	0,64	1,41	0,009	0,012	0,030	0,014	0,003	0,005	0,008	4	11	518	78
Hilo E	0,026	0,73	1,72	0,012	0,010	0,029	0,016	0,002	0,018	0,004	8	30	550	70
Hilo F	0,021	0,76	1,69	0,010	0,007	0,029	0,022	0,004	0,034	0,003	10	45	660	73

- 5 Los hilos ensayados en este Ejemplo 2 contienen proporciones variables de calcio, como se proporciona en la Tabla 8 a continuación, que se ha adicionado voluntariamente en forma de silicio-calcio (Si-Ca).

Tabla 8 : Constituyentes del hilo

%	C	Si	Mn	P	S	Ni	Al	Nb	Ti	V	Ca (ppm)	B (ppm)
Hilo D	0,22	0,9	1,8	0,01	0,015	0,04	0,05	0,005	0,02	0,1	100	25
Hilo E	0,07	1	2,3	0,015	0,01	0,03	0,06	0,005	0,09	0,05	1.000	60
Hilo F	0,05	1,1	2	0,01	0,08	0,03	0,1	0,005	0,16	0,05	1.500	94

- 10 Los ensayos de soldadura realizados con estos hilos D a F se han realizado con soldadura de ángulo con ayuda de un generador SAFMIG tipo 450S comercializado por LA SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE con corriente continua de polo (-) al hilo con un gas de protección constituido por 82% en volumen de argón y 18% de CO₂ con un caudal de 20 l/min.

- 15 Como en el Ejemplo 1, los cordones de soldadura se han realizado con ayuda de hilos de 1,2 mm de diámetro y la soldadura se ha realizado sobre placas pre-pintadas de 5 mm de espesor sin preparación de los bordes, según el ensamblaje denominado "en l" de la Figura 1 y con 3 pases sucesivos como en el Ejemplo 1.

Las Tablas 9 y 10 recogen los parámetros utilizados para la ejecución, en posición vertical descendente, de cada etapa de la soldadura.

Tabla 9

Cordón de penetración (1 ^{er} pase)	Intensidad (A)	Tensión (V)	Velocidad del hilo (m/min)	Velocidad de soldadura (cm/min)
Hilo D	190	24	4,8	51
Hilo E	215	22	4,8	54
Hilo F	205	22	4,8	57

Tabla 10

Cordón de relleno (2º y 3º pasas)	Intensidad (A)	Tensión (V)	Velocidad del hilo (m/min)	Velocidad de soldadura (cm/min)
Hilo D	260-260	26-26	6,5	62
Hilo E	290-280	22-22,5	6,5	61
Hilo F	270-260	24-24	6,5	61

Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 11 a continuación para los 3 hilos D a F anteriores.

Tabla 11

	Hilo D	Hilo E	Hilo F
Proporción de Ca	100 ppm	0,1%	0,15%
Penetración	X	X	X
Adherencia del baño	X	X	X
Fusión	X	X	O
Proyecciones	X	X	O
Remojo	X	X	X
Productividad (Kg/h)	2,4	2,7	2,7

5

X = bueno O = no aceptable

Los resultados obtenidos demuestran que la adición del elemento calcio según la presente invención permite obtener el efecto deseado en soldadura con polaridad negativa.

La soldadura así obtenida, como se puede ver en la Figura 3, presenta una excelente compacidad contrariamente a la de la Figura 2, obtenida con los hilos A a C del Ejemplo 1 (Figura 2).

10 El comportamiento beneficioso del hilo de la invención conduce a partir de este hecho a una ganancia importante en productividad ya que se obtiene una mejor adherencia mecánica del baño de metal que funde.

15 Por otra parte, en la Tabla 11, los resultados del comportamiento del hilo F que contiene calcio en cantidad que sobrepasa el límite superior de la presente invención, es decir, más de 0,14% de calcio, muestra que se tiende a emitir más proyecciones y que la fusión se deteriora de nuevo. No es necesario por lo tanto sobrepasar este límite superior si se quieren conservar los beneficios de la invención.

20 Además, los ensayos complementarios sobre moldes (metal fuera de dilución depositado por los hilos) que pretenden estudiar las propiedades mecánicas de las uniones de soldadura así obtenidas se han realizado por depósito de metal fundido en 2 pasas por capa según la norma AFNOR NF A 81-351 con ayuda de un generador SAGMIG 450S con corriente continua con polo (-) asociado al hilo de soldadura, a una intensidad de corriente de 365 A, una tensión de 27 V, una velocidad de soldadura de 28 cm/min con el gas de protección ya mencionado a un caudal de 20 l/min. Los cordones de soldadura se han realizado con ayuda de hilos de 1,2 mm de diámetro.

El análisis químico del metal depositado que corresponde a cada ensayo se encuentra en la Tabla 7. Las tablas 12 y 13 más adelante proporcionan respectivamente los valores de resistencias y tracción obtenidos con los 3 hilos D a F del Ejemplo 2.

ES 2 376 072 T3

Las probetas de resistencia se han extraído como en el Ejemplo 1. Las probetas de tracción se han extraído en el metal fundido conforme a la norma *AFNOR NF A 81 -351*.

Tabla 12

Estado bruto de soldadura Kv (Julios) @ -30°C				
	Zonas recocidas		Zonas brutas	
	Mini	Medias	Mini	Medias
Hilo D	76	82	81	86
Hilo E	81	86	66	79
Hilo F	92	103	82	90

5

Tabla 13

	Hilo D	Hilo E	Hilo F
Resistencia a la ruptura Rm (Mpa)	630	587	605
Límite de elasticidad Rp 0,2 (Mpa)	544	513	550
Alargamiento (%)	23	26	26
Estricción (%)	73	75	72

Se constata que la adición de calcio no perjudica nada las propiedades mecánicas de estos hilos en comparación con los productos convencionales que no lo contienen.

