

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 527 529**

51 Int. Cl.:

B32B 15/20 (2006.01)
F28F 19/06 (2006.01)
B23K 35/28 (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01)
F28F 21/08 (2006.01)
B23K 35/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2005 E 05804408 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.12.2014 EP 1799447**

54 Título: **Productos de lámina de soldadura de aluminio multicapa de alta resistencia recuperados**

30 Prioridad:

13.10.2004 US 618637 P
12.10.2005 US 248531

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.01.2015

73 Titular/es:

ALCOA INC. (100.0%)
Alcoa Corporate Center, 201 Isabella Street
Pittsburgh, PA 15212-5858, US

72 Inventor/es:

KILMER, RAYMOND J.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 527 529 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

Productos de lámina de soldadura de aluminio multicapa de alta resistencia recuperados

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere al campo de los productos de aleación de aluminio tratable térmicamente y no tratable térmicamente. En particular, esta invención se refiere a productos de lámina de soldadura multicapa y a procedimientos para fabricar estos productos de lámina de soldadura. Más particularmente, la presente invención se refiere a un producto de lámina de soldadura útil para aplicaciones de alta resistencia tales como intercambiadores de calor.

Antecedentes de la invención

10 Hay una necesidad creciente de la reducción de peso y la reducción de coste de productos hechos de lámina de soldadura de aluminio, particularmente para lámina de soldadura usada en intercambiadores de calor, particularmente en aplicaciones de automoción. Los productos de lámina de soldadura que exhiben más altos límites de elasticidad post-soldadura son deseables, dado que estos productos de alto límite de elasticidad permiten a los ingenieros de automoción reducir el grosor. Resumiendo, un producto de lámina de soldadura de alto límite de
15 elasticidad permitiría que el intercambiador de calor se fabricara de una lámina de soldadura más delgada y, por lo tanto, más ligera, con el correspondiente ahorro de peso en el diseño general de automóviles.

Además, es igualmente importante que el producto de lámina o placa de soldadura tenga una adecuada resistencia a la corrosión así como adecuada soldabilidad para permitir que el fabricante del intercambiador de calor suelde de forma fiable el intercambiador de calor.

20 Idealmente, las variantes de los productos también deben ser soldables por varios métodos de soldadura, lo más particularmente, procedimientos de soldadura a vacío y basados en fundente (por ejemplo, CAB o Nocolok™), para tener una aplicación tan amplia como sea posible.

Aunque los productos que exhiben una microestructura recuperada, pero no recristalizada, son muy deseables desde una perspectiva del límite de elasticidad post-soldadura, es bien conocido que estas microestructuras son muy susceptibles a la erosión localizada durante el ciclo de soldadura. Los núcleos de 3xxx no homogeneizados, temple O, se sabe que son sensibles a la erosión del núcleo durante la soldadura. La erosión del núcleo es la fusión localizada de la aleación del núcleo en contacto con el revestimiento de 4xxx fundido y generalmente es perjudicial para la resistencia a la corrosión y flujo del revestimiento (es decir soldabilidad). La erosión localizada típicamente es el resultado de la difusión mejorada de Si de la aleación de revestimiento de 4xxx al metal base subyacente en
30 contacto con la aleación de revestimiento de 4xxx. Las redes de dislocaciones (por ejemplo, sub-(bordes de grano)) presentes en microestructuras recuperadas, pero sin recristalizar, dan como resultado difusividades demostrablemente más altas para el Si. La movilidad mejorada del Si en presencia de una red fina de dislocaciones entrelazadas da como resultado altas concentraciones locales de Si, que, a su vez, dan como resultado la fusión localizada del metal en contacto con las aleaciones de revestimiento de 4xxx durante el ciclo de soldadura. Esta
35 fusión localizada de la aleación del núcleo enriquece el revestimiento con aluminio, y cambia in situ la composición de la aleación de revestimiento y sus propiedades de flujo. La fusión localizada puede también alterar la topografía de la superficie del metal, que generalmente retarda el flujo de revestimiento de 4xxx durante el ciclo de soldadura y da como resultado pobre soldabilidad. Finalmente, este ingreso localizado de Si en el núcleo puede dar como resultado una susceptibilidad incrementada a la corrosión localizada.

40 El documento SE9604458-1 describe una lámina de soldadura multicapa con un alto límite de elasticidad post-soldadura, que comprende un núcleo de aleación de aluminio de 3xxx, una capa de barrera, y un material de soldadura de Al-Si. El deseado límite de elasticidad del material del núcleo se consigue manteniendo la reducción de laminado en frío a un bajo nivel antes de soldar y por el uso de un material con un alto número de partículas que suprimen la recristalización.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a una selección de aleaciones del núcleo y revestimiento, grosores de revestimiento, y rutas de procesado que, cuando se combinan, producen productos de aleación de lámina de soldadura de aluminio resistentes a la corrosión formables que exhiben buena soldabilidad, que incluyen buen flujo de revestimiento, con sorprendentemente baja incidencia de erosión localizada, y que muestran sorprendentemente
50 altas resistencias a la tracción post-soldadura inmediatamente después de la soldadura. La invención adicionalmente incluye variantes que contienen Mg y libres de Mg (es decir, menos de 0,05% en peso) de productos de lámina de soldadura, con diferentes disposiciones y grosores de las capas (por ejemplo, una capa de aleación del núcleo, capa intermedia, y capa de revestimiento, tal como una capa de revestimiento de aleación 4343 de la Aluminium Association).

55 La invención es un producto metalúrgico según la reivindicación 1.

En una realización de la invención, las láminas de soldadura incorporan un núcleo no homogeneizado. La aleación del núcleo tiene una estructura recuperada, en contraste con una microestructura sustancial o totalmente recrystalizada. En otra realización de la invención, tanto la aleación del núcleo como por lo menos una de las capas exteriores tienen una microestructura recuperada no homogeneizada.

