

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 427 094**

51 Int. Cl.:

C22C 21/00 (2006.01)

C22F 1/04 (2006.01)

B32B 15/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2005 E 05005382 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2013 EP 1580286**

54 Título: **Material tubular de aluminio de alta resistencia y larga duración con alta resistencia al alabeo**

30 Prioridad:

22.03.2004 SE 0400724

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

28.10.2013

73 Titular/es:

**SAPA HEAT TRANSFER AB (100.0%)
612 81 Finspång, SE**

72 Inventor/es:

**WESTERGARD, RICHARD;
WASS, STEFAN;
EKSTRÖM, HANS-ERIK;
OSKARSSON, ANDERS y
MOBERG, ANNIKA**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 427 094 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

Material tubular de aluminio de alta resistencia y larga duración con alta resistencia al alabeo

Campo técnico

- 5 La invención concierne, en general, al campo de una aleación de aluminio, un material revestido o sin revestir para un producto soldado con soldadura fuerte que contiene dicha aleación como núcleo. La invención se refiere también a un método para producir dicho material, en el que el material se usa para fabricar dicho producto soldado con soldadura fuerte a partir de dicha aleación.

Antecedentes de invención

- 10 Actualmente, los materiales tubulares usados comúnmente por fabricantes de cambiadores de calor son la aleación AA3003 estándar, o la denominada aleación 3005 de larga duración. Estos son también los materiales más comúnmente usados en los procedimientos de fabricación, que incluyen el método de soldadura fuerte en atmósfera controlada (CAB) (del inglés; Controlled Atmosphere Brazing). La aleación 3005 de larga duración es una aleación AA3005 estándar, producida con un procedimiento especial para aumentar la resistencia a la corrosión del material, que se puede usar en cambiadores de calor, etc.

- 15 Sin embargo, la resistencia mecánica de tales materiales no cumple los actuales requisitos de los fabricantes de cambiadores de calor, ya que los fabricantes de cambiadores de calor de hoy día desean producir cambiadores de calor que comprenden tubos más delgados, lo que da como resultado cambiadores de calor más ligeros de peso.

- 20 En la fabricación de dichos materiales tubulares, una propiedad muy pasada por alto, pero cada vez más importante, es la capacidad del material para resistir el alabeo. La resistencia al alabeo es la capacidad del material de resistir la deformación a las temperaturas de la soldadura fuerte, impuesta por el peso del material laminar formado, durante el procedimiento de realización de la soldadura fuerte. Habitualmente el alabeo aumenta a medida que el espesor del material fabricado disminuye. Al mismo tiempo, el espesor más delgado del material fabricado requiere una mejorada resistencia contra el ataque de la corrosión, ataque de la corrosión que puede originar la perforación del material fabricado.

- 25 El documento US 6.019.939 describe una lámina para la soldadura fuerte de aluminio que comprende 0,7 a 1,5% en peso de Mn, 0,5 a 1,0% en peso de Cu, menos de 0,15% en peso de Si, menos de 0,8% en peso de Mg y, opcionalmente, V, Cr o Ti y las impurezas inevitables. Según el documento US 6.019.939, la cantidad preferida de Mn es de 0,8 a 1,2% en peso, y todos los ejemplos describen un máximo del 1% en peso de Mn. Este contenido de Mn no producirá la resistencia al alabeo deseada. Además, tampoco dará la resistencia máxima o la protección
30 contra la corrosión que se puede obtener usando una cantidad más alta de Mn. Las enseñanzas de esta patente señalan también el uso del Zr como aditivo.

- 35 El documento JP 8246117 describe una aleación de aluminio de alta resistencia, usada en láminas para soldadura fuerte, para hacer cambiadores de calor. El contenido preferido de Si de esta aleación es de 0,3 a 0,7% en peso. Esta cantidad de Si es demasiado alta para proporcionar la resistencia a la corrosión preferida de la lámina para soldadura fuerte.

- 40 El documento US 6.465.113 describe una lámina para soldadura fuerte de aleaciones de aluminio para vehículos, que comprende una estructura con cuatro capas, que consiste en un núcleo de aleación de aluminio, una aleación de aportación sobre un lado del núcleo, un material que sirve de ánodo de sacrificio en el otro lado y una capa intermedia entre el núcleo y el material que sirve de ánodo de sacrificio, estando dicha capa intermedia compuesta de una aleación de aluminio que tiene 0,1 a 0,5% en peso de Si, 0,2 a 0,8% en peso de Fe, 0,5 a 2,0% en peso de Mn, y 0,4 a 1,0% en peso de Cu, y que contiene opcionalmente hasta 0,3% en peso de Zr. El resto es aluminio y las impurezas inevitables. La composición se usa como una capa intermedia delgada y, por lo tanto no proporcionará, ni se pretende, la resistencia requerida al producto obtenido. El contenido de silicio en la aleación es también demasiado alto para dar una deseable resistencia a la corrosión.

