

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 537**

51 Int. Cl.:

**B23K 26/42** (2006.01)  
**B23K 9/23** (2006.01)  
**B23K 9/235** (2006.01)  
**B23K 11/18** (2006.01)  
**B23K 11/34** (2006.01)  
**B23K 15/00** (2006.01)  
**B23K 26/32** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2009 E 09794006 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012 EP 2321436**

54 Título: **Procedimiento de preparación previo a la soldadura de productos realizados con aleaciones de aluminio y litio**

30 Prioridad:

**07.07.2008 FR 0803849**

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

**20.03.2013**

73 Titular/es:

**CONSTELLIUM FRANCE (100.0%)  
40-44, rue Washington  
75008 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**EBERL, FRANK;  
JAMBU, STÉPHANE;  
BARTHELEMY, CHRISTRIAN y  
POUGET, GAËLLE**

74 Agente/Representante:

**MIR PLAJA, Mireia**

**ES 2 398 537 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 preparación previo a la soldadura de productos realizados con aleaciones de aluminio y litio.

**5 Campo de la invención**

Esta invención consiste en un procedimiento de preparación previo a la soldadura de productos realizados con aleaciones de aluminio y litio.

**10 Estado de la técnica**

Las aleaciones de aluminio y litio (Al-Li) son consideradas desde hace mucho tiempo una solución eficaz para reducir el peso de los elementos estructurales debido a su escasa densidad. Se utilizan sistemáticamente en las estructuras aeronáuticas más modernas. Además, la utilización de la soldadura en lugar de las técnicas habituales de remachado constituye también una tendencia actual en el sector aeronáutico. De ello se deduce que, para poder utilizar las aleaciones Al-Li en el sector aeronáutico, es preferible poderlas soldar sin dificultad por fusión.

La patente US 5.032.359 describe una familia de aleaciones Al-Li soldables, las aleaciones de aluminio, cobre, litio, magnesio y plata. Estas aleaciones son conocidas además con el nombre comercial de "WELDALITE®", haciendo hincapié en su soldabilidad. Sin embargo, en esta patente inicial y en la bibliografía posterior se reconoce que este tipo de aleaciones son susceptibles de formar porosidades al soldarlas. El mecanismo que provoca este problema no se conoce bien, pero parece específico de las aleaciones Al-Li.

ASM Handbook "Aluminum", 1991, páginas 402-403, propone una posible solución a este problema mediante un tratamiento previo, generalmente un decapado de la superficie del orden de 250 µm justo antes de efectuar la soldadura. Se observa entonces la desaparición de las porosidades posteriores a la soldadura. Sin embargo, esta práctica presenta algunos inconvenientes: es necesario efectuar una etapa de tratamiento superficial bastante larga antes de la soldadura, lo cual complica el procedimiento de fabricación y puede conllevar inversiones prohibitivas para las fábricas que no estén equipadas con líneas de tratamiento de superficies. Dicho tratamiento puede ser difícil de realizar de manera homogénea, especialmente en perfiles con formas complejas. Además, es difícil realizar un decapado químico del orden de 250 µm de forma precisa y en piezas de poco grosor, que suele rondar 1 o 2 mm. El decapado de ambas caras puede representar entre el 25 y el 50 % del grosor final, lo cual plantea problemas técnicos para respetar las tolerancias de grosor y tiene que tenerse en cuenta a la hora de dimensionar las piezas. Finalmente, este tratamiento provoca una merma de metal que económicamente resulta muy desfavorable, especialmente en el caso de piezas de escaso grosor.

El documento de Ellis M B D "Fusion welding of aluminium-lithium alloys" Welding and Metal Fabrication, EPC LTD. HAYWARDS HEATH, GB vol 64, nº2, 1 de febrero de 1996, páginas 44/56, 58 y 60, indica igualmente que es necesario retirar 0,2 mm de cada cara para realizar soldaduras sin porosidades en las aleaciones de aluminio y litio.

El documento Ryazantsev V I "Preparation of the surface of aluminium alloys for arc welding" Welding International, Taylor & Francis Abingdon, GB, vol. 16, nº 9, 1 de enero de 2002, páginas 744-749, describe diversos procedimientos de preparación de productos con aleaciones de aluminio, en particular con aleaciones de aluminio y litio, incluidas las etapas de desengrase y decapado químico, así como el baño en una disolución dentro de un horno al vacío.

La patente US 6.881.491 describe un procedimiento de protección de una superficie de aluminio que se puede recubrir para evitar la formación de burbujas durante los tratamientos térmicos. Dicho procedimiento no está destinado a preparar la superficie antes de soldar aleaciones de aluminio y litio.

