

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 446**

51 Int. Cl.:

B23K 35/02	(2006.01) F28F 21/08	(2006.01)
B22D 11/00	(2006.01) B22D 11/049	(2006.01)
B23K 35/28	(2006.01)	
B22D 7/02	(2006.01)	
B22D 21/00	(2006.01)	
B32B 15/01	(2006.01)	
C22C 21/00	(2006.01)	
C22C 21/02	(2006.01)	
B22D 7/00	(2006.01)	
C22C 21/10	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.04.2020** **PCT/US2020/028933**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.11.2020** **WO20236373**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.04.2020** **E 20724359 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024** **EP 3972775**

54 Título: **Aleaciones de aluminio para aplicaciones de soldadura fuerte sin fundente, métodos para fabricarlas y usos de las mismas**

30 Prioridad:

19.05.2019 US 201962849938 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.11.2024

73 Titular/es:

NOVELIS, INC. (50.0%)
3560 Lenox Road, Suite 2000
Atlanta, GA 30326, US y
DENSO INTERNATIONAL AMERICA, INC. (50.0%)

72 Inventor/es:

KADALI, JYOTHI;
BACIAK, JOHN;
LEONARD, KEITH y
ALUIA, DEREK

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 989 446 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

Aleaciones de aluminio para aplicaciones de soldadura fuerte sin fundente, métodos para fabricarlas y usos de las mismas

5

Campo

10

La presente invención se refiere a los campos de la ciencia de los materiales, la química de los materiales, la metalurgia, las aleaciones de aluminio, la fabricación de aluminio y los campos relacionados. Más específicamente, la presente invención se refiere a nuevas aleaciones de aluminio revestido para soldadura fuerte sin fundente y se refiere a métodos para fabricar las mismas. Además, la presente invención se refiere a aleaciones de aluminio revestido que pueden utilizarse en una variedad de aplicaciones de soldadura fuerte, incluyendo, por ejemplo, en intercambiadores de calor.

15

Antecedentes

20

Las aleaciones de aluminio se han convertido en una fuente importante de material para piezas de automóviles (por ejemplo, intercambiadores de calor) debido a su alta resistencia, resistencia a la corrosión, alta conductividad térmica y peso ligero. Por ello, las aleaciones de aluminio se utilizan cada vez más para fabricar intercambiadores de calor que se incorporan en aparatos de aire acondicionado, automóviles y similares. Sin embargo, en los procesos utilizados para fabricar piezas de aluminio (por ejemplo, soldadura fuerte en un intercambiador de calor de automóvil), la estabilidad de la película de óxido superficial presente en las piezas metálicas da como resultado uniones de soldadura fuerte inestables. Durante la soldadura fuerte, la película de óxido actúa como una barrera a la humectación y el flujo del metal de relleno necesario para la formación de la unión. Comúnmente, la eliminación de óxido y la prevención de la re-oxidación son necesarias para los métodos convencionales de unión de aluminio.

25

30

Para unir piezas de aleación de aluminio a otras piezas metálicas (por ejemplo, piezas que contienen cobre, piezas que contienen aluminio, piezas de acero, etc.), a menudo se utilizan métodos de soldadura fuerte con fundente en los que la soldadura fuerte se realiza utilizando una capa de revestimiento fundido compuesta por una aleación de aluminio y silicio. En este proceso, se aplica un fundente a base de fluoruro sobre la capa de revestimiento seguido de calentamiento en un entorno no oxidante (por ejemplo, bajo una atmósfera de gas nitrógeno). Sin embargo, en los métodos de soldadura fuerte con fundente, si la cantidad de aplicación de fundente es insuficiente, existe un riesgo de que las películas de óxido presentes en las superficies de las piezas metálicas se descompongan de manera insuficiente. Para eliminar la película de óxido, las piezas de automóviles (por ejemplo, intercambiadores de calor) pasan por un proceso de limpieza/ataque para lograr un recubrimiento de fundente uniforme. Además de los reactivos de ataque nocivos utilizados para el proceso de recubrimiento con fundente, las suspensiones de fundente a menudo incluyen disolventes polares volátiles como alcoholes. Estos disolventes se utilizan en cantidades relativamente grandes, lo que aumenta el coste y reduce la eficiencia del proceso de soldadura fuerte.

40

Además, el uso de compuestos orgánicos volátiles presenta riesgos ambientales y de seguridad.

45

Aunque algunos métodos de soldadura fuerte producen una unión sólida, existe la necesidad de aleaciones de aluminio revestido mejoradas y procesos de soldadura fuerte que puedan producir una unión sólida con otras piezas metálicas sin el uso de fundente.

50

El documento EP3261797 divulga un material de lámina de soldadura fuerte multicapa que tiene una capa de aleación de núcleo de aluminio de la serie 3xxx provista de un material de capa de revestimiento de soldadura fuerte de la serie 4xxx en al menos una cara de dicha capa de núcleo de aluminio y una capa intermedia intercalada entre la capa de aleación de núcleo de aluminio y el material de capa de revestimiento de soldadura fuerte, en donde el material de capa de revestimiento de soldadura fuerte de la serie 4xxx comprende de 6% a 14% de Si, hasta 2% de Mg, hasta 0,7% de Fe, hasta 0,3% de Mn, hasta 0,25% de Cu, hasta 1% de Zn, otros cada uno <0,05%, total <0,2%, resto aluminio.

55

60

El documento EP3174710 divulga un material de lámina de soldadura fuerte multicapa que consiste en una capa de aleación de núcleo de aluminio provista de un primer material de capa de revestimiento de soldadura fuerte en una cara de dicha capa de núcleo de aluminio y un segundo material de capa de revestimiento de soldadura fuerte en la otra cara de dicho material de núcleo de aluminio, y una capa intermedia en cada lado de la capa de núcleo colocada entre la capa de aleación de núcleo de aluminio y el primer material de capa de revestimiento de soldadura fuerte y/o el segundo material de capa de revestimiento de soldadura fuerte, en donde el primer material de capa de revestimiento de soldadura fuerte y el segundo material de capa de revestimiento de soldadura fuerte están hechos de una aleación de aluminio de la serie 4xxx que tiene 6% a 14% de Si, hasta 0,35% de Mg, hasta 0,6% de Fe, hasta 0,1% de Mn, hasta 0,08% de Cu, hasta 0,20% de Zn, otros cada uno <0,05%, total <0,2%, resto aluminio, idealmente para uso en un proceso CAB, o en una realización alternativa, en donde el primer y el segundo revestimiento de soldadura fuerte están hechos cada

65

uno de ellos de una aleación de aluminio de la serie 4xxx que tiene entre 6% y 10,5% de Si, hasta 0,5% de Mg, hasta 0,5% de Bi (o Y), hasta 0,6% de Fe, hasta 0,1% de Mn, hasta 0,08% de Cu, hasta 0,20% de Zn, otros cada uno <0,05%, total <0,2%, el resto aluminio.

- 5 La presente invención se divulga en las reivindicaciones adjuntas.

En algunas realizaciones, el intercambiador de calor es un intercambiador de calor de automóvil. En algunas realizaciones, el intercambiador de calor de automóvil es un radiador, un condensador, un evaporador, un enfriador de aceite, un enfriador intermedio, un enfriador de aire de carga o un núcleo de calentador. En algunas realizaciones, un tubo está hecho del producto de aleación de aluminio revestido descrito en este documento.

Breve descripción de los dibujos

15 La FIG. 1 es una imagen de microscopio óptico de una unión soldada con soldadura fuerte con un aumento de 100x utilizando un microscopio Keyence según una realización.

La FIG. 2 es una imagen de microscopio óptico de una unión soldada con soldadura fuerte con un aumento de 100x utilizando un microscopio Zeiss Optical según una realización.

20 La FIG. 3 es un gráfico del límite elástico, alargamiento a la rotura y alargamiento de aleaciones de aluminio de ejemplo descritas en este documento.

La FIG. 4 es un gráfico del límite elástico después de la soldadura fuerte, alargamiento a la rotura y alargamiento de las aleaciones de aluminio de ejemplo descritas en este documento.

25 La FIG. 5 es una representación esquemática de los resultados de los exámenes metalográficos de muestras ensayadas con ácido acético en agua de mar (SWAAT) para las aleaciones de ejemplo 1, 3-7, 12-14 y el ejemplo comparativo A después de 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas, como se presenta en la Tabla 9.

30 Descripción detallada

En este documento se describen productos de aleación de aluminio revestido que comprenden una capa de núcleo de aleación de aluminio y al menos una capa de revestimiento de aleación de aluminio. Estos materiales de aluminio, que incluyen una capa de núcleo y al menos una capa de revestimiento, pueden denominarse "productos de aleación de aluminio revestido". Los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento pueden fabricarse como láminas (u otros productos), con la capa de revestimiento en uno o ambos lados de la capa de núcleo para formar una lámina (u otro producto), en cuyo caso los materiales pueden denominarse "productos de aleación de aluminio en lámina revestido", "láminas de aluminio revestido", "aleaciones en lámina revestida" o mediante otros términos relacionados, en singular o plural. El término "aleación de aluminio revestido" o "producto de aleación de aluminio revestido" y términos similares utilizados en este documento tienen un alcance más amplio que el término "aleación de aluminio en lámina revestido" y términos similares. En otras palabras, las aleaciones de aluminio en lámina revestido son un subconjunto de los productos de aleación de aluminio revestido.

45 Los productos de aleación de aluminio revestido, incluidas las aleaciones de aluminio en lámina revestida, pueden poseer diversas composiciones y propiedades. Algunas de estas propiedades pueden ser conferidas por la composición química de las capas del núcleo y del(de los) revestimiento(s), mientras que otras propiedades pueden ser conferidas por los procesos de fabricación o manufacturado utilizados en la producción o fabricación de los productos de aleación de aluminio revestido.

50 En los procesos para unir productos de aleación de aluminio a otras piezas metálicas (por ejemplo, piezas de aluminio, acero, cobre, etc.), desde hace mucho tiempo se ha reconocido que una película de óxido presente en las piezas metálicas es un detrimento para la formación de uniones de soldadura fuerte estables. Generalmente se requiere una limpieza química de las piezas que se van a unir para eliminar películas gruesas de óxido, seguida del uso de un fundente corrosivo separado durante la unión mediante soldadura fuerte. El uso del fundente elimina el óxido, lo que permite que la aleación de soldadura fuerte fundida entre en contacto con una superficie libre de óxido para formar la unión requerida. Sin embargo, si bien el uso de un fundente es una ayuda para humedecer y fluidificar, su eliminación completa posterior es difícil y en muchos casos imposible. Cualquier flujo atrapado en la unión final puede ser perjudicial tanto desde el punto de vista de la resistencia como de la corrosión. En concreto, se necesitan buenas uniones por soldadura fuerte en los intercambiadores de calor para conseguir una alta resistencia mecánica, resistencia a la corrosión e intercambiadores de calor sin fugas. Las presentes composiciones de aleación de aluminio proporcionan aleaciones de aluminio para uso como capas de revestimiento, que tienen la capacidad de formar una unión soldada por soldadura fuerte sin utilizar un fundente corrosivo.

65 La composición de la(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido descritos

en este documento incluye agentes promotores que interactúan con la película de óxido en la superficie de la pieza metálica que se va a unir con el producto de aleación de aluminio revestido para reducir o eliminar la película de óxido sin necesidad de fundente. La combinación de agentes promotores en la(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido reduce la película de óxido en la pieza metálica que se va a unir, lo que permite una soldadura fuerte sin fundente. Además, los agentes promotores en la composición de la(s) capa(s) de revestimiento mejoran la capacidad de la(s) capa(s) de revestimiento fundido(s) de humedecerse y adaptarse a la superficie del metal base y, como resultado, cuando se enfrían por debajo de su temperatura de solidus, de formar una unión fuerte con el metal base. La(s) capa(s) de revestimiento tiene(n) una combinación sinérgica de elementos que, cuando está(n) en estado fundido, influye en la viscosidad de la(s) capa(s) de revestimiento fundido(s), reduce la tensión superficial de la(s) capa(s) de revestimiento fundido(s) y promueve la humectación de la pieza metálica que se va a unir a los productos de aleación de aluminio revestido.

Los productos de aleaciones de aluminio revestido descritos en el presente documento son adecuados uso en procesos de fabricación o manufacturado que requieren la unión de una superficie de los productos de aleación de aluminio revestido a otra superficie metálica mediante soldadura fuerte. Los productos de aleación de aluminio revestido se pueden utilizar en aplicaciones industriales, incluso en intercambiadores de calor o en otras aplicaciones. En un intercambiador de calor, la(s) capa(s) de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido forman uniones de soldadura fuerte para los componentes del intercambiador de calor (por ejemplo, un tubo al que está unida la aleación del núcleo). La soldadura fuerte es un proceso de unión de metales en el que el producto de aleación de aluminio se calienta por encima de un punto de fusión y se distribuye entre dos o más piezas de ajuste por acción capilar. Cuando los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento se utilizan en un proceso de soldadura fuerte, la(s) capa(s) de revestimiento se funden y se convierten en un metal de relleno que fluye por acción capilar hacia los puntos de contacto entre los componentes que se están soldando por soldadura fuerte. Se debe entender que no es necesario que ambas o todas las piezas que se van a unir para la soldadura fuerte estén hechas de una aleación de aluminio revestido. Al menos en algunos casos, es suficiente que sólo una parte de aquellas piezas que se van a unir esté hecha de una aleación de aluminio revestido. Por ejemplo, una materia prima de tubo revestido se puede unir a una aleación de aletas no revestida en un radiador o un evaporador. En otro ejemplo no limitante, una aleta revestida se puede unir a un tubo de extrusión no revestido en un condensador. Los usos de las aleaciones de aluminio en la soldadura fuerte y los procesos y productos resultantes, tales como los objetos fabricados según los procesos de manufacturado que implican la soldadura fuerte, se denominan generalmente "aplicaciones de soldadura fuerte".

La(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento exhiben una humectación y flujo mejorados requeridos para la formación de juntas en aplicaciones de soldadura fuerte al controlar la fusión del material de relleno, promover la formación de poros en una capa de película de óxido del metal que se va a unir y transportar agentes promotores para interconectar y/o eliminar la película de óxido en la parte metálica durante las aplicaciones de soldadura fuerte. Específicamente, los productos de aleación de aluminio revestido (por ejemplo, una o ambas capas de revestimiento) incluyen cantidades específicas de magnesio (Mg), bismuto (Bi), antimonio (Sb), estroncio (Sr), sodio (Na), titanio (Ti) y/u otros constituyentes (denominados en este documento agentes promotores) que dan como resultado un producto que es especialmente útil como aleación de relleno para aplicaciones de soldadura fuerte sin fundente (por ejemplo, como aleaciones de aluminio revestido para usar en combinación con tubos de aleación de cobre o aluminio en intercambiadores de calor). Por ejemplo, cantidades bajas de Mg (por ejemplo, menos del 0,50% en peso) en combinación con Bi, Sb, Sr, Na y/o Ti trabajan sinérgicamente para agrietar la capa de óxido superficial en la pieza metálica que se va a unir, de modo que la aleación de aluminio revestido fundido (por ejemplo, relleno) fluye a través de las grietas para formar uniones de soldadura fuerte estables sin el uso de fundente. Los agentes promotores descomponen la película de óxido expuesta en la superficie de las piezas metálicas, lo que permite que las superficies de unión entre los componentes se llenen con la(s) capa(s) de revestimiento fundido para formar una unión estable. Los agentes promotores (por ejemplo, Mg, Bi, Sb, Sr, Na y/o Ti) rompen y, en algunos casos, extraen el oxígeno de la película de óxido en la superficie de una pieza metálica que interfiere con la formación de uniones soldadas con soldadura fuerte continuas y libres de defectos.

Definiciones y descripciones:

Los términos "invención", "la invención", "esta invención" y "la presente invención" utilizados en el presente documento pretenden referirse a la materia objeto de las reivindicaciones a continuación.

En esta descripción, se hace referencia a las aleaciones identificadas por las designaciones de la industria del aluminio, como "serie" o "1xxx." Para comprender el sistema de designación numérica utilizado con más comúnmente para nombrar e identificar el aluminio y sus aleaciones, véanse "International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys" o "Registration Record of Aluminum Association Alloy Designations and Chemical Compositions Limits for Aluminum Alloys in the Form of Castings and Ingot", ambos publicados por The Aluminum Association.