- 45 El documento WO020701 describe una lámina para la soldadura fuerte del aluminio, particularmente indicada para aplicaciones en refrigeradores de aire de carga, en las que el núcleo comprende <0,2% en peso de Si, 1,3 – 1,7% en peso de Mn, 0,4 – 0,8% en peso de Mg, 0,3 – 0,7% en peso de Cu, <0,2% en peso de Ti, y 0,05 – 0,2% en peso de Zr. Esta aleación se usa para cambiadores de calor soldados con soldadura fuerte a vacío y recibe su resistencia a través de su alto contenido de Mg. Sin embargo, ya que el contenido de Mg es alto, la soldadura fuerte CAB de estas aleaciones es muy difícil debido a una reacción entre el Mg y el fundente.
50

Por eso, existe la necesidad de una nueva aleación de aluminio con una capacidad mejorada de resistir la corrosión y el alabeo, mientras que tiene alta resistencia, cuando se usa para fabricar productos soldados con soldadura fuerte a partir de dicha aleación.

Resumen de la invención

5 La presente invención se refiere a una aleación de aluminio mejorada, que tiene propiedades mejoradas en lo referente a corrosión y alabeo, mientras que todavía tiene una alta resistencia cuando se usa para fabricar productos soldados con soldadura fuerte a partir de dicha aleación.

10 La presente invención mitiga, alivia y/o elimina las deficiencias anteriormente mencionadas proporcionando una aleación de aluminio, y un método para producir dicha aleación de aluminio, según las reivindicaciones adjuntas de la patente.

15 Según un aspecto de la invención, se proporciona una aleación de aluminio y un método para producir dicha aleación de aluminio, cuya aleación de aluminio tiene una combinación de elementos que presentan una aumentada resistencia a la corrosión, una aumentada resistencia al alabeo, y alta resistencia. Dicha aleación de aluminio consiste en 0,1% en peso de Si o menos de 0,1% en peso de Si, por debajo del 0,05 – 0,35% en peso de Mg, 1,55 a 1,90% en peso de Mn, 0,7 a 0,9% en peso de Cu, y 0,05 a 0,25% en peso de Zr, opcionalmente menos de 0,5% en peso de Fe, el resto aluminio, e impurezas inevitables hasta un total de 0,15% en peso.

20 Según un aspecto más de la invención, se proporciona un procedimiento de fabricación de un material soldado con soldadura fuerte a partir de dicha aleación de aluminio, teniendo dicha aleación de aluminio una combinación de elementos que presentan una aumentada resistencia a la corrosión, una aumentada resistencia al alabeo, y alta resistencia. El procedimiento comprende someter dicha aleación a un procedimiento de colada, y después de eso, someter el material así obtenido a un procedimiento de laminación en caliente y/o a un procedimiento de laminación en frío.

Por consiguiente, la invención se refiere al uso de la aleación de aluminio anteriormente mencionada, al método para producir dicha aleación de aluminio, así como los productos producidos a partir de dicha aleación de aluminio.

25 La presente invención tiene al menos la ventaja, sobre la técnica anterior, de que proporciona simultáneamente la capacidad mejorada de resistir a la corrosión y al alabeo, mientras que todavía tiene una alta resistencia.

Breve descripción de los dibujos

30 Estos y otros aspectos, características y ventajas de los que es capaz la invención serán evidentes y se aclararán a partir de la siguiente descripción de realizaciones de la presente invención, haciéndose referencia a los dibujos que la acompañan, en los que

la Figura 1(a) es un corte transversal de la aleación (B) de aluminio según la invención, después de 30 días de exposición a SWAAT,

la Figura 1(b) es un corte transversal de la aleación (A) de aluminio según la técnica anterior, después de 30 días de exposición a SWAAT,

35 la Figura 1(c) es un corte transversal de una aleación según la técnica anterior, después de 30 días de exposición a SWAAT, y

la Figura 2 es un diagrama de un potencial de corrosión para la aleación de aluminio según la invención y para referencias.

Descripción de las realizaciones

40 La siguiente descripción está enfocada a realizaciones de la presente invención aplicables a una aleación de aluminio, a un material revestido o sin revestir para un producto soldado con soldadura fuerte que contiene dicha aleación como núcleo, y en particular a un método para producir dicho material, material que se usa al fabricar dicho producto soldado con soldadura fuerte a partir de dicha aleación. Sin embargo, se apreciará que la invención no se limita a esta aplicación, sino que se puede aplicar a muchos otros campos técnicos, que incluyen por ejemplo tubos para cambiadores de calor, como calentadores o radiadores de automóviles; placas de los tubos para refrigeradores de aceite; evaporadores.

