

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 689 385**

51 Int. Cl.:

B23K 35/02 (2006.01)

B23K 35/28 (2006.01)

B23K 35/40 (2006.01)

C22C 21/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.02.2011 PCT/US2011/024064**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.08.2011 WO11100249**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2011 E 11704889 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.07.2018 EP 2533936**

54 Título: **Alambre de soldadura de aleación de aluminio**

30 Prioridad:

10.02.2010 US 303149 P

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

13.11.2018

73 Titular/es:

**HOBART BROTHERS LLC (100.0%)
400 Trade Square East
Troy, Ohio 45373, US**

72 Inventor/es:

ANDERSON, BRUCE EDWARD

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 689 385 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

Alambre de soldadura de aleación de aluminio.

Antecedentes

5 La invención se refiere, en general, al campo de metales de aportación de soldadura y, más concretamente, a composiciones apropiadas para soldar aleaciones de aluminio.

10 Muchos procesos diferentes se conocen y se encuentran actualmente en uso para unir artículos de metal, incluidas la soldadura fuerte y soldadura por fusión. Ambas funciones pueden usarse para unir artículos de aluminio y de aleaciones de aluminio. A diferencia de los aceros y otros metales, las aleaciones de aluminio presentan problemas únicos que se deben, por ejemplo, a su metalurgia, sus puntos de fusión, los cambios en la resistencia como una función de agentes de aleación particulares, etc. Además, un interés creciente tanto en piezas de trabajo de aleaciones de aluminio más delgadas, por un lado, como en piezas de trabajo más gruesas, por el otro, presenta dificultades adicionales en la selección de materiales de soldadura fuerte y soldadura por fusión que tienen un buen rendimiento y proveen las propiedades físicas y mecánicas deseadas.

15 Las funciones de soldadura fuerte usan un metal de aportación con una temperatura de fusión que es más baja que el metal base que se está uniendo. En la soldadura fuerte, el metal base no se funde y los elementos de aleación en el metal de aportación se seleccionan por su capacidad de reducir la temperatura de fusión del metal de aportación y de humedecer el óxido de aluminio siempre presente en el metal base de modo que una unión metalúrgica puede lograrse sin fundir el metal base. En algunas aplicaciones, la soldadura fuerte puede llevarse a cabo en un horno al vacío o atmósfera protectora donde la temperatura se eleva solamente hasta que el metal de aportación se funde y
20 llena la unión entre los miembros del metal base sólido a través del flujo de fluido y la acción capilar. Las uniones de soldadura fuerte se usan comúnmente para aleaciones de aluminio de baja resistencia y, para estructuras de sección muy delgadas como, por ejemplo, radiadores para automóviles, y para intercambiadores de calor como, por ejemplo, aquellos usados en sistemas de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire. Las temperaturas usadas en la soldadura fuerte pueden recocer aleaciones de aluminio no templables y templables, que pueden
25 alterar las propiedades mecánicas logradas ya sea mediante trabajo en frío o tratamiento térmico y funciones de envejecimiento. Por lo tanto, la soldadura fuerte, mientras es bastante útil en muchas aplicaciones, puede no ser apropiada para unir aleaciones estructurales de alta resistencia.

30 Las funciones de soldadura unen partes de metal mediante la fusión de una porción del metal base de cada pieza de trabajo que se unirá, así como mediante la fusión del metal de aportación para crear un baño de fusión de la soldadura en la unión. La soldadura por fusión requiere calor concentrado en la unión para crear el baño de fusión de la soldadura que, tras la solidificación, tiene una composición química resultante que es una combinación de las composiciones químicas del metal de aportación y metal base. Las temperaturas de soldadura pueden, con frecuencia, controlarse para que sean suficientemente altas para fundir tanto el metal de aportación como el metal base, pero también para mantener la zona afectada por el calor del metal base en un mínimo con el fin de retener
35 sus propiedades mecánicas.

40 Los materiales sumadores, tanto para la soldadura fuerte como para la soldadura por fusión, se entregan, normalmente, en la forma de alambre que, según la aplicación, pueden ser en la forma de longitudes continuas que se alimentan a través de un soplete de soldadura, o en longitudes más cortas que pueden alimentarse de forma manual, o incluso como varillas como, por ejemplo, varillas recubiertas de fundente para la soldadura con varilla. Los
45 alambres de soldadura por fusión o soldadura fuerte de aleación de aluminio actualmente disponibles no satisfacen, sin embargo, las necesidades de muchas aplicaciones modernas. Por ejemplo, los productos actuales no ofrecen la fluidez deseada durante la función de unión, o la resistencia deseada cuando se combina con material base en aplicaciones de soldadura, en particular cuando se usan con un rango de procesos de soldadura modernos. Además, donde arcos de soldadura varían en penetración, calor, formación de baño de fusión de la soldadura, etc., los alambres y composiciones de aleaciones de aluminio actuales no proveen un grado deseado de coherencia en términos de la composición y resistencia de la unión final. Un alambre de soldadura sólida GTAW y GMAW a modo de ejemplo que tiene una base de aluminio, designada como Aleación USW 4011 (A357), es una aleación Al-Si-Mg que tiene la composición: Si 6,5-7,5%, Mg 0,40-0,70%, Ti 0,04-0,20%, Be 0,04-0,07%, Fe 0-0,20%, Cu 0-0,20%, y otras impurezas 0,05% máx. cada una y 0,15% máx. total, equilibrio Al.

50 Actualmente existe la necesidad de composiciones de aleación de aluminio mejoradas que sean apropiadas para soldar por fusión (y mediante soldadura fuerte) aplicaciones que se dirigen con éxito a dichas necesidades.

Breve descripción

55 Según un aspecto, la invención provee una composición para formar uniones soldadas por fusión o por soldadura fuerte según se establece en la reivindicación 1 anexa. En particular, la composición incluye silicio en un porcentaje en peso de entre aproximadamente 5,0% inclusive y 6,0% inclusive, y magnesio en un porcentaje en peso de entre

0,15% inclusive y 0,50% inclusive. Subrangos particulares de estos son particularmente atractivos por su rendimiento mejorado y resistencia superior. Además, la invención provee un alambre o varilla en bobina o lineal que consiste en una composición según el primer aspecto.

5 Según otro aspecto, la invención ofrece un método para realizar la composición para formar uniones soldadas por fusión o por soldadura fuerte, según se establece en la reivindicación 10 anexa.