Como se usa en el presente documento, el significado de "un", "una" o "el/la" incluye las referencias en singular y plural, a menos que el contexto indique claramente otra cosa.

5 Tal como se utiliza en el presente documento, una placa generalmente tiene un espesor superior a aproximadamente 15 mm. Por ejemplo, una placa puede referirse a un producto de aluminio que tiene un espesor mayor que aproximadamente 15 mm, mayor que aproximadamente 20 mm, mayor que aproximadamente 25 mm, mayor que aproximadamente 30 mm, mayor que aproximadamente 35 mm, mayor que aproximadamente 40 mm, mayor que aproximadamente 45 mm, mayor que aproximadamente 50 mm o mayor que aproximadamente 100 mm.

10 Tal como se utiliza en el presente documento, una plancha (también denominada plancha de lámina) generalmente tiene un espesor de desde aproximadamente 4 mm a aproximadamente 15 mm. Por ejemplo, una plancha puede tener un espesor de aproximadamente 4 mm, aproximadamente 5 mm, aproximadamente 6 mm, aproximadamente 7 mm, aproximadamente 8 mm, aproximadamente 9 mm, aproximadamente 10 mm, aproximadamente 11 mm, aproximadamente 12 mm, aproximadamente 13 mm, aproximadamente 14 mm o aproximadamente 15 mm.

15 Tal como se utiliza en el presente documento, una lámina generalmente se refiere a un producto de aluminio que tiene un espesor de menos de aproximadamente 4 mm. Por ejemplo, una lámina puede tener un espesor menor que aproximadamente 4 mm, menor que aproximadamente 3 mm, menor que aproximadamente 2 mm, menor que aproximadamente 1 mm, menor que aproximadamente 0,5 mm o menor que aproximadamente 0,1 mm.

25 En esta solicitud se hace referencia al revenido o la condición de la aleación. Para comprender las descripciones de revenido de aleación más comúnmente utilizadas, véase "American National Standards (ANSI) H35 on Alloy and Temper Designation Systems". Una condición o revenido F se refiere a una aleación de aluminio tal como se fabrica. Una condición o revenido O se refiere a una aleación de aluminio después del recocido. Una condición o revenido Hxx, también denominado en este documento revenido H, se refiere a una aleación de aluminio después de laminación en frío con o sin tratamiento térmico (por ejemplo, recocido). Los
30 revenidos H adecuados incluyen revenidos HX1, HX2, HX3 HX4, HX5, HX6, HX7, HX8 o HX9. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede laminarse en frío solo para dar como resultado un posible revenido H19. En un ejemplo más, la aleación de aluminio puede laminarse en frío y recocerse para dar como resultado un posible revenido H23.

35 Como se utiliza en el presente documento, "potencial electroquímico" se refiere a una susceptibilidad de un material a una reacción redox. El potencial electroquímico se puede emplear para evaluar la resistencia a la corrosión de los productos de aleación de aluminio descritos en este documento. Un valor negativo puede describir un material que es más fácil de oxidar (por ejemplo, un material que pierde electrones o aumenta su estado de oxidación) en comparación con un material con un potencial electroquímico positivo. Un valor positivo
40 puede describir un material que es más fácil de reducir (por ejemplo, un material que gana electrones o disminuye su estado de oxidación) en comparación con un material con un potencial electroquímico negativo. El potencial electroquímico, como se utiliza en este documento, es una cantidad vectorial que expresa magnitud y dirección.

45 Como se usa en el presente documento, el significado de "temperatura ambiente" puede incluir una temperatura de aproximadamente 15 °C a aproximadamente 30 °C, por ejemplo, de aproximadamente 15 °C, aproximadamente 16 °C, aproximadamente 17 °C, aproximadamente 18 °C, aproximadamente 19 °C, aproximadamente 20 °C, aproximadamente 21 °C, aproximadamente 22 °C, aproximadamente 23 °C, aproximadamente 24 °C, aproximadamente 25 °C, aproximadamente 26 °C, aproximadamente 27 °C,
50 aproximadamente 28 °C, aproximadamente 29 °C o aproximadamente 30 °C.

Debe entenderse que todos los intervalos descritos en el presente documento abarcan todos y cada uno de los subintervalos incluidos en los mismos. Por ejemplo, se debería considerar que un intervalo establecido de "1 a 10" incluye todos y cada uno de los subintervalos entre (e inclusive) el valor mínimo de 1 y el valor máximo
55 de 10; es decir, todos los subintervalos que comienzan con un valor mínimo de 1 o más, por ejemplo, de 1 a 6,1, y que terminan con un valor máximo de 10 o menos, por ejemplo, de 5,5 a 10.

Como se utiliza en este documento, el término "soldadura fuerte en atmósfera controlada" o "CAB" se refiere a un proceso de soldadura fuerte que utiliza una atmósfera inerte, por ejemplo, nitrógeno, argón o helio en el
60 proceso de soldadura fuerte.

Como se utiliza en este documento, "relleno" se refiere a una aleación de aluminio revestido que se funde por encima de su temperatura de líquidos y se utiliza para soldar mediante soldadura fuerte el núcleo a otros
65 artículos metálicos.

Las siguientes aleaciones de aluminio se describen en términos de su composición elemental en porcentaje

en peso (% en peso) según el peso total de la aleación. El resto es aluminio, con un% en peso máximo de 0,15% para la suma de las impurezas.

Productos de aleación de aluminio revestido

5

Los términos "revestimiento", "revestido", "capa de revestimiento", "capa revestida" y los términos relacionados se utilizan generalmente para referirse a una capa superficial relativamente delgada de productos de aleación de aluminio revestido. Los términos "núcleo", "capa de núcleo" y términos relacionados se utilizan para referirse a una capa relativamente más gruesa de productos de aleación de aluminio revestido. En algunos ejemplos, un producto de aleación de aluminio revestido (por ejemplo, una aleación de aluminio de lámina revestida) puede tener capas de revestimiento en ambos lados de la capa de núcleo, en cuyo caso una capa de núcleo es de hecho una capa interna del material de aluminio. Sin embargo, un producto de aleación de aluminio revestido (por ejemplo, una aleación de aluminio de lámina revestida) puede tener alternativamente una capa de revestimiento en solo un lado de la capa de núcleo, en cuyo caso la capa de núcleo también puede estar sobre una superficie. La capa de núcleo y la(s) capa(s) de revestimiento suelen tener composiciones químicas diferentes. En algunos casos, un producto de aleación de aluminio revestido puede tener dos capas de revestimiento diferentes con diferentes composiciones y propiedades.

10

15

20

Se debe entender que los productos de aleación de aluminio revestido adecuados para aplicaciones de soldadura fuerte no contienen necesariamente solo una capa de núcleo y una o dos capas de revestimiento. Los productos de aleación de aluminio revestido pueden contener otras capas (por ejemplo, para formar materiales de aluminio multicapa), algunas de las cuales pueden denominarse "capas intermedias", "capas externas", "recubrimientos" y otros términos relacionados. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio revestido pueden tener 2, 3, 4, 5, 6 o más capas distintas, cada una con una cierta función. De manera más general, los productos de aleación de aluminio revestido pueden tener tantas capas como se puedan apilar y unir entre sí en una o más operaciones. En el contexto comercial, un posible factor limitante es el coste de producción y/o los desechos generados durante la producción de productos de aleación de aluminio revestido, que pueden llegar a ser demasiado altos con el mayor número de capas para que los productos de aleación de aluminio revestido sean comercialmente viables. En el contexto de productos de aleación de aluminio revestido adecuados para aplicaciones de soldadura fuerte, una o más de las capas de revestimiento puede ser la porción del producto que se funde durante un ciclo de soldadura fuerte. Un recubrimiento puede ser una capa que no se espera que se funda durante un ciclo de soldadura fuerte y puede conferir otros beneficios, como resistencia a la corrosión o resistencia aumentada, a los productos de aleación de aluminio revestido. Un núcleo también puede incluir múltiples capas, como una o más capas intermedias en uno o ambos lados de la capa de núcleo principal.

25

30

35

40

En algunas realizaciones, los productos de aleación de aluminio revestido incluyen una capa de núcleo y al menos una capa de revestimiento. En algunos casos, los productos de aleación de aluminio revestido incluyen una capa de núcleo, una primera capa de revestimiento y una segunda capa de revestimiento. En estos casos, la primera capa de revestimiento puede ser adyacente a y estar en contacto con el primer lado de la capa de núcleo para formar una primera interfaz (es decir, no interviene ninguna capa entre la primera capa de revestimiento y el primer lado de la capa de núcleo). La segunda capa de revestimiento puede ser adyacente a y en contacto con el segundo lado de la capa de núcleo para formar una segunda interfaz (es decir, no interviene ninguna capa entre la segunda capa de revestimiento y el segundo lado de la capa de núcleo). La primera capa de revestimiento y la segunda capa de revestimiento pueden comprender cada una las composiciones de aleación descritas en este documento. En algunas realizaciones, la capa de núcleo está revestida solo por un lado. En otras realizaciones, la capa de núcleo está revestida por ambos lados. En otras realizaciones, la capa de núcleo está revestida en un lado de la capa de núcleo y un recubrimiento lateral de agua u otra capa se coloca en el otro lado de la capa de núcleo.

50

55

La composición de una o más de la(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido incluye agentes promotores (por ejemplo, Mg, Bi, Sb, Sr, Na, Ti, etc.) que interactúan con la película de óxido en la superficie de la pieza metálica que se va a unir con el producto de aleación de aluminio revestido para reducir o eliminar la película de óxido sin necesidad de fundente. La combinación de agentes promotores en la(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido reduce la película de óxido de aluminio, lo que permite la soldadura fuerte sin fundente de los productos. Por ejemplo, la(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento se funden y fluyen en un rango estrecho de temperaturas para romper y llenar la película de óxido en la superficie de la pieza metálica que se va a unir al producto de aleación de aluminio revestido para formar una unión metalúrgica sólida.

60

65

La(s) capa(s) de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido se funde y se convierte en metal de relleno que fluye por acción capilar hacia los puntos de contacto entre los componentes que se están soldando mediante soldadura fuerte. Los agentes promotores en la composición de la(s) capa(s) de revestimiento mejoran la capacidad de la(s) capa(s) de revestimiento fundido(s) de humedecerse y adaptarse a la superficie del metal base y, como resultado, cuando se enfrían por debajo de su temperatura de sólidos,

de formar una unión fuerte con ese metal. Además, la composición de la(s) capa(s) de revestimiento también muestra una fluidez mejorada de la(s) capa(s) de revestimiento fundido (por ejemplo, la distancia que recorrerá la capa de revestimiento fundido en el estado fundido alejándose de su posición original debido a la acción de fuerzas capilares). La(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido no sufre(n) ningún aumento apreciable en su temperatura de líquidus, aunque su composición puede alterarse por la disolución del metal base. Esto es importante en la soldadura fuerte de aluminio, ya que la operación de soldadura fuerte se realiza generalmente muy cerca de la temperatura de líquidus. En algunas realizaciones, la humectabilidad y la fluidez son funciones tanto de la(s) capa(s) de revestimiento fundido como de la capa de núcleo de los productos de aleación de aluminio revestido.

Los productos de aleación de aluminio revestido y métodos descritos en este documento se pueden utilizar en aplicaciones industriales que incluyen piezas de sacrificio, piezas de relleno, disipación de calor, embalaje y materiales de construcción. En algunas realizaciones, los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento se pueden emplear en piezas de aleación de aluminio para intercambiadores de calor. Específicamente, los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento pueden formar uniones soldadas entre piezas de aleación de aluminio y/u otras piezas metálicas (por ejemplo, piezas de cobre) en un intercambiador de calor sin la necesidad de una operación con fundente. A continuación se describen capas de revestimiento y capas de núcleo adecuadas para uso en tales productos de aleación de aluminio revestido.

Capa(s) de revestimiento

En el presente documento se proporcionan nuevas aleaciones de aluminio. En una realización, las aleaciones de aluminio se pueden utilizar como una o más capas de revestimiento, en combinación con una capa de núcleo, para formar un producto de aleación de aluminio revestido como se describe en este documento. Los productos de aleación de aluminio revestido resultantes son adecuados para su uso en una variedad de aplicaciones, incluido para uso como un paquete de láminas de soldadura fuerte resistente a la corrosión en la fabricación de tubos.

Una aleación de aluminio para uso opcional como una capa de revestimiento descrita en el presente documento puede tener la composición elemental como se proporciona en la Tabla 1 (no según la invención).

Tabla 1

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	7,0 - 14,0
Fe	0,05 - 1,0
Cu	0,01 - 0,60
Mn	0,01 - 0,30
Mg	0,01 - 0,50
Zn	0,0 - 0,60
Bi	0,001 - 0,50
Sb	0,0 - 0,30
Sr	0,0 - 0,20
Na	0,0 - 0,20
Ti	0,0 - 0,25
Otros	0 - 0,05 (cada uno) 0 - 0,15 (total)
Al	Resto

Otra aleación de aluminio para uso opcional como una capa de revestimiento descrita en el presente documento puede tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 2 (no según la invención).

Tabla 2

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	8,0 - 12,0
Fe	0,10 - 0,90
Cu	0,01 - 0,50
Mn	0,05 - 0,20
Mg	0,01 - 0,40
Zn	0,05 - 0,40
Bi	0,01 - 0,40
Sb	0,0 - 0,25
Sr	0,0 - 0,15
Na	0,0 - 0,10
Ti	0,0 - 0,20
Otros	0 - 0,05 (cada uno) 0 - 0,15 (total)
Al	Resto

Otra aleación de aluminio para uso opcional como una capa de revestimiento descrita en el presente documento puede tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 3 (no según la invención).

5

Tabla 3

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	8,5 - 11,0
Fe	0,15 - 0,50
Cu	0,01 - 0,40
Mn	0,05 - 0,15
Mg	0,05 - 0,30
Zn	0,10 - 0,30
Bi	0,05 - 0,30
Sb	0,0 - 0,20
Sr	0,0 - 0,10
Na	0,0 - 0,06
Ti	0,0 - 0,15
Otros	0 - 0,05 (cada uno) 0 - 0,15 (total)
Al	Resto

La aleación de aluminio para uso opcional como una capa de revestimiento descrita en el presente documento tiene la siguiente composición elemental, tal como se proporciona en la Tabla 4.

10

Tabla 4

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	9,0 - 10,5
Fe	0,15 - 0,25

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Cu	0,30 - 0,40
Mn	0,05 - 0,15
Mg	0,15 - 0,30
Zn	0,15 - 0,30
Bi	0,10 - 0,35
Sb	0,0 - 0,15
Sr	0,0 - 0,05
Na	0,0 - 0,05
Ti	0,0 - 0,10
Otros	0 - 0,05 (cada uno) 0 - 0,15 (total)
Al	Resto

Otra aleación de aluminio para uso opcional como una capa de revestimiento descrita en el presente documento puede tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 5 (no según la invención).

5

Tabla 5

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	9,5 - 10,5
Fe	0,30 - 0,50
Cu	0,01 - 0,05
Mn	0,05 - 0,15
Mg	0,01 - 0,05
Zn	0,20 - 0,25
Bi	0,10 - 0,20
Sb	0,01 - 0,05
Sr	0,001 - 0,02
Na	0,0 - 0,01
Ti	0,0 - 0,10
Otros	0 - 0,05 (cada uno) 0 - 0,15 (total)
Al	Resto

Las aleaciones de aluminio incluyen silicio (Si) en diferentes concentraciones para proporcionar diversos intervalos de fusión necesarios para aplicaciones de soldadura fuerte. La aleación divulgada incluye Si en una cantidad de 9,0% a 10,5% en base al peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 9,0%, 9,1%, 9,2%, 9,3%, 9,4%, 9,5%, 9,6%, 9,7%, 9,8%, 9,9%, 10,0%, 10,1%, 10,2%, 10,3%, 10,4% o 10,5% de Si.

Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

15

Las aleaciones de aluminio descritas en este documento incluyen hierro (Fe) en cantidades relativamente pequeñas en solución sólida después del procesamiento. El Fe puede formar componentes intermetálicos que pueden contener Mn, Si y otros elementos. Es beneficioso controlar el contenido de Fe en la composición para evitar componentes grandes que no contribuyen a las propiedades beneficiosas de la capa de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido. La aleación incluye Fe en una cantidad de 0,15% a 0,25% basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,15%, 0,16%, 0,17%, 0,18%,

20

0,19%, 0,20%, 0,21%, 0,22%, 0,23%, 0,24% o 0,25% de Fe. Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

Las aleaciones de aluminio descritas en este documento incluyen cobre (Cu) para aumentar la resistencia de una aleación de aluminio. Dependiendo de la concentración, el Cu puede tener un efecto sobre la resistencia a la corrosión de, por ejemplo, un producto de aleación de aluminio revestido que incluye la aleación de aluminio como capa de revestimiento. Por ejemplo, en las aleaciones de aluminio según algunas realizaciones, el Cu en solución sólida puede aumentar la resistencia a la corrosión al reducir la dispersión entre el potencial de corrosión de la matriz y las partículas de Si en el sistema eutéctico. La aleación de aluminio divulgada incluye Cu en una cantidad de 0,30% a 0,40% basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,30%, 0,31%, 0,32%, 0,33%, 0,34%, 0,35%, 0,36%, 0,37%, 0,38%, 0,39%, o 0,40% de Cu. Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

La aleación de aluminio incluye manganeso (Mn) en una cantidad de 0,05% a 0,15% (p. ej., de 0,10% a 0,15%) basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,05%, 0,06%, 0,07%, 0,08%, 0,09%, 0,10%, 0,11%, 0,12%, 0,13%, 0,14%, o 0,15% de Mn. Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

Las aleaciones de aluminio incluyen bajas cantidades de Mg para mejorar el rendimiento de la soldadura fuerte cuando la aleación se utiliza como capa de revestimiento en un producto de aleación de aluminio revestido. En aplicaciones de soldadura fuerte, el Mg extrae el oxígeno de la capa de película de óxido y agrieta la película de tal manera que ya no es continua. Las bajas cantidades de Mg proporcionan una buena capacidad de soldadura fuerte en un método de soldadura fuerte sin fundente. La aleación incluye Mg en una cantidad de 0,15% a 0,30% basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,15%, 0,16%, 0,17%, 0,18%, 0,19%, 0,20%, 0,21%, 0,22%, 0,23%, 0,24%, 0,25%, 0,26%, 0,27%, 0,28%, 0,29%, o 0,30% de Mg. Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

La aleación incluye zinc (Zn) en una cantidad de 0,15% a 0,30% basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,15%, 0,16%, 0,17%, 0,18%, 0,19%, 0,20%, 0,21%, 0,22%, 0,23%, 0,24%, 0,25%, 0,26%, 0,27%, 0,28%, 0,29%, o 0,30% de Zn. Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

La aleación incluye Bi en una cantidad de 0,10% a 0,35% basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,10%, 0,11%, 0,12%, 0,13%, 0,14%, 0,15%, 0,16%, 0,17%, 0,18%, 0,19%, 0,20%, 0,21%, 0,22%, 0,23%, 0,24%, 0,25%, 0,26%, 0,27%, 0,28%, 0,29%, 0,30%, 0,31%, 0,32%, 0,33%, 0,34% o 0,35% de Bi.

Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

La aleación puede incluir opcionalmente Sb en una cantidad de hasta 0,15% (por ejemplo, de 0,01% a 0,15%) basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,001%, 0,002%, 0,003%, 0,004%, 0,005%, 0,006%, 0,007%, 0,008%, 0,009%, 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04%, 0,05%, 0,06%, 0,07%, 0,08%, 0,09%, 0,10%, 0,11%, 0,12%, 0,13%, 0,14% o 0,15% de Sb. En algunos casos, Sb no está presente en la aleación (es decir, 0%). Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

La aleación puede incluir opcionalmente Sr en una cantidad de hasta 0,05% (por ejemplo, de 0,01% a 0,05%) basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,001%, 0,002%, 0,003%, 0,004%, 0,005%, 0,006%, 0,007%, 0,008%, 0,009%, 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04% o 0,05% de Sr. En algunos casos, Sr no está presente en la aleación (es decir, 0%). Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

La aleación puede incluir opcionalmente Na en una cantidad de hasta 0,05% basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,0001%, el 0,0002%, 0,0003%, 0,0004%, 0,0005%, 0,0006%, 0,0007%, 0,0008%, 0,0009%, 0,001%, 0,002%, 0,003%, 0,004%, 0,005%, 0,006%, 0,007%, 0,008%, 0,009%, 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04% o 0,05% de Na. En algunos casos, el Na no está presente en la aleación (es decir, 0%). Todos los porcentajes se expresan en% en peso.

La aleación puede incluir opcionalmente Ti en una cantidad de hasta 0,10% (por ejemplo, de 0,01% a 0,10%) en base al peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,001%, 0,002%, 0,003%, 0,004%, 0,005%, 0,006%, 0,007%, 0,008%, 0,009%, 0,01%, 0,02%, 0,03%, 0,04%, 0,05%, 0,06%, 0,07%, 0,08%, 0,09%, o 0,10% de Ti. En algunos casos, el Ti no está presente en la aleación (es decir, 0%). Todos los porcentajes se expresan en% en peso. Se encontró que el titanio en las cantidades mencionadas anteriormente puede mejorar la humectabilidad de la aleación de aluminio revestida en estado fundido.

Opcionalmente, las composiciones de la aleación pueden incluir, además, otros elementos minoritarios, a los que a veces se hace referencia como impurezas, cada uno en cantidades de aproximadamente 0,05% o menos, 0,04% o menos, 0,03% o menos, 0,02% o menos o 0,01% o menos. Estas impurezas pueden incluir, pero no se limitan a, Ga, V, Ni, Sc, Ag, B, Zr, Li, Pb, Sn, Ca, Hf o combinaciones de las mismas. Por consiguiente, Ga, V, Ni, Sc, Ag, B, Zr, Li, Pb, Sn, Ca, o Hf pueden estar presentes en una aleación en cantidades de 0,05% o menos, 0,04% o menos, 0,03% o menos, 0,02% o menos o 0,01% o menos. La suma de todas las impurezas

no excede 0,15% (por ejemplo, 0,10%). Todos los porcentajes se expresan en% en peso. El porcentaje restante de la aleación es aluminio.

El espesor de la(s) capa(s) de revestimiento puede ser de 1 micrón a 100 micrones. Por ejemplo, la(s) capa(s) de revestimiento pueden ser de 5 micrones a 90 micrones, de 10 micrones a 80 micrones, de 15 micrones a 70 micrones, de 20 micrones a 60 micrones, de 25 micrones a 55 micrones, de 30 micrones a 50 micrones, de 5 micrones a 50 micrones, de 10 micrones a 40 micrones o de 15 micrones a 35 micrones.

El espesor de la(s) capa(s) de revestimiento puede ser cada una de hasta 40% del espesor de una capa de núcleo en un producto de aleación de aluminio revestido. Por ejemplo, la(s) capa(s) de revestimiento pueden ser 40%, 39%, 38%, 37%, 36%, 35%, 34%, 33%, 32%, 31%, 30%, 29%, 28%, 27%, 26%, 25%, 24%, 23%, 22%, 21%, 20%, 19%, 18%, 17%, 16,5%, 16%, 15,5%, 15%, 14,5%, 14%, 13,5%, 13%, 12,5%, 12%, 11,5%, 11%, 10,5%, 10%, 9,5%, 9%, 8,5%, 8%, 7,5%, 7%, 6,5% o 6% del espesor de una capa de núcleo en un producto de aleación de aluminio revestido.

En algunas realizaciones, la temperatura de inicio de la(s) capa(s) de revestimiento es importante para controlar las propiedades de la unión soldada. La temperatura de inicio se refiere a una temperatura a la que la aleación de aluminio, en este caso, la(s) capa(s) de revestimiento, comienza a fundirse (es decir, el inicio de la fusión). La(s) capa(s) de revestimiento descrita(s) en este documento tiene(n) una temperatura de inicio que promueve una buena dispersión de la(s) capa(s) de revestimiento fundida(s) entre la capa de núcleo y otros componentes en un producto de aleación de aluminio (por ejemplo, un intercambiador de calor). Si la temperatura de inicio de la(s) capa(s) de revestimiento es alta (por ejemplo, mayor que o igual a 600 °C), la capacidad de formar buenas uniones por soldadura fuerte disminuye porque no hay suficiente dispersión de la(s) capa(s) de revestimiento fundida(s) para formar uniones sólidas. En algunas realizaciones, la temperatura de inicio de la(s) capa(s) de revestimiento es de aproximadamente 500 °C a aproximadamente 600 °C (por ejemplo, aproximadamente 510 °C a aproximadamente 595 °C, aproximadamente 525 °C a aproximadamente 590 °C, aproximadamente 540 °C a aproximadamente 585 °C, aproximadamente 550 °C a aproximadamente 580 °C o aproximadamente 560 °C a aproximadamente 575 °C). En algunas realizaciones, la temperatura de inicio de la(s) capa(s) de revestimiento es de aproximadamente 560 °C a aproximadamente 580 °C.

Adicionalmente, la(s) capa(s) de revestimiento que tienen una temperatura de fusión baja exhiben una fluidez aumentada cuando están fundidas. Si el punto de fusión de la(s) capa(s) de revestimiento es alto, entonces la trabajabilidad o capacidad de formar buenas uniones por soldadura fuerte disminuye porque no hay suficiente capa de revestimiento fundida disponible para formar uniones sólidas. En algunas realizaciones, el punto de fusión de la(s) capa(s) de revestimiento es de aproximadamente 600 °C a aproximadamente 700 °C (por ejemplo, aproximadamente 610 °C a aproximadamente 690 °C, aproximadamente 615 °C a aproximadamente 680 °C, aproximadamente 620 °C a aproximadamente 670 °C, aproximadamente 630 °C a aproximadamente 660 °C, o aproximadamente 640 °C a aproximadamente 665 °C). En algunas realizaciones, una o más capas de revestimiento tienen diferentes composiciones y, por lo tanto, tienen diferentes temperaturas de inicio y puntos de fusión.

Capa de núcleo

La presente divulgación proporciona además productos de aleación de aluminio revestido que incluyen al menos una capa de aleación de aluminio revestido y una capa de núcleo. Las aleaciones de aluminio con núcleo pueden ser aleaciones comúnmente descritas como una "aleación de núcleo de por vida", lo que significa que la capa del núcleo utiliza un mecanismo para retardar la corrosión a través del núcleo. Un ejemplo de tal aleación se describe en la Patente de EE.UU. N° 9,546,829. Como se analiza en la patente de EE. UU. N.º 9,546,829, el mayor contenido de Si en la aleación del núcleo conduce a la formación de dispersoides AlMnSi, lo que da como resultado un fortalecimiento dispersoide de la matriz. Los resultados también muestran que la presencia de Si conduce a la formación de una banda de precipitado denso efectivo (DPB), incluso con un alto contenido de Si de hasta 0,4%, durante la soldadura fuerte, lo que conduce a una resistencia a la corrosión mejorada posterior a la soldadura fuerte. Además, esta patente divulga que la presencia de un alto contenido de Fe conduce a una mayor resistencia posterior a la soldadura fuerte. Aunque un mayor contenido de Fe puede provocar un comportamiento de corrosión perjudicial en la capa de núcleo, este efecto se mitigó añadiendo Ti, produciendo bandas ricas en Ti en la condición posterior a la soldadura fuerte que mejoraron el comportamiento a la corrosión. Sin limitarse a la teoría, se encontró que el uso de las aleaciones de aluminio revestido descritas en este documento con una aleación de aluminio de núcleo que comprende Ti proporcionó de manera beneficiosa resistencia a la corrosión al paquete de soldadura fuerte.

En algunas realizaciones, la capa de núcleo es una aleación de aluminio de la serie 3xxx o una aleación de aluminio de la serie 6xxx. Las aleaciones de aluminio de la serie 3xxx adecuadas para uso en la capa de núcleo en el presente documento incluyen, por ejemplo, AA3002, AA3102, AA3003, AA3103, AA3103A, AA3103B, AA3203, AA3403, AA3004, AA3004A, AA3104, AA3204, AA3304, AA3005, AA3005A, AA3105, AA3105A, AA3105B, AA3007, AA3107, AA3207, AA3207A, AA3307, AA3009, AA3010, AA3110, AA3011, AA3012, AA3012A, AA3013, AA3014, AA3015, AA3016, AA3017, AA3019, AA3020, AA3021, AA3025, AA3026, AA3030,

AA3130 y AA3065.

Las aleaciones de aluminio de la serie 6xxx adecuadas para su uso en la capa de núcleo en el presente documento incluyen, por ejemplo, AA6101, AA6101A, AA6101B, AA6201, AA6201A, AA6401, AA6501, AA6002, AA6003, AA6103, AA6005, AA6005A, AA6005B, AA6005C, AA6105, AA6205, AA6305, AA6006, AA6106, AA6206, AA6306, AA6008, AA6009, AA6010, AA6110, AA6110A, AA6011, AA6111, AA6012, AA6012A, AA6013, AA6113, AA6014, AA6015, AA6016, AA6016A, AA6116, AA6018, AA6019, AA6020, AA6021, AA6022, AA6023, AA6024, AA6025, AA6026, AA6027, AA6028, AA6031, AA6032, AA6033, AA6040, AA6041, AA6042, AA6043, AA6151, AA6351, AA6351A, AA6451, AA6951, AA6053, AA6055, AA6056, AA6156, AA6060, AA6160, AA6260, AA6360, AA6460, AA6460B, AA6560, AA6660, AA6061, AA6061A, AA6261, AA6361, AA6162, AA6262, AA6262A, AA6063, AA6063A, AA6463, AA6463A, AA6763, AA6963, AA6064, AA6064A, AA6065, AA6066, AA6068, AA6069, AA6070, AA6081, AA6181, AA6181A, AA6082, AA6082A, AA6182, AA6091 y AA6092

En algunas realizaciones, los productos de aleación de aluminio revestido son resistentes a la corrosión y proporcionan un paquete de soldadura fuerte para su uso en la fabricación de tubos para intercambiadores de calor. En algunas realizaciones, los productos de aleación de aluminio revestido comprenden una capa de núcleo de aleación que contiene aluminio que comprende de aproximadamente 0,10% en peso a aproximadamente 0,20% en peso de Ti.

El espesor de la capa de núcleo puede ser de aproximadamente 100 micrones a aproximadamente 4000 micrones. Por ejemplo, la capa de núcleo puede ser de aproximadamente 150 micrones a aproximadamente 3500 micrones, de aproximadamente 200 micrones a aproximadamente 3000 micrones, de aproximadamente 250 micrones a aproximadamente 2500 micrones, de aproximadamente 300 micrones a aproximadamente 2000 micrones, de aproximadamente 350 micrones a aproximadamente 1500 micrones, de aproximadamente 400 micrones a aproximadamente 1000 micrones, de aproximadamente 450 micrones a aproximadamente 900 micrones, de aproximadamente 500 micrones a aproximadamente 800 micrones, o de aproximadamente 550 micrones a aproximadamente 700 micrones.

Las aleaciones descritas anteriormente para su uso como la capa de núcleo son resistentes a la corrosión y tienen buenas propiedades mecánicas. Las aleaciones están formuladas para producir una banda de sacrificio de precipitados densos en la primera y segunda interfaces (es decir, entre la aleación del núcleo y la primera y segunda capas de revestimiento). Tal como se utiliza en este documento, "de sacrificio" significa que la región de la banda de precipitado denso se corroerá con preferencia a la capa de núcleo. La región de banda de precipitado denso puede formarse durante el ciclo de soldadura fuerte. Esta banda evita la perforación de los tubos desde el exterior y mejora la resistencia a la corrosión de la capa de núcleo, como se describe en la patente de EE. UU. N.º 5,041,343, la patente de EE. UU. N.º 5,037,707, la patente de EE. UU. N.º 6,019,939 y la publicación de patente internacional N.º WO 94/22633. La banda de precipitado denso típicamente tiene un espesor de aproximadamente 20-50 µm (por ejemplo, aproximadamente 25-40 µm).

Paquete de láminas de soldadura fuerte

Un producto de aleación de aluminio revestido puede fabricarse a partir de una o más capas de revestimiento y una capa de núcleo utilizando cualquier método de producto conocido por los expertos en la materia. Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio revestido puede fabricarse mediante laminado de metal en caliente o similar para unir la una o más capas de revestimiento a la capa de núcleo. El producto de aleación de aluminio revestido se puede formar mediante colada en estado fundido, como se describe con más detalle a continuación. Opcionalmente, el producto de aleación de aluminio revestido se puede fabricar mediante un proceso que incluye laminado en caliente y laminado en frío de un lingote de fundición de material compuesto como se describe en la solicitud de patente publicada de EE. UU. N.º 2005/0011630. El producto de aleación de aluminio revestido resultante proporciona buena resistencia a la corrosión cuando se suelda mediante soldadura fuerte a piezas metálicas.