45

5 En una realización de la presente invención se mejora la resistencia a la corrosión de la aleación de aluminio según la invención regulando que el contenido de silicio (Si) sea del 0,1% en peso o menos del 0,1% en peso, por ejemplo 0,09; 0,08; 0,07; 0,06; 0,05; 0,04; 0,03; 0,02 ó 0,01% en peso. Esto origina que cualquier ataque de corrosión transcurra en la dirección lateral, por lo que se evita la corrosión por picaduras y el ataque de corrosión se hace laminar. Cuando la concentración de Si excede el 0,1% en peso, este efecto se pierde sustancialmente, y se dificulta la formación de la capa de sacrificio.

10 Para proporcionar la aleación de aluminio según la presente invención, con una resistencia aumentada, se controla el contenido de magnesio (Mg), ya que el Mg aumenta la resistencia cuando está en solución sólida o formando precipitados de Mg_2Si durante el envejecimiento. Sin embargo, el Mg disminuye la capacidad de que se forme soldadura fuerte reaccionando con el fundente. Los presentes inventores han hallado, inesperadamente, que una
15 concentración, en la aleación de aluminio según la presente invención, de Mg en el intervalo de 0,05 a 0,35% en peso, como por ejemplo 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,30; 0,35% en peso, proporciona un buen equilibrio de resistencia y capacidad de formación de soldadura fuerte respecto a la aleación de aluminio según la invención, funcionando en armonía con el contenido de Si. Una concentración de Mg por debajo del 0,05% en peso da como resultado que el efecto sobre la resistencia, procedente de la solución sólida, es despreciable, y una concentración de Mg por encima del 0,35% en peso perjudica a la capacidad de formación de soldadura fuerte.

20 Para aumentar más la resistencia de la aleación de aluminio según la presente invención, se efectúa una adición de Cu. El Cu es un conocido agente reforzador en el aluminio cuando está en solución sólida. Se espera también que el Cu pueda dar una ventajosa respuesta al envejecimiento por tratamiento térmico, o durante su uso, del producto soldado con soldadura fuerte. Además, la respuesta de creciente resistencia en el envejecimiento, por acción del cobre (Cu), aumenta con la presencia de cantidades más pequeñas de Mg. Sin embargo, si la concentración de Cu es demasiado alta, pueden surgir efectos adversos, tales como sensibilidad al agrietamiento en caliente durante la colada, una disminuida resistencia a la corrosión, y una rebajada temperatura de sólidos. Por eso, se ha establecido por los presentes inventores que la concentración de Cu en la aleación de aluminio según la invención esté en el
25 intervalo del 0,7 al 0,9% en peso, como por ejemplo 0,7; 0,8 y 0,9% en peso, respecto a dicha aleación de aluminio.

30 El manganeso (Mn) es otro elemento que puede aumentar la resistencia en la aleación de aluminio según la presente invención. Una gran cantidad de Mn da un gran número de pequeñas partículas tras el precalentamiento de la aleación de aluminio según la invención antes de la laminación en caliente. Este gran número de partículas proporciona una mejorada resistencia al alabeo a las temperaturas de la soldadura fuerte. Además, el Mn es ventajoso respecto a la resistencia a la corrosión. Por lo tanto, el contenido de Mn en la aleación de aluminio según la invención está en el intervalo de 1,55 a 1,90% en peso, por ejemplo 1,60; 1,65; 1,70; 1,75; 1,80 ó 1,85% en peso.

35 El circonio (Zr) aumenta también el número de partículas que, según lo anterior, es beneficioso en la aleación de aluminio según la invención. Sin embargo, una gran cantidad de Zr aumenta el riesgo de existencia de gruesos precipitados durante la colada. Por lo tanto, el contenido de Zr en la aleación de aluminio según la invención está presente en una concentración de 0,05 a 0,25% en peso, como por ejemplo 0,20; 0,15; 0,10 ó 0,05% en peso.

El hierro (Fe) afecta negativamente a la resistencia a la corrosión, pero reduce la sensibilidad al agrietamiento en caliente de las aleaciones de aluminio que contienen Cu, y puede por lo tanto estar presente en una concentración por debajo del 0,5% en peso, como por ejemplo 0,4; 0,3; 0,2 ó 0,1% en peso, en la aleación de aluminio según la presente invención.

40 En otra realización de la presente invención, la aleación de aluminio que se puede obtener mediante el procedimiento anteriormente mencionado, se puede descostrar o revestir con al menos una capa adicional, por ejemplo una capa de revestimiento para soldadura fuerte. Por supuesto está dentro del alcance de la presente invención descostrar o revestir con más de una capa, por ejemplo dos, tres, cuatro o cinco capas. Esta realización presenta la ventaja de proporcionar una capa de sacrificio. Esta capa de sacrificio mejora más la resistencia a la
45 corrosión de la aleación de aluminio según la presente invención.

En otra realización más de la presente invención, la aleación de aluminio se produce por colada. La aleación de aluminio puede ser sometida a continuación a procedimientos de laminación en caliente y/o de laminación en frío. Estos procedimientos son bien conocidos desde hace mucho tiempo por los expertos en la técnica y, por lo tanto, no se describirán más en la presente descripción.