Del mismo modo, la solicitud de la patente EP-A-0 882 809 indica tratamientos que contienen pequeñas cantidades de flúor para evitar la oxidación, pero no generaliza su utilización antes de la soldadura o para aleaciones de aluminio y litio.

Existe, por lo tanto, la necesidad de un procedimiento que permita preparar las piezas hechas de aleaciones de aluminio y litio antes de soldarlas y que evite la formación de porosidades en la soldadura y elimine, al mismo tiempo, todos los inconvenientes derivados del decapado de la superficie.

**60 Objeto de la invención**

El objeto de la invención es un procedimiento para preparar un producto de aleación de aluminio y litio para soldarlo por fusión, incluidas las sucesivas etapas de

(i) suministro de un producto conformado en caliente hecho de una aleación de aluminio que contenga, al menos, un 0,8 % en peso de litio,

- (ii) opcionalmente, la conformación en frío del producto resultante,
- (iii) la limpieza de, al menos, la superficie del producto resultante destinada a la soldadura,
- 5 (iv) el recubrimiento de, al menos, la superficie limpiada del producto resultante con un revestimiento que tenga, como características en seco, una cantidad entre 0,1 y 5 mg/m<sup>2</sup> y, preferiblemente entre 0,5 y 4 mg/cm<sup>2</sup> y una concentración de flúor de, al menos, un 10 % en peso,
- (v) la realización de una operación consistente en un baño en disolución a una temperatura superior a 450 °C  
10 seguida del temple del producto resultante.

### Descripción de los dibujos

15 Figura 1: clasificación de la calidad en términos de porosidad de las líneas de soldadura. Figura 2: perfiles utilizados para los ensayos.

### Descripción detallada de la invención

20 A menos que se indique lo contrario, todas las indicaciones relativas a la composición química de las aleaciones se expresan en forma de porcentaje en peso basado en el peso total de la aleación. La denominación de las aleaciones se basa en las reglas de The Aluminum Association, conocidas por los expertos en la materia. Las definiciones de los estados metalúrgicos están indicadas en la norma europea EN 515. A menos que se indique lo contrario, se utilizan las definiciones de la norma EN 12258-1. La norma EN 2066 determina los grosores de los productos extrudidos.

25 Se entiende por revestimiento seco el estado alcanzado por el revestimiento cuando está seco en todo su espesor, tal y como determina la norma ISO 9117-90, que es diferente a un revestimiento seco en superficie, cuando gran parte del revestimiento no se ha estabilizado aún.

30 El procedimiento según la presente invención es un procedimiento de preparación de un producto de aleación de aluminio y litio para soldarlo por fusión. Se entiende por soldadura por fusión ciertos procedimientos, como la soldadura por puntos, la soldadura por chispa, soldadura por láser, soldadura por arco o la soldadura por haz de electrones, en los que se realiza la soldadura por encima del punto de fusión de la aleación de aluminio y litio, en su fase líquida. En el marco de la presente invención, se entiende por aleación de aluminio y litio las aleaciones que  
35 contienen como mínimo un 0,8 % en peso de litio. El procedimiento de la invención es especialmente apropiado para las aleaciones con un contenido mínimo del 1,4 % en peso de litio. Según esta invención, el procedimiento se aplica de forma especialmente adecuada a un producto hecho de una aleación incluida dentro del grupo constituido por las aleaciones 2090, 2091, 2196, 2097, 2197, 2297, 2397, 2099, 2199, 8090, 8091 y 8093. En una forma de realización preferida, el procedimiento según la presente invención se aplica a un producto de aleación 2196.

40 En un primer momento, se suministra un producto hecho de una aleación de aluminio y litio conformado en caliente. Por conformado se entiende la operación que consiste en deformar un bloque obtenido, por ejemplo, mediante colada semicontinua. El conformado en caliente de las aleaciones de aluminio y litio se efectúa en general a una temperatura inicial de conformado superior a 350 o 400 °C. Las operaciones de conformado son normalmente el laminado, la extrusión y el forjado. En una forma de realización preferida de la invención, el conformado en caliente es la extrusión en caliente.

45 Después, el producto conformado en caliente puede conformarse opcionalmente en frío, en una segunda fase, para obtener así un producto de menor grosor. Como ejemplo de operaciones de conformado en frío tenemos, por ejemplo, el laminado en frío, el estirado y/o el martelado.