En algunas realizaciones, una lámina de aleación de aluminio revestida, una vez formada, se puede convertir en forma de tubo mediante cualquier método de formación de tubos conocido por los expertos en la materia. Por ejemplo, la lámina de aleación de aluminio revestida se puede convertir en forma de tubo mediante plegado o soldadura. Los tubos resultantes se pueden utilizar, por ejemplo, en un intercambiador de calor. Opcionalmente, se puede unir una aleta a la lámina o tubo formado a partir de la lámina de aleación de aluminio revestida.

Procedimientos de preparación y procesamiento

En algunos aspectos, los procesos para hacer o fabricar productos de aleación de aluminio revestido descritos en el presente documento, así como para fabricar los objetos utilizando productos de aleación de aluminio revestido, también se incluyen dentro del alcance de la presente divulgación. Los productos de aleación de aluminio revestido descritos en el presente documento se pueden fabricar mediante procesos que incluyen al menos algunas de las etapas tecnológicas descritas y mostradas en este documento. Debe entenderse que

las descripciones e ilustraciones de los procesos contenidos en este documento no son limitantes. Las etapas del proceso descritas en el presente documento pueden combinarse y modificarse de diversas formas y emplearse adecuadamente para fabricar los productos o formas de aleaciones de aluminio revestido y objetos de tales aleaciones. Las etapas y condiciones del proceso que no se describen explícitamente en el presente documento, pero que aún se emplean comúnmente en las áreas de metalurgia y procesamiento y fabricación de aluminio, también pueden incorporarse en los procesos que se encuentran dentro del alcance de la presente divulgación. El proceso para preparar la capa de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido se describe con más detalle a continuación.

10 Colada

La capa de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido descrito en el presente documento se puede colar usando un método de colada conocido por los expertos en la materia. Por ejemplo, el proceso de colada puede incluir un proceso de colada de enfriamiento directo (DC). El proceso de colada DC se realiza de acuerdo con los estándares conocidos por un experto en la materia. El proceso DC puede proporcionar un lingote. Opcionalmente, el lingote se puede desbastar antes del procesamiento posterior. Opcionalmente, el proceso de colada puede incluir un proceso de colada continua (CC) en vez de un proceso de colada DC.

En algunas realizaciones, la capa de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido se puede colar utilizando "colada en estado fundido", a la que también se puede hacer referencia con el nombre comercial FUSION™ (Novelis, Atlanta, EE. UU.), y se describe, por ejemplo, en la patente de EE. UU. N.º 7,472,740. En general, la colada en estado fundido es un proceso de colada de un lingote de metal multicapa o material compuesto. Cuando se emplea el proceso de colada FUSION™ (Novelis, Atlanta, EE. UU.) para la producción del producto de aleación de aluminio revestido descrito en el presente documento, una aleación de aluminio para uso como una capa de revestimiento se solidifica en una o ambas superficies de una aleación de núcleo parcialmente solidificada. Un proceso de colada en estado fundido típicamente utiliza un molde con un extremo de alimentación y un extremo de salida. El metal fundido se añade en el extremo de alimentación y se extrae un lingote solidificado del extremo de salida del molde. Las paredes divisorias se utilizan para dividir el extremo de alimentación en al menos dos cámaras de alimentación separadas.

Las paredes divisorias terminan por encima del extremo de salida del molde. Cada cámara de alimentación está adyacente a al menos otra cámara de alimentación. Para cada par de cámaras de alimentación adyacentes, se alimenta una corriente de una primera aleación a una del par de cámaras para formar un depósito de metal en la primera cámara. Una corriente de una segunda aleación se alimenta a través de la segunda del par de cámaras de alimentación para formar un depósito de metal en la segunda cámara. El primer depósito de metal entra en contacto con la pared divisoria entre el par de cámaras para enfriar el primer depósito para formar una superficie autoportante adyacente a la pared divisoria. A continuación, el segundo depósito de metal se pone en contacto con el primer depósito de modo que el segundo depósito entra en contacto primero con la superficie autoportante del primer depósito en un punto donde la temperatura de la superficie autoportante está por debajo de la temperatura de sólidos de la primera aleación. Los dos depósitos de aleación se unen en dos capas y se enfrían para formar un lingote de material compuesto o multicapa, al que también se puede denominar "paquete". El lingote multicapa obtenido por colada en estado fundido se incluye dentro del alcance del producto de aleación de aluminio revestido descrito en el presente documento.

La aleación de aluminio colada se puede someter, a continuación, a etapas de procesamiento adicionales. Por ejemplo, los métodos de procesamiento como se describen en este documento pueden incluir las etapas de homogeneización, laminado en caliente, laminado en frío y/o recocido.

Homogeneización

La etapa de homogeneización puede incluir calentar una aleación de aluminio colada como se describe en este documento para alcanzar una temperatura de homogeneización de aproximadamente, o al menos aproximadamente, 570 °C (por ejemplo, al menos aproximadamente 570 °C, al menos aproximadamente 580 °C, al menos aproximadamente 590 °C, al menos aproximadamente 600 °C, al menos aproximadamente 610 °C, o cualquier valor intermedio). Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio colada puede calentarse a una temperatura de aproximadamente 570 °C a aproximadamente 620 °C, de aproximadamente 575 °C a aproximadamente 615 °C, de aproximadamente 585 °C a aproximadamente 610 °C o de aproximadamente 590 °C a aproximadamente 605 °C. En algunos casos, la velocidad de calentamiento hasta la temperatura de homogeneización puede ser de aproximadamente 100 °C/hora o menos, aproximadamente 75 °C/hora o menos, aproximadamente 50 °C/hora o menos, aproximadamente 40 °C/hora o menos, aproximadamente 30 °C/hora o menos, aproximadamente 25 °C/hora o menos, aproximadamente 20 °C/hora o menos, aproximadamente 15 °C/hora o menos o aproximadamente 10 °C/min o menos. En otros casos, la velocidad de calentamiento hasta la temperatura de homogeneización puede ser de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 100 °C/min (por ejemplo, de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 90 °C/min, de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 70 °C/min, de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 60 °C/min, de aproximadamente 20 °C/min a aproximadamente 90 °C/min, de

aproximadamente 30 °C/min a aproximadamente 80 °C/min, de aproximadamente 40 °C/min a aproximadamente 70 °C/min o de aproximadamente 50 °C/min a aproximadamente 60 °C/min).

5 En algunas realizaciones, la aleación de aluminio colada a continuación se deja que se estabilice (es decir, mantener a la temperatura indicada) durante un período de tiempo. De acuerdo con un ejemplo no limitante, se permite que el producto de aleación de aluminio colada se estabilice durante hasta aproximadamente 5 horas (por ejemplo, desde aproximadamente 10 minutos hasta aproximadamente 5 horas, inclusive). Por ejemplo, la aleación de aluminio colada se puede estabilizar a una temperatura de al menos 570 °C durante 10 minutos, 20 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 5 horas o cualquier punto intermedio.

10 En algunas realizaciones, la aleación de aluminio colada se puede enfriar desde la primera temperatura a una segunda temperatura que es inferior a la primera temperatura. En algunos ejemplos, la segunda temperatura es mayor que aproximadamente 555 °C (por ejemplo, mayor que aproximadamente 560 °C, mayor que aproximadamente 565 °C, mayor que aproximadamente 570 °C o mayor que aproximadamente 575 °C). Por ejemplo, la aleación de aluminio colada se puede enfriar hasta una segunda temperatura de aproximadamente 555 °C a aproximadamente 590 °C, de aproximadamente 560 °C a aproximadamente 575 °C, de aproximadamente 565 °C a aproximadamente 580 °C, de aproximadamente 570 °C a aproximadamente 585 °C, de aproximadamente 565 °C a aproximadamente 570 °C, de aproximadamente 570 °C a aproximadamente 590 °C o de aproximadamente 575 °C a aproximadamente 585 °C. La velocidad de enfriamiento a la segunda temperatura puede ser de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 100 °C/min (por ejemplo, de aproximadamente 20 °C/min a aproximadamente 90 °C/min, de aproximadamente 30 °C/min a aproximadamente 80 °C/min, de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 90 °C/min, de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 70 °C/min, de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 60 °C/min, de aproximadamente 40 °C/min a aproximadamente 70 °C/min, o de aproximadamente 50 °C/min a aproximadamente 60 °C/min).

25 En algunas realizaciones, la aleación de aluminio colada a continuación puede estabilizarse a la segunda temperatura durante un período de tiempo. En algunos casos, el lingote se deja estabilizar durante hasta aproximadamente 5 horas (p. ej., de 10 minutos a 5 horas, inclusive). Por ejemplo, el lingote se puede estabilizar a una temperatura de aproximadamente 560 °C a aproximadamente 590 °C durante 10 minutos, 20 minutos, 30 minutos, 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 5 horas o cualquier punto intermedio.

Laminado en caliente

35 Después de la etapa de homogeneización, se puede realizar una etapa de laminación en caliente. En algunos casos, las aleaciones de aluminio coladas se laminan en caliente con un intervalo de temperatura de entrada en el laminador en caliente de aproximadamente 560 °C a 600 °C. Por ejemplo, la temperatura de entrada puede ser de aproximadamente 560 °C, aproximadamente 565 °C, aproximadamente 570 °C, aproximadamente 575 °C, aproximadamente 580 °C, aproximadamente 585 °C, aproximadamente 590 °C, aproximadamente 595 °C o aproximadamente 600 °C. En algunos casos, la temperatura de salida del laminado en caliente puede variar de aproximadamente 290 °C a aproximadamente 350 °C (por ejemplo, de aproximadamente 310 °C a aproximadamente 340 °C). Por ejemplo, la temperatura de salida del laminado en caliente puede ser de aproximadamente 290 °C, aproximadamente 295 °C, aproximadamente 300 °C, aproximadamente 305 °C, aproximadamente 310 °C, aproximadamente 315 °C, aproximadamente 320 °C, aproximadamente 325 °C, aproximadamente 330 °C, aproximadamente 335 °C, aproximadamente 340 °C, aproximadamente 345 °C, aproximadamente 350 °C, o cualquier valor intermedio.

40 En algunos casos, la aleación de aluminio colada puede laminarse en caliente hasta un calibre de espesor de aproximadamente 2 mm a aproximadamente 15 mm (por ejemplo, de aproximadamente 2,5 mm a aproximadamente 12 mm de calibre de espesor). Por ejemplo, la aleación de aluminio colada puede laminarse en caliente a un calibre de espesor de aproximadamente 2 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 2,5 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 3 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 3,5 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 4 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 5 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 6 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 7 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 8 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 9 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 10 mm o un calibre de espesor de aproximadamente 11 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 12 mm o un calibre de espesor de aproximadamente 13 mm, un calibre de espesor de aproximadamente 14 mm o un calibre de espesor de aproximadamente 15 mm. En algunos casos, la aleación de aluminio colada puede laminarse en caliente hasta un calibre de espesor superior a 15 mm (es decir, una chapa). En otros casos, la aleación de aluminio colada puede laminarse en caliente hasta un calibre de espesor inferior a 4 mm (es decir, una lámina).

Laminado en frío

65 Se puede realizar una etapa de laminado en frío a continuación de la etapa de laminado en caliente. En algunos aspectos, el producto laminado de la etapa de laminado en caliente se puede laminar en frío hasta formar una

lámina (por ejemplo, por debajo de aproximadamente 4,0 mm). En algunos aspectos, el producto laminado se lamina en frío hasta un espesor de aproximadamente 0,4 mm a aproximadamente 1,0 mm, de aproximadamente 1,0 mm a aproximadamente 3,0 mm, o de aproximadamente 3,0 mm a menos de aproximadamente 4,0 mm. En algunos aspectos, la aleación se lamina en frío a aproximadamente 3,5 mm o menos, aproximadamente 3 mm o menos, aproximadamente 2,5 mm o menos, aproximadamente 2 mm o menos, aproximadamente 1,5 mm o menos, aproximadamente 1 mm o menos, aproximadamente 0,5 mm o menos, aproximadamente 0,4 mm o menos, aproximadamente 0,3 mm o menos, aproximadamente 0,2 mm o menos, o aproximadamente 0,1 mm o menos. Por ejemplo, el producto laminado puede laminarse en frío a aproximadamente 0,1 mm, aproximadamente 0,2 mm, aproximadamente 0,3 mm, aproximadamente 0,4 mm, aproximadamente 0,5 mm, aproximadamente 0,6 mm, aproximadamente 0,7 mm, aproximadamente 0,8 mm, aproximadamente 0,9 mm, aproximadamente 1,0 mm, aproximadamente 1,1 mm, aproximadamente 1,2 mm, aproximadamente 1,3 mm, aproximadamente 1,4 mm, aproximadamente 1,5 mm, aproximadamente 1,6 mm, aproximadamente 1,7 mm, aproximadamente 1,8 mm, aproximadamente 1,9 mm, aproximadamente 2,0 mm, aproximadamente 2,1 mm, aproximadamente 2,2 mm, aproximadamente 2,3 mm, aproximadamente 2,4 mm, aproximadamente 2,5 mm, aproximadamente 2,6 mm, aproximadamente 2,7 mm, aproximadamente 2,8 mm, aproximadamente 2,9 mm, aproximadamente 3,0 mm, aproximadamente 3,1 mm, aproximadamente 3,2 mm, aproximadamente 3,3 mm, aproximadamente 3,4 mm, aproximadamente 3,5 mm, aproximadamente 3,6 mm, aproximadamente 3,7 mm, aproximadamente 3,8 mm, aproximadamente 3,9 mm, aproximadamente 4,0 mm o de cualquier valor intermedio.

En un caso, el método para procesar las aleaciones de aluminio como se describe en este documento puede incluir las siguientes etapas. Se puede realizar una etapa de homogeneización calentando una aleación de aluminio colada como se describe en este documento para alcanzar una temperatura de homogeneización de aproximadamente 590 °C durante un período de tiempo de aproximadamente 12 horas, en donde las aleaciones de aluminio coladas se dejan estabilizar a una temperatura de aproximadamente 590 °C durante aproximadamente 2 horas. Las aleaciones de aluminio coladas pueden a continuación enfriarse a aproximadamente 580 °C y dejarse estabilizar durante aproximadamente 2 horas a 580 °C. Las aleaciones de aluminio coladas se pueden a continuación laminar en caliente hasta alcanzar un calibre adecuado. Las aleaciones de aluminio coladas se pueden luego laminar en frío hasta obtener el calibre deseado.