50 En otra realización más de la presente invención, la aleación de aluminio puede ser recocida parcialmente o completamente después de dichos procedimientos de laminación en caliente y/o de laminación en frío. El paso de recocido se puede omitir también en otra realización de la invención.

Al fabricar una aleación de aluminio, según la presente invención, es imposible evitar pequeñas cantidades de impurezas. Estas impurezas no se mencionan, ni se excluyen, en la presente invención, pero nunca excederán en

total del 0,15% en peso. En las realizaciones, y en los ejemplos, de la presente invención, el resto consiste en aluminio.

De aquí en adelante, las realizaciones de la presente invención se describirán por medio de ejemplos.

Ejemplos

5 Los materiales, según los ejemplos de la presente invención, se hicieron por colada directa en coquilla, seguida de un descostrado y revestido con un revestimiento para soldadura fuerte del tipo AA4343. En los siguientes ejemplos, los revestimientos para soldadura fuerte constituyeron el 10% del espesor total de la lámina. Por supuesto, está dentro del alcance de la presente invención descostrar o revestir con cualquier revestimiento para soldadura fuerte, destinado a cubrir todas las aleaciones de la serie 4XXX para la soldadura fuerte del aluminio. Por eso, en estos
10 ejemplos, el espesor de los revestimientos para soldadura fuerte, y el tipo de revestimiento para soldadura fuerte, únicamente pretenden ser interpretados como un ejemplo.

Las aleaciones que se refieren en la presente invención fueron revestidas además con un revestimiento en el lado en contacto con el agua, con una composición según la Tabla 1. El revestimiento en el lado en contacto con el agua constituyó el 10% del espesor total de la lámina. Un tratamiento posterior incluyó calentar, laminar en caliente y laminar en frío. Se hizo para cada aleación un tratamiento térmico final de revenido H24.
15

Tabla 1

La composición del revestimiento del lado en contacto con el agua usado en las aleaciones según la presente invención							
Elemento aleante	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr	Zn
Contenido [% en peso]	0,87	0,26	0,03	1,69	0,01	0,14	1,55

Ejemplo 1, distancia de alabeo.

20 Se diseñaron cuatro aleaciones usando la composición del material del documento US 6.019.939, de alto contenido en Mn, como Ref. I. Se hizo una aleación para que tuviese la misma composición que la referencia pero con contenido de Cu más alto (Ref. II). La aleación a la que se refiere la presente invención es con Mg (B). La aleación sin Mg (A) no está de acuerdo con la invención. Las composiciones de las aleaciones se muestran en la Tabla 2.

25 Se cortaron piezas de prueba en forma rectangular, y se montaron como una probeta voladiza, con un saliente de 80 mm. Se midió la posición del extremo libre de la probeta antes y después de la simulación de soldadura fuerte, y la diferencia entre las posiciones está indicada de aquí en adelante como distancia de alabeo. Se usó un ciclo de soldadura fuerte a vacío calentando desde temperatura ambiente hasta 600°C en 45 minutos, homogeneizando a esa temperatura durante 10 minutos y enfriando libremente al aire desde ~550°C.

30 A partir de los resultados de los ensayos es evidente, según la Tabla 3, que una cantidad más alta de Cu en la aleación no aumenta por sí misma la resistencia al alabeo, como se estableció en el documento 6.019.939. Según parece, se necesita una presencia de Zr para compensar el alabeo incrementado, originado por la cantidad incrementada de Cu en la aleación. La aleación de la presente invención da una resistencia al alabeo mejorada aproximadamente un 10%, a pesar de tener calibres más delgados.

Tabla 2

Composición química en % en peso, análisis de la masa fundida.						
Muestra	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr
Ref. I	0,04	0,16	0,59	1,48	0,27	<0,01

(continuación)

Composición química en % en peso, análisis de la masa fundida.						
Muestra	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr
Ref. II	0,04	0,16	0,79	1,46	0,28	<0,01
A*	0,06	0,16	0,79	1,72	<0,01	0,12
B	0,06	0,19	0,81	1,72	0,31	0,13
*No está de acuerdo con la invención						

Tabla 3

Distancias de alabeo				
	Ref. I	Ref. II	A	B
Calibre [μm]	303	309	271	271
Distancia alabeada [mm]	19,1	21,8	17,2	17,6

5 Ejemplo 2, Influencia del contenido de Mn sobre la resistencia.

Se diseñaron cuatro aleaciones usando la composición del material del documento US 6.019.939, de alto contenido en Mn, como una referencia. Se hizo una aleación para que tuviera la misma composición que la referencia, pero con alto contenido en Zr (Ref. III). La aleación a la que se refiere la presente invención es con Mg (B). La aleación sin Mg (A) no está de acuerdo con la invención. Las composiciones de las aleaciones se muestran en la Tabla 4. Se tomaron muestras cuando el material tenía un espesor adecuado para tubos, y en un revenido H24.