Dibujos

Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se comprenderán mejor cuando la siguiente descripción detallada se lee con referencia a los dibujos anexos en los cuales caracteres iguales representan partes iguales a lo largo de los dibujos, en donde:

10 La Figura 1 es una vista esquemática de un sistema de soldadura a modo de ejemplo apropiado para su uso de las nuevas composiciones descritas en la presente memoria; y

la Figura 2 es una vista esquemática de otro sistema de soldadura a modo de ejemplo apropiado para su uso de las nuevas composiciones.

Descripción detallada

15 La presente descripción provee primero una descripción de las nuevas composiciones ofrecidas por la presente invención, seguida de una descripción de funciones de soldadura típicas que pueden usarse, de manera ventajosa, con las nuevas composiciones, y luego una descripción de ciertas aplicaciones a modo de ejemplo que pueden beneficiarse del uso de las composiciones. A lo largo de las descripciones, debe tenerse en cuenta que las nuevas composiciones no se encuentran necesariamente limitadas al uso en soldadura, o incluso como metales de
20 aportación, sino que pueden ser útiles en otras aplicaciones y funciones como, por ejemplo, la soldadura fuerte. De manera similar, mientras se hacen referencias a "alambre de soldadura", esta expresión debe comprenderse, cuando se usa, como una que se refiere a cualquier forma apropiada de metal sumador, incluidos, sin limitación, alambre continuo para aplicaciones de alimentadores de alambre (p.ej., para soldadura con gas inerte de metal (MIG, por sus siglas en inglés), varillas y arcos (p.ej., para soldadura de gas inerte tungsteno (TIG, por sus siglas en inglés) y varilla), así como otras formas para la soldadura por fusión, fusión, soldadura fuerte, revestimiento por
25 soldadura fuerte de lámina y funciones similares.

En un primer aspecto, nuevas composiciones se proveen para soldar piezas de trabajo formadas por aluminio (Al) y aleaciones de aluminio. En un sentido amplio, las composiciones comprenden 4,7 a 10,9% en peso de silicio (Si),
30 0,15 a 0,50% en peso de magnesio (Mg), y el Al restante con elementos traza que normalmente se encuentran en metales de aportación de aluminio. Las realizaciones actualmente contempladas incluyen Si en un rango de 4,7 a 8,0% en peso y, en una realización, de 5,0 a 6,0% en peso. Además, ciertas realizaciones comprenden Mg en un rango de 0,31 a 0,50% en peso para una resistencia mejorada en muchas soldaduras.

El aluminio, dado que está disponible de los productores de aluminio más importantes del mundo, puede contener impurezas de elementos traza que incluyen, pero sin limitación a ello, hierro, cobre, manganeso, zinc, titanio y berilio. En una realización, el alambre de soldadura de aleación de aluminio puede además comprender cualquiera o
35 todos de los siguientes elementos en una cantidad hasta y que incluye: 0,80% en peso de Fe, 0,30% en peso de Cu, 0,15% en peso de Mn, 0,20% en peso de Zn, 0,20% en peso de Ti, y 0,0003% en peso de Be (con todos los otros elementos traza limitados a cada uno de 0,05% en peso y un total de 0,15% en peso).

En realizaciones donde las composiciones se forman en alambre de soldadura, dicho alambre (p.ej., metal de aportación) puede proveerse para su uso en aplicaciones de soldadura en una forma lineal. El alambre lineal, continuo o cortado a longitud, normalmente tiene un diámetro de al menos 0,254 mm (0,010 pulgadas) y normalmente de menos de 7,62 mm (0,30 pulgadas). En realizaciones preferidas, el alambre lineal tiene uno o más diámetros como, por ejemplo, 0,584 mm (0,023 pulgadas), 0,762 mm (0,030 pulgadas), 0,889 mm (0,035 pulgadas), 0,040 pulgadas, 1,02 mm (0,047 pulgadas), 1,57 mm (0,062 pulgadas), 2,39 mm (0,094 pulgadas), 3,18 mm (0,125
45 pulgadas), 4,75 mm (0,156 pulgadas), 0,187 pulgadas, y 6,35 mm (0,250 pulgadas).

Las cantidades de los componentes individuales (p.ej., Si y Mg) del material de aportación con el resto de Al con impurezas de trazas pueden seleccionarse para producir una aleación de aportación específica para un propósito deseado. Por ejemplo, según se describe más arriba, la composición de aleación comprende: 4,7 a 10,9% en peso de Si y, más concretamente, cantidades hacia el medio de dicho rango como, por ejemplo, debajo de 8,0% en peso.
50 En realizaciones particulares, el contenido de Si puede ser, por ejemplo, de 5,0 a 6,0% en peso (p.ej. 5,2 a 5,8% en peso de Si), o de entre 5,4 a 6,0% en peso (p.ej., de 5,5 a 5,8% en peso).

Dentro de cualquiera de dichos rangos de Si, la cantidad de Mg puede variar entre 0,15% en peso y 0,50% en peso, inclusive. En otras palabras, dentro de cualquiera de los rangos de Si de más arriba, el nivel de Mg puede seleccionarse para que sea de 0,17 a 0,40% en peso, 0,20 a 0,30% en peso, 0,22 a 0,30, 0,25 a 0,30% en peso,

0,15 a 0,25% en peso, 0,15 a 0,23% en peso, 0,15 a 0,20% en peso, 0,18 a 0,28% en peso, y/o 0,20 a 0,25% en peso. En una realización actualmente contemplada, la cantidad de Mg es hacia un extremo más alto del rango, de 0,31% en peso a 0,50% en peso para permitir la resistencia de soldadura mejorada independiente de la dilución del metal base, según se describe más abajo. Una realización actualmente contemplada que pretende registrarse en la Asociación del Aluminio y presentarse ante la Sociedad Americana de Soldadura para su certificación como una aleación de soldadura de aluminio aprobada es X4043P que tiene un contenido de Si de 5,0 a 6,0% en peso y un contenido de Mg de 0,31 a 5,0% en peso.

Las composiciones de la invención son particularmente apropiadas para aplicaciones de soldadura, aunque también pueden usarse para soldadura fuerte y otras funciones (p.ej., formación de revestimientos metálicos). Las Figuras 1 y 2 ilustran sistemas de soldadura a modo de ejemplo que pueden usarse, de forma ventajosa, para producir uniones en piezas de trabajo de aluminio y aleaciones de aluminio mediante el uso de las composiciones descritas en la presente memoria. Según se menciona más arriba, un rango de sistemas y procesos de soldadura puede emplearse, incluidos procesos MIG, procesos TIG, procesos de soldadura con varilla, etc. (así como procesos de soldadura fuerte). La Figura 1 ilustra un sistema MIG 10 a modo de ejemplo que incluye una fuente de alimentación 12 diseñada para recibir energía de una fuente 14 y gas protector de una fuente de gas 16. En muchas implementaciones, la fuente de alimentación incluirá la red eléctrica, aunque otras fuentes también serán comunes como, por ejemplo, conjuntos de motor-generador, baterías y otros dispositivos de generación y almacenamiento de energía. El gas protector se proveerá, normalmente, por botellas presurizadas.