Recocido

Opcionalmente, la aleación de aluminio se puede recocer calentando la aleación desde temperatura ambiente hasta una temperatura de recocido de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 400 °C (por ejemplo, de aproximadamente 210 °C a aproximadamente 375 °C, de aproximadamente 220 °C a aproximadamente 350 °C, de aproximadamente 225 °C a aproximadamente 345 °C, o de aproximadamente 250 °C a aproximadamente 320 °C). En algunos casos, la velocidad de calentamiento hasta la temperatura de recocido puede ser de aproximadamente 100 °C/hora o menos, aproximadamente 75 °C/hora o menos, aproximadamente 50 °C/hora o menos, aproximadamente 40 °C/hora o menos, aproximadamente 30 °C/hora o menos, aproximadamente 25 °C/hora o menos, aproximadamente 20 °C/hora o menos, aproximadamente 15 °C/hora o menos o aproximadamente 10 °C/hora o menos. La aleación puede estabilizarse la temperatura durante un período de tiempo. En algunos aspectos, se deja que la aleación se estabilice durante hasta aproximadamente 6 horas (por ejemplo, de aproximadamente 10 segundos a aproximadamente 6 horas, inclusive). Por ejemplo, la aleación se puede estabilizar a la temperatura de aproximadamente 230 °C a aproximadamente 370 °C durante aproximadamente 20 segundos, aproximadamente 25 segundos, aproximadamente 30 segundos, aproximadamente 35 segundos, aproximadamente 40 segundos, aproximadamente 45 segundos, aproximadamente 50 segundos, aproximadamente 55 segundos, aproximadamente 60 segundos, aproximadamente 65 segundos, aproximadamente 70 segundos, aproximadamente 75 segundos, aproximadamente 80 segundos, aproximadamente 85 segundos, aproximadamente 90 segundos, aproximadamente 95 segundos, aproximadamente 100 segundos, aproximadamente 105 segundos, aproximadamente 110 segundos, aproximadamente 115 segundos, aproximadamente 120 segundos, aproximadamente 125 segundos, aproximadamente 130 segundos, aproximadamente 135 segundos, aproximadamente 140 segundos, aproximadamente 145 segundos, aproximadamente 150 segundos, aproximadamente 5 minutos, aproximadamente 10 minutos, aproximadamente 15 minutos, aproximadamente 20 minutos, aproximadamente 25 minutos, aproximadamente 30 minutos, aproximadamente 35 minutos, aproximadamente 40 minutos, aproximadamente 45 minutos, aproximadamente 50 minutos, aproximadamente 55 minutos, aproximadamente 60 minutos, aproximadamente 65 minutos, aproximadamente 70 minutos, aproximadamente 75 minutos, aproximadamente 80 minutos, aproximadamente 85 minutos, aproximadamente 90 minutos, aproximadamente 95 minutos, aproximadamente 100 minutos, aproximadamente 105 minutos, aproximadamente 110 minutos, aproximadamente 115 minutos, aproximadamente 120 minutos, aproximadamente 2,5 horas, aproximadamente 3 horas, aproximadamente 3,5 horas, aproximadamente 4 horas, aproximadamente 4,5 horas, aproximadamente 5 horas, aproximadamente 5,5 horas, aproximadamente 6 horas, o cualquier punto intermedio. En algunos ejemplos, la aleación no está recocida.

En algunos ejemplos, la aleación se calienta a una temperatura de recocido de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 400 °C a una velocidad constante de aproximadamente 40 °C/hora a aproximadamente

50 °C/hora. En algunos aspectos, se deja que la aleación se estabilice a la temperatura de recocido durante aproximadamente 3 horas a aproximadamente 5 horas (por ejemplo, durante aproximadamente 4 horas). En algunos casos, la aleación se enfría desde la temperatura de recocido a una velocidad constante de aproximadamente 40 °C/hora a aproximadamente 50 °C/hora. En algunos ejemplos, la aleación no está recocida.

Propiedades y ventajas

Las propiedades mecánicas del producto de aleación de aluminio se pueden controlar mediante diversas condiciones de procesamiento según el uso deseado. El producto de aleación de aluminio revestido se puede producir (o proporcionar) en un revenido H (por ejemplo, revenidos HX1, HX2, HX3, HX4, HX5, HX6, HX7, HX8 o HX9). Como ejemplo, los productos de aleación de aluminio revestido se pueden producir (o proporcionar) en el revenido H19. El revenido H19 se refiere a productos laminados en frío. Como otro ejemplo, el producto de aleación de aluminio revestido se puede producir (o proporcionar) en el revenido H24. El revenido H24 se refiere a productos laminados en frío y parcialmente recocidos. Como ejemplo adicional, el producto de aleación de aluminio revestido se puede producir (o proporcionar) en el estado o revenido O.

En algunos ejemplos no limitativos, el producto de aleación de aluminio revestido tiene alta resistencia en los revenidos H (por ejemplo, revenido H19 y revenido H24) y alta formabilidad (es decir, capacidad de flexión) en el revenido O. En algunos ejemplos no limitativos, el producto de aleación de aluminio revestido tiene buena resistencia a la corrosión en los revenidos H (por ejemplo, revenido H19 y revenido H24) y revenido O en comparación con los productos de aleación de aluminio revestido convencionales.

Los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento pueden producir uniones de soldadura fuerte que resisten la corrosión mejor que las aleaciones de revestimiento convencionales sin el uso de fundente corrosivo. Una ventaja de los actuales productos de aleación de aluminio revestido es que la aleación de relleno endurecida producida después de la soldadura fuerte puede resistir la corrosión mejor que la aleación de relleno endurecida producida por aleaciones de revestimiento convencionales. La resistencia a la corrosión mejorada se debe a la presencia de los promotores en las aleaciones de revestimiento utilizadas en los productos de aleación de aluminio revestido, en comparación con las aleaciones de revestimiento convencionales. Algunos ejemplos de tales promotores adicionales que pueden afectar beneficiosamente las propiedades de corrosión del revestimiento residual, que puede actuar como revestimiento anticorrosión protector en las piezas y objetos sometidos a soldadura fuerte, son Bi, Sb, Sr, Na y Ti. Cuando está presente en cantidades específicas en la(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido, no es necesario realizar una operación con fundente al soldar mediante soldadura fuerte una unión entre el producto de aleación de aluminio revestido y la pieza metálica que se va a unir. Esto mejora el potencial de corrosión de los productos de aleación de aluminio revestido, ya que no se requiere ninguna operación con fundente cuando se produce la unión por soldadura fuerte, que afecta negativamente el potencial de corrosión de la unión.

En algunos aspectos, los productos de aleación de aluminio revestido pueden tener una resistencia a la corrosión que proporciona un potencial de corrosión negativo o potencial electroquímico (E_{corr}) de aproximadamente -650 mV a aproximadamente -760 mV (por ejemplo, de aproximadamente -660 mV a aproximadamente -750 mV, de aproximadamente -670 mV a aproximadamente -740 mV, de aproximadamente -680 mV a aproximadamente -730 mV, de aproximadamente -690 mV a aproximadamente -720 mV, de aproximadamente -700 mV a aproximadamente -710 mV, etc.) cuando se ensayan de acuerdo con la norma ASTM G69. En algunos casos, el potencial de corrosión negativo o potencial electroquímico (E_{corr}) puede ser de aproximadamente -650 mV, aproximadamente -660 mV, aproximadamente -670 mV, aproximadamente -680 mV, aproximadamente -690 mV, aproximadamente -700 mV, aproximadamente -710 mV, aproximadamente -720 mV, aproximadamente -730 mV, aproximadamente -740 mV, aproximadamente -750 mV, o aproximadamente -760 mV, o cualquier valor intermedio.

En algunos aspectos, los productos de aleación de aluminio revestido, cuando están en un revenido H, pueden tener un límite elástico de aproximadamente 150 MPa a aproximadamente 250 MPa (por ejemplo, de aproximadamente 160 MPa a aproximadamente 240 MPa, de aproximadamente 165 MPa a aproximadamente 225 MPa, de aproximadamente 170 MPa a aproximadamente 210 MPa, de aproximadamente 170 MPa a aproximadamente 200 MPa, de aproximadamente 175 MPa a aproximadamente 195 MPa, etc.). En algunos casos, los productos de aleación de aluminio revestido, cuando están en un revenido H, pueden tener un límite elástico de aproximadamente 160 MPa, aproximadamente 165 MPa, aproximadamente 170 MPa, aproximadamente 175 MPa, aproximadamente 180 MPa, aproximadamente 185 MPa, aproximadamente 190 MPa, aproximadamente 195 MPa, aproximadamente 200 MPa, aproximadamente 205 MPa, aproximadamente 210 MPa, aproximadamente 215 MPa, aproximadamente 220 MPa, aproximadamente 225 MPa, aproximadamente 230 MPa, aproximadamente 235 MPa, aproximadamente 240 MPa, aproximadamente 245 MPa o aproximadamente 250 MPa.

En algunos aspectos, los productos de aleación de aluminio revestido, cuando están en un revenido H, pueden

5 tener una resistencia a la tracción de aproximadamente 175 MPa a aproximadamente 250 MPa (por ejemplo, de aproximadamente 180 MPa a aproximadamente 240 MPa, de aproximadamente 185 MPa a aproximadamente 245 MPa, de aproximadamente 190 MPa a aproximadamente 240 MPa, de aproximadamente 195 MPa a aproximadamente 235 MPa, de aproximadamente 200 MPa a aproximadamente 230 MPa, etc.). En algunos casos, los productos de aleación de aluminio revestido, cuando tienen una resistencia a la tracción de aproximadamente 175 MPa, aproximadamente 180 MPa, aproximadamente 185 MPa, aproximadamente 190 MPa, aproximadamente 195 MPa, aproximadamente 200 MPa, aproximadamente 205 MPa, aproximadamente 210 MPa, aproximadamente 215 MPa, aproximadamente 220 MPa, aproximadamente 225 MPa, aproximadamente 230 MPa, aproximadamente 235 MPa, aproximadamente 240 MPa, aproximadamente 245 MPa o aproximadamente 250 MPa.

15 En algunos aspectos, los productos de aleación de aluminio revestido, cuando están en un revenido H, pueden tener un alargamiento de aproximadamente 11% a aproximadamente 18%, (por ejemplo, de aproximadamente 12% a aproximadamente 17,5%, de aproximadamente 12,5% a aproximadamente 17%, de aproximadamente 13% a aproximadamente 16,5%, de aproximadamente 14% a aproximadamente 16%, etc.). En algunos casos, los productos de aleación de aluminio revestido, cuando están en un revenido H, pueden tener un alargamiento de aproximadamente 11%, aproximadamente 11,5%, aproximadamente 12%, aproximadamente 12,5%, aproximadamente 13%, aproximadamente 13,5%, aproximadamente 14%, aproximadamente 14,5%, aproximadamente 15%, aproximadamente 15,5%, aproximadamente 16%, aproximadamente 16,5%, aproximadamente 17%, aproximadamente 17,5%, o aproximadamente 18%.

25 Se contempla que cuando la capa de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido forma una unión soldada por soldadura fuerte, exhibirá buena resistencia a la corrosión cuando se someta a ensayos de corrosión acelerada del lado del aire. Específicamente, las uniones de soldadura fuerte formadas a partir de la capa de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento pueden exhibir una buena clasificación de corrosión del lado del aire cuando se llevan a cabo ensayos de ácido acético en agua de mar (SWAAT) de acuerdo con la norma ASTM G85:A3. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio revestido pueden someterse a ensayos SWAAT durante 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas. En cada uno de estos ejemplos, se espera que haya una actividad de corrosión mínima y que no se formen perforaciones en la aleación de aluminio revestido durante al menos 28 días.

Métodos de soldadura fuerte

35 Los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento son adecuados para aplicaciones de soldadura fuerte sin el uso de fundente. Sorprendentemente, se encontró que los constituyentes de la(s) capa(s) de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido penetran la película de óxido de una pieza metálica que se va a unir para romper o eliminar la película de óxido de la superficie, reemplazando así por completo la necesidad de fundente. Por consiguiente, se pueden emplear adecuadamente diversos procesos de soldadura fuerte y etapas tecnológicas en las realizaciones de la presente divulgación. En este método, los productos de aleación de aluminio revestido se pueden soldar con soldadura fuerte en una atmósfera de gas inerte sin utilizar fundente incorporando cantidades de Mg, Bi, Sb, Sr, Na, Ti, etc., en la composición de aleación de la capa de revestimiento para romper y eliminar la película de óxido en la superficie de la pieza metálica que se va a unir. Se puede emplear cualquier gas inerte adecuado, incluyendo, por ejemplo, argón, helio, nitrógeno, etc. Durante la aplicación de la soldadura fuerte, la aleación de relleno formada al fundir la capa de revestimiento puede fluir y humedecer la película de óxido agrietada para formar una unión de soldadura fuerte estructuralmente sólida sin utilizar fundente corrosivo.

50 Como tal, los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento son adecuados para la soldadura fuerte en atmósfera controlada ("CAB") sin aplicar fundente. Para el ciclo de soldadura fuerte, los productos de aleación de aluminio revestido se pueden calentar en un horno CAB con atmósfera inerte. En un proceso de soldadura fuerte con fundente, los elementos en los materiales de unión (materiales base) y los materiales del núcleo están estrictamente controlados porque algunos elementos reaccionan negativamente con el fundente. La composición de aleación de la capa de revestimiento descrita en este documento tolera la soldadura fuerte de los productos de aleación de aluminio revestido a una variedad de piezas metálicas que tienen diferentes composiciones, ya que no se requiere ninguna operación con fundente. Esto permite utilizar aleaciones que permanecen fuertes y resistentes a la corrosión después de la soldadura fuerte.

60 En algunas realizaciones, la superficie de la pieza metálica que se va a unir al producto de aleación de aluminio revestido se prepara (por ejemplo, pretratamiento) antes de la soldadura fuerte. En algunas realizaciones, la pieza metálica que se va a unir se somete a uno o más pretratamientos que pueden usarse para promover la adhesión del producto de aleación de aluminio revestido y la pieza metálica. La adhesión del producto de aleación de aluminio revestido a la pieza metálica, por ejemplo la capa de revestimiento de un producto de aleación de aluminio revestido, se puede mejorar mediante el pretratamiento de la superficie exterior de la pieza metálica sobre la que se está depositando el producto de aleación de aluminio revestido para producir buenas uniones por soldadura fuerte. En algunas realizaciones, el pretratamiento incluye una etapa de limpieza preliminar durante el cual se trata la superficie de la pieza metálica para eliminar grasa, aceite, compuestos de

pulido, lubricantes de laminación o aceites de corte. Esto se puede lograr de muchas maneras, por ejemplo, mediante desengrasado con vapor, lavado con disolventes, limpieza con emulsión de disolventes, pulido mecánico o mediante ataque suave.

- 5 En algunas realizaciones, la superficie de la pieza metálica que se va a unir se ataca para eliminar trazas residuales de aceite y grasa de los procesos de laminación y para hacer que la capa de película de óxido sea más delgada. Por ejemplo, el proceso de preparación implica atacar la superficie de la pieza metálica utilizando un limpiador cáustico (por ejemplo, NaOH al 10%) para eliminar todas las trazas de aceite o grasa. En algunas realizaciones, atacar la superficie puede producir características de superficie que son importantes para formar una buena unión por soldadura fuerte. En particular, la rugosidad de la superficie es una propiedad importante de la superficie del material y una rugosidad de la superficie aumentada puede tener más área para reacciones de oxidación y para capas de película de óxido. En algunas realizaciones, el pulido mecánico aumenta la rugosidad de la superficie. La rugosidad de la superficie puede ser de aproximadamente 0,1 micrones a aproximadamente 2,0 micrones (por ejemplo, de aproximadamente 0,2 micrones a aproximadamente 1,5 micrones, de aproximadamente 0,3 micrones a aproximadamente 1,0 micrones, o de aproximadamente 0,4 micrones a aproximadamente 0,8 micrones) para obtener buenas uniones por soldadura fuerte.

- 20 El proceso de soldadura fuerte se lleva a cabo en una atmósfera seca con poco o nada de oxígeno en la atmósfera. En algunas realizaciones, el proceso de soldadura fuerte se lleva a cabo en una atmósfera inerte de nitrógeno, argón o helio. La atmósfera en el horno CAB puede incluir menos de 100 ppm de oxígeno, por ejemplo, menos de 90 ppm, menos de 80 ppm, menos de 70 ppm, menos de 60 ppm, menos de 50 ppm, menos de 40 ppm, menos de 30 ppm, menos de 25 ppm, menos de 20 ppm, menos de 10 ppm o menos de 5 ppm de oxígeno. La menor concentración de oxígeno evita la reoxidación de la pieza de aleación de aluminio durante el proceso de soldadura fuerte.

- 25 En algunas realizaciones, la atmósfera en el horno CAB puede tener un punto de rocío de menos de -30 °C, por ejemplo, menos de -32 °C, menos de -34 °C, menos de -36 °C, menos de -38 °C, menos de -40 °C, menos de -42 °C, menos de -44 °C, menos de -46 °C, menos de -48 °C, menos de -50 °C, menos de -52 °C, menos de -54 °C, menos de -56 °C, menos de -58 °C, menos de -60 °C, menos de -62 °C, menos de -64 °C, menos de -66 °C, menos de -68 °C o menos de -70 °C. Por ejemplo, el punto de rocío en el horno CAB puede ser de aproximadamente -30 °C a aproximadamente -70 °C, de aproximadamente -35 °C a aproximadamente -65 °C, de aproximadamente -40 °C a aproximadamente -60 °C, o de aproximadamente -45 °C a aproximadamente -55 °C.