Los materiales fueron soldados con soldadura fuerte simulada a vacío, y se cortaron a las longitudes adecuadas para el ensayo de tracción. El ciclo de soldadura fuerte a vacío incluyó calentamiento desde temperatura ambiente hasta 600°C en 45 minutos, homogeneización durante 5 minutos a dicha temperatura, y enfriamiento libre al aire desde ~550°C. Se usaron únicamente muestras enfriadas al aire (~1°C/s).

15 Los resultados de los ensayos de tracción se muestran en la Tabla 5. Un aumento del Mn desde 1,5 a 1,7% en peso, aumentó la resistencia. El aumento de la resistencia debido al aumento del contenido de Mn es de aproximadamente el 6%.

Tabla 4

Composición química en % en peso, análisis de la masa fundida.						
Muestra	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr
Ref. I	0,04	0,16	0,59	1,48	0,27	<0,01
Ref. III	0,04	0,16	0,57	1,46	0,26	0,12
A*	0,06	0,16	0,79	1,72	<0,01	0,12

(continuación)

Composición química en % en peso, análisis de la masa fundida.						
Muestra	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr
B	0,06	0,19	0,81	1,72	0,31	0,13
*No está de acuerdo con la invención						

Tabla 5

Resistencias después de la soldadura fuerte			
	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _{50mm} [%]
Referencia I	60,5	167	13
Referencia III	60,6	163,5	11,5
A*	57,1	161	14,6
B	64,3	180,5	14,8
*No está de acuerdo con la invención			

5 **Ejemplo 3, Influencia del contenido de Mg sobre el límite de fluencia.**

Se compararon dos composiciones de aleación, una según la invención con Mg (B) y una sin Mg (A), según la Tabla 6. Se soldaron láminas de los materiales con soldadura fuerte simulada en un horno a vacío, a una presión de aproximadamente 0,0133 Pa (10^{-4} torr) según el siguiente ciclo estándar de soldadura fuerte: calentamiento desde temperatura ambiente hasta 600°C en 45 minutos, seguido de homogeneización durante 5 minutos a esa temperatura antes de que se enfriaran las muestras al aire a temperatura ambiente.

10

Se demostró que el Mg era beneficioso para la resistencia, y el límite de fluencia aumentó en 7 MPa, según la Tabla 7.

Tabla 6

Composición química en % en peso, análisis de la masa fundida.						
Muestra	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr
A*	0,06	0,16	0,79	1,72	<0,01	0,12
B	0,06	0,16	0,81	1,72	0,31	0,13
*No está de acuerdo con la invención						

15

Tabla 7

Resistencias a la tracción después de la simulación de soldadura fuerte			
	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _{50mm} [%]
A*	57,1	161	14,6
B	64,3	180,5	14,8
*No está de acuerdo con la invención			

Ejemplo 4, La influencia del Zr sobre la resistencia.

5 Se diseñaron tres aleaciones usando la composición del material del documento US 6.019.939, de alto contenido de Mn, como referencia. Se hizo una aleación, Ref. III, para que tuviera la misma composición que la Ref. I pero con Zr, según la Tabla 8. Se hizo una aleación, B en la Tabla 8, según la presente invención con similar alta cantidad de Mg. Las composiciones químicas se ven en la Tabla 8.

10 Los materiales fueron soldados con soldadura fuerte simulada a vacío, y se cortaron a las longitudes adecuadas para el ensayo de tracción. El ciclo de soldadura fuerte a vacío fue calentar desde temperatura ambiente hasta 600°C en 45 minutos, homogeneizar durante 5 minutos a dicha temperatura, y enfriar libremente al aire desde ~550°C. Se usaron únicamente muestras enfriadas al aire (~1°C/s).

Los resultados de los ensayos de tracción se muestran en la Tabla 9. El aumento del Zr no tiene influencia en la resistencia de estas aleaciones.

Tabla 8

Composición química en % en peso, análisis de la masa fundida.							
Muestra	Calibre	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr
Ref. I	308	0,04	0,16	0,59	1,48	0,27	<0,01
Ref. III	310	0,04	0,16	0,57	1,46	0,26	0,12
B	275	0,06	0,19	0,81	1,72	0,31	0,13

15

Tabla 9

Datos del ensayo de tracción			
	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A _{50mm} [%]
Referencia I	60,5	167	13
Referencia III	60,6	163,5	11,5
B	64,3	180,5	14,8

Ejemplo 5, Ensayo de corrosión SWAAT.