50 Después, se limpia al menos la superficie destinada a la soldadura del producto conformado en caliente y, opcionalmente, conformado después en frío. La limpieza tiene la finalidad de eliminar los principales residuos procedentes de las etapas de conformado. Dichos residuos son principalmente aceites de conformado y partículas: óxidos y/o partículas metálicas. La limpieza puede efectuarse por cualquier medio apropiado para eliminar dicho  
55 residuos. La limpieza no es un decapado de la superficie. Así, el grosor de metal rebajado con la limpieza es inferior a 20 µm por cara y preferiblemente inferior a 10 µm por cara. En general, se realiza una limpieza química con un disolvente orgánico, por ejemplo un alcohol, una cetona o un alcano, o bien un desengrasante alcalino, por ejemplo un desengrasante a base de sosa, potasa o carbonato sódico, o incluso un desengrasante ácido, por ejemplo un desengrasante a base de ácido crómico, ácido sulfúrico o ácido fosfórico. Se pueden combinar varios métodos de  
60 limpieza. Sin embargo, los presentes inventores han constatado que la combinación de diferentes métodos, por ejemplo, la combinación de una limpieza básica y una limpieza ácida, no aportaba ventajas técnicas y complicaba inútilmente el procedimiento. Por consiguiente, la limpieza se realiza preferiblemente con productos de una única familia: limpieza con disolvente orgánico o limpieza mediante desengrasado básico o limpieza mediante  
65 desengrasado ácido. En una forma de realización ventajosa de la invención, la limpieza se efectúa mediante un tratamiento con una disolución acuosa de pH superior a 9. La limpieza puede ir seguida de un aclarado de la

superficie con, por ejemplo, agua desmineralizada.

Una vez limpiada, la superficie se cubre con un revestimiento que tenga como características en seco una cantidad comprendida entre 0,1 y 5 mg/cm<sup>2</sup> y preferiblemente entre 0,5 y 4 mg/cm<sup>2</sup> y una concentración de flúor de, al menos, un 10 % en peso y preferiblemente de, al menos, el 25 % en peso.

El revestimiento puede aplicarse en forma de disolución, normalmente por inmersión o pulverización; o en polvo, en general mediante polvo electrostático. En el caso de la aplicación de una disolución, el disolvente se evaporará después por cualquier medio adecuado, de manera que se obtenga un revestimiento seco. En el caso de la aplicación en polvo, se obtiene directamente un revestimiento seco. Un gran número de productos fluorados permiten alcanzar la concentración de flúor deseada en el revestimiento seco. En una forma de realización ventajosa, el flúor estará en forma de sal metálica de flúor o de compuesto fluorado. En el Cuadro 1, se proponen ejemplos de sales útiles en el marco de la invención. Se pueden utilizar de forma ventajosa los decapantes de la marca Nocolok®. En su mayor parte se trata de productos a base de fluoruro de aluminio y de potasio con la fórmula general K<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>F<sub>z</sub>, que eventualmente pueden contener diversos aditivos.

**Cuadro 1. Ejemplos de productos fluorados.**

Producto fluorado	Peso molecular (g)	Densidad relativa (H <sub>2</sub> O=1)	Punto de fusión (°C) o de descomposición (d)
NaBF <sub>4</sub>	109,79	2,47	d 384
K <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	220,27	2,665	d
KBF <sub>4</sub>	125,9	2,498	d 350
NH <sub>4</sub> HF <sub>2</sub>	57,04	1,5	125,6
AlF <sub>3</sub>	83,98	2,882	1291
CaF <sub>2</sub>	78,06	3,18	1423
BaF <sub>2</sub>	175,53	4,89	1355
BaSiF <sub>6</sub>	279,41	3,21	d
Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>	188,06	2,679	d
Criolita 3 NaF, AlF <sub>3</sub>		2,2	1040
Nocolok® FLUX K <sub>x</sub> Al <sub>y</sub> F <sub>z</sub>		2,8	565 a 572
Nocolok® Cs FLUX TM K <sub>x</sub> Al <sub>y</sub> F <sub>z</sub> >= 95 % Cs <sub>x</sub> Al <sub>y</sub> F <sub>z</sub> < 5 %		2,8-3	558 - 568
Nocolok® Zn FLUX KZnF <sub>3</sub> > 99 %		2,8	565-572

Son preferibles los productos que se descomponen al menos parcialmente durante el baño en disolución, para que no interfieran en la soldadura por fusión. Sin embargo, los presentes inventores han constatado que los residuos de algunos productos fluorados y, en particular los productos a base de fluoruro de aluminio y de potasio, no causaban problemas a la hora de la soldadura por fusión, probablemente porque tienen un punto de fusión inferior al punto de fusión de las aleaciones de aluminio. Resulta ventajoso añadir un fluoruro de aluminio y de cesio.