- 35 El proceso de soldadura fuerte puede incluir calentar los productos de aleación de aluminio revestido como se describe en este documento para alcanzar una temperatura de soldadura fuerte de aproximadamente, o al menos aproximadamente, 560 °C (por ejemplo, al menos aproximadamente 570 °C, al menos aproximadamente 580 °C, al menos aproximadamente 590 °C, al menos aproximadamente 600 °C, al menos aproximadamente 610 °C, o cualquier valor intermedio). Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio revestido puede calentarse a una temperatura de desde aproximadamente 560 °C hasta aproximadamente 620 °C, de desde aproximadamente 570 °C hasta aproximadamente 615 °C, de desde aproximadamente 580 °C hasta aproximadamente 610 °C o desde aproximadamente 590 °C hasta aproximadamente 605 °C. En algunos casos, la velocidad de calentamiento hasta la temperatura de soldadura fuerte puede ser de aproximadamente 200 °C/hora o menos, aproximadamente 180 °C/hora o menos, aproximadamente 160 °C/hora o menos, aproximadamente 140 °C/hora o menos, aproximadamente 120 °C/hora o menos, aproximadamente 100 °C/hora o menos, aproximadamente 75 °C/hora o menos, aproximadamente 50 °C/hora o menos, aproximadamente 40 °C/hora o menos, aproximadamente 30 °C/hora o menos, aproximadamente 25 °C/hora o menos, aproximadamente 20 °C/hora o menos, aproximadamente 15 °C/hora o menos, o aproximadamente 10 °C/hora o menos. En otros casos, la velocidad de calentamiento hasta la temperatura de soldadura fuerte puede ser de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 200 °C/min (por ejemplo, de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 175 °C/min, de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 150 °C/min, de aproximadamente 10 °C/min a aproximadamente 100 °C/min, de aproximadamente 20 °C/min a aproximadamente 90 °C/min, de aproximadamente 30 °C/min a aproximadamente 80 °C/min, de aproximadamente 40 °C/min a aproximadamente 70 °C/min o de aproximadamente 50 °C/min a aproximadamente 60 °C/min). En algunas realizaciones, la velocidad de calentamiento hasta alcanzar la temperatura máxima en el horno CAB es inferior a 3 minutos.

- 60 En algunas realizaciones, los productos de aleación de aluminio revestido se pueden calentar en el horno CAB a una velocidad de 100 °C por minuto hasta que se alcanza una temperatura de 520 °C. Los productos de aleación de aluminio revestido se pueden calentar a una velocidad de 25 °C por minuto hasta que se alcanza una temperatura de 605 °C, seguido de una estabilización térmica de 3 minutos a 605 °C. Los productos de aleación de aluminio revestido pueden a continuación enfriarse a 570 °C y retirarse del horno para enfriarse a temperatura ambiente. En algunas realizaciones, el producto de aleación de aluminio revestido se calienta durante 3 minutos a 600 °C en un horno CAB bajo la atmósfera de soldadura fuerte en la que la concentración de oxígeno es inferior a 50 ppm y el punto de rocío es inferior a -40 °C (en una atmósfera de nitrógeno).

- 65 En algunas realizaciones, se proporciona un método de fabricación de un artículo, tal como un intercambiador

de calor, unido mediante soldadura fuerte o un conjunto de componentes soldados mediante soldadura fuerte. El método puede incluir proporcionar los componentes de los cuales al menos uno está hecho de un producto de aleación de aluminio revestido descrito en este documento. El método puede incluir el ensamblaje de los componentes, tales como materia prima de aleta corrugada y otros componentes tales como tubos, en un conjunto. El método puede incluir además soldar mediante soldadura fuerte el conjunto sin aplicar un fundente de soldadura fuerte al conjunto de componentes. Todo el conjunto se suelda con soldadura fuerte en una atmósfera de gas inerte controlada a una temperatura de soldadura fuerte, típicamente a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 560° C a 620° C durante un período lo suficientemente largo para fundir y esparcir un relleno que une los diversos componentes, por ejemplo, un tiempo de permanencia de 1 a 5 minutos. El contenido de oxígeno en la atmósfera de soldadura fuerte debería ser lo más bajo razonablemente posible y preferiblemente inferior a aproximadamente 100 ppm, y más preferiblemente inferior a aproximadamente 50 ppm, por ejemplo 25 ppm o menos. El método incluye además el enfriamiento del conjunto soldado por soldadura fuerte, típicamente por debajo de aproximadamente 100° C, por ejemplo, a temperatura ambiente usando, por ejemplo, aire soplado o cualquier otro medio de enfriamiento adecuado.

En esta operación, no se requiere fundente para eliminar la película de óxido de la pieza metálica que está unida al producto de aleación de aluminio revestido. A temperaturas elevadas para la soldadura fuerte, los componentes de la capa de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido eliminan o al menos rompen la película de óxido durante la operación de soldadura fuerte para permitir que el relleno fundido entre en contacto con la pieza metálica para formar la unión. En algunos aspectos, la capa de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido se utiliza como una aleación de relleno para un método de fabricación de un artículo, tal como un intercambiador de calor, unido mediante soldadura fuerte o un conjunto de componentes soldados mediante soldadura fuerte. Sin pretender limitar la divulgación, la composición de aleación de la capa de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido controla la fusión de la capa de revestimiento para formar el material de relleno, promueve la formación de poros en una película de óxido de una pieza metálica que se va a unir al producto de aleación de aluminio revestido y transporta agentes promotores para reducir o eliminar con la película de óxido durante aplicaciones de soldadura fuerte.

Aunque se describen en todo el texto piezas metálicas como artículos de aleación de aluminio, los métodos y artículos aplican a cualquier metal. En algunos ejemplos, la pieza metálica es aluminio, una aleación de aluminio, magnesio, un material a base de magnesio, titanio, un material a base de titanio, cobre, un material a base de cobre, acero, un material a base de acero, bronce, un material a base de bronce, latón, un material a base de latón, un material compuesto, una lámina usada en materiales compuestos o cualquier otro metal o combinación de materiales adecuados.

Métodos de uso

Los productos de aleación de aluminio revestido y métodos descritos en este documento se pueden utilizar en aplicaciones industriales que incluyen piezas de sacrificio, disipación de calor, embalaje y materiales de construcción. Los usos y aplicaciones de los productos de aleación de aluminio revestido descritos en el presente documento están incluidos dentro del alcance de la presente invención, al igual que los objetos, formas, aparatos y cosas similares fabricados con o que comprenden los productos de aleación de aluminio revestido descrita en esta invención. Los procesos para fabricar, producir o manufacturar tales objetos, formas, aparatos y cosas similares también se incluyen dentro del alcance de la presente invención.

Algunos otros objetos ilustrativos que se pueden realizar con los productos de la presente invención se describen y muestran en la patente de EE. UU. N.º 8,349,470. Algunos ejemplos no limitativos de tales objetos son una placa evaporadora, un evaporador, un radiador, un calentador, un núcleo calentador, un condensador, tubos de condensador, varios tubos y tuberías, un colector y algunas características estructurales, tales como soportes laterales. Los usos de los productos de aleación de aluminio revestido divulgados en este documento no se limitan a los procesos que implican la soldadura fuerte de aleaciones de revestimiento sobre aleaciones de núcleo o aleaciones entre capas. Por ejemplo, se pueden producir aleaciones de aluminio para soldadura fuerte con revestimiento para anillos de relleno hechos de alambre trefilado. En otro ejemplo, los productos de aleación de aluminio revestido producidos en forma de lámina se pueden utilizar como lámina de relleno. El material de calce puede tener un espesor que va desde unos pocos micrones hasta un milímetro, dependiendo de la aplicación. Las aleaciones de aluminio descritas en este documento proporcionan un mejor rendimiento frente a la corrosión y una mayor resistencia en comparación con las aleaciones empleadas actualmente.

Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar adicionalmente la presente invención sin que, no obstante, constituyan ninguna limitación de la misma. Por el contrario, debe entenderse claramente que puede recurrirse a sus diversas realizaciones, modificaciones y equivalentes que, tras una lectura de la descripción del presente documento, puedan sugerirse por sí mismas a los expertos en la materia sin apartarse del espíritu de la invención. Durante los estudios descritos en los siguientes ejemplos, se siguieron procedimientos convencionales, a menos que se indique de otra forma. Algunos de los procedimientos se describen a continuación con fines ilustrativos.

Ejemplos

Ejemplo 1: composiciones y propiedades de la aleación de aluminio

- 5 Las aleaciones ilustrativas y comparativas, como se muestra en la Tabla 6, se prepararon de acuerdo con el método descrito a continuación. Las aleaciones 1-14 son aleaciones ilustrativas para la capa de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido. La aleación comparativa A es una aleación comparativa para una capa de revestimiento.

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Bi	Sb	Sr	Na	Ti
1*	11-12,5	0,15-0,25	0,01	0,05-0,15	0,05-0,15	0,15-0,30	0,001	0,01-0,03	0,02	-	-
2*	9,5-10,5	0,15-0,25	0,01	0,05-0,15	0,05-0,15	0,15-0,30	0,08-0,12	0,01-0,03	0,02	-	-
3*	9,5-10,5	0,15-0,25	0,30-0,40	0,05-0,15	0,05-0,15	0,15-0,30	0,10-0,20	0,01-0,03	0,02	-	-
4*	9,5-10,5	0,15-0,25	0,30-0,40	0,05-0,15	0,25-0,40	0,15-0,30	0,10-0,20	0,01-0,03	0,02	-	-
5	9,5-10,5	0,15-0,25	0,30-0,40	0,05-0,15	0,15-0,30	0,15-0,30	0,25-0,35	0,01-0,03	0,02	-	-
6*	9,5-10,5	0,15-0,25	0,01	0,05-0,15	0,25-0,40	0,15-0,30	0,10-0,20	0,01-0,03	0,02	-	-
7*	9,5-10,5	0,30-0,50	0,01	0,05-0,15	0,15-0,30	0,15-0,30	0,10-0,20	0,01-0,03	0,02	-	-
8*	9,5-10,5	0,50-0,90	0,01	0,05-0,15	0,15-0,30	0,15-0,30	0,10-0,20	0,01-0,03	0,02	-	-
9*	9,5-10,5	0,15-0,25	0,01	0,05-0,15	0,01-0,05	0,15-0,30	0,10-0,20	0,08-0,12	0,02	-	-
10*	9,5-10,5	0,15-0,25	0,30-0,40	0,05-0,15	0,01-0,05	0,15-0,30	0,10-0,20	0,08-0,12	0,02	-	-
11*	9,5-10,5	0,30-0,50	0,01	0,05-0,15	0,01-0,05	0,15-0,30	0,10-0,20	0,08-0,12	0,02	-	-
12*	9,5-10,5	0,50-0,90	0,01	0,05-0,15	0,05-0,15	0,15-0,30	0,10-0,20	0,08-0,12	0,02	-	-
13*	9,5-10,5	0,20-0,25	0,01	0,05-0,15	0,05-0,15	0,15-0,30	0,10-0,20	0,08-0,12	0,02	-	-
14*	9,5-10,5	0,15-0,30	0,30-0,50	0,05-0,15	0,05-0,15	0,05	0,10-0,20	-	-	0,0004-0,10	0,05-0,20
A	9-11	0,3-0,4	0,05-0,15	0,05-0,15	0,01-0,05	0,01-0,10	0,01-0,03	0,01-0,03	0,02	-	-

Tabla 6

Todo expresado en% en peso. Hasta 0,15% en peso de impurezas; resto Al. * no conforme a la invención

5 Las composiciones de la capa de revestimiento de la Tabla 6 se produjeron utilizando un proceso de colada de enfriamiento directo para colar un lingote. A continuación, los lingotes se homogeneizaron, se laminaron en caliente y se laminaron en frío de acuerdo con los métodos descritos en este documento para producir un producto de aleación de aluminio de calibre final.

10 Las capas de revestimiento descritas en la Tabla 6 se utilizaron para producir un producto de aleación de aluminio revestido (por ejemplo, una aleación de aluminio en láminas revestidas) que comprende una capa de revestimiento y una capa de núcleo. La capa de núcleo comprendía una aleación de aluminio de la serie 3xxx que tenía la composición que se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7

15

Núcleo	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti
	0,03-0,09	0,14 - 0,24	0,50-0,56	1,45 - 1,58	0,07 - 0,13	hasta 0,4	0,005 - 0,030

La capa de núcleo se preparó de acuerdo con el método descrito a continuación. La composición principal de la aleación de aluminio de la Tabla 7 se coló por enfriamiento directo para producir un lingote. Posteriormente se desbastó el lingote. Posteriormente, los lingotes desbastados se calentaron a una temperatura de homogeneización de aproximadamente 480 °C a aproximadamente 520 °C en aproximadamente 12 horas. Los lingotes se dejaron estabilizar a la temperatura de homogeneización durante aproximadamente 5 horas a aproximadamente 6 horas. A continuación, los lingotes homogeneizados se laminaron en caliente hasta alcanzar un espesor de calibre de 19 mm. A continuación, las aleaciones de aluminio revestido descritas en la Tabla 6 se soldaron a un lado de la capa de núcleo de 19 mm de espesor para producir un producto de aleación de aluminio revestido. Después de la soldadura, el producto de aleación de aluminio revestido se recalentó a una temperatura de aproximadamente 450 °C durante aproximadamente 45 a aproximadamente 60 minutos, seguido por el laminado en caliente del producto de aleación de aluminio revestido hasta un espesor de calibre de aproximadamente 3 mm a aproximadamente 4 mm. El producto de aleación de aluminio revestido se laminó posteriormente en frío hasta alcanzar un espesor de calibre inicial de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 2 mm. A continuación, el producto de aleación de aluminio revestido se laminó en frío adicionalmente hasta un espesor de calibre final de aproximadamente 300 µm. La capa de revestimiento tenía un espesor de calibre de aproximadamente 25 µm a aproximadamente 30 µm y era de aproximadamente el 7% a aproximadamente el 13% del espesor total del producto de aleación de aluminio revestido. El producto de aleación de aluminio de calibre final se recoció parcialmente a una rampa de temperatura de 30 °C por hora, seguido de una estabilización de tres horas a 305 °C para lograr una condición de revenido H24.

La(s) capa(s) de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido descrito en este documento controla(n) la fusión del material de relleno, promueve(n) la formación de poros en una capa de película de óxido de una pieza metálica que se va a unir al producto de aleación de aluminio revestido y transporta agentes promotores para interactuar con la película de óxido durante aplicaciones de soldadura fuerte. Específicamente, la composición de aleación de la capa de revestimiento incluye cantidades específicas de constituyentes de Mg, Bi, Sb, Sr, Na y/o Ti que pueden ser especialmente útiles como aleación de relleno para aplicaciones de soldadura fuerte sin fundente. Por ejemplo, cantidades bajas de Mg (por ejemplo, menos del 0,50% en peso) en combinación con Bi, Sb, Sr, Na y/o Ti trabajan sinérgicamente para agrietar la capa de óxido superficial, de modo que la aleación de aluminio revestido fundido fluye a través de las grietas para formar uniones de soldadura fuerte estables sin el uso de fundente. Los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento también se pueden utilizar en otras situaciones donde se desea resistencia mecánica en combinación con resistencia a la corrosión.

50 La Tabla 8 a continuación muestra la temperatura de inicio y el punto de fusión de la capa de revestimiento de las aleaciones 1-14 y la Aleación Comparativa A.

Tabla 8

Aleación	Inicio (°C)	Punto de Fusión (°C)
1*	570,63	652,18
2*	573,07	653,87
3*	570,02	653,10
4*	567,49	652,85

Aleación	Inicio (°C)	Punto de Fusión (°C)
5	568,76	652,18
6*	569,8	652,60
7*	571,07	652,80
8*	569,45	633,75
9*	571,58	654,35
10*	567,37	652,70
11*	573,84	657,02
12*	571,6	653,48
13*	572,25	654,74
14*	574,18	655,42
A	571,3	654,97
*no según la invención		

Las capas de revestimiento de los Ejemplos 1-14 tuvieron una temperatura de inicio de menos de 575 °C. Las temperaturas de inicio de las capas de revestimiento de los Ejemplos 1-14 son ventajosas para producir una buena unión soldada por soldadura fuerte. Las capas de revestimiento de los Ejemplos 1-14 tienen una temperatura de inicio que promueve una buena dispersión de la capa de revestimiento fundida entre la capa de núcleo y otros componentes en un producto de aleación de aluminio (por ejemplo, un intercambiador de calor). Por lo tanto, las capas de revestimiento de los Ejemplos 1-14 pueden promover ventajosamente una buena formación de unión por soldadura fuerte entre la capa de núcleo y otros componentes en un producto de aleación de aluminio. Adicionalmente, las capas de revestimiento de los Ejemplos 1-14 tenían una temperatura de fusión de 630 °C a 660 °C. Por lo tanto, las capas de revestimiento de los Ejemplos 1-14 exhiben una mayor fluidez cuando se funden para formar buenas uniones soldadas por soldadura fuerte.