Se evaluó en comportamiento de la corrosión usando el ensayo en agua de mar acidificada con ácido acético (SWAAT) (del inglés; Sea Water Acetic Acid Test). El SWAAT es un ensayo cíclico de corrosión acelerada, según ASTM G 85, sin ningún metal pesado. Se usó un horno por cargas CAB para soldar con soldadura fuerte los materiales, con un ciclo térmico que va desde temperatura ambiente hasta 600°C en 15 minutos, 3 minutos de homogeneización a esa temperatura, un enfriamiento a aproximadamente 0,5°C/s hasta ~350°C, y finalmente una enfriamiento al aire. El sustituto del agua de mar se hizo según ASTM D 1141, pero sin ajuste de pH, a pH 8,2. En vez de eso, se hizo un ajuste de pH con NaOH después de la adición de 10 ml/l de ácido acético, para ajustar el final de la solución SWAAT a pH 2,8 a 3,0. Durante el ensayo, la solución SWAAT se roció intermitentemente en una vitrina, una vitrina de ensayos Ascott CC1000t, durante 30 minutos, seguido de un tiempo sin rociar de 90 minutos. Las muestras se colocaron horizontalmente en la parte de arriba de la vitrina, y con un ángulo de 15 grados respecto a la vertical. Todas las muestras medían 6 x 11 cm, y se obtuvieron a partir de una lámina A4 con soldadura fuerte simulada, las cuales se desengrasaron con ultrasonidos, durante 5 minutos en Candoclene, a 50°C, se enjuagaron primero con agua desionizada y luego con etanol antes de secar. Las muestras se cubrieron con plástico adhesivo por el lado opuesto al de la aportación, para proporcionar una protección contra la solución salina corrosiva. Se incluyeron muestras de las muestras 3005LL y AA3003 que se pueden conseguir comercialmente, como materiales de referencia en el ensayo de la aleación de aluminio según la presente invención, B en la Tabla 10.

Las composiciones químicas de la aleación de aluminio según la presente invención, de la aleación de aluminio A, y de los materiales de referencia, se especifican en la Tabla 10.

20 Tabla 10

Composiciones químicas en % en peso en SWAAT (para 3005LL y AA3003 se dan los valores máximos, a menos que se expresen como un intervalo)						
Muestra	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zr
A*	0,06	0,16	0,79	1,72	<0,01	0,12
B	0,06	0,19	0,81	1,72	0,31	0,13
3005LL	0,6	0,7	0,2 – 0,4	1,0 – 1,5	0,10 – 0,40	--
AA3003	0,6	0,7	0,05 – 0,2	1,0 – 1,5	--	--
*No está de acuerdo con la invención						

Se recuperaron de la vitrina tres muestras de cada material después de 20, 30 y 40 días de exposición al SWAAT. La evaluación después del ensayo SWAAT incluyó limpiar las muestras en ácido nítrico (65%) durante 15 minutos, para retirar los productos de la corrosión y realizar una inspección visual en busca de perforaciones. Se hicieron secciones para estudiar el modo del ataque de la corrosión, y determinar la profundidad del ataque de la corrosión, usando un microscopio óptico (LOM).

Las muestras de la aleación de aluminio según la presente invención no mostraron señales de perforación después de sacarlas del ensayo SWAAT después de 20, 30 y 40 días, según la Tabla 11. Sin embargo, la aleación 3005LL de referencia que se puede conseguir comercialmente, mostró algunas perforaciones después de 30 días de ensayo SWAAT, así el tiempo para la aparición de la primera perforación en la 3005LL que se puede conseguir comercialmente fue de 21 – 30 días, véase la Tabla 11. La AA3003 mostró ya graves perforaciones después de 10 días.

Tabla 11

Aleación	Días para la primera perforación
A*	>40

B	>40
---	-----

(continuación)

Aleación	Días para la primera perforación
3005LL	21 - 30
AA3003	3 - 10
*No está de acuerdo con la invención	

5 Además, se analizaron también cortes transversales de la muestra de referencia y de las muestras de la aleación de aluminio según la presente invención, según la Figura 1(a) – (c). Sobre las muestras de la aleación de aluminio según la presente invención, sólo se pudo observar ataque de corrosión lateral en la capa superficial, según la Figura 1(a) y (b). Esto es una evidencia de la existencia de una capa superficial de sacrificio en la aleación de aluminio según la invención.

La 3005LL mostró perforaciones en el material, y una morfología de la corrosión donde está a punto de producirse picaduras, según la Figura 1(c).