Ventajosamente, el revestimiento contiene un agente aglomerante cuya concentración en seco está comprendida entre el 5 y el 50 % en peso. El agente aglomerante consigue una aplicación homogénea y reproducible del producto fluorado. Para los revestimientos aplicados a partir de una disolución acuosa, se utiliza por lo general un espesante, por ejemplo los utilizados en la industria alimentaria, cosmética o de las pinturas. La carboximetilcelulosa es un agente aglomerante útil en el marco de la invención. En los revestimientos aplicados a partir de una disolución acuosa, también puede utilizarse de forma ventajosa un activador de la adherencia. Entre los activadores de la adherencia, son especialmente apropiados los silanos. Según la invención, este silano puede ser cualquier silano con fórmula general R'Si(OR)<sub>3</sub>, donde R' es un grupo que contiene, al menos, un radical orgánico y donde OR es un radical alquiloóxido. Se utiliza preferiblemente un aminosilano o un epoxisilano como los silanos AMEO (3-aminopropiltrióxidosilano) o Glymo: (3-glicidopropiltrimetoxisilano). Para los revestimientos aplicados en polvo, el agente aglomerante es normalmente un polímero. Dentro de los polímeros útiles en el marco de la invención se encuentran las resinas epoxídicas, las resinas de poliuretano, las resinas de poliolefina, las resinas de poliacrilato, las resinas de poliéster, los látex, las resinas de alquilsilicona y las resinas de poliisocianato. Es preferible utilizar resinas de alquilsilicona.

En una forma de realización de la invención, el revestimiento se aplica a partir de una disolución acuosa e incluye, en % en peso, entre un 75 y un 95 % de NaBF<sub>4</sub>, entre un 0 y un 15 % de carboximetilcelulosa y entre un 0 y un 15 % de un silano. Ventajosamente, el revestimiento según esta primera forma de realización solo incluye el componente NaBF<sub>4</sub>, la carboximetilcelulosa y el silano. En una segunda forma de realización de la invención, el revestimiento

seco aplicado preferentemente mediante polvo electrostático contiene, en % en peso, entre un 50 y un 100 % de  $K_xAl_yF_z$ , entre un 0 y un 5 % de  $Cs_xAl_yF$  y entre un 0 y un 50 % en peso de un agente aglomerante, preferiblemente una resina de alquilsilicona. Ventajosamente, el revestimiento según esta segunda forma de realización no incluye más componente que el  $K_xAl_yF_z$ ,  $Cs_xAl_yF$  y un agente aglomerante.

No son necesarias ni la limpieza ni la aplicación de un revestimiento sobre toda la superficie del producto porque la invención busca mejorar la calidad de la unión soldada y, por lo tanto, solo necesitan tratarse las superficies que se van a soldar. Sin embargo, puede ser conveniente efectuar estas etapas de limpieza y aplicación sobre la mayoría o preferiblemente sobre toda la superficie del producto, porque ello presenta una ventaja en términos de simplicidad y reproductibilidad del tratamiento.

Tras la aplicación del revestimiento, se efectúa una operación de baño en disolución a una temperatura superior a 450 °C seguida de un temple. Se trata de una operación clásica en las aleaciones de aluminio y litio que se efectúa al aire o en una atmósfera menos oxidante, por ejemplo con argón, helio,  $CO_2$  o nitrógeno, solos o mezclados. Una ventaja de la presente invención es la obtención de soldaduras sin porosidades, sea cual sea la atmósfera utilizada en el tratamiento de baño en disolución. La invención puede también ser ventajosa en el caso de realizar tratamientos térmicos de ablandamiento intermedios a una temperatura superior a 250 o 300 °C durante las etapas de deformación en frío, por ejemplo entre pasadas de laminado en frío de planchas o de estirado de tubos. Opcionalmente se limpia al menos una superficie cubierta de un revestimiento del producto resultante en baño de disolución. En el transcurso de las etapas de baño en disolución y temple, se elimina, al menos parcialmente, el revestimiento. En algunos casos quedan en la superficie residuos del revestimiento. Estos residuos pueden dar al producto un aspecto no deseable o resultar molestos para las operaciones de soldadura. Si es necesario pueden limpiarse, siendo apropiadas las condiciones de limpieza ya descritas. A este respecto, los revestimientos que contienen un producto fluorado de tipo  $NaBF_4$  o  $KBF_4$  son ventajosos porque, en las condiciones de la invención, no subsiste tras el baño en disolución y el temple ningún residuo visible. Los revestimientos que contienen un producto fluorado de tipo  $K_xAl_yF_z$  y/o  $Cs_xAl_yF_z$  también son adecuados porque los residuos que subsisten tras el baño en disolución y temple no interfieren en las operaciones de soldadura por fusión.