- 5 Un aspecto crítico de esta invención es la presencia de una fracción de alto volumen de partículas finas que resisten la recrystalización en estas aleaciones diseñadas para explotar los más altos límites de elasticidad de una microestructura recuperada. En las aleaciones endurecidas por la dispersión, por ejemplo, aleaciones de 3xxx), es generalmente deseable evitar una práctica de homogeneización para mantener la fracción de volumen de partículas finas tan alta como sea posible. La selección (o la evitación a propósito) cuidadosa de las prácticas térmicas es un elemento crítico para establecer la fracción y distribución de volumen de dispersoide, así como también lo es la selección de los niveles de aleante y los elementos aleantes. Por ejemplo, elementos aleantes específicos tales como Zr retardarán también la recrystalización. Una microestructura parcial o totalmente recuperada será significativamente más fuerte, particularmente respecto al límite de elasticidad por tracción, que una microestructura totalmente recrystalizada (recocida).
- 10 En un aspecto de la invención, la aleación del núcleo y la aleación de revestimiento de 4xxx están separadas por una capa intermedia, tal que el núcleo está unido a una capa intermedia que es resistente a la recrystalización, y la capa intermedia está a su vez unida a la aleación de 4xxx. Esta estructura minimiza la erosión localizada, promueve la buena soldabilidad, y por selección apropiada de la aleación de la capa intermedia, mejora la resistencia a la corrosión, tal que la aleación de la capa intermedia protege por sacrificio la aleación del núcleo subyacente.
- 15 Un aspecto adicional de la invención es que la aleación del núcleo y/o la aleación de la capa exterior son muy resistentes a la recrystalización, incluso en un estado deformado muy estirado durante el ciclo de soldadura. Esta deformación se puede introducir naturalmente durante las operaciones de estampado, estirado, y/o conformado usadas para fabricar las piezas o se puede introducir a propósito en la lámina por el fabricante de la lámina de aluminio.

25 **Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 es un diagrama esquemático que muestra las distintas capas de varias variantes de láminas de soldadura multicapa. Se puede apreciar que, para composites de revestimiento que exhiben más de una capa intermedia, la composición y/o la relación de revestimiento de la segunda capa intermedia puede diferir de la de la primera capa intermedia. Adicionalmente, se puede apreciar que la capa de revestimiento descrita como la capa externa puede consistir en un revestimiento de soldadura o puede consistir en un revestimiento del lado del agua u otra aleación de revestimiento de aluminio.

La Fig. 2 es una tabla (Tabla 1) que muestra las composiciones (% en peso) del núcleo, revestimiento de soldadura, y aleaciones de la capa intermedia usadas para los productos de lámina de soldadura fabricados en el laboratorio producidos según la invención.

La Fig. 3 es una tabla (Tabla 2) que muestra las propiedades mecánicas pre-soldadura y post-soldadura de los productos de lámina de soldadura fabricados en el laboratorio según la invención y resumidas en la Tabla 1.

La Fig. 4 es una tabla (Tabla 3) que muestra las composiciones (% en peso) de las láminas de soldadura producidas en planta producidas según la invención.

La Fig. 5 es una tabla (Tabla 4) que muestra los datos de las propiedades mecánicas pre-soldadura y post-soldadura para láminas de soldadura producidas en planta producidas según la invención y resumidos en la Tabla 3.

Descripción detallada de realizaciones preferidas

Todas las concentraciones elementales en las presentes aleaciones son en porcentaje en peso a menos que se indique lo contrario. Tal como se usa aquí, la expresión “sustancialmente libre” quiere decir que no se efectuó ninguna adición a propósito del elemento aleante a la composición, pero que debido a las impurezas y/o filtraciones del contacto con el equipo de fabricación, cantidades en trazas de tales elementos pueden sin embargo encontrar su camino hacia el producto de aleación final. Además, cuando nos referimos a cualquier intervalo numérico de valores, se entiende que tales intervalos incluyen cada uno de los números y/o fracciones entre el máximo y el mínimo del intervalo citado. Un intervalo de alrededor de 5 a 15% de silicio, por ejemplo, incluiría expresamente todos los valores intermedios de alrededor de 5,1, 5,2, 5,3 y 5,5% en peso, hasta e incluyendo 14,5, 14,7 y 14,9% en peso de Si. Lo mismo se aplica para cada una de otras propiedades numéricas, grosores relativos, y/o intervalo elemental descritas aquí.

El enfoque metalúrgico de la aleación del núcleo es como sigue. Se ha encontrado que una de las claves del desarrollo de una microestructura que es muy resistente a la recrystalización durante el ciclo de soldadura de la fabricación de láminas de soldadura es la presencia de una fracción de volumen significativa de partículas finas, por ejemplo, dispersoides. La presión de arrastre de Zener ejercida por una población de dispersoides en un borde es inversamente proporcional al diámetro medio de partícula de las partículas y/o dispersoides y es directamente

proporcional a su fracción de volumen. Como resultado, se cree que, para cualquier estado de deformación dado, existe un diámetro de partícula crítico por encima del cual la partícula puede servir como sitio potencial de nucleación para la recristalización. En la mayor parte de las aleaciones endurecidas por dispersión, hay una población de partículas y/o dispersoides por encima y por debajo de este diámetro medio crítico. Las partículas por encima del diámetro crítico sirven como sitios potenciales de nucleación para la recristalización y aquellas por debajo retardan el crecimiento de grano e inhiben la recristalización. Por consiguiente, si el fin es inhibir la recristalización, la microestructura ideal es una que exhibe una alta fracción de volumen de partículas sub-críticas con alto arrastre de Zener, pero que contiene un mínimo número de partículas por encima del diámetro crítico para la aleación en el estado de deformación de interés. Idealmente, estos dispersoides deben ser estables (es decir, insolubles o mínimamente solubles) en la aleación del núcleo durante el ciclo de soldadura empleado para soldar la pieza. Los elementos tales como Zr, V, Cr y Ti promueven la formación de pequeños dispersoides e inhiben la recristalización en grados variables, y como tales, son generalmente deseables en bajas concentraciones en las aleaciones del núcleo de la invención. Las partículas de $Al_vMn_wSi_xFe_yNi_z$, si están presentes, pueden inhibir también la recristalización, particularmente si una fracción de volumen significativa de ellas son pequeñas, por ejemplo, menores de alrededor de 1 micrómetro de diámetro. Se debe advertir expresamente que las concentraciones de Mn, Si, Fe y Ni en las partículas de $Al_vMn_wSi_xFe_yNi_z$ pueden variar en un amplio intervalo de estequiometrias o pueden estar totalmente ausentes de las partículas, dependiendo de los niveles de aleante presentes en la aleación.