La fuente de alimentación 12 incluye circuitos de conversión de energía 18 que convierten la energía entrante o almacenada en una forma apropiada para la soldadura. Como apreciarán las personas con experiencia en la técnica, dichos circuitos pueden incluir circuitos rectificadores, convertidores, inversores, seccionadores, circuitos propulsores, etc. Además, los circuitos pueden producir salida de corriente alterna o corriente continua, según el proceso de soldadura seleccionado. Los circuitos de conversión de energía se acoplan a circuitos de control 20 para controlar la función de los circuitos de conversión. En general, los circuitos de control incluirán uno o más procesadores 22 y memoria 24 que almacenan parámetros de soldadura, puntos de ajuste, rutinas de procesos de soldadura y así sucesivamente ejecutados por el procesador para regular el funcionamiento de los circuitos de conversión. A modo de ejemplo, el procesador puede hacer que los circuitos de conversión implementen procesos de corriente constante, procesos de tensión constante, procesos de soldadura por pulsos, procesos de transferencia de cortocircuito, o cualquier otro proceso apropiado adaptado para soldar partes de aluminio con las composiciones descritas. Una interfaz de operador 28 permite a un operador de soldadura seleccionar el proceso de soldadura, así como establecer parámetros de soldadura como, por ejemplo, corrientes, tensiones, velocidades de alimentación de alambre, etc.

La fuente de alimentación 12 se acopla mediante cableado 30 a un alimentador de alambre 32. El cableado puede incluir cableado de alimentación para transmitir energía de soldadura, cableado de datos para transmitir señales de control y realimentación, y tubo o cableado de gas para proveer gas protector. El alimentador de alambre 32 incluye un carrete 34 de alambre de soldadura según las composiciones descritas. Un sistema de alimentación de alambre 36 extrae alambre del carrete y hace avanzar el alambre hacia un cable de soldadura 38 acoplado a un soplete de soldadura 40. El sistema de alimentación de alambre funcionará, normalmente, según las configuraciones de la fuente de alimentación, aunque el alimentador de alambre puede incluir sus propios procesador y memoria (no se muestran) que controlan o se coordinan para controlar la velocidad de alimentación de alambre, aplicación de energía de la fuente de alimentación al alambre que avanza, etc. Debe notarse también que el alimentador de alambre puede incluir su propia interfaz (no se representa) que permite al operador de soldadura realizar cambios en el proceso de soldadura, configuraciones de soldadura, velocidad de alimentación de alambre, etc.

El cable de soldadura 38 transmite energía y gas al soplete de soldadura 40 y puede transmitir señales de datos (p.ej., detecta corriente y/o tensión) al alimentador de alambre (y, de allí a la fuente de alimentación). En aplicaciones de soldadura de aluminio, el soplete 40 puede adaptarse con un motor interno para tirar del alambre de soldadura mientras el alimentador de alambre 32 empuja del cable en coordinación. Un cable de pieza de trabajo 42 se acopla a la pieza de trabajo 44 que se soldará, y permite que un circuito completado se establezca a través del soplete, alambre de soldadura y pieza de trabajo para crear un arco de soldadura entre el alambre y la pieza de trabajo. Dicho arco se mantiene durante la soldadura (bajo el proceso de soldadura particular y el régimen de control seleccionados) y fusiona el alambre de soldadura y, normalmente, fusiona, al menos parcialmente, la pieza de trabajo o piezas de trabajo que se unirán.

Según se ilustra por el número de referencia 46 en la Figura 1, el sistema de soldadura puede adaptarse para aceptar un soplete de soldadura con varilla. Dichos sopletes no usan un alambre de soldadura continuamente enrollado y alimentado, sino electrodos de barra 48, que pueden realizarse según las composiciones descritas. Como apreciarán aquellos con experiencia en la técnica, el soplete de soldadura con varilla puede acoplarse directamente a una fuente de alimentación de soldadura 12 que lleva a cabo otros procesos de soldadura (p.ej., procesos MIG y TIG), o para dichas aplicaciones, la fuente de alimentación puede tener capacidades más limitadas en términos de los procesos disponibles.

La Figura 2 ilustra un sistema TIG a modo de ejemplo que puede usarse con las nuevas composiciones descritas. El sistema TIG 50 también incluye una fuente de alimentación 52 que, de manera similar al sistema descrito más arriba, recibe energía de una fuente 54 y gas protector de una fuente 56. Como apreciarán las personas con experiencia en la técnica, los gases protectores usados normalmente serán diferentes según el proceso seleccionado. La fuente de alimentación 52 nuevamente comprende circuitos de conversión de energía 58 y circuitos de control 60 asociados. Los circuitos de control 60 incluyen uno o más procesadores 62 y memoria 64 para almacenar configuraciones de soldadura, procesos de soldadura, etc. Aquí, nuevamente, una interfaz de operador 68 permite que el operador de soldadura establezca dichos parámetros de soldadura para el proceso de soldadura TIG.

En el proceso de soldadura TIG, sin embargo, el alambre no se alimenta a la pieza de trabajo, sino que solo la energía y el gas se transmiten mediante cableado 70 apropiado. El soplete de soldadura 72 recibe la energía y el gas y permite la iniciación de un arco de soldadura mediante un electrodo de tungsteno interno. Un cable de pieza de trabajo 74 se acopla a la pieza de trabajo 76 para permitir la finalización del circuito eléctrico. Después de que un arco se inicia con la pieza de trabajo, el alambre de soldadura 78 se alimenta a la ubicación de soldadura, y se fusiona, normalmente con al menos cierta fusión del metal base de la pieza de trabajo. Un pedal 78 (u otro dispositivo de entrada de operador) permite el control fino del proceso por el operador durante el tiempo en el que el arco está en funcionamiento y la soldadura procede.