10 **Ejemplo 6, Potencial de corrosión.**

Se midió el potencial de la corrosión electroquímica de la aleación de aluminio según la presente invención y se comparó con la muestra de referencia, en forma de aluminio comercialmente puro, AA3003, y la 3005LL que se puede conseguir comercialmente. Se usó un horno por cargas CAB para soldar con soldadura fuerte los materiales, con un ciclo térmico que va desde temperatura ambiente hasta 600°C en 15 minutos, 3 minutos de homogeneización a esa temperatura, un enfriamiento a aproximadamente 0,5°C/s hasta ~350°C, y finalmente una enfriamiento al aire. Se midió el potencial de corrosión electroquímica como una función de la profundidad, desde la superficie del metal con soldadura fuerte hasta el núcleo. El lado en contacto con el agua se cubrió con un adhesivo, antes de un ataque químico progresivo en sosa cáustica caliente, para retirar capas de la superficie metálica de soldadura fuerte en pasos sucesivos. Para cada paso de ataque químico, se aplicaron tiempos de ataque químico de 1 a 3 minutos, dependiendo de la cantidad de material que se va a retirar. Después de cada periodo de ataque químico, se cortó una muestra de 1,5 cm de ancho. Se realizaron ocho pasos de ataque químico, produciendo así ocho muestras de cada material, con diversos espesores. La máxima profundidad de ataque químico fue de aproximadamente 0,15 mm, que corresponde a aproximadamente la mitad, o más, del espesor de la lámina para soldadura fuerte.

25 Se midieron simultáneamente los potenciales de corrosión del conjunto completo de ocho muestras atacadas químicamente de diversas formas en la solución SWAAT. Antes de registrar los potenciales, se añadieron también 10 ml/l de peróxido de hidrógeno. Se determinaron los potenciales de corrosión a partir de los valores obtenidos en la curva potencial-tiempo de cada muestra, después de 30 minutos a 1 hora de ensayo. Finalmente, se representaron gráficamente los potenciales de corrosión frente a la profundidad del ataque químico, formando un perfil de profundidad del potencial de corrosión, según la Figura 2.

30 El resultado del ensayo respecto al potencial de corrosión mostró que la aleación de aluminio según la presente invención tiene un potencial de corrosión superior, en comparación con las muestras de referencia, lo que se visualiza en la Figura 2. Además, el ensayo respecto al potencial de corrosión sugiere que la aleación de aluminio según la invención tiene un efecto de sacrificio mejorado en comparación con las muestras de referencia.

35 Aunque antes se ha descrito la presente invención con referencia a realizaciones específicas, no se pretende que se limiten a la forma específica aquí expuesta. En vez de eso, la invención está limitada únicamente por las reivindicaciones que la acompañan, y son igualmente posibles otras realizaciones diferentes a la anteriormente especificada, dentro del alcance de estas reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación de aluminio que consiste en 0,1% en peso, o menos de 0,1% en peso, de Si; 0,05 – 0,35% en peso de Mg; 1,55 a 1,9% en peso de Mn; 0,7 a 0,9% en peso de Cu; y 0,05 a 0,25% en peso de Zr; opcionalmente menos de 0,5% en peso de Fe, el resto aluminio, y las inevitables impurezas hasta el 0,15% en peso en total.
- 5 2. La aleación de aluminio según la reivindicación 1, que comprende de 0,2 a 0,35% en peso de Mg.
3. La aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende de 1,55 a 1,8% en peso de Mn.
4. La aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que dicha aleación de aluminio está provista de al menos una capa adicional.
- 10 5. La aleación de aluminio según la reivindicación 4, en la que al menos una de dichas capas adicionales está hecha de una aleación de aluminio que tiene una temperatura de fusión que es inferior a la de dicha aleación según las reivindicaciones 1 – 3.
6. Un procedimiento para la preparación de una aleación de aluminio, que comprende los pasos de:
 - 15 a) proporcionar una aleación de aluminio que consiste en 0,1% en peso, o menos de 0,1% en peso, de Si; 0,05 – 0,35% en peso de Mg; 1,55 a 1,9% en peso de Mn; 0,7 a 0,9% en peso de Cu; y 0,05 a 0,25% en peso de Zr; opcionalmente menos de 0,5% en peso de Fe, el resto aluminio, y las inevitables impurezas hasta el 0,15% en peso en total, y
 - b) colar dicha aleación de aluminio.
7. Un procedimiento para fabricar una lámina de aluminio que comprende los pasos de:
 - 20 a) proporcionar la aleación de aluminio según las reivindicaciones 1 a 3,
 - b) someter dicha aleación de aluminio a un procedimiento de colada para producir una aleación de aluminio colado,
 - c) someter dicha aleación de aluminio colada a un procedimiento de laminación en caliente, y
 - d) someter dicha aleación de aluminio colada a un procedimiento de laminación en frío.
- 25 8. El procedimiento según la reivindicación 7, en el que se usa un paso adicional de recocido después de dichos procedimientos de laminación en caliente y/o en frío.
9. El procedimiento según las reivindicaciones 7 a 8, en el que se realiza un paso de descostrar y revestir dicha aleación de aluminio con al menos una capa adicional antes del paso c.
10. Una lámina de aluminio de una aleación de aluminio según cualquiera de las reivindicaciones 1 – 5.
- 30 11. Una lámina de aluminio según la reivindicación 10, que comprende además una capa adicional, como por ejemplo una capa de revestimiento de soldadura fuerte.