Las concentraciones de Si por encima aproximadamente de 0,1% en peso generalmente dan como resultado fracciones de volumen incrementadas de partículas de $Al_vMn_wSi_xFe_yNi_z$ que son muy resistentes a la reversión durante los ciclos de soldadura. Es generalmente preferible eliminar, o por lo menos minimizar, la exposición de la aleación del núcleo a tratamientos térmicos a alta temperatura (por ejemplo, homogeneización, exposición extensa para recalentar por laminación en caliente, etc.) durante la producción de la lámina de soldadura para mantener la más alta posible fracción de volumen de dispersoides pequeños. Similarmente, son deseables altas velocidades de solidificación durante el moldeo porque permiten la introducción de más altas fracciones de volumen de dispersoides finos en la aleación. Como tales, los lingotes delgados son más deseables que los lingotes gruesos para el moldeo por Enfriamiento Directo de aleaciones del núcleo. El moldeo continuo (por ejemplo, moldeo continuo de planchones, moldeo en dos rodillos, moldeo en arena, etc.) se prefiere adicionalmente, debido a las incluso más altas velocidades de solidificación alcanzadas durante el moldeo continuo.

Las composiciones y rutas de proceso para las aleaciones del núcleo idealmente se deben seleccionar para generar una alta fracción de volumen de partículas finas (<1 micrómetro de diámetro medio) para hacer la aleación del núcleo resistente a la recristalización durante el ciclo de soldadura. Las aleaciones del núcleo deseables incluyen aleaciones de 3xxx con concentraciones de Si por encima de 0,1% en peso, especialmente aquellas con alta concentración de Mn (>0,8% en peso) y con concentraciones de Si por encima de 0,5% en peso. Las adiciones de conocidos inhibidores de recristalización como Zr son también deseables.

Este mismo enfoque metalúrgico se puede usar para seleccionar las aleaciones de la capa exterior en las variantes de la invención que incorporan una capa exterior. Se emplearía una capa exterior si el diseño del intercambiador de calor fuera tal que una cara de la lámina requiriera una aleación cuyas características materiales fuesen específicamente adaptadas para su medio de trabajo. Por ejemplo, dado que el medio de trabajo de un intercambiador de calor evaporador usualmente es húmedo y tendente a promover la corrosión, la capa exterior para un componente de intercambiador de calor evaporador preferentemente consistiría en una aleación con una alta resistencia a la corrosión.

La composición de la aleación de aluminio del núcleo debe estar dentro de un intervalo de composiciones tal que la concentración neta del soluto que participa en la formación de dispersoides es más alta que la concentración neta del soluto que no forma generalmente dispersoides. Esto da como resultado que la siguiente relación sea cierta:

$$\left(\frac{Mn + Fe + Ti + Cr + V + Zr + Ni}{Si} \right) - \left(\frac{Cu + Mg + Zn}{Si} \right) \geq 0 \quad (\text{ecuación 1})$$

Adicionalmente, se prefiere que la relación de (Mn+Fe) a Si en la aleación del núcleo sea mayor o igual de alrededor de 1,5. Nota, todos los valores de concentración de la aleación se expresan en % en peso.

Se debe advertir expresamente que algunos de los elementos aleantes anteriores pueden estar en bajos niveles, niveles de impurezas, niveles indetectables, o totalmente ausentes, con tal de que la relación descrita anteriormente en la ecuación 1 sea cierta y con tal de que una población significativa de partículas sean partículas finas. Dado el coste y consideraciones generales del ciclo de la chatarra, los elementos aleantes como Ni, Cr, y V están típicamente desfavorecidos, pero son perfectamente apropiados para su uso en esta invención. El grosor de la aleación del núcleo en el calibre del composite de revestimiento final puede ser tan pequeño como de alrededor de 100 micrómetros hasta tanto como alrededor de 9 mm.

Las aleaciones de revestimiento de 4xxx deben contener entre alrededor de 4 y alrededor de 17% en peso de Si,

- entre alrededor de 0,01 y alrededor de 1% en peso de Fe, hasta alrededor de 2% en peso de Mg, hasta alrededor de 2% en peso de Zn, hasta alrededor de 0,5% en peso de Cu y hasta alrededor de 0,5% en peso de Mn, hasta alrededor de 0,2% en peso de In, siendo el resto de elementos incidentales e impurezas cada uno 0,05% en peso o menos, y no más de 0,25% en peso combinados. Las composiciones reales dependerán de la aplicación de soldadura y del potencial electroquímico deseado en la aleación de revestimiento. Las aleaciones de revestimiento de 4xxx particularmente apropiadas contendrán entre 6 y 13% en peso de Si, menos de 0,5% en peso de Fe, menos de 0,15% en peso de Mn, y menos de 0,3% en peso de Cu, dependiendo las concentraciones de Mg y estando ajustadas el método de soldadura que se está empleando (a vacío o soldadura con fundente) y la concentración de Zr y/o In ajustada para efectuar un deseado potencial electroquímico dentro y adyacente a la unión de soldadura. Se debe advertir también que, en productos que requieren que ambas superficies exteriores se revistan con aleaciones de 4xxx, la aplicación más típica tendría similares aleaciones de 4xxx; sin embargo, la selección de la aleación de revestimiento de 4xxx depende del método de soldadura empleado y del diseño de la pieza final que se está soldando. El grosor de las aleaciones de revestimiento de 4xxx puede variar desde tan pequeño como alrededor de 15 micrómetros hasta alrededor de 250 micrómetros en el calibre final del producto de revestimiento.
- La aleación de la capa exterior como se representa en la Fig. 1 (por ejemplo, en la variante 3) sería generalmente una aleación diseñada para proporcionar alta resistencia a la corrosión en el medio al que esa cara de la lámina está expuesta y/o una aleación con elevada concentración de Mg (con relación a la aleación del núcleo) para proporcionar incluso mayor resistencia, si la aplicación, diseño de pieza, y procedimiento de soldadura lo permite. Una consideración típica en las composiciones reivindicadas es que la composición de la aleación de la capa exterior sea tal que la concentración de Mg y/o Zn sea mayor que la de la aleación del núcleo escogida para la aplicación específica. Esta aleación debe tener también un valor de sólido que excede de 550°C, preferentemente por encima de 580°C. En el calibre de la lámina de soldadura final, la capa exterior debe ser por lo menos de alrededor 15 micrómetros de grosor, preferentemente entre alrededor de 15 y alrededor de 350 micrómetros de grosor.
- Para muchas aplicaciones, puede ser deseable que el productor de aluminio proporcione el producto de aluminio de soldadura con un temple no totalmente de recocido para obtener todo el beneficio del endurecimiento en la pieza post-soldada. La suma de la deformación impartida al material tanto por el productor de la lámina de soldadura de aluminio como por el fabricante de la pieza debe ser menor que la cantidad crítica de deformación necesaria para la recristalización completa en la aleación del núcleo de la invención después de soldar para recibir algún beneficio del endurecimiento asociado a una microestructura recuperada. Como tal, se pueden desarrollar varios temples a propósito para material de lámina de soldadura destinado para varias piezas específicas a fabricar a partir de la lámina de soldadura para maximizar el límite elástico post-soldadura dentro de dicha pieza.
- La Fig. 1 representa varias posibles combinaciones de núcleo, revestimientos y capas intermedias. Como se representa, el producto de lámina de soldadura puede comprender tres, cuatro o cinco capas distintas. Una de las capas exteriores para los productos de 3 capas sería un revestimiento de aleación de 4xxx. Los productos de cuatro y cinco capas tendrían por lo menos una capa exterior de aleación de 4xxx, pero quizás dos capas exteriores de aleación de 4xxx. La capa intermedia, resistente a la cristalización, está unida entre el núcleo y el revestimiento de aleación de 4xxx y/o entre el núcleo y la capa exterior.
- La capacidad para conseguir alto límite de elasticidad post-soldadura se basa en el uso de un núcleo de aleación de 3xxx de alto contenido de Si (>0,2% en peso) no homogeneizado, separado del revestimiento(s) de soldadura de aleación de 4xxx por una capa intermedia. De nuevo, debido a que los núcleos (que se recuperan) de aleación de 3xxx no homogeneizada son sensibles a la erosión del núcleo (fusión localizada de la aleación del núcleo en contacto con el revestimiento de 4xxx fundido) durante la soldadura, las aleaciones del núcleo de 3xxx se homogenizan para productos que requieren formabilidad significativa (generalmente aquellos productos que requieren temple O). La homogeneización (un tratamiento térmico a alta temperatura [>450°C] durante más de 3 horas) generalmente mejora la formabilidad. La erosión del núcleo generalmente es perjudicial para la resistencia a la corrosión y el flujo de revestimiento (es decir, soldabilidad). Es uso, bajo la patente, de una capa intermedia protege la aleación del núcleo no homogeneizada de entrar en contacto con el revestimiento de aleación de 4xxx fundido durante el procedimiento de soldadura. De este modo, es posible el uso de una microestructura recuperada con una alta fracción de volumen de partículas finas de $Al_wMn_xSi_yFe_z$. Adicionalmente, seleccionando una aleación del núcleo de 3xxx de alto contenido de Si, las partículas de $AlMnSiFe$ no revierten durante el procedimiento de soldadura. Como tales, estas partículas finas son capaces de ayudar a inhibir la recristalización y promover una microestructura recuperada en lugar de recristalizada. Esta microestructura recuperada tiene significativamente más altos valores de TYS y UTS, manteniendo buena formabilidad. Este enfoque ha permitido valores de TYS post-soldadura superiores a 85 MPa y valores de UTS post-soldadura superiores a 160 MPa, incluso en aleaciones libres de Mg. El TYS precedente se compara favorablemente con un TYS máximo de alrededor de 68 MPa para la misma aleación del núcleo en el estado homogeneizado. Si el procedimiento de soldadura y la geometría de la pieza/junta pueden tolerar mayores concentraciones de Mg en la aleación del núcleo, son posibles más altas propiedades post-soldadura con adiciones de Mg a la aleación del núcleo.
- La Figura 2 (Tabla 1) es una tabla de las composiciones de las aleaciones usadas en los distintos composites fabricados en laboratorio evaluados en este estudio.

La Figura 3 (Tabla 2) es una tabla de propiedades mecánicas pre-soldadura y post-soldadura para los composites fabricados en laboratorio, como función del trabajo en frío pre-soldadura aplicado.

5 Las muestras de las últimas variantes producidas en planta que consisten en un núcleo, una capa intermedia, y un revestimiento de aleación 4045 se ensayaron en el estado tal como se producen y después de haber sido estiradas plásticamente 5%, 10%, 15% y 20%. Tal como se usa aquí, una muestra estirada X% quiere decir que, después del estiramiento, la muestra es 100%+X% de la longitud original.

La Figura 4 (Tabla 3) muestra las composiciones de la aleación y sus funciones en los composites de revestimiento producidos en planta usados en este estudio.

10 La Figura 5 (Tabla 4) presenta las propiedades mecánicas pre-soldadura y post-soldadura para los materiales producidos en planta usados en este estudio.

15 Se apreciará fácilmente por los expertos en la técnica que se pueden hacer modificaciones a la invención sin apartarse de los conceptos descritos en la descripción precedente. Tales modificaciones se deben considerar incluidas dentro de las siguientes reivindicaciones a menos que las reivindicaciones, por su lenguaje, expresamente afirmen lo contrario. Por consiguiente, las realizaciones particulares descritas aquí con detalle son solo ilustrativas y no limitan el alcance de la invención, al que se debe dar toda la amplitud de las reivindicaciones adjuntas y en todas y cada una de sus equivalentes.

Habiendo descrito las realizaciones presentemente preferidas, se debe entender que la invención de otra manera se puede realizar dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Una lámina de soldadura que comprende:
 - 5 un núcleo que comprende una aleación de la serie 3xxx de la Aluminum Association que tiene una relación de (Mn+Fe) a Si mayor de alrededor de 1,4, comprendiendo el núcleo partículas de Al-Mn-Si-Fe-Ni en el que una fracción de volumen significativa de ellas son menores de alrededor de 1 micrómetro de diámetro medio, en el que el núcleo satisface la siguiente ecuación: $((\text{Mn}+\text{Fe}+\text{Ti}+\text{Cr}+\text{V}+\text{Zr}+\text{Ni})/\text{Si}) - ((\text{Cu}+\text{Mg}+\text{Zn})/\text{Si}) \geq 0$ (en porcentaje en peso);
 - una capa intermedia de aleación de aluminio unida a una cara del núcleo; y
 - una aleación de revestimiento de 4xxx unida a la capa intermedia de aleación de aluminio;
 - 10 en la que el núcleo es resistente a la recristalización durante el ciclo de soldadura; y
 - en la que la capa intermedia de aleación de aluminio se selecciona de una aleación de 1xxx o una aleación de aluminio con concentración de Mg por debajo de 0,5% en peso, concentración de Fe por debajo de alrededor de 0,8% en peso, concentración de Cu por debajo de alrededor de 0,5% en peso, concentración de Mn por debajo de alrededor de 1,7% en peso, concentración de Cr por debajo de alrededor de 0,3% en peso, concentración de Zn entre 0 y alrededor de 1,5% en peso, y concentración de Zr por debajo de alrededor de 0,3% en peso.
 - 15
2. El producto de la reivindicación 1, en el que el núcleo comprende una aleación de aluminio de la serie 3xxx de la Aluminum Association que comprende más de alrededor de 0,1% en peso de Si.
3. El producto de la reivindicación 1, en el que el núcleo comprende entre 0,5% en peso y alrededor de 1,7% en peso de Mn, entre 0,1% en peso y alrededor de 1,2% en peso de Si, menos de alrededor de 2% en peso de Fe, menos de alrededor de 2,5% de Mg, menos de alrededor de 1,2% de Cu, menos de alrededor de 3% en peso de Zn, entre 0 y alrededor de 0,3% en peso de Ti, menos de alrededor de 0,3% en peso de Zr.
- 20
4. El producto de la reivindicación 1, en el que el núcleo comprende una aleación de la serie 3xxx de la Aluminum Association que comprende una concentración de Mn mayor de alrededor de 0,8% en peso y una concentración de Si mayor de alrededor de 0,5% en peso.
- 25
5. El producto de la reivindicación 1, en el que el núcleo comprende adicionalmente Ni, Cr, V, o una de sus combinaciones.
6. El producto de la reivindicación 1, en el que el núcleo comprende Zr para inhibir la recristalización.
7. El producto de la reivindicación 1, en el que el núcleo tiene un grosor de alrededor de 100 micrómetros a alrededor de 9,0 mm.
- 30
8. El producto de la reivindicación 1, en el que el núcleo es no-homogeneizado.
9. El producto de la reivindicación 1, en el que la capa intermedia es una aleación de aluminio que comprende alrededor de 0,4% en peso de Si, de alrededor de 0,20% en peso a alrededor de 0,10% en peso de Fe, de alrededor de 0,03% en peso a alrededor de 0,01% en peso de Cu, de alrededor de 0,05% en peso de Mn a alrededor de 0,01% en peso de Mn, de alrededor de 0,03% en peso a alrededor de 0,01% en peso de Mg, menos de alrededor de 0,02% en peso de Zn, y de alrededor de 0,05% en peso a alrededor de 0,01% en peso de Ti.
- 35
10. El producto de la reivindicación 1, en el que la capa intermedia es una aleación de aluminio que comprende alrededor de 0,4% en peso de Si, alrededor de 0,20% en peso de Fe, de alrededor de 0,03% en peso a alrededor de 0,01% en peso de Cu, de alrededor de 0,05% en peso de Mn a alrededor de 0,01% en peso de Mn, alrededor de 0,03% en peso de Mg, alrededor de 0,02% en peso de Zn, y alrededor de 0,05% en peso de Ti.
- 40
11. El producto de la reivindicación 1, en el que la capa intermedia es una aleación de aluminio que comprende alrededor de 0,40% en peso de Si, alrededor de 0,10% en peso de Fe, menos de alrededor de 0,1% en peso de Cu, menos de alrededor de 0,01% en peso de Mn, menos de alrededor de 0,01% en peso de Mg, menos de alrededor de 0,01% en peso de Zn, y menos de alrededor de 0,01% en peso de Ti.
12. El producto de la reivindicación 1, en el que la capa intermedia es una aleación de 1xxx.
- 45
13. El producto de la reivindicación 1, en el que la aleación de la capa intermedia es electroquímicamente de sacrificio para la aleación del núcleo.
14. El producto de la reivindicación 1, en el que el producto se fabrica parcial o completamente vía un procedimiento de moldeo multialeación.
15. El producto de la reivindicación 1, en el que el calibre final de la lámina es menor de 9 mm.