Antes o después de la etapa opcional de limpieza posterior al baño en disolución, pueden efectuarse, si fuera necesario, fases de deformación en frío, aplanado, rectificación, conformado o revenido, habituales en este tipo de productos. El producto final del procedimiento de preparación según la invención es apto para soldarse por fusión. La soldadura por fusión se efectúa mediante cualquier técnica de soldadura por fusión. En una forma de realización de la invención, se realiza la soldadura por fusión mediante soldadura láser en atmósfera inerte. La preparación realizada proporciona una gran estabilidad al producto de aleación de aluminio y litio. Si es necesario, la soldadura por fusión puede efectuarse varias semanas después de haber finalizado el tratamiento. Gracias a la preparación del producto según la invención, se obtienen soldaduras por fusión sustancialmente exentas de porosidades. Al no conocerse bien la elevada propensión de las soldaduras realizadas en aleaciones de aluminio y litio a formar porosidades, el mecanismo que explica la eficacia del tratamiento según la invención es particularmente difícil de esclarecer. Los presentes inventores, aun sin estar seguros de ninguna teoría en particular, piensan que el revestimiento interactúa de forma sinérgica con el hidrógeno presente en la atmósfera y el litio presente en la aleación en el momento del baño en disolución.

La invención es particularmente ventajosa cuando el producto conformado en caliente y opcionalmente conformado en frío es un producto laminado o extrudido de grosor inferior a 5 mm y preferiblemente inferior a 2 mm. En efecto, cuanto menor es el grosor del producto, más delicado de realizar de forma fiable resulta el procedimiento conocido de decapado previo a la soldadura y más problemático resulta respetar las tolerancias de grosor del producto.

Así, la invención permite fabricar un ensamblaje soldado por fusión, con una soldadura sustancialmente exenta de porosidades, entre un primer elemento de aleación de aluminio que contiene, al menos, un 1,4 % en peso de litio y, al menos, un segundo elemento de una aleación metálica cuyo primer elemento es un producto laminado o extrudido de grosor inferior a 5 mm, y preferiblemente inferior a 2 mm, que ha sido preparado mediante el procedimiento de la invención. Ventajosamente, la tolerancia en grosor del primer elemento es  $\pm 0,20$  mm, preferiblemente  $\pm 0,15$  mm y aún más preferiblemente  $\pm 0,10$  mm. El primer elemento y el segundo elemento son productos conformados, normalmente un perfil, una plancha, un tubo, una barra o una pieza forjada. La posibilidad de alcanzar tal tolerancia en grosor, especialmente para productos de grosor reducido es una ventaja técnica de la invención porque, con los procedimientos de la técnica anterior, que utilizaban un decapado químico de 0,2 mm a 0,25 mm en cada cara, que podía representar aproximadamente de un 25 a un 50 % del grosor final del producto, era difícil alcanzar tales tolerancias. La invención es especialmente ventajosa cuando los dos elementos del ensamblaje soldado son de aleación de aluminio y litio, ya que es más difícil en este caso obtener soldaduras sustancialmente exentas de porosidades. En una realización ventajosa de la invención, el ensamblaje soldado contiene, al menos, un segundo elemento de una aleación de aluminio que contiene, al menos, un 0,8 % en peso de litio.

En otra forma de realización de la invención, el segundo elemento es una aleación de titanio y el ensamblaje es preferiblemente una operación de "soldadura fuerte/blanda" en la que hay fusión del elemento de aleación aluminio y litio pero no fusión del elemento de aleación de titanio.

En otra forma de realización, el segundo elemento es cualquier producto soldable por fusión con el primer elemento, en concreto cualquier aleación de aluminio.

5 En una forma de realización ventajosa de la invención, el primer elemento es un perfil, preferiblemente de aleación 2196 y el segundo elemento es una plancha o un perfil.

10 Los ensamblajes soldados según la invención encuentran aplicaciones especialmente ventajosas en la construcción aeronáutica en la fabricación de elementos estructurales. El término "elemento estructural" hace referencia a un elemento utilizado en construcción mecánica cuyas características mecánicas, estáticas y/o dinámicas tienen una importancia especial para el rendimiento y la integridad de la estructura, y para el que, generalmente, se efectúa o se recomienda efectuar un cálculo estructural. Se trata normalmente de una pieza mecánica cuyo fallo puede poner en peligro la seguridad de dicha construcción, de sus usuarios o de otras personas. En el caso de un avión, estos elementos de estructura abarcan, en particular, los elementos que componen el fuselaje, como son la piel, los rigidizadores o larguerillos, los mamparos, las cuadernas circulares, elementos de las alas (como el forro, los larguerillo y otros elementos rigidizadores, las costillas y los largueros) y el empenaje, compuesto principalmente por los estabilizadores horizontales y verticales, así como los largueros del suelo, los rieles para los asientos y las escotillas.

20 En una forma de realización preferida, los ensamblajes soldados según la invención se utilizan para fabricar paneles de fuselaje.