Debe notarse también que los procesos usados con las presentes composiciones pueden ser parcialmente o totalmente automatizados. Es decir, en algunas configuraciones, las uniones pueden programarse para su ejecución por sistemas de soldadura automatizados, robots, y similares. En la mayoría de dichas configuraciones, el alambre de soldadura se alimentará continuamente desde un carrete, según se describe más arriba. Además, las composiciones pueden usarse con un número de otros procesos y aplicaciones como, por ejemplo, soldadura por láser, soldadura por puntos, soldadura fuerte por láser, etc. Mientras los procesos pueden diseñarse para unir aluminio y aleaciones de aluminio, las composiciones no se encuentran de modo alguno limitadas a dichas aplicaciones, y pueden usarse para unir metales base de no aluminio como, por ejemplo, aceros.

Los métodos descritos más arriba permiten la creación de un baño de fusión de la soldadura que contiene la aleación de metal de aportación de aluminio fundido y una porción de la(s) pieza(s) de trabajo fundida(s). En ciertas realizaciones, el baño de fusión de la soldadura contendrá más de 20% en peso, más de 30% en peso, más de 40% en peso, más de 50% en peso, más de 60% en peso, más de 70% en peso, más de 80% en peso, más de 90% en peso, más de 92% en peso, más de 94% en peso, más de 96% en peso, más de 98% en peso, o más de 99% en peso de la aleación de metal de aportación de aluminio con la porción restante formada por pieza(s) de trabajo de base fundida(s).

Las especificaciones para el uso de las presentes composiciones pueden también requerir, de forma ventajosa, tratamiento térmico y envejecimiento de la estructura de aluminio resultante. Ciertas de dichas funciones pueden llevarse a cabo a una temperatura mayor que la temperatura ambiente y por debajo de los puntos de fusión de la(s) pieza(s) de trabajo de metal base, aleación de metal de aportación de aluminio y baño de fusión de la soldadura. La etapa de tratamiento térmico puede, de manera ventajosa, ocurrir durante un período de entre 30 minutos y 30 horas (p.ej., de entre 1 hora y 10 horas, por ejemplo, de entre 2 horas y 8 horas). Además, el procesamiento puede incluir permitir que la estructura de aluminio soldada envejezca a temperaturas por encima de las temperaturas ambiente durante un período de entre 30 minutos y 30 días (p.ej., de entre 1 hora y 1 semana, por ejemplo, de entre 2 horas y 12 horas). Además, las composiciones pueden beneficiarse del envejecimiento a temperatura ambiente durante períodos en el orden de 1 semana a 2 años (p.ej., de 2 semanas a 1 año, por ejemplo, de 1 mes a 6 meses).

Se cree que, a través del uso de las presentes composiciones y alambres, pueden producirse estructuras de aluminio soldadas superiores que exhiben propiedades de soldadura superiores, incluidas alta cizalladura y resistencia a la tracción en comparación con estructuras de aluminio soldadas con otros materiales de aportación de aluminio. Por ejemplo, se cree que las composiciones ofrecen uniones soldadas más fuertes a través de la consolidación de solución sólida en la condición recién soldada y a través de la formación y precipitación de compuestos intermetálicos de Mg y Si cuando la estructura soldada envejece y/o se trata con calor después de la soldadura.

Una variedad de piezas de trabajo y configuraciones de piezas de trabajo pueden beneficiarse de las presentes composiciones como, por ejemplo, láminas de aleación simple, láminas de revestimiento por soldadura fuerte, placas, tubos, varillas, barras, extrusiones, colados, forjados, partes de metal en polvo, y cerámicas metálicas en todas las configuraciones (p.ej., circular, cuadrada, triangular), o alguna combinación de ellos. Los grosores pueden ser de cualquier tamaño requerido para crear la estructura soldada deseada. Dichas composiciones funcionan igualmente bien con todos los grosores de piezas de trabajo de metal base y con todas las cantidades de dilución del baño de fusión de la soldadura con material base fundido.

Propiedades particularmente mejoradas se proveen cuando se usan con materiales base de aleación de aluminio en las aleaciones de aluminio de las series 1xxx, 2xxx, 3xxx, 5xxx hasta 3% de Mg, 6xxx, y 7xxx. Más concretamente,

piezas de trabajo de metal base de aleaciones de aluminio de la serie 6xxx pueden beneficiarse de las presentes composiciones. Dichas aleaciones de la serie 6xxx son particularmente populares para muchas estructuras de aluminio en la medida en que son templables. Dichas estructuras incluyen, por ejemplo, extrusiones, láminas y placas, y se usan para fabricar automóviles, camiones con remolque, barcos, vehículos militares e incontables estructuras diferentes.

Durante muchos años, las aleaciones de la serie 6xxx se han soldado con la aleación binaria de aluminio-silicio 4043. La aleación 4043 no es templable. Su resistencia recién soldada es tan baja como 50% de la resistencia de la mayoría de las aleaciones de la serie 6xxx ampliamente usadas unidas por dicha aleación. Si Mg se añade a 4043, se convierte en una aleación ternaria templable similar a las aleaciones de la serie 6xxx y si se añade suficiente Mg, logrará una resistencia recién soldada significativamente más alta y similares propiedades mecánicas que los metales base 6xxx cuando se tratan con calor después de la soldadura y envejecen. Durante la función de soldadura, el baño de fusión de la soldadura se diluye por cierta cantidad de metal base fundido, a lo cual se hace referencia simplemente como dilución. Cuando se sueldan metales base de la serie 6xxx con 4043 por ejemplo, y ocurre la dilución, el metal de aportación se alea con el metal base y el baño de fusión de la soldadura adquiere cierto Mg. La cantidad de aumento de resistencia en el baño de fusión de la soldadura depende de la cantidad de dilución. Códigos de soldadura como, por ejemplo, AWS D1.2, se han establecido para metales base como, por ejemplo, 6061. El código supone una dilución mínima de 20% de metal base y especifica la cizalladura resultante y resistencias a la tracción que deben cumplirse en el conjunto soldado final. Dichos códigos se usan para propósitos de diseño y procedimientos de soldadura se establecen para cumplir con ellos en la producción.

Sin embargo, con anterioridad a la presente invención, la industria no ha podido cumplir, de manera coherente, con dichos códigos para las aleaciones de la serie 6xxx. Cuando los rangos de química de los metales base y metales de aportación se combinan con todas las variables presentes en el proceso de soldadura, el contenido de Mg resultante del baño de fusión de la soldadura después de la soldadura no es coherente y no puede controlarse en el nivel requerido para cumplir con el código de forma coherente. De dos diseños de soldadura comunes comúnmente usados, la unión en ángulo y la unión plana, 80% de las soldaduras comúnmente empleadas son uniones en ángulo. En virtud de su forma física, hay muy poca dilución cuando se suelda una unión en ángulo. Asimismo, cuando se sueldan uniones planas en estructuras con grosores de sección de más de 9,53 mm (3/8 pulgadas) o más delgadas que 2,38 mm (3/32 pulgadas), hay poca o ninguna dilución. Como resultado, dichas uniones de soldadura no extraen suficiente Mg del metal base para alcanzar la resistencia deseada ya sea con tratamiento por calor y envejecimiento en la condición recién soldada o con posterioridad a la soldadura. Ello ha creado un problema muy serio en la industria. El aluminio es el metal elegido para reducir peso y consumo de energía, pero su uso se ha obstaculizado por los metales de aportación disponibles.

La presente invención resuelve dicho problema. Esta provee una aleación ternaria Al-Si-Mg con un rango de química que produce la resistencia a la cizalladura y a la tracción requeridas por AWS D1.2 para las aleaciones de la serie 6xxx con poca o ninguna dilución. Dicha composición de metal de aportación se diseña para tener en cuenta el rango químico de Si y Mg que puede experimentarse en las aleaciones base de la serie 6xxx y las variables que pueden encontrarse en el proceso de fabricación de soldadura y asegurar que niveles adecuados de Si y Mg están presentes en la soldadura final para cumplir con los requisitos de resistencia deseados. Según se describe más arriba, las nuevas composiciones de metal pueden comprender cantidades variables de Si y Mg como, por ejemplo, de entre 4,7% en peso y 10,9% en peso de Si y, más concretamente, de entre 4,7% en peso y 8,0% en peso, y aún más concretamente, de entre 5,0% en peso y 6,0% en peso. El componente de Mg puede variar entre 0,15% en peso y 0,50% en peso, y entre 0,15% en peso y 0,30% en peso, pero para una resistencia mejorada, puede ser de entre 0,31% en peso y 0,50% en peso.

Las uniones soldadas realizadas mediante dichas composiciones se benefician tanto del rendimiento de las composiciones durante la función de unión como de las propiedades mejoradas de las estructuras recién soldadas (o, de manera más general, recién unidas). Por ejemplo, el componente de Si reduce el punto de fusión y la tensión superficial, y provee fluidez mejorada. El contenido relativamente alto de Mg reduce la necesidad de extraer Mg del metal base para una resistencia más alta (p.ej., que concuerda con la resistencia del metal base). Ello es particularmente útil cuando se unen secciones más delgadas (desde las cuales ocurre poca fusión del metal base, o en las cuales poco material está disponible para la contribución a la unión recién soldada) así como secciones más gruesas (que pueden requerir múltiples pasadas con pasadas subsiguientes que no pueden, cada vez más, extraer Mg del metal base o de pasadas anteriores).

Por ejemplo, la aleación de metal base 6061 se usa comúnmente en formas de lámina y placa y se suelda con metal de aportación 4043. La aleación 6061 es una aleación basada en magnesio-silicio que contiene 1 por ciento de magnesio y 0,6 por ciento de silicio junto con una pequeña cantidad de cobre y cromo. La aleación 6061 logra sus máximas propiedades mecánicas a través del tratamiento térmico donde la matriz de metal de aluminio se fortalece por la precipitación de elementos de aleación como compuestos intermetálicos, en el presente caso magnesio-siliciuro, cuyo tamaño y cuya distribución a lo largo de la matriz se controlan a través de funciones térmicas cuidadosamente controladas. Dicha microestructura tratada con calor se destruye rápidamente mediante soldadura con una pérdida típica de propiedades mecánicas en la zona afectada por el calor de la soldadura, de entre 30 y 50

5 por ciento. La resistencia a la tracción no soldada de 6061 en la condición tratada con calor -T6 es normalmente de 310 MPa (45 KSI) mientras la especificación mínima de resistencia a la tracción recién soldada es de 165 MPa (24 KSI). La resistencia a la tracción totalmente recocida de 6061 es normalmente de 131 MPa (19 KSI). Según las condiciones de soldadura usadas, puede haber porciones del material base 6061 en la zona afectada por el calor totalmente recocidas. La resistencia a la tracción totalmente recocida de 4043 es también normalmente de 131 MPa (19 KSI) y puede ser tan baja como 103 MPa (15 KSI). Además, 4043 es una aleación no templable.

10 Los datos publicados usados para propósitos de diseño indican propiedades metálicas para 6061 soldado con 4043 en condiciones de envejecimiento y tratamiento con calor en la condición recién soldada y con posterioridad a la soldadura. Dichos datos se han desarrollado a partir de soldaduras reales realizadas en varias configuraciones. Los datos suponen que cierto porcentaje de metal base se fusiona durante el proceso de soldadura y se alea en el baño de fusión de la soldadura que resulta en una nueva química que es una mezcla de 4043 y 6061. Cuando esto ocurre, algo de magnesio se introduce en la química 4043 y si la fusión de metal base es suficiente, el baño de fusión de la soldadura se convierte en una aleación que se fortalece en solución sólida por el magnesio en la condición recién soldada y responderá a funciones de tratamiento térmico llevadas a cabo después de la soldadura.

15 La Tabla 1 de más abajo provee ejemplos de datos para metal base 6061 soldado con 4043 en condiciones de envejecimiento y tratamiento térmico recién soldadas y después de la soldadura:

TABLA 1

Aleación base	Aleación de aportación	Templado	Espec., condición	Resistencia a la tracción en MPa (KSI) Mínimo	Típico
6061-T6	4043	AW	AWS D1.2	165 (24,0)	186 (27,0)
6061-T6	4043	AW	Sin dilución	103 (15,0)	131 (19,0)
6061-T6	4043	PWHT	Mín 20% dil. 6061	290 (42,0)	310 (45,0)
6061-T6	4043	PWHT	Sin dilución	103 (15,0)	131 (19,0)
6061-T6	4643	AW	Indep. de dilución	165 (24,0)	186 (27,0)
6061-T6	X4043P	AW	Indep. de dilución	>165 (>24,0)	186 (>27,0)
6061-T6	4643	PWHT	Indep. de dilución	290 (42,0)	310 (45,0)
6061-T6	X4043P	PWHT	Indep. de dilución	>290 (>42,0)	310 (>45,0)

20 Nota 2: La resistencia a la tracción recién soldada y posterior al tratamiento térmico de las combinaciones de aleaciones sin dilución del metal base fundido en el baño de fusión de la soldadura no cumple con los requisitos de diseño AWS D1.2.

Nota 2: Los requisitos de resistencia a la tracción de AWS D1.2 se cumplen sin dilución de metal base fundido en el baño de fusión de la soldadura para 4643 y X4043P.

25 Según se describe más arriba, dos tipos de unión de soldadura comunes, uniones en ángulo y uniones planas, conforman la mayoría de todas las soldaduras. La unión en ángulo tiene, de manera más general, un ángulo de unión de soldadura de 90 grados que debe llenarse con metal de aportación. Para secciones de metal base muy delgadas, la función de soldadura necesita que la cantidad de soldadura de metal base se mantenga en un mínimo absoluto y, por lo tanto, la cantidad de dilución del baño de fusión de la soldadura por metal base fundido es muy

pequeña. Para el ejemplo usado aquí, mediante el uso de metal de aportación 4043, la soldadura resultante no tiene suficiente magnesio para alcanzar la resistencia adecuada en la condición recién soldada y no responderá al envejecimiento y tratamiento térmico posterior a la soldadura. Esta misma condición ocurre cuando la soldadura en ángulo se usa con tamaños de sección gruesos unidos. En el presente caso, la parte inferior de la unión de soldadura puede ver una dilución del baño de fusión de la soldadura adecuada por el metal base fundido pero dado que la unión de soldadura se llena con múltiples pasadas, el metal de aportación en las pasadas posteriores ya no es próximo al material base y no tendrá dilución de metal base. Por lo tanto, nuevamente la soldadura no tendrá suficiente contenido de magnesio para alcanzar la resistencia adecuada en la condición recién soldada y no responderá al envejecimiento y tratamiento térmico posterior a la soldadura. Los datos publicados y el código de soldadura AWS D1.2 para soldaduras en ángulo soldadas con 4043 reconoce esta situación y los datos de resistencia mecánica correctamente muestran la resistencia de la soldadura que es de 4043 sin dilución. Las uniones planas, por otro lado, producen porcentajes mucho más altos de fusión de metal base. Para soldaduras planas en 6061 soldadas con 4043, los datos publicados y AWS D1.2 suponen una dilución de baño de fusión de la soldadura adecuada para lograr las resistencias especificadas en las condiciones de envejecimiento y tratamiento térmico recién soldada y con posterioridad a la soldadura. Sin embargo, la cantidad de dilución de baño de fusión de la soldadura en soldaduras planas es difícil de controlar y reproducir de manera fiable en funciones de soldadura en producción.

La Tabla 2 de más abajo provee resistencias de diseño máximas típicas de soldaduras en ángulo que contienen 100% de metal de aportación solamente para ciertos alambres de soldadura de aleación actualmente disponibles:

TABLA 2

Aleación de aportación	Resistencia a la cizalladura longitudinal en MPa (KSI)	Resistencia a la cizalladura transversal en MPa (KSI)
1100	52 (7,5)	52 (7,5)
4043	79 (11,5)	103 (15,0)
4643	93 (13,5)	138 (20,0)
X4043P	>93 (> 13,5)	>138 (> 20,0)
5654	83 (12,0)	124 (18,0)
5554	117 (17,0)	159 (23,0)
5356	117 (17,0)	179 (26,0)

Las soldaduras planas en tamaños de sección mayores que 9,53 mm (3/8 pulgadas) no producen suficiente fusión de metal base en el centro de la soldadura para alcanzar la cantidad mínima deseada de dilución de metal base en el baño de fusión de la soldadura. Por lo tanto, dado que 4043 debe obtener magnesio de la dilución por metal base fundido en el baño de fusión de la soldadura, el control de las propiedades mecánicas resultantes en la condición de envejecimiento y tratamiento térmico recién soldada y posterior a la soldadura es difícil, si no imposible, de obtener, de manera fiable, según la producción.

Según se describe más arriba, las presentes composiciones pueden usarse con una variedad de procesos de soldadura. El desarrollo de algunos de dichos procesos de soldadura ha complementado el movimiento para producir estructuras con tamaños de sección más delgadas. Procesos como, por ejemplo, la soldadura por pulso, permiten la soldadura de tamaños de sección cada vez más delgados debido a su prevención de fusión de metal base significativa. En estructuras con sección delgada en particular, las aleaciones de soldadura basadas en silicio actualmente disponibles hacen imposible lograr resistencias de diseño deseadas y ello ha limitado las opciones de diseño para partes que, de otra manera, podrían reducir el peso y mantener la resistencia. Los desarrollos para tratar dichos problemas han incluido, por ejemplo, una aleación registrada como 4643, que se ha pensado que ofrece una solución para la soldadura plana de metales base 6061 con sección gruesa. Ello puede, por supuesto, usarse para soldar secciones delgadas también donde los mismos problemas de falta de dilución de baño de fusión están presentes. La aleación 4643 es una replicación de la aleación que se obtiene de la mezcla de 20% 6061 y 80% 4043 que resulta de la dilución de baño de fusión de la soldadura durante las funciones de soldadura. El

5 contenido de silicio inferior de 4643 reduce su fluidez, aumenta su temperatura de fusión y aumenta su solidificación y contracción en estado sólido en comparación con 4043. Además, 4643 se encuentra sujeto, nuevamente, a la dilución por el bajo silicio que contiene aleaciones de la serie 6xxx durante la soldadura. Las aleaciones resultantes exhiben características de soldadura menos que óptimas y problemas de sensibilidad aumentada a la fisuración espontánea cuando los niveles de silicio del baño de fusión de la soldadura caen al 2 por ciento o menos durante la soldadura. Como resultado, 4643 no se ha adoptado como una alternativa viable a 4043 y se ha usado solamente en pocas instancias para resolver problemas específicos. La aleación solo se ha producido en cantidades muy pequeñas y su coste es tan alto como siete veces el coste de 4043, lo cual la hace económicamente inviable.

10 Las presentes composiciones se dirigen a dichos defectos de la combinación de aleaciones 6061/4043. Las composiciones contienen el nivel requerido de magnesio sin depender de la dilución del baño de fusión de la soldadura para alcanzar las propiedades mecánicas deseadas tratadas con calor en la condición recién soldada y después de la soldadura. Además, las composiciones experimentan suficiente solución y velocidad de enfriamiento por inmersión durante la soldadura de modo que envejecerán naturalmente con el tiempo y aumentarán en resistencia durante el primer año a temperatura ambiente. También proveen al fabricante la opción de adquirir aleaciones de base de la serie 6xxx en el templado -T4 que es una solución tratada con calor y enfriada por inmersión, pero no envejecida. Luego, después de la soldadura con las presentes composiciones, la soldadura acabada puede simplemente envejecerse para lograr niveles de resistencia cercanos a los del templado -T6.

15 Además, las presentes composiciones proveerán a cada soldadura, independientemente del tipo o factores de dilución, un aumento automático en la condición recién soldada de la resistencia a la cizalladura longitudinal en el orden de al menos 17%, resistencia a la cizalladura transversal en el orden de al menos 33% y resistencia a la tracción en el orden de al menos 42% cuando se compara con 4043, y un aumento en la resistencia a la tracción tratada con calor con posteridad a la soldadura en el orden de al menos 130%.

20 Otra consideración importante es la cantidad de metal de aportación requerida para producir una soldadura adecuada. Las resistencias a la cizalladura de soldadura en ángulo se calculan mediante el uso de la dimensión de garganta en sección transversal del ángulo junto con la resistencia a la cizalladura publicada de la aleación de aportación relevante. Es preciso ver la Tabla 1 de más arriba para algunas resistencias a la cizalladura típicas de varias aleaciones puras de metal de aportación. Dado que el tamaño del ángulo crece como resultado del procedimiento de soldadura o el número de pasadas realizadas, el aumento de dimensión de garganta no es lineal con el volumen del metal en ángulo usado. Si la dimensión de garganta se duplica, el volumen requerido para llenar el ángulo aumenta en un factor 4. Pero el volumen del metal de aportación requerido puede ser incluso más que este dado que el número de pasadas de soldadura requeridas para llenar el ángulo se eleva rápidamente a medida que la dimensión de garganta aumenta, y los soldadores tienen que lidiar con pasadas de soldadura completas cuando cubren pasadas subyacentes. En situaciones donde no hay penetración del metal base y la dilución del baño de fusión de la soldadura requerida por el metal base fundido no está presente, los diseñadores se ven forzados a aumentar las dimensiones de la garganta de soldadura en ángulo con el fin de obtener resistencias de soldadura adecuadas. Ello resulta en el consumo de cantidades significativamente más grandes de metales de aportación caros que elevan el coste de la estructura soldada. La resistencia aumentada obtenida mediante el uso de las presentes composiciones reducirá, de manera significativa, el coste mediante la reducción del tamaño requerido de la soldadura en ángulo, dado que una penetración de soldadura significativa no se requiere con el fin de extraer suficiente Mg en el baño de fusión de la soldadura para lograr la resistencia deseada. Además, mediante el uso de las presentes condiciones, las soldaduras envejecerán naturalmente en la condición recién soldada y envejecerán más rápidamente a medida que las temperaturas de servicio aumentan. Sus propiedades mecánicas aumentarán continuamente con el tiempo durante al menos el primer año después de la soldadura.

25 Con respecto a las cantidades absolutas y relativas de Si y Mg en las presentes composiciones, el inventor ha reconocido que aleaciones de metal de aportación de soldadura de aluminio basadas en Si fabricadas como alambre pueden provenir de una composición hipoeutéctica. A medida que el contenido de Si aumenta, el rango de enfriamiento se reduce y tanto la fase líquida como la sólida se reducen. Ello reduce los resultados de la sensibilidad reducida a la fisuración espontánea de la aleación. Las aleaciones Al-Si son sensibles a la fisuración por solidificación cuando el nivel de silicio cae entre 0,5 y 2,0% en peso. Una aleación Si-Al resultante con niveles de Si por debajo de 4,7% en peso limita la cantidad total de dilución de metal base posible antes de alcanzar el rango sensible a la fisuración. Dicha característica es especialmente importante cuando la soldadura TIG donde la dilución del baño de fusión de la soldadura por metal base fundido es relativamente alta según el procedimiento de soldadura. Las aleaciones como, por ejemplo, de la serie 6xxx que derivan sus propiedades mecánicas a través la precipitación de magnesio siliciuro durante el tratamiento térmico son sensibles a la fisuración cuando las composiciones químicas de soldadura caen en el rango de 0,6 a 0,8% en peso de Si y 0,5 a 1,0% en peso de Mg en combinación o en otras palabras un total de alrededor de 2% en peso de magnesio siliciuro. Las aleaciones de la serie 6xxx más susceptibles a ello son las aleaciones 6005 a y que incluyen 6061. Esta es la razón por la cual el límite práctico más alto para Mg en una aleación de metal de aportación Al-Si es de 0,5% en peso. Si la aleación de aportación 4043 ha obtenido un nivel mínimo de Mg de 0,20% en peso a través de la dilución del baño de fusión de la soldadura por el metal base fundido 6xxx, este desarrollará propiedades mecánicas que son similares a aquellas

que pueden obtenerse por el tratamiento térmico y el envejecimiento posterior a la soldadura de los metales base 6xxx para el templado -T6. Por lo tanto, he especificado que las presentes composiciones de X4043P tendrán un contenido de Si de 5,0 a 6,0% en peso y un contenido de Mg de 0,31 a 0,50% en peso.

5 En ciertas realizaciones, la composición tiene un rango de Si especificado de 5,0 a 6,0% en peso. El contenido objetivo típico de silicio libre para la presente realización es de 5,2% en peso. Esta química produce una viscosidad líquida con una fricción interna de 1,1 centipoises en la aleación cuando se funde a 1292 grados F. Esta es la fluidez que la industria esperaba en ER4043 y lo que se ha documentado durante la última mitad de siglo de práctica de soldadura como una con un rendimiento satisfactorio. El rango de Si de 5,0 a 6,0% en peso también es ventajoso en que tiene una conexión directa en la corriente eléctrica requerida para fundir el metal de aportación durante la soldadura. Aquí, los cambios necesitan el cambio de las especificaciones del procedimiento de soldadura y de los parámetros de soldadura preprogramados en muchas máquinas de soldadura usadas en funciones de fabricación en todo el mundo.