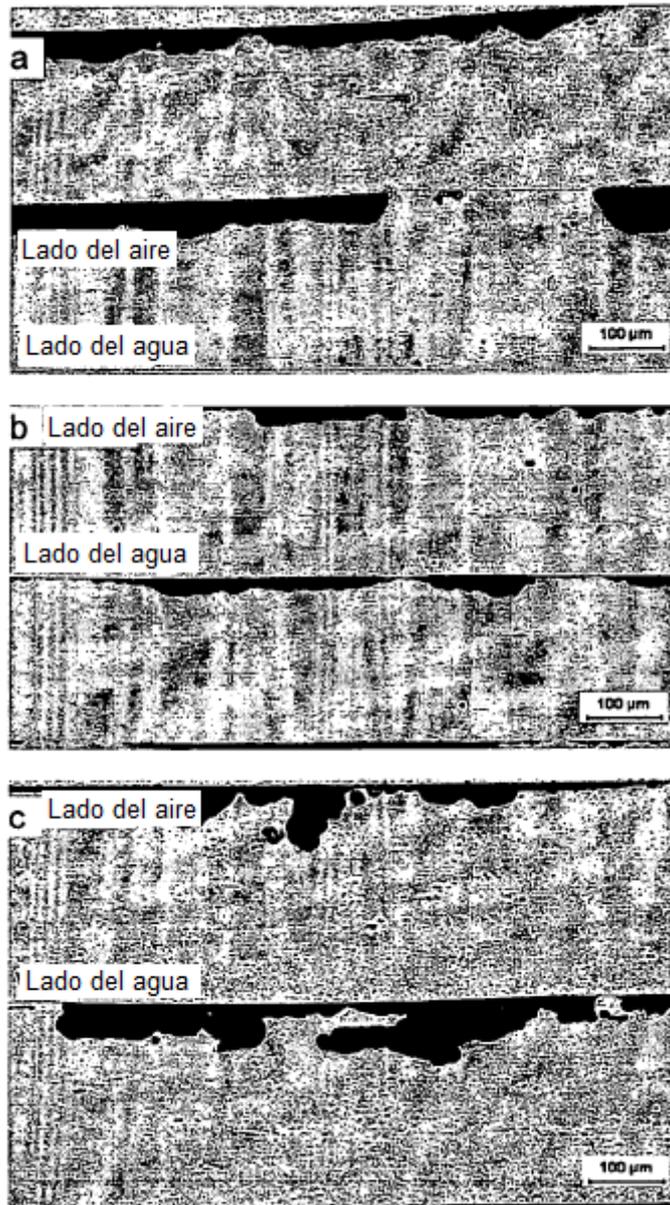


Fig. 1.

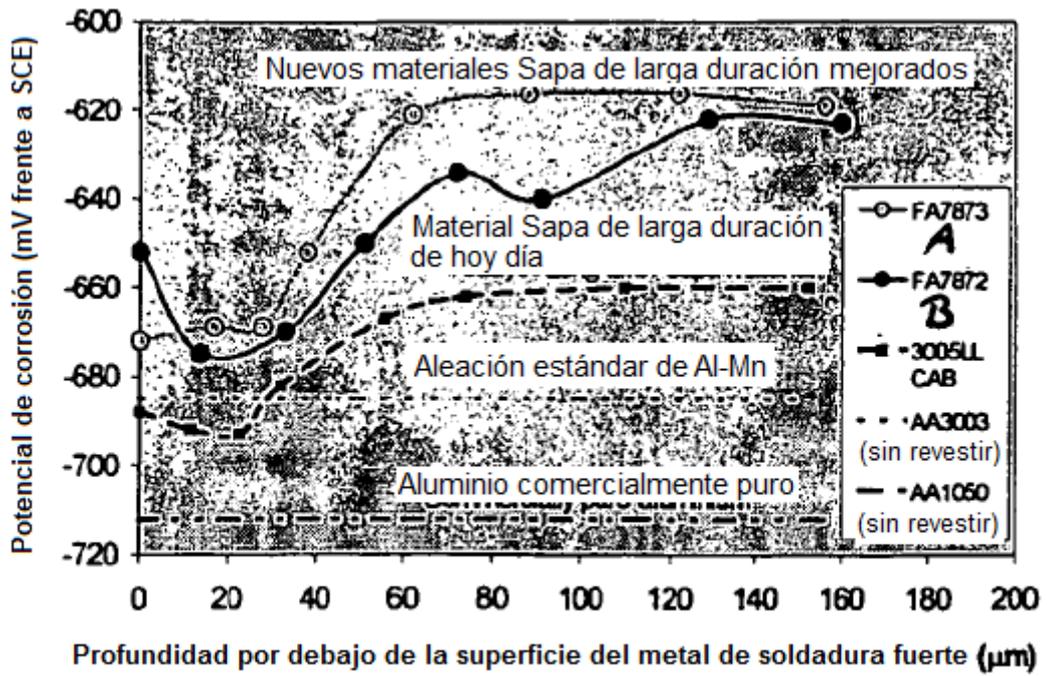


Figura 2