16. El producto de la reivindicación 1, en el que el revestimiento de soldadura de 4xxx comprende de alrededor de 4,0% en peso a alrededor de 17,0% en peso de Si, de alrededor de 0,01% en peso a alrededor de 1,0% en peso de Fe, hasta alrededor de 0,5% en peso de Mn, hasta alrededor de 0,5% en peso de Cu, hasta alrededor de 2,0% en peso de Zn, hasta alrededor de 2,0% en peso de Mg, y hasta alrededor de 0,2% en peso de In.
- 5 17. El producto de la reivindicación 1, en el que el revestimiento de soldadura de 4xxx comprende entre alrededor de 6% en peso y alrededor de 13% en peso de Si, menos de alrededor de 0,5% en peso de Fe, menos de alrededor de 0,15% en peso de Mn, y menos de alrededor de 0,3% en peso de Cu.
18. El producto de la reivindicación 1, en el que el revestimiento de soldadura de 4xxx es aleación 4343 de la Aluminum Association.
- 10 19. El producto de la reivindicación 1, en el que el revestimiento de soldadura de 4xxx tiene un grosor de alrededor de 15 micrómetros a alrededor de 250 micrómetros.
20. El producto de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente una capa exterior unida a una cara del núcleo opuesta a la capa intermedia y al revestimiento de soldadura, en el que la capa exterior comprende una aleación que comprende una composición que incluye Mg o Zn en una concentración por encima de la de la aleación del núcleo y una temperatura del sólido por encima de alrededor de 550°C.
- 15 21. Un producto de la reivindicación 1, en el que la cara opuesta de la aleación del núcleo está unida a una aleación de la capa exterior con una composición que tiene Si entre alrededor de 0,1 y 1,2% en peso, una concentración de Fe por debajo de alrededor de 1% en peso, concentración de Mg entre alrededor de 0,5 y alrededor de 2% en peso, concentración de Zn menor de alrededor de 5% en peso, concentración de Cu por debajo de 0,5% en peso, y concentración de Mn menor de alrededor de 1,7% en peso.
- 20 22. El producto de la reivindicación 1, en el que el grosor de la capa exterior está entre alrededor de 15 micrómetros y alrededor de 350 micrómetros.
23. El producto de la reivindicación 22, que comprende adicionalmente una segunda capa intermedia entre la capa exterior y la aleación del núcleo.
- 25 24. El producto de la reivindicación 1, en el que el producto es un producto de lámina de soldadura de temple "O".
25. El producto de la reivindicación 1, en el que el producto es endurecible por envejecimiento después de la exposición a un ciclo de soldadura.
- 30 26. El producto de la reivindicación 1, en el que el producto de lámina de soldadura se usa en un intercambiador de calor.
27. El producto de la reivindicación 1, que comprende un límite de elasticidad por tracción (TYS) de más de alrededor de 85 MPa y una resistencia a la tracción final (UTS) de más de alrededor de 160 MPa.

ES 2 527 529 T3

Ejemplos de variantes de productos de revestimiento de núcleo no homogeneizado multicapa

Revestimiento de aleación de soldadura
Capa intermedia
Núcleo procesado para ser muy resistente a la recristalización durante el ciclo de soldadura (por ejemplo, aleación de 3xxx no homogeneizada)

Ejemplo 1. Composite de revestimiento de tres capas

Revestimiento de aleación de soldadura
Capa intermedia 1
Núcleo procesado para ser muy resistente a la recristalización durante el ciclo de soldadura
Capa intermedia 2
Revestimiento de aleación de capa exterior

Ejemplo 2. Composite de revestimiento de cinco capas

Revestimiento de aleación de soldadura
Capa intermedia
Núcleo procesado para ser muy resistente a la recristalización durante el ciclo de soldadura
Revestimiento de aleación de capa exterior

Ejemplo 3. Composite de revestimiento de cuatro capas

Figura 1

ES 2 527 529 T3

Tabla 1: Química de las aleaciones usadas para los composites fabricados en laboratorio

Aleación	Componente de composite de revestimiento	Concentración (% en peso)						
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
C305	Núcleo	0,15	0,25	0,18	1,55	0,03	0,05	0,02
C817	Núcleo	0,30	0,65	0,19	1,15	0,01	0,05	0,05
0370	Núcleo	0,74	0,45	0,52	1,2	0,00	0,05	0,12
0371	Núcleo	0,69	0,47	0,47	1,2	0,14	0,05	0,16
0372	Núcleo	0,69	0,45	0,58	1,2	0,24	0,05	0,16
0373	Núcleo	0,81	0,49	0,59	1,25	0,34	0,05	0,16
1040	Capa intermedia	0,40	0,20	0,03	0,05	0,03	0,02	0,05
4045	Revestimiento de soldadura	9,0-11,0	0,8	0,30	0,05	0,05	0,10	0,20

Figura 2

Tabla 2: Propiedades mecánicas pre-soldadura y post-soldadura de los composites fabricados en laboratorio