15 El contenido de Si también afecta la dilatación térmica de la aleación. Una reducción del contenido de Si aumentará el coeficiente de dilatación térmica del cordón de soldadura. Por ejemplo, 5,2% en peso de contenido de Si en la composición producirá un coeficiente de dilatación térmica de 0,94 con Al puro siendo de 1,0. 3,5% en peso de contenido de Si en la composición producirá un coeficiente de dilatación térmica de 0,97. Las diferencias en la dilatación térmica entre Al y composiciones de metal de aportación conocidas provocan una distorsión aumentada durante la soldadura y aumentan la sensibilidad a la fisuración espontánea en comparación con las composiciones presentes. Un contenido más alto de Si reduce la solidificación y la velocidad de contracción en estado sólido. Cuando se compara con las composiciones existentes, el contenido más alto de Si de las presentes composiciones produce una fracción de volumen más alta de fase eutéctica que, a su vez, reduce la velocidad de contracción del baño de fusión fundido. Por lo tanto, las presentes composiciones tienen niveles de sensibilidad a la fisuración espontánea tan buenos como o mejores que las aleaciones actualmente disponibles. Por consiguiente, las composiciones pueden usarse como un sustituto directo para composiciones existentes como, por ejemplo, 4043, sin cambios requeridos en las prácticas o procedimientos de soldadura, sin embargo, proveerán beneficios de resistencia mayores que 4643, mientras que 4643 no se ha aceptado como un sustituto directo para 4043.

20 Debido al contenido de Mg de las nuevas composiciones, estas no solo se usarán como un sustituto directo para 4043 sino que proveerán las ventajas significativas de resistencias a la cizalladura y tracción más altas en todos los tipos de soldadura. Las instancias de fallo de propiedades mecánicas de metal de soldadura debido a la falta de dilatación de metal base apropiada en el baño de fusión de soldadura se eliminarán. El nivel de Mg puede controlarse en esta nueva aleación para que permanezca por debajo del nivel sensible a la fisuración espontánea. El nivel es lo suficientemente bajo para permitir cierto Mg adicional obtenido de la dilución del baño de fusión de la soldadura por el metal base fundido cuando se sueldan las aleaciones de la serie 6xxx. Por lo tanto, las nuevas composiciones tienen un contenido máximo de Mg de 0,50% en peso. Dicho nivel provee un factor de seguridad para el posible Mg adicional que puede alearse en el baño de fusión de la soldadura a partir de la dilución de metal base fundido. Cuando se suelda una aleación de la serie lxxx o 3xxx de resistencia más baja y cierta dilución del baño de fusión de la soldadura se obtiene de manera involuntaria, la aleación X4043P del inventor tiene un factor de seguridad incorporado de 0,31 de contenido mínimo de Mg que mantendrá el Mg en niveles aceptables y esto no se encuentra en ER4043 ni en ER4643.

40

REIVINDICACIONES

1. Una composición para formar uniones de soldadura por fusión o soldadura fuerte, que consiste en:
silicio en un porcentaje en peso de entre 5,0% inclusive y 6,0% inclusive;
hierro en un porcentaje en peso de 0,80% o menos;
- 5 cobre en un porcentaje en peso de 0,30% o menos;
 manganeso en un porcentaje en peso de 0,15% o menos;
 magnesio en un porcentaje en peso de entre 0,15% inclusive y 0,50% inclusive;
 zinc en un porcentaje en peso de 0,20% o menos;
 titanio en un porcentaje en peso de 0,20% o menos;
- 10 berilio en un porcentaje en peso de 0,0003% o menos; y
 un resto de aluminio y elementos traza, en donde cada uno de los elementos traza tienen un porcentaje en peso de 0,05% o menos, y en donde los elementos traza juntos tienen un porcentaje en peso de 0,15% o menos.
2. La composición de la reivindicación 1, que consiste en silicio en un porcentaje en peso de entre 5,2% inclusive y 5,8% inclusive.
- 15 3. La composición de la reivindicación 1, que consiste en magnesio en un porcentaje en peso de entre 0,31% inclusive y 0,50% inclusive.
4. La composición de la reivindicación 1, que consiste en magnesio en un porcentaje en peso de entre 0,20% inclusive y 0,30% inclusive.
- 20 5. La composición de la reivindicación 4, que consiste en magnesio en un porcentaje en peso de entre 0,22% inclusive y 0,30% inclusive.
6. Una varilla o alambre enrollado o lineal que consiste en la composición de cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
- 25 7. La varilla o alambre enrollado o lineal de la reivindicación 6, en donde el alambre o la varilla tienen un diámetro nominal de 0,584 mm (0,023 pulgadas), 0,762 mm (0,030 pulgadas), 0,889 mm (0,035 pulgadas), 1,02 mm (0,040 pulgadas), 1,19 mm (0,047 pulgadas), 1,57 mm (0,062 pulgadas), 2,39 mm (0,094 pulgadas), 3,18 mm (0,125 pulgadas), 3,96 mm (0,156 pulgadas), 4,75 mm (0,187 pulgadas), o 6,35 mm (0,250 pulgadas).
8. Un componente de soldadura fuerte que consiste en la composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el componente de soldadura fuerte son anillos de soldadura fuerte o una pasta.
- 30 9. Una aleación de revestimiento para aleaciones de base de aluminio de revestimiento para soldadura fuerte de componentes de metal base de aluminio o aleación de aluminio, la aleación de revestimiento consistiendo en la composición de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
10. Un método para realizar una composición para formar uniones de soldadura por fusión o soldadura fuerte, que comprende:
obtener una aleación que consiste en silicio en un porcentaje en peso de entre 5,0% inclusive y 6,0% inclusive;
- 35 hierro en un porcentaje en peso de 0,80% o menos;
 cobre en un porcentaje en peso de 0,30% o menos;
 manganeso en un porcentaje en peso de 0,15% o menos;
 magnesio en un porcentaje en peso de entre 0,15% inclusive y 0,50% inclusive;
 zinc en un porcentaje en peso de 0,20% o menos;
- 40 titanio en un porcentaje en peso de 0,20% o menos;
 berilio en un porcentaje en peso de 0,0003% o menos; y

ES 2 689 385 T3

un resto de aluminio y elementos traza, en donde cada uno de los elementos traza tiene un porcentaje en peso de 0,05% o menos, y en donde los elementos traza juntos tienen un porcentaje en peso de 0,15% o menos; y

formar la aleación en una varilla o alambre moldeado, extruido, extraído, enrollado o lineal apropiado para la soldadura por fusión o soldadura fuerte y revestimiento en una lámina de revestimiento por soldadura fuerte.

- 5 11. El método de la reivindicación 10, en donde el alambre o la varilla tienen un diámetro nominal de 0,584 mm (0,023 pulgadas), 0,762 mm (0,030 pulgadas), 0,889 mm (0,035 pulgadas), 1,02 mm (0,040 pulgadas), 1,19 mm (0,047 pulgadas), 1,57 mm (0,062 pulgadas), 2,39 mm (0,094 pulgadas), 3,18 mm (0,125 pulgadas), 3,96 mm (0,156 pulgadas), 4,75 mm (0,187 pulgadas), o 6,35 mm (0,250 pulgadas).