Esto se evidencia además en las FIGs. 1 y 2, que muestran imágenes ópticas de uniones de soldadura fuerte de ejemplo formadas a partir de los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento, tomadas utilizando microscopios ópticos Keyence y Zeiss con un aumento de 100x, respectivamente. Específicamente, los productos de aleación de aluminio revestido que comprenden la capa de revestimiento de las aleaciones de ejemplo 4 y 6 se sometieron a un proceso de soldadura fuerte para producir las uniones que se muestran en las FIGs. 1 y 2, respectivamente. El proceso de soldadura fuerte se llevó a cabo en un horno CAB en una atmósfera seca con poco o nada de oxígeno en la atmósfera. El producto de aleación de aluminio revestido se calentó en el horno CAB a una temperatura de aproximadamente 600 °C a aproximadamente 605 °C durante aproximadamente 3 minutos a aproximadamente 5 minutos, seguido de enfriamiento por aire. Como se muestra, las aleaciones de ejemplo 4 y 6 formaron excelentes uniones soldadas por soldadura fuerte sin el uso de fundente. Cuando se calienta a una temperatura suficientemente alta durante un período de tiempo suficiente, la(s) capa(s) de revestimiento del producto de aleación de aluminio revestido se funde para formar un metal de relleno que forma la unión de soldadura fuerte entre las piezas que se unen mediante soldadura fuerte. Como se indicó anteriormente, los agentes promotores incorporados en la capa de revestimiento mejoraron la calidad de la unión soldada por soldadura fuerte.

Las propiedades de tracción de cada una de las aleaciones de ejemplo 1, 3-7, 12, 13, 14 y el ejemplo comparativo 14 se determinaron después de que las aleaciones de aluminio revestido se recoció parcialmente a un revenido H24 y después de un proceso de soldadura fuerte. Las propiedades de tracción medidas incluyeron el límite elástico alargamiento porcentual y resistencia a la tracción. La FIG. 3 proporciona las propiedades de tracción de las aleaciones de aluminio revestido en un revenido H24 y la FIG. 4 proporciona las propiedades de tracción de las aleaciones de aluminio revestido post-soldadas con soldadura fuerte. A partir de estos resultados, el límite elástico (YS) de las aleaciones de ejemplo 1, 3-7, 12, 13 y 14 fueron comparables a la aleación comparativa A. De manera similar, las propiedades de resistencia a la tracción (UTS) y alargamiento (EL) de las aleaciones de ejemplo 1, 3-7 y 12 fueron comparables a las de la aleación comparativa A. Las aleaciones de ejemplo 13 y 14 exhibieron una UTS y alargamiento más altas que la aleación comparativa A.

Las aleaciones de ejemplo 1, 3-7, 12-14 y el ejemplo comparativo A se ensayaron para determinar valores potenciales de corrosión de circuito abierto de acuerdo con las normas ASTM G69. Se midió la diferencia en el potencial de corrosión entre la banda de precipitado denso (DPB) y la capa de revestimiento. Las mediciones de DPB se llevaron a cabo mediante desbaste y pulido para garantizar que la superficie expuesta estuviera dentro del área DPB. Además, se realizó la corrosión en relación con el aire (SWAAT) de acuerdo con el Anexo 3 de la norma ASTM G85. Se utilizó agua de mar sintética acidificada con un pH de 2,8-3,0 (42 g/l de sal marina

- 5 sintética + 10 ml/l de ácido acético glacial). A continuación, las muestras se limpiaron con ácido métrico al 50% durante una hora, se seccionaron en cuatro lugares diferentes y se examinaron para detectar corrosión. Para evaluar la severidad de la corrosión después de haber sometido las muestras a los ensayos SWAAT, se utilizó una escala cualitativa, en la que la corrosión fue caracterizada como: en orden, baja, moderada, severa y muy severa. La gravedad de la corrosión se caracterizó como: (i) baja: para la ocurrencia de corrosión dentro de la región DPB; (ii) moderada: para la ocurrencia de corrosión que solo consumió la región DPB; (iii) severa: para la ocurrencia de corrosión que consumió hasta un cuarto a un tercio del espesor del núcleo sin perforación; y (iv) muy severa para la ocurrencia de corrosión que condujo a la perforación. Los valores de corrosión del potencial de circuito abierto (OCP) y los resultados de la prueba SWAAT para las aleaciones de ejemplo 1, 3-7, 12-14 y el ejemplo comparativo A se proporcionan en la Tabla 9.

Tabla 9

Aleación	OCP (mV)	Ensayo SWAAT		
		2 semanas	3 semanas	4 semanas
1*	-694	Bajo	Moderado	Moderado
3*	-687	Bajo	Moderado	Moderado
4*	-693	Bajo	Moderado	Moderado
5	-693	Bajo	Moderado	Severo
6*	-694	Bajo	Moderado	Moderado
7*	-696	Bajo	Moderado	Moderado
12*	-673	Bajo	Moderado	Severo
13*	-672	Bajo	Moderado	Moderado
14*	-677	Bajo	Moderado	Moderado
A	-687	Bajo	Muy grave	Muy grave
*no según la invención				

- 15 Como se muestra en la Tabla 9, las aleaciones de ejemplo tenían un potencial de corrosión de -672 a -696 mV. Los valores de potencial de corrosión de los ejemplos 1-14 indican que la capa de revestimiento residual tiene un potencial de corrosión típico de la aleación de aluminio de la serie 4xxx y actuará de manera sacrificial para proteger eficazmente una aleación de núcleo. Específicamente, las aleaciones de ejemplo 3, 4, 6, 7, 13 y 14 tenían menos potencial de corrosión negativa que la aleación comparativa A. En aplicaciones prácticas, cuando los productos de aleación de aluminio revestido, producidos con las capas de revestimiento de las aleaciones de ejemplo 3, 4, 6, 7, 13 y 14, se acoplan con materia prima de aleta que tiene un potencial de corrosión más negativo, la materia prima de aleta actuará como sacrificio para la capa de revestimiento y protegerá una pieza del intercambiador de calor (por ejemplo, un tubo) de la corrosión. En algunas realizaciones, la materia prima de las aletas puede incluir zinc, aluminio o combinaciones de los mismos. En algunas realizaciones, la materia prima de aleta puede comprender aproximadamente 1% en peso a aproximadamente 10% en peso de Zn (por ejemplo, de 1,1% en peso a 8% en peso, de 1,2% en peso a 6% en peso, de 1,3% en peso a 5% en peso, de 1,4% en peso a 4% en peso, o de 1,5% en peso a 3,5%).

- 30 Los resultados del ensayo SWAAT se resumen en la FIG. 5. La FIG. 5 muestra una representación esquemática de los resultados de los exámenes metalográficos de los ensayos de corrosión SWAAT para las aleaciones de ejemplo 1, 3-7, 12, 13, 14 y el ejemplo comparativo A después de 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas, como se presenta en la tabla 9. Cada una de las aleaciones de ejemplo 1, 3-7, 12, 13 y 14 exhibió una mejor resistencia a la corrosión que la aleación comparativa A después de 2 semanas, 3 semanas y 4 semanas. La FIG. 5 demuestra que la(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido descritos en este documento pueden producir uniones de soldadura fuerte que resisten la corrosión mejor que las aleaciones de revestimiento convencionales sin el uso de fundente corrosivo. Como se analiza en este documento, la resistencia a la corrosión mejorada se debe a la presencia de los promotores en las aleaciones de revestimiento utilizadas en los productos de aleación de aluminio revestido, en comparación con las aleaciones de revestimiento convencionales, que pueden actuar como un revestimiento anticorrosión protector en las piezas y objetos sometidos a soldadura fuerte. Cuando está presente en cantidades específicas en la(s) capa(s) de revestimiento de los productos de aleación de aluminio revestido, no es necesario realizar una operación con fundente al soldar mediante soldadura fuerte una unión entre el producto de aleación de aluminio revestido y la pieza metálica que se va a unir. El potencial de corrosión de los productos de aleación de aluminio revestido se mejorado ya que no se requiere ninguna operación con fundente cuando se produce la unión por soldadura fuerte, que afecta negativamente el potencial de corrosión de la unión.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación de aluminio que comprende 9,0 - 10,5% en peso de Si, 0,15 - 0,25% en peso de Fe, 0,30 - 0,40% en peso de Cu, 0,05 - 0,15% en peso de Mn, 0,15 - 0,30% en peso de Mg, 0,15 - 0,30% en peso de Zn, 0,10 - 0,35% en peso de Bi, hasta 0,15% en peso de Sb, hasta 0,05% en peso de Sr, hasta 0,05% en peso de Na, hasta 0,10% en peso de Ti, hasta 0,15% en peso de impurezas y el resto de Al.
2. La aleación de aluminio según la reivindicación 1, en donde la aleación de aluminio se produce mediante colada de enfriamiento directo, seguida de laminación en caliente y laminación en frío.
3. Un producto de aleación de aluminio revestido que comprende:
una capa de núcleo; y
al menos una capa de revestimiento que comprende la aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2.
4. El producto de aleación de aluminio revestido de la reivindicación 3, en donde la capa de núcleo comprende una aleación de aluminio que comprende hasta 0,25% en peso de Si, hasta 0,35% en peso de Fe, 0,50% en peso a 0,60% en peso de Cu, 1,4% en peso a 1,6% en peso de Mn, 0,06% en peso a 0,62% en peso de Mg, hasta 0,05% en peso de Cr, hasta 0,04% en peso de Zn, 0,10% a 0,20% en peso de Ti, hasta 0,05% en peso de Sr, hasta 0,15% en peso de impurezas y el resto Al.
5. Un producto de aleación de aluminio revestido que comprende:
una capa de núcleo, en donde la capa de núcleo tiene un primer lado y un segundo lado;
al menos una capa de revestimiento en el primer lado o en el segundo lado;
en donde la al menos una capa de revestimiento comprende 9,0 - 10,5% en peso de Si, 0,15 - 0,25% en peso de Fe, 0,30 - 0,40% en peso de Cu, 0,05 - 0,15% en peso de Mn, 0,15 - 0,30% en peso de Mg, 0,15 - 0,30% en peso de Zn, 0,10 - 0,35% en peso de Bi, hasta 0,15% en peso de Sb, hasta 0,05% en peso de Sr, hasta 0,05% en peso de Na, hasta 0,10% en peso de Ti, hasta 0,15% en peso de impurezas y el resto de Al.
6. El producto de aleación de aluminio revestido de la reivindicación 5, en donde la capa de núcleo comprende una aleación de aluminio que comprende hasta 0,25% en peso de Si, hasta 0,35% en peso de Fe, 0,50% en peso a 0,60% en peso de Cu, 1,4% en peso a 1,6% en peso de Mn, 0,06% en peso a 0,62% en peso de Mg, hasta 0,05% en peso de Cr, hasta 0,04% en peso de Zn, 0,10% en peso a 0,20% en peso de Ti, hasta 0,05% en peso de Sr, hasta 0,15% en peso de impurezas, y el resto Al.
7. Una lámina de soldadura fuerte resistente a la corrosión que comprende el producto de aleación de aluminio revestido de la reivindicación 5 o 6.
8. Un intercambiador de calor que comprende el producto de aleación de aluminio revestido de la reivindicación 5 o 6.
9. Un método para formar una unión de soldadura fuerte, que comprende las etapas de:
proporcionar una o más piezas metálicas;
proporcionar un producto de aleación de aluminio revestido sobre o entre la una o más piezas metálicas para formar un conjunto, en donde el producto de aleación de aluminio revestido comprende al menos una capa de revestimiento;
soldar mediante soldadura fuerte el conjunto sin aplicar fundente para unir el producto de aleación de aluminio revestido y la una o más piezas metálicas para producir un conjunto soldado mediante soldadura fuerte; y
enfriar el conjunto soldado mediante soldadura fuerte,
en donde la al menos una capa de revestimiento comprende 9,0 - 10,5% en peso de Si, 0,15 - 0,25% en peso de Fe, 0,30 - 0,40% en peso de Cu, 0,05 - 0,15% en peso de Mn, 0,15 - 0,30% en peso de Mg, 0,15 - 0,30% en peso de Zn, 0,10 - 0,35% en peso de Bi, hasta 0,15% en peso de Sb, hasta 0,05% en peso de Sr, hasta 0,05% en peso de Na, hasta 0,10% en peso de Ti, hasta 0,15% en peso de impurezas y el resto de Al.
10. El método de la reivindicación 9, en donde la soldadura fuerte se produce en un horno de soldadura fuerte en atmósfera controlada que comprende un gas inerte, en donde el horno de soldadura fuerte en atmósfera controlada comprende menos de 100 ppm de oxígeno; y/o

en donde el horno de soldadura fuerte en atmósfera controlada tiene un punto de rocío inferior a -40°C .

- 5 11. El método de la reivindicación 9 o 10, en donde el conjunto se suelda mediante soldadura fuerte a una temperatura de soldadura fuerte de 590°C a 610°C , en donde el horno de soldadura fuerte en atmósfera controlada se calienta a la temperatura de soldadura fuerte en menos de cinco minutos; y/o

- 10 en donde el conjunto se suelda mediante soldadura fuerte durante 3 minutos a 600°C en un horno de soldadura fuerte en atmósfera controlada que tiene una concentración de oxígeno inferior a 50 ppm y un punto de rocío inferior a -40°C en una atmósfera de nitrógeno.