### Ejemplos

#### Ejemplo 1- comparativo

25 En este ejemplo comparativo se han soldado por fusión algunos perfiles de aleación AA2196 de 1,6 mm y 3,2 mm de grosor en estado T4. En la Figura 2 aparecen las secciones de los perfiles de grosor 1,6 mm y de grosor 3,2 mm. La operación de baño en disolución duraba 45 minutos a 524 °C. Las líneas de soldadura se han efectuado por láser con un alambre de aportación de aleación 4047, a una potencia de 2300 W y una velocidad de soldadura de 5,4 m/min, en una atmósfera constituida por una mezcla de Ar (30 %) y He (70 %). Se ha realizado un decapado de grosor controlado comprendido entre 0 y 300 µm por cara, mediante un decapante alcalino.

35 La presencia de porosidades en las soldaduras obtenidas se ha definido mediante rayos X. La Figura 1 ilustra los 4 niveles de porosidades utilizados para evaluar los resultados obtenidos. El nivel A corresponde a la presencia de un escasísimo número de poros. La soldadura está sustancialmente exenta de porosidades y la calidad de la soldadura es buena. El nivel B corresponde a una densidad de poros superior a la del nivel A. El diámetro de los poros no supera los 0,5 mm. El nivel C corresponde a una densidad aún superior a la del nivel B. El diámetro de los poros no supera los 1,5 mm. El nivel D corresponde a una elevada densidad de poros. Algunos poros tienen un diámetro superior a 1,5 mm.

40 Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 2. Resulta necesario realizar un decapado de 200 a 250 µm para obtener líneas de soldadura sustancialmente exentas de porosidades.

45 **Cuadro 2. Calidad de las líneas de soldadura para diferentes condiciones de decapado.**

Decapado	Perfiles de 1,6 mm de grosor		Perfiles de 3,2 mm de grosor	
	Referencia de la muestra	Calidad de la soldadura en términos de porosidad	Referencia de la muestra	Calidad de la soldadura en términos de porosidad
0 µm	M1	D	E1	C
20 µm	M2	D	E2	D
50 µm	M3	D	E3	C
100 µm	M4	C	E4	B
200 µm	M5	A	E5	B
250 µm	M6	A	E6	A
300 µm	M7	A	E7	A

#### Ejemplo 2

50 En este ejemplo comparativo de los perfiles de aleación AA2196 de 1,6 mm de grosor, cuya sección se describe en la Figura 2, se han revestido con los productos indicados en el cuadro 3, tras haberse sometido a una limpieza en medio alcalino seguida de un aclarado con agua desionizada, un tratamiento de neutralización con ácido nítrico al

58 % en volumen durante 1 minuto y un aclarado posterior con agua desionizada. Tras secar el revestimiento, se ha medido la cantidad aplicada y se han sometido los perfiles a un baño en disolución y temple antes de someter las líneas de soldadura a condiciones idénticas a las del ejemplo 1. En el cuadro 3, se indican también los resultados en términos de calidad de la línea de soldadura.

5

**Cuadro 3. Condiciones de revestimiento utilizadas**

Referencia	Producto activo	Aglomerante 1	Aglo-merante 2*	Disolvente	Técnica revestimiento	Cantidad aplicada (mg/cm <sup>2</sup> )	Calidad de soldadura en términos de porosidad
AA1*							C
AA2*							D
BB1	NaBF <sub>4</sub> 161,5 g/kg	silano Glymo 10 g/kg	CMC 6,75 g/l	agua	inmersión	0,63	B
BB2	NaBF <sub>4</sub> 161,5 g/kg	silano Glymo 10 g/kg	CMC 6,75 g/l	agua	inmersión	0,62	B
LL1	NaBF <sub>4</sub> 161,5 g/kg	silano Glymo 5 g/kg	CMC 6,75 g/l	agua	inmersión	0,4	A-B
LL2	NaBF <sub>4</sub> 161,5 g/kg	silano Glymo 5 g/kg	CMC 6,75 g/l	agua	inmersión	0,37	A-B
CC1	NaBF <sub>4</sub> 845 g/kg	SILRES® MK 155 g/kg	0	no	Polvo electrostático	1,66	B
CC2	NaBF <sub>4</sub> 845 g/kg	SILRES® MK 155 g/kg	0	no	Polvo electrostático	1,29	B
JJI	KBF <sub>4</sub> 169 g/kg	silano Glymo 10 g/kg	CMC 6,75 g/l	agua	inmersión	0,1	C
JJ2	KBF <sub>4</sub> 169 g/kg	silano Glymo 10 g/kg	CMC 6,75 g/l	agua	inmersión	0,13	B
DD1*	B203 60 g/kg	SILRES® MK 50 g/kg	0	no	Polvo electrostático	2,67	B
DD2*	B203 60 g/kg	SILRES® MK 50 g/kg	0	no	Polvo electrostático	1,77	B
GG1*	TiB <sub>2</sub> 100 g/kg	SILRES® MK 17 g/kg	0	no	Polvo electrostático	1,17	D
GG2*	TiB <sub>2</sub> 100 g/kg	SILRES® MK 17 g/kg	0	no	Polvo electrostático	0,98	D
KK1*	TiB <sub>2</sub> 100 g/kg	Silano Ameo 10 g/kg	0	agua	Pincel	7,6	D
KK2*	TiB <sub>2</sub> 100 g/kg	Silano Ameo 10 g/kg	0	agua	Pincel	6,6	D