Ident. de la muestra y trabajo en frío pre-soldadura	Aleación del núcleo y método de moldeo	Aleación de la capa intermedia	Aleación del revestimiento de soldadura	Práctica termomecánica de la aleación del núcleo	Calibre	Propiedades mecánicas tal como se produce				Propiedades mecánicas post-soldadura								
						TYS (MPa/Ksi)	UTS (MPa/Ksi)	Elong. (%)	Profundidad Olsen* (cm/in)	T.A. (Temp. Amb.), 0 días de envejecimiento			T.A., 7 días de envejecimiento			T.A., 30 días de envejecimiento		
										TYS (MPa/Ksi)	UTS (MPa/Ksi)	Elong. (%)	TYS (MPa/Ksi)	UTS (MPa/Ksi)	Elong. (%)	TYS (MPa/Ksi)	UTS (MPa/Ksi)	Elong. (%)
B02-0000	C305	Ninguno	4045	No-homo	0,15/0,060"	57,197/8	135,044/	27,8	0,72/0,295"	61,321/8	134,355/	24,9	57,197/8	134,355/	24,9	55,809/8	134,355/	23,8
5%	Continuo				0,13/0,050"	119,197/	140,556/	21,0		67,522/9	132,977/	25,9						
10%					0,13/0,050"	140,556/	148,824/	14,8		77,857/1	136,422/	21,2						
15%					0,13/0,050"	154,336/	159,848/	9,8		59,943/8	117,131/	14,5						
20%					0,12/0,048"	163,982/	170,872/	7,6		55,12/8,0	116,441/	15,7						
25%					0,11/0,045"	172,252/	176,384/	5,7		53,742/7	121,264/	16,9						
B02-0001	C817	Ninguno	4045	No-homo	0,15/0,060"	66,833/9	140,556/	26,2	0,67/0,265"	62,699/9	133,666/	26,4	63,388/9	134,355/	23,8	60,632/8	135,733/	28,3
5%	Continuo				0,13/0,050"	123,331/	144,692/	10,5		72,345/1	132,288/	26,4						
10%					0,13/0,050"	141,934/	153,647/	17,7		86,125/1	137,111/	21,2						
15%					0,13/0,050"	155,025/	163,982/	11,1		66,833/9	126,776/	15,8						
20%					0,12/0,048"	165,362/	174,317/	10,0		62,699/9	124,709/	15,1						
25%					0,11/0,045"	174,317/	183,274/	5,1		56,498/8	124,021/	16,5						
B03-0000	0370	0140	4045	No-homo	0,15/0,060"	68,9/10,0	155,714/	20,0	0,77/0,303"	69,589/1	160,537/	21,0	67,522/9	160,537/	18,8	64,766/9	157,781/	21,0
5%	Enfriamiento				0,13/0,050"	133,666/	161,226/	15,8		77,168/1	153,647/	20,6	84,747/1	157,781/	14,9	79,924/1	156,403/	16,5
10%					0,13/0,050"	155,025/	169,494/	10,4		84,747/1	159,848/	17,8	81,302/1	157,781/	16,8	75,101/1	159,848/	18,3
15%					0,13/0,050"	166,738/	175,006/	6,5		62,699/9	155,025/	18,4	66,144/9	157,781/	19,1	68,9/10,0	157,092/	17,8
20%					0,12/0,048"	175,695/	183,963/	10,1		61,321/8	153,647/	20,1	68,211/9	155,714/	20,1	64,766/9	157,092/	20,3
25%					0,11/0,045"	187,408/	192,922/	3,6		58,565/8	153,647/	20,7	70,278/9	155,714/	18,5	62,019/9	158,472/	21,1
B03-0001	0371	0140	4045	No-homo	0,15/0,060"	76,479/1	164,671/	16,2	0,79/0,311"	75,101/1	170,183/	17,8	72,345/1	170,183/	18,9	72,345/1	170,183/	18,7
5%	Enfriamiento				0,13/0,050"	148,135/	169,494/	11,5		83,369/1	168,116/	18,4	88,192/1	170,183/	15,0	86,814/1	171,561/	15,9
10%					0,13/0,050"	172,252/	178,451/	6,5		97,838/1	174,317/	14,7	105,417/	175,006/	15,1	100,594/	175,695/	16,5
15%					0,13/0,050"	186,032/	189,475/	4,1		88,881/1	175,695/	15,1	72,345/1	168,805/	19,3	93,704/1	177,073/	17,0
20%					0,12/0,048"	198,432/	199,812/	3,7		72,345/1	168,805/	18,0	85,436/1	172,252/	15,0	78,546/1	171,561/	16,6
25%					0,11/0,045"	205,322/	206,730/	3,1		64,077/9	166,738/	18,3	95,082/1	175,695/	15,3	68,211/9	168,116/	18,3
B03-0002	0372	0140	4045	No-homo	0,15/0,060"	81,991/1	175,006/	15,2	0,79/0,311"	79,235/1	180,518/	16,9	75,79/11	181,896/	18,3	79,235/1	182,585/	17,2
5%	Enfriamiento				0,13/0,050"	160,537/	180,518/	11,2		88,881/1	181,207/	17,2	94,393/1	181,207/	15,5	89,57/13	182,585/	15,0
10%					0,13/0,050"	185,341/	199,853/	5,8		104,728/	188,786/	15,0	109,551/	189,475/	14,0	107,484/	191,542/	14,9
15%					0,13/0,050"	199,812/	202,566/	4,3		86,814/1	185,341/	15,8	75,79/11	178,451/	18,9	102,661/	193,609/	15,4
20%					0,12/0,048"	208,078/	210,145/	3,6		77,168/1	179,142/	16,7	89,57/13	186,032/	16,0	87,503/1	199,121/	17,5
25%					0,11/0,045"	214,279/	217,035/	3,0		69,589/1	177,073/	18,6	101,972/	190,853/	13,5	68,9/10,0	181,207/	17,7
B03-0012	0373	0140	4045	No-homo	0,15/0,060"	84,747/1,2,3	171,561/24,9	16,2	0,76/0,300"	78,546/1,4	184,652/26,8	16,9	80,613/1,7	190,164/27,6	16,9	88,192/1,2,8	199,121/28,9	19,4
5%	Enfriamiento directo				0,13/0,050"	161,915/23,5	193,609/28,1	10,9		89,57/13,0	188,786/27,4	18,1	99,216/1,4,4	194,987/28,3	15,2	103,35/1,5,0	201,188/29,2	16,5
10%					0,13/0,050"	184,652/26,8	188,786/27,4	5,0		94,393/1,3,7	184,652/26,8	15,2	81,991/1,9	179,829/26,1	15,4	90,948/1,3,2	199,812/9,0	19,2
15%					0,13/0,050"	197,743/28,7	200,499/29,1	3,6		66,833/9,7	170,872/24,8	19,5	78,546/1,4	190,164/27,6	20,0	83,369/1,2,1	197,743/28,7	19,5
20%					0,12/0,048"	205,322/29,8	206,730/31,1	3,0		65,455/9,5	167,427/24,3	19,1	74,412/0,8	177,073/25,7	20,3	82,68/12,0	199,121/28,9	20,1
25%					0,11/0,045"	212,212/30,8	214,279/31,1	2,8		63,388/9,2	169,494/24,6	19,6	76,479/1,1	173,628/25,2	16,0	84,058/1,2,2	199,812/9,0	18,5
B03-0041	0372	Ninguno	4045	Non-homo	0,15/0,060"	84,747/1,2,3	179,829/26,1	15,0	0,75/0,295"	80,613/1,7	186,719/27,1	15,4	79,924/1,6	187,408/27,2	14,5	86,814/1,2,6	187,408/27,2	15,3
5%	Enfriamiento directo				0,13/0,050"	167,427/24,3	186,032/7	10,6		90,948/1,2	179,142/6,0	14,0	95,771/1,3,9	186,032/7,0	13,2	93,015/1,3,5	188,097/7,3	12,9
10%					0,13/0,050"	190,853/27,7	195,676/28,4	5,5		106,106/15,4	194,987/28,3	12,9	101,972/14,8	186,032/7,0	13,4	109,551/15,9	195,676/28,4	12,5
15%					0,13/0,050"	203,944/29,6	208,078/30,2	3,9		92,326/13,4	192,231/27,9	13,7	77,857/13,3	185,341/26,9	16,6	110,929/16,1	199,121/28,9	12,5
20%					0,12/0,048"	213,593/31,1	216,346/31,4	3,4		77,168/11,2	184,652/26,8	16,7	94,393/13,7	192,231/27,9	13,3	94,393/13,7	194,298/28,2	13,8
25%					0,11/0,045"	222,547/32,3	223,925/32,5	2,6		83,369/12,1	184,652/26,8	16,9	111,612/16,2	199,812/9,0	12,6	78,546/1,4	186,719/27,1	16,5

* Profundidad Olsen medida en material de partida laminado en frío hasta 0,05 cm (0,020 pulgadas) de profundidad y recocido hasta temple O.

Figura 3

ES 2 527 529 T3

Tabla 3. Composiciones de los componentes de los materiales producidos en planta usados en el estudio

Material estudiado	Componente de composite de revestimiento	Relación nominal (%)	Composición de la aleación (% en peso)						
			Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
Núcleo de 0370 multicapa no homogeneizado	Revestimiento de soldadura	7,5	7,8	0,28	0,01	0,03	0,01	0,01	0,01
	Capa intermedia	3,0	0,39	0,10	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Núcleo	El resto	0,75	0,52	0,56	1,3	0,01	0,02	0,13
Núcleo de 3003 de dos capas homogeneizado	Revestimiento de soldadura	10,0	7,9	0,37	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
	Núcleo	El resto	0,28	0,53	0,08	1,1	0,02	0,03	0,02
Núcleo de 0370 de dos capas homogeneizado	Revestimiento de soldadura	8,5	10,0	0,24	<0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
	Núcleo	El resto	0,79	0,53	0,54	1,2	0,01	0,02	0,13

Figura 4

Tabla 4. Propiedades mecánicas pre-soldadura y post-soldadura de los materiales producidos en planta usados en el estudio

Material en estudio	Estiramiento pre-soldadura	Propiedades pre-soldadura				Propiedades post-soldadura			
		UTS	TYS	Elong.	Olsen	UTS	TYS	Elong.	Flujo
		(MPa/Ksi)	(MPa/Ksi)	(%)	(cm/in)	(MPa/Ksi)	(MPa/Ksi)	(%)	(%)
Núcleo de 0370 de tres capas no-homogeneizado	0%	160,54/23,3	66,14/9,6	23,3	0,91/0,357	167,43/24,3	67,52/9,8	19,7	11,8
	5%	167,43/24,3	146,76/21,3	16,7		170,87/24,8	86,12/12,5	20,2	14,0
	10%	175,69/25,5	166,74/24,2	12,4		160,54/23,3	70,28/10,2	13,1	5,7
	15%	183,96/26,7	179,14/26,0	8,4		156,40/22,7	59,94/8,7	15,8	9,3
	20%	194,30/28,2	194,30/28,2	5,1		157,09/22,8	59,25/8,6	18,5	3,2
Núcleo de 3003 de tres capas homogeneizado	0%	117,82/17,1	49,61/7,2	30,0	0,97/0,383	122,64/17,8	53,74/7,8	23,7	16,3
	5%	124,71/18,1	104,73/15,2	24,6		111,62/16,2	42,03/6,1	22,6	6,4
	10%	129,53/18,8	117,13/17,0	19,9		113,68/16,5	44,78/6,5	26,5	5,2
	15%	135,04/19,6	126,78/18,4	16,3		114,37/16,6	44,78/6,5	27,2	13,9
	20%	140,56/20,4	135,04/19,6	13,3		115,75/16,8	46,16/6,7	26,5	16,9
Núcleo de 0370 de dos capas homogeneizado	0%	155,02/22,5	73,03/10,6	26,5	0,89/0,351	162,60/23,6	64,08/9,3	22,2	56,6
	5%	162,60/23,6	139,18/20,2	20,9		162,60/23,6	77,17/11,2	18,6	10,9
	10%	168,80/24,5	159,16/23,1	13,6		146,07/21,2	53,74/7,8	17,2	23,4
	15%	176,38/25,6	170,18/24,7	10,0		152,27/22,1	57,19/8,3	20,4	43,1
	20%	183,96/26,7	182,58/26,5	6,6		156,40/22,7	57,88/8,4	20,5	63,1

Figura 5