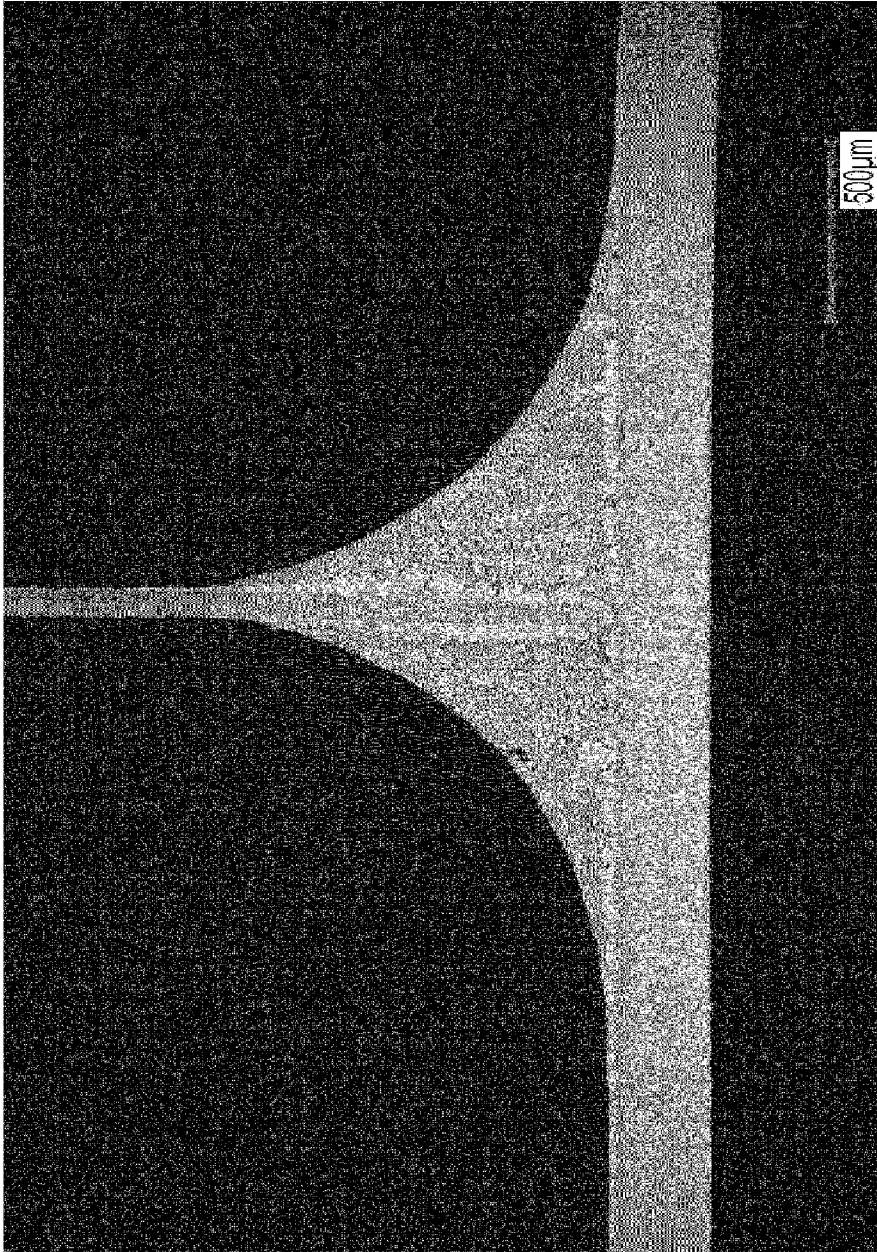


FIG. 1

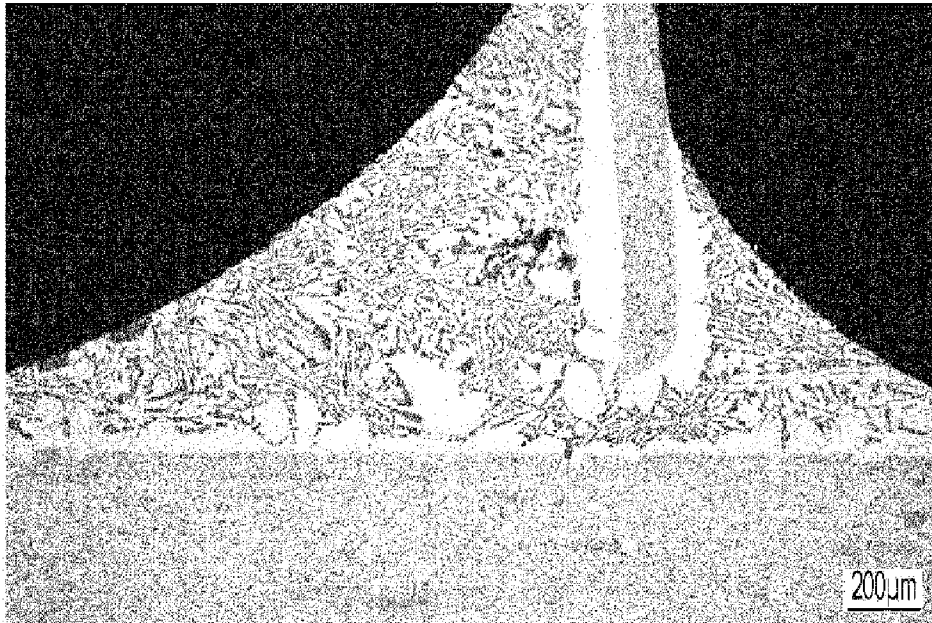


FIG. 2

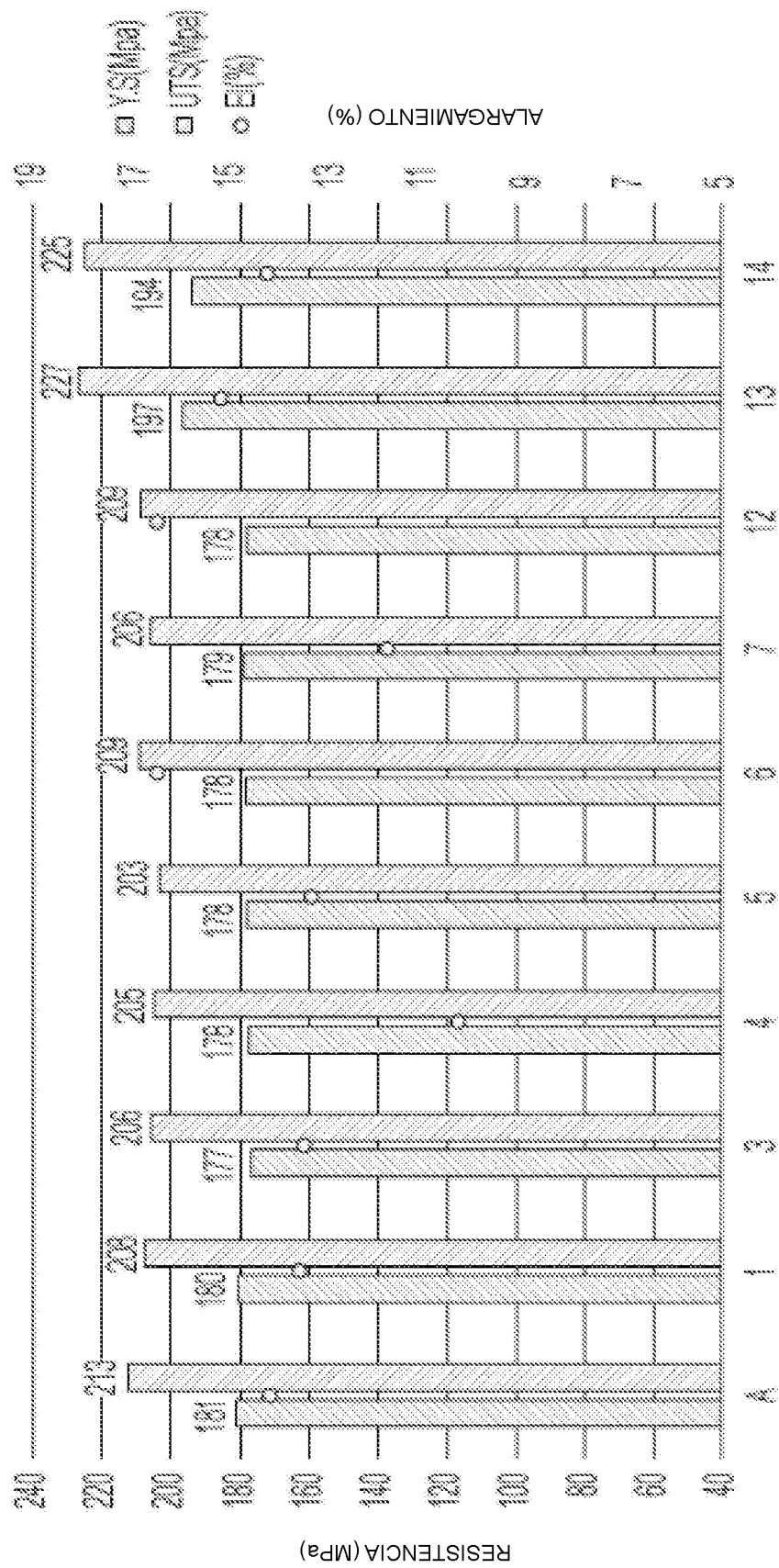


FIG. 3

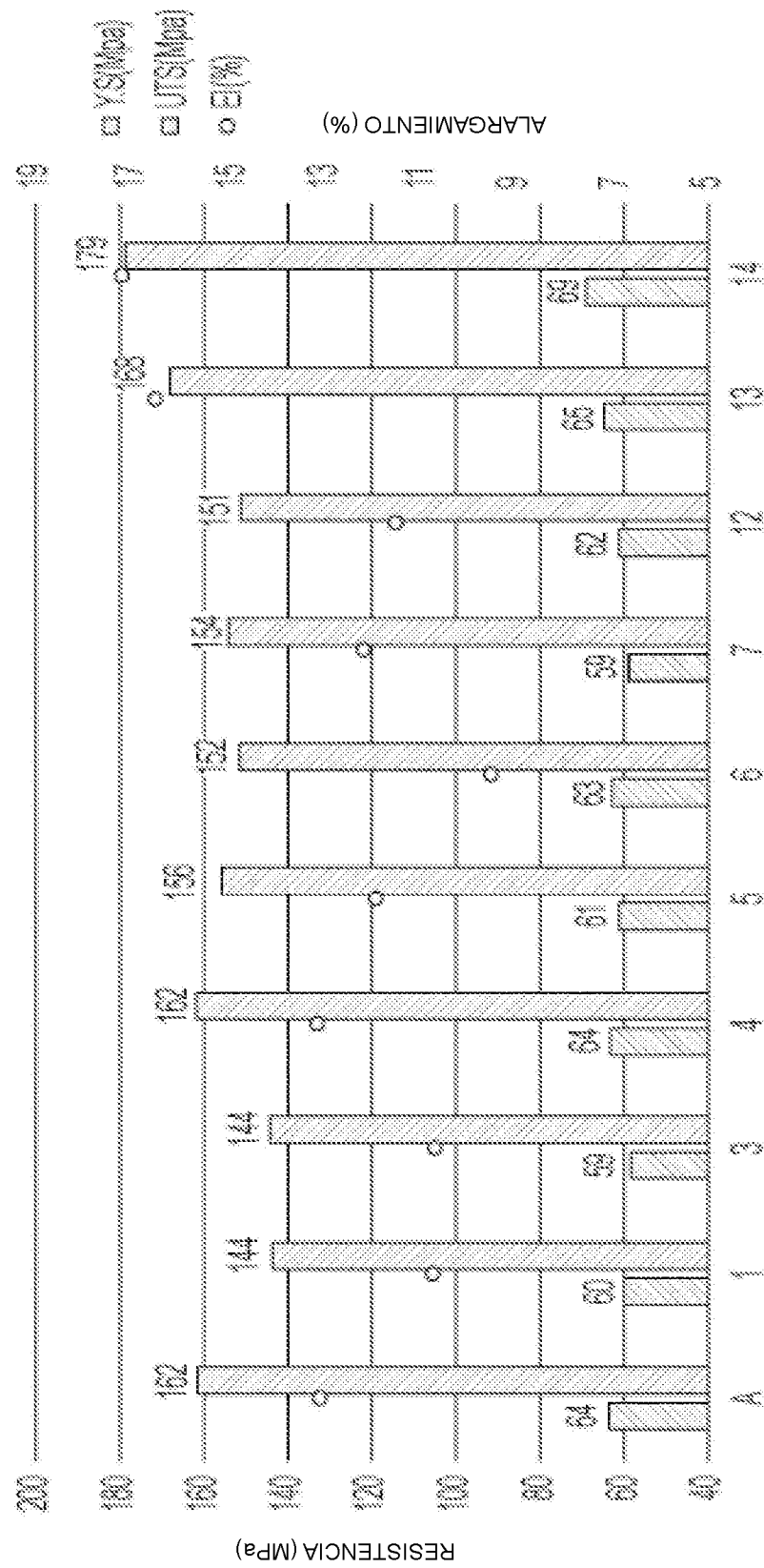


FIG. 4

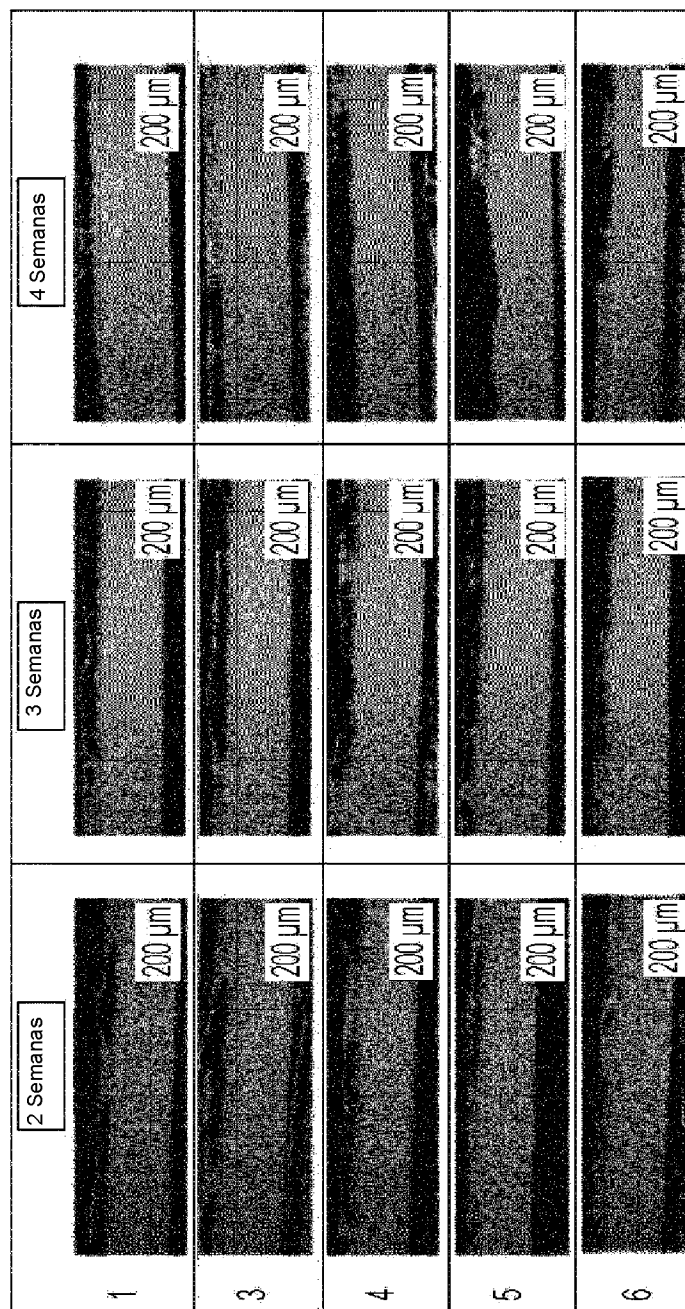


FIG. 5

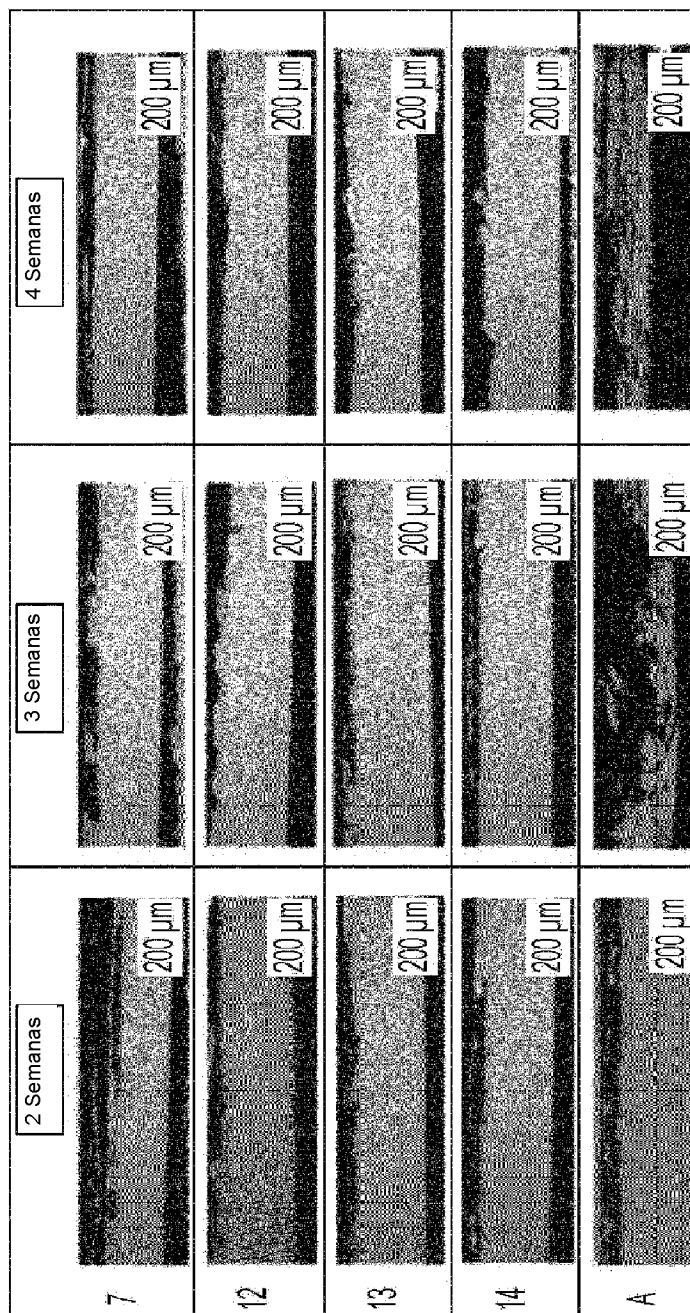


FIG. 5
CONTINUACIÓN