\* CMC: carboximetilcelulosa

10 Silano AMEO: 3-aminopropiltrióxidosilano

Silano Glymo: 3-glicidopropiltrimetoxisilano

\* Ejemplo comparativo

15 Con relación a las muestras de referencia AA1 y AA2, la mayoría de las muestras probadas presentan una mejora de la porosidad de las líneas de soldadura, exceptuando las muestras en las que el producto activo es TiB<sub>2</sub>. Las muestras tratadas con B203 presentan numerosos residuos superficiales tras el baño en disolución.

### Ejemplo 3

20 Se han obtenido perfiles de grosor de 1,6 mm de aleación AA2196 de sección idéntica a la de los ejemplos anteriores por colada de palanquillas cuya composición se suministra y por extrusión a una temperatura superior a 400 °C.

25 Se han efectuado tratamientos de preparación de la superficie antes del baño en disolución. Primero una limpieza en una disolución alcalina, seguida en algunos casos de un tratamiento en una disolución ácida. Posteriormente se han efectuado tres tipos de tratamientos: un primer tratamiento a base de fluoroborato de sodio (NaBF<sub>4</sub>), un segundo tratamiento a base de óxido de boro y un tercer tratamiento a base de fluoruro de aluminio y de potasio (K<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>F<sub>z</sub>). El tratamiento K<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>F<sub>z</sub> era a base del decapante con la referencia Nocolok®Cs FLUX TM. Este decapante contiene entre un 95 y un 100 % de fluoruro de aluminio y de potasio K<sub>2</sub>AlF<sub>5</sub> y menos del 5 % de fluoroaluminato de cesio CSAIF<sub>4</sub>. En algunas composiciones se ha añadido la resina de polimetilsiloxano SILRES® MK Powder de la firma

30

Wacker Chimie. Se ha añadido el silano Glymo (glicidopropiltrimetoxisilano) al primer tratamiento.

Además, se han utilizado diferentes condiciones de baño en disolución. Se han probado dos atmósferas de horno: atmósfera estándar y atmósfera deliberadamente humidificada para crear condiciones más rigurosas.

5 En el cuadro 4, se presentan las condiciones utilizadas y los resultados obtenidos.

**Cuadro 4. Condiciones de revestimiento utilizadas.**

	Limpieza básica <sup>a</sup>	Tratamiento ácido <sup>b</sup>	Revestimiento	Baño en disolución <sup>d</sup>	Calidad soldadura (porosidad) <sup>e</sup>
E1*	No	No	No	1	C
E2*	No	No	No	2	D
E3	Sí	No	NaBF <sub>4</sub>	1	A
E4	Sí	No	NaBF <sub>4</sub>	2	C
E5	Sí	Sí	NaBF <sub>4</sub>	1	A
E6	Sí	Sí	NaBF <sub>4</sub>	2	C
E7*	Sí	No	B203	1	D
E8*	Sí	No	B203	2	B-D
E9*	Sí	Sí	B203	1	A-D
E10*	Sí	Sí	B203	2	C
E11	Sí	No	K <sub>x</sub> Al <sub>y</sub> F <sub>z</sub>	1	A
E12	Sí	No	K <sub>x</sub> Al <sub>y</sub> F <sub>z</sub>	2	A

- 10 a 5 min a 60 °C en una disolución de Novaclean AL 708 ®, pH = 11 seguido de un aclarado con agua desmineralizada
- b 1 min en una disolución de ácido nítrico (al 50 % en volumen) seguido de un aclarado con agua desmineralizada
- 15 c NaBF<sub>4</sub>: "NaBF<sub>4</sub>: 161 g/kg - silano Glymo 10 g/kg - Revestimiento humectante: 5 g /kg - Espesante: CMC 9 g/kg - Agua: 814 g/kg – 0,8 a 1 mg/cm<sup>2</sup> (inmersión)"  
B203: "B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (55 % en peso) SILRES® MK Powder (45 % en peso) – 3 a 4,7 mg/cm<sup>2</sup> - Polvo electrostático"
- 20 >= 95 % K<sub>2</sub>AlF<sub>5</sub> + < 5 % CsAlF<sub>4</sub>: "Nocolok®Cs FLUX TM (70 % en peso) SILRES® MK Powder (30 % en peso) – 2 a 3,5 mg/cm<sup>2</sup> - Polvo electrostático"
- d 1. : 45 min 524 °C - aire estándar  
2. : 45 min 524 °C - aire húmedo
- 25 e. Ver Figura 1.

Si no hay tratamiento superficial antes del baño en disolución, se presentan porosidades en todos los casos.

30 El tratamiento NaBF<sub>4</sub> permite obtener resultados satisfactorios en la mayoría de los casos. Solo las condiciones más rigurosas (45 min 524 °C - aire húmedo) provocan una densidad de porosidades de nivel C. Asimismo, el tratamiento ácido tras la operación de limpieza en medio básico no aporta ninguna ventaja. De hecho, se obtienen resultados exactamente idénticos con o sin este tratamiento suplementario.

35 El tratamiento B203 no ha permitido obtener resultados favorables de forma homogénea y reproducible. Por esta razón, se han indicado varios niveles de densidad de porosidades observados localmente. Además, se han observado numerosos residuos superficiales tras las etapas de baño en disolución y temple. Una limpieza suplementaria (limpieza básica y tratamiento ácido) de la superficie tras el baño en disolución y el temple y antes de la soldadura permite eliminar la mayor parte de los residuos y se advierte entonces una mejora de la densidad de las porosidades, sin alcanzar aún sin embargo una calidad aceptable de nivel A de forma homogénea y reproducible.

40 El tratamiento K<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>F<sub>z</sub> ha permitido obtener excelentes resultados (nivel A) en todas las condiciones de baño en disolución probadas. Además, la ausencia de residuos superficiales perjudiciales para la soldadura evita tener que realizar un tratamiento de limpieza tras el baño en disolución.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento de preparación de un producto de aleación de aluminio y litio para soldarlo por fusión que abarca las sucesivas fases de
- (i) suministro de un producto conformado en caliente hecho de una aleación de aluminio que contiene, al menos, un 0,8 % en peso de litio,
- 10 (ii) opcionalmente, la conformación en frío del producto resultante, la limpieza de, al menos, la superficie del producto resultante destinada a la soldadura,
- (iii) el recubrimiento de, al menos, la superficie limpiada del producto resultante con un revestimiento que tenga, como características en seco, una cantidad entre 0,1 y 5 mg/cm<sup>2</sup> y, preferiblemente entre 0,5 y 4 mg/cm<sup>2</sup> y una concentración de flúor de, al menos, un 10 % en peso,
- 15 (iv) la realización de una operación consistente en un baño en disolución a una temperatura superior a 450 °C seguida del temple del producto resultante.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1 en el cual dicha aleación de aluminio contiene al menos un 1,4 % en peso de litio.
3. Procedimiento según la reivindicación 2 en el cual dicha aleación de aluminio es seleccionada dentro del grupo constituido por las aleaciones 2090, 2091, 2196, 2097, 2197, 2297, 2397, 2099, 2199, 8090, 8091, 8093.
- 25 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 por el cual el producto conformado en caliente, y opcionalmente conformado en frío, es un producto laminado o extrudido de un grosor inferior a 5 mm, y preferiblemente inferior a 2 mm.
- 30 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 por el cual la limpieza de la etapa (iii) se efectúa por tratamiento con una disolución acuosa de pH superior a
- 35 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5 por el cual las etapas (iii) y (iv) se efectúan en la mayoría o preferiblemente en toda la superficie de dicho producto.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 por el cual dicho revestimiento contiene un agente aglomerante cuya concentración en seco está comprendida entre el 5 y el 50 % en peso.
- 40 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7 por el cual dicho revestimiento consiste, en seco, en un % en peso de entre el 75 % y el 95 % de NaBR<sub>4</sub>, entre el 0 y el 15 % en peso de carboximetilcelulosa y entre el 0 y el 15 % de un silano.
- 45 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 en el que dicho revestimiento consiste, tras el secado, en un % en peso de entre el 50 y el 100 % de K<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>F<sub>z</sub>, entre el 0 y el 5 % de Cs<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>F<sub>z</sub> y entre el 0 y el 50 % en peso de un agente aglomerante.
10. Procedimiento según la reivindicación 9 en el cual dicho agente aglomerante es una resina de alquilsilicona.
- 50 11. Procedimiento según las reivindicaciones 9 o 10 en el que dicho revestimiento se aplica mediante polvo electrostático.

FIGURA 1



FIGURA 2