10 A pesar de la presencia de calcio en cantidad importante en el hilo forrado F, este elemento no se transfiere más que un poco en el metal depositado y es posible mantener el mismo nivel de resistencia a baja temperatura que un producto convencional.

15 Se debe resaltar por otro lado que conviene tener cuidado por tener una proporción de Mn inferior a 2,90% en el hilo. En efecto, el manganeso tiene un efecto beneficioso sobre la tenacidad/resistencia de la unión soldada y sobre todo para la templabilidad del metal soldado. Sin embargo, además, apareció un efecto de endurecimiento nefasto que ocasionó una degradación de la tenacidad. En otras palabras, es necesario volver a adicionar la cantidad de manganeso en el hilo para mantener su proporción en el metal depositado inferior a 2%, preferiblemente menor que 1,9%.

20 Por último, es ventajoso tener una proporción de aluminio inferior a 0,1% en el hilo por razones análogas a las ya mencionadas para el manganeso. Preferiblemente, conviene tener menos de 0,09% de aluminio en el hilo, para obtener un metal depositado con menos de 500 ppm de aluminio, debido al índice de transferencia del hilo a la unión ventajosamente menor que 250 ppm de aluminio en la unión, incluso menor que 200 ppm.

25 En definitiva, se desprende de las Tablas 7 y 8 que según la invención, las proporciones de aluminio, calcio y manganeso se deben elegir con cuidado en las zonas de los valores ya descritos para permitir la obtención de un metal depositado o unión de soldadura que presente buenas propiedades, especialmente de resistencia y, por otro lado, una buena fusión del hilo y un deficiente índice de proyecciones durante la soldadura.

El hilo de la invención está particularmente bien adaptado a la realización de uniones de soldadura para ensamblar piezas que forman parte de estructuras metálicas como en la construcción de navíos, vehículos de transporte automovilístico o ferroviario, la colocación de oleoductos en el mar o en tierra y en todas partes en que se pueda utilizar la soldadura en posición vertical descendente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Hilo forrado de soldadura sin escoria que comprende una envoltura metálica externa y elementos de relleno contenidos en dicha envoltura metálica, conteniendo dichos elementos de relleno hierro y representando de 8 a 27% de la masa total del hilo, caracterizado por que la cantidad total de calcio contenido en el hilo representa de 100 ppm a 0,14% de la masa total del hilo o de 0,035% a 1,8% en peso de la masa de los elementos de relleno.
2. Hilo según la reivindicación 1, caracterizado por que la cantidad total de calcio contenido en el hilo representa menos del 1,7% en peso de la masa de los elementos de relleno y/o de 500 ppm al 0,13% de la masa total del hilo, preferiblemente menor que 0,12% de la masa total del hilo.
- 10 3. Hilo según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por que la envoltura metálica externa está constituida por al menos el 90% en peso de hierro.
4. Hilo según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el calcio está en forma de una o varias aleaciones metálicas y/o en forma mineral.
5. Hilo según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que los elementos de relleno representan de 9 a 22% de la masa total del hilo, preferiblemente de 10 a 20%.
- 15 6. Hilo según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que los elementos de relleno contienen uno o varios elementos elegidos entre polvo de hierro, constituyentes de elementos desoxidantes, elementos de aleación y agentes estabilizantes de arco.
7. Hilo según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que contiene:
- 20 - 0,010% a 0,25% de carbono,
- 0,10% a 1,85% de silicio,
- 1% a 2,9% de manganeso, preferiblemente menos de 2,8% de manganeso, preferiblemente incluso menos de 2,7% de manganeso,
- 0,001% a 0,03% de azufre,
- 0,001% a 0,1% de aluminio, preferiblemente menos de 0,09% de aluminio,
- 25 - 0,001% a 0,2% de titanio y/o
- 1 a 150 ppm de boro.
8. Hilo según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que contiene Si-Mn, Fe-Mn y/o Fe-Si.
9. Hilo según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que contiene níquel, cromo y/o molibdeno.
10. Hilo según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que contiene Na y/o K.
- 30 11. Procedimiento de soldadura con arco bajo flujo gaseoso que aplica un hilo forrado con polaridad negativa según una de las reivindicaciones 1 a 10, para realizar al menos una unión de soldadura sobre una o varias piezas para soldar, preferiblemente la soldadura se realiza en posición vertical descendente.

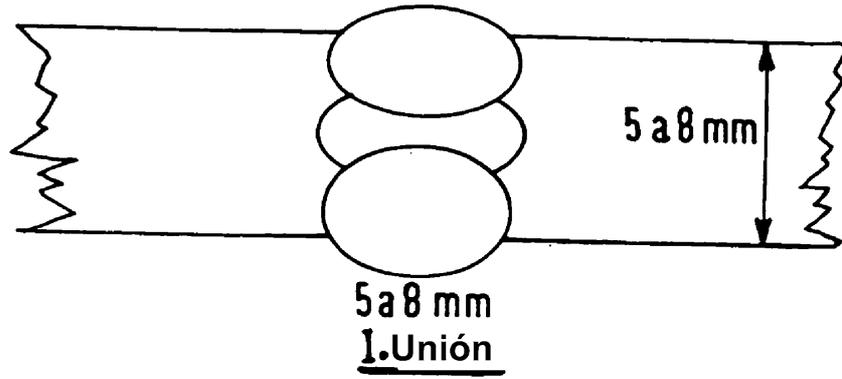


FIG.1



FIG.2



FIG.3