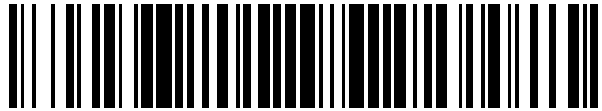


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 523 865**

51 Int. Cl.:

**C22C 21/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2009 E 09796270 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014 EP 2384373**

54 Título: **Método para el procesamiento de aleaciones de aluminio de alta resistencia susceptibles de soldadura**

30 Prioridad:

**07.01.2009 US 349668**

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

**02.12.2014**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**SANKARAN, KIRSHNAN K. y  
SLATTERY, KEVIN T.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 523 865 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**

Método para el procesado de aleaciones de aluminio de alta resistencia susceptibles de soldadura

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere, generalmente, a metales y, en particular, a aleaciones de aluminio. Todavía más particularmente, la presente divulgación se refiere a un método y aparato para aleaciones de aluminio usadas en partes de aeronaves.

10 El aluminio es un material abundante que tiene una capacidad para resistir la corrosión y una baja densidad. El aluminio, con frecuencia, se usa para varios componentes. Por ejemplo, se puede usar aluminio y aleaciones de aluminio como componentes estructurales en la fabricación de vehículos tales como, por ejemplo, automóviles, aeronaves, barcos y/o otros vehículos

15 Aunque las aleaciones de aluminio tienen muchas propiedades deseables, las aleaciones de aluminio con la resistencia deseada para su uso en aeronaves no resultan fácilmente susceptibles de soldadura. La soldadura de las aleaciones de aluminio puede provocar degradación de las propiedades, tales como la resistencia.

20 Actualmente, las partes de fabricación procedentes de aleaciones de aluminio se realizan a partir de piezas más grandes, ya sean bloques sólidos, placas o piezas forjadas en troquel cerrado, que se someten a maquinizado. Este tipo de proceso proporciona mayores ahorros de peso y un ajuste sencillo para el montaje. Con este tipo de proceso, no se requieren cinturones ni estructuras de fijación. No obstante, se pueden lavar grandes cantidades de material por medio de maquinizado a partir de bloques sólidos y placas, al tiempo que las piezas forjadas requieren instrumentos costosos y pueden dar lugar a tensiones residuales de distorsión en las partes. Adicionalmente, el tiempo de avance y las diferencias en las demandas de material pueden generar límites para este tipo de fabricación de partes aeroespaciales.

25 Por tanto, sería ventajoso disponer de un método y aparato que tuviese en cuenta una o más de las cuestiones anteriormente comentadas, así como posiblemente otras cuestiones.

El documento WO 2007/092294A divulga una soldadura con agitación de fricción de aleaciones de aluminio que contienen escandio.

**35 Sumario**

En una realización ventajosa, está presente un método para procesar una aleación de aluminio. Se forma la aleación de aluminio para dar lugar a una forma de aleación fundida. La aleación de aluminio comprende aluminio, magnesio, escandio y un sistema mejorador. Se cuele la aleación de aluminio en una pluralidad de secciones usando un proceso de colada continua. Se forma una pluralidad de piezas brutas a partir de la pluralidad de secciones.

40 Se pueden lograr, de forma independiente, las características, funciones y ventajas en varias realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en otras realizaciones en las cuales se pueden observar los detalles con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

**45 Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama que ilustra un método de servicio y fabricación de una aeronave de acuerdo con una realización ventajosa;

50 La Figura 2 es un diagrama de una aeronave donde se puede implementar una realización ventajosa;

La Figura 3 es un diagrama que ilustra un entorno de fabricación de aleación de aluminio de acuerdo con una realización ventajosa; y

La Figura 4 es un diagrama de flujo de un proceso para el procesado de una aleación de aluminio de acuerdo con una realización ventajosa.

**55 Descripción detallada**

La invención se define por medio de las reivindicaciones adjuntas.

60 Haciendo referencia más particularmente a los dibujos, se pueden describir las realizaciones de la divulgación en el contexto de un método 100 de servicio y fabricación de una aeronave como se muestra en la Figura 1 y una aeronave 200 como se muestra en la Figura 2. Volviendo primero a la Figura 1, se muestra un diagrama que ilustra un método de servicio y fabricación de una aeronave de acuerdo con una realización ventajosa. Durante la pre-producción, el método 100 de servicio y fabricación de una aeronave puede incluir un diseño y especificación 102 de aeronave 200 de la Figura 2 y adquisición de material 104.

Durante la producción, tiene lugar la fabricación **106** de componentes y sub-ensamblaje y la integración del sistema **108** de la aeronave **200** de la Figura 2. Posteriormente, la aeronave **200** de la Figura 2 puede mandarse a través de certificación y entrega **110** con el fin de ponerla en servicio **112**. Mientras se encuentra en servicio por parte de un cliente, se programa la aeronave **200** de la Figura 2 para el servicio **114** y mantenimiento rutinario, que puede incluir la modificación, reconfiguración, reacondicionamiento y otro mantenimiento o servicio.

Cada uno de los procesos de fabricación de aeronaves y método de servicio **100** se puede llevar a cabo por medio de un sistema integrador, una tercera parte, y/o un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. Para los fines de la presente descripción, el sistema integrador puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronave y subcontratistas de sistema principal; una tercera parte puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y suministradores; y un operador puede ser una línea aérea, una compañía de leasing, una entidad militar, una organización de servicios y similares.

Con referencia ahora a la Figura 2, se muestra un diagrama de una aeronave en la cual se puede implementar una realización ventajosa. En este ejemplo, se produce una aeronave **200** por medio de un método **100** de fabricación y servicio de la Figura 1 y puede incluir un fuselaje **202** con una pluralidad de sistemas **204** y un interior **206**. Ejemplos de sistemas **204** incluyen uno o más sistemas de propulsión **208**, sistema eléctrico **210**, sistema hidráulico **212** y sistema ambiental **214**. Se puede incluir cualquier otro número de sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, se pueden aplicar diferentes realizaciones ventajosas a otras industrias, tales como la industria de automóvil.

Se puede emplear el aparato y los métodos realizados en la presente memoria durante una cualquiera o más de las etapas del método **100** de fabricación y servicio de aeronave de la Figura 1. Por ejemplo, los componentes y sub-ensamblajes producidos en la fabricación **106** de componentes y sub-ensamblajes de la Figura 1 se pueden fabricar de una manera similar a los componentes y sub-ensamblajes producidos mientras la aeronave **200** se encuentra en servicio **112** en la Figura 1.

También, se puede utilizar una o más realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una de sus combinaciones durante las etapas de producción, tal como la fabricación **106** de un componente y sub-ensamblaje y la integración del sistema **108** de la Figura 1, por ejemplo, sin limitación, expidiendo sustancialmente el ensamblaje o reduciendo el coste de la aeronave **200**. De manera similar, se puede utilizar una o más realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una de sus combinaciones mientras la aeronave **200** se encuentra en servicio **112** o durante el mantenimiento y servicio **114** de la Figura 1.

Por ejemplo, se puede usar una o más realizaciones ventajosas durante la fabricación de componentes y sub-ensamblaje con el fin de fabricar partes para la aeronave **200**. A modo de otro ejemplo, se pueden usar diferentes realizaciones ventajosas durante el mantenimiento y servicio **114** para fabricar partes de aeronave para su uso en mantenimiento, reparación y/o reacondicionamiento de aeronaves **200**.

Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen y tienen en cuenta que sería deseable disponer de una capacidad para soldar secciones de aleaciones de aluminio con el fin de fabricar partes de aeronaves en lugar de crear partes que usan procesos de maquinizado. Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen y tienen en cuenta las aleaciones de aluminio con magnesio que se usan actualmente en la creación de partes de vehículos, tales automóviles y barcos. Estos tipos de aleaciones no se usan actualmente con fines aeroespaciales, ya que no tienen la resistencia necesaria.

De este modo, una o más realizaciones ventajosas diferentes proporcionan una nueva familia de aleaciones de aluminio con propiedades de resistencia y corrosión que no se degradan sustancialmente por medio de fusión y/o procesos de soldadura en estado sólido. Además, esta familia de aleaciones puede proporcionar propiedades de resistencia comparables a las que se usan actualmente en las aleaciones de aluminio que no son aptas para soldadura.

Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen y tienen en cuenta que se ha usado el propio escandio, o en combinación con elementos de transición, tales como circonio, como elemento de aleación para aluminio con el fin de mejorar las propiedades de las aleaciones de aluminio no aptas para tratamiento térmico con magnesio. Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen y tienen en cuenta que la bibliografía actual limita la cantidad de escandio en las aleaciones con aluminio y magnesio. El acuerdo actual es que la adición de niveles elevados de escandio puede tener como resultado la formación de partículas que contienen escandio durante la solidificación de la aleación. Estas partículas pueden tener como resultado una resistencia y ductilidad menores de la aleación.

Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen y tienen en cuenta que el actual acuerdo consiste en limitar el nivel de escandio a aproximadamente un 0,5 por ciento en peso basado en la aleación. Como resultado de ello, las diferentes realizaciones ventajosas reconocen y tienen en cuenta que no se han usado estos tipos de aleaciones en aplicaciones aeroespaciales.

Aunque se han reconocido previamente estos tipos de limitaciones, las diferentes realizaciones ventajosas han

identificado una aleación de aluminio en la cual se puede añadir escandio y cantidades de hasta aproximadamente uno por ciento en peso, basado en la aleación de metal. Escandio, en combinación con otros elementos que tienen menos de aproximadamente un 1,0 por ciento en peso de solubilidad en aluminio a todas las temperaturas hasta aquella en la cual la aleación comienza a fundirse, pero presentan una solubilidad en aluminio líquido y/o procesos seleccionados, puede proporcionar una aleación de aluminio que resulta apta para soldadura así como que presenta requisitos de propiedades de resistencia. Una excepción es plata. Plata tiene una solubilidad en sólido máxima en exceso de aproximadamente un 50 por ciento en peso.

Las aleaciones de aluminio en las diferentes realizaciones ventajosas pueden proporcionar una resistencia mayor, al tiempo que se mantiene la resistencia a la corrosión y la aptitud de soldadura.

Las diferentes realizaciones ventajosas proporcionan una aleación de aluminio que comprende aluminio, magnesio de aproximadamente un 0,5 por ciento a aproximadamente un 10,0 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio, escandio desde aproximadamente un 0,05 por ciento hasta aproximadamente un 10,0 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio, y circonio de aproximadamente un 0,05 por ciento hasta aproximadamente un 1,5 por ciento en peso basado en la aleación de aluminio.

Con referencia a la Figura 3, se muestra un diagrama que ilustra un entorno de fabricación de aleación de aluminio de acuerdo con una realización ventajosa. Se puede usar el entorno **300** de fabricación de aleación de aluminio durante el método **100** de fabricación y servicio de la aeronave para fabricar partes de la aeronave **200**.

En el presente ejemplo ilustrativo, un entorno **300** de fabricación de aleación de aluminio puede usar una aleación de aluminio **302** que comprende aluminio (Al) **304**, magnesio (Mg) **306**, escandio (Sc) **308** y un sistema mejorador **309**. El sistema mejorador **309**, de estos ejemplos, adopta la forma de circonio (Zr) **310**. El sistema mejorador **309** puede ser un número de elementos que tienen una solubilidad nula y/o muy limitada en aluminio a temperatura ambiente pero que tienen solubilidad en aluminio líquido. Según se usa en la presente memoria, un número se refiere a uno o más puntos. Por ejemplo, un número de elementos es uno o más elementos.

El sistema mejorador **309** puede ser un número de elementos que pueden precipitar como compuestos inter-metálicos, de forma independiente y/o en combinación con escandio. La precipitación de compuestos inter-metálicos puede aumentar la resistencia de la aleación de aluminio **302**. Un ejemplo de un elemento que puede precipitar como compuesto inter-metálico es circonio.

En las diferentes realizaciones ventajosas, el sistema mejorador **309** puede estar formado por al menos uno del período 4 de elementos de transición, período 5 de elementos de transición, período 6 de elementos de transición, período 7 de elementos de transición, lantánidos, elementos del grupo 2, un elemento metálico del grupo 13, un elemento metálico del grupo 14, un elemento metálico del grupo 15, un elemento semi-metálico del grupo 13, un elemento semi-metálico del grupo 14 y/o un elemento semi-metálico del grupo 15. El uso de los términos "grupo" y "período" se refiere al uso de estos términos con referencia a la tabla periódica de los elementos. Un grupo es una columna vertical de elementos de la tabla, y un período es una fila horizontal de la tabla.

Según se usa en la presente memoria, la frase "al menos uno de", cuando se usa con un listado de puntos, significa que se pueden usar diferentes combinaciones de uno o más puntos y únicamente cada punto del listado puede resultar necesario. Por ejemplo, "al menos un punto A, punto B, y punto C" puede incluir, por ejemplo, sin limitación, el punto A, o el punto A y el punto B. Este ejemplo también puede incluir el punto A, el punto B, el punto C, o el punto B y el punto C.

En estos ejemplos, el período 4 de elementos de transición incluye titanio (Ti), vanadio (V), cromo (Cr), manganeso (Mn), hierro (Fe), cobalto (Co) y níquel (Ni). El período 5 de elementos de transición incluye itrio (Y), circonio (Zr), niobio (Nb), molibdeno (Mo), tecnecio (Tc), rutenio (Ru), rodio (Rh), paladio (Pd), plata (Ag) y cadmio (Cd). El período 6 de elementos de transición incluye hafnio (Hf), tántalo (Ta), wolframio (W), renio (Re), osmio (Os), iridio (Ir), platino (Pt) y oro (Au). El período 7 de elementos de transición incluye torio (Th).

Los lantánidos incluyen lantano (La), cerio (Ce), praseodimio (Pr), neodimio (Nd), prometio (Pm), samario (Sm), europio (Eu), gadolinio (Gd), Terbio (Tb), disprosio (Dy), holmio (Ho), erbio (Er), tulio (Tm), iterbio (Yb) y lutecio (Lu). El grupo 2 de elementos incluye berilio, calcio, estroncio y bario. El grupo 13, 14 y 15 de elementos incluyen boro, germanio, indio, estaño, plomo y bismuto.

La aleación de aluminio **302** se puede generar por medio de mezcla de los componentes en un horno **312** para formar una aleación fundida **314**. El horno **312** se puede implementar usando cualquier horno apropiado para fundir aleaciones de aluminio. Por ejemplo, se puede usar un Horno IFJ 181820 Burn Out de Pyradia.

La aleación fundida **304** es una forma fundida de aleación de aluminio **302**. En estos ejemplos ilustrativos, puede estar presente magnesio **306** de aproximadamente 0,5 por ciento a aproximadamente 10,0 por ciento, basado en el peso de aleación de aluminio **302**. En otras palabras, el peso de magnesio **306** es un porcentaje del peso de la aleación de aluminio **302**. Por ejemplo, si la aleación de aluminio **302** pesa 100 libras (45,36 kg), magnesio **306** está

presente de aproximadamente 0,5 libras (0,23 kg) a aproximadamente 10,0 libras (4,53 kg).

La aleación de aluminio **302** también tiene escandio presente de aproximadamente un 0,05 por ciento a aproximadamente un 10,0 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio **302**. Zirconio está presente en la aleación de aluminio **302** de aproximadamente un 0,05 por ciento a aproximadamente un 1,5 por ciento en peso, basado en el peso de aleación de aluminio **302**.

Se puede preparar una aleación de aluminio **302**, en un ejemplo ilustrativo, por medio de mezcla de los elementos de aleación en la proporción deseada en cualquier forma sólida bien en forma elemental o bien como aleaciones maestras usadas de forma común. Un método puede ser combinar aluminio, magnesio, una aleación maestra de aluminio-escandio que contiene un 2 por ciento en peso de escandio, y una aleación maestra de aluminio-circonio que contiene un 10 por ciento en peso de circonio en la proporción deseada.

Se funde la aleación y normalmente se mantiene a una temperatura de aproximadamente 750 grados Celsius. Esta temperatura está aproximadamente 100 grados Celsius por encima de la temperatura de fusión. Se puede fundir la aleación al aire. Se pueden usar refinadores de grano, tales como aleación maestra de aluminio, titanio y boro (Al-TiB), en la masa fundida, y se puede inyectar argón en la masa fundida para la desgasificación. Estos procesos para mezclar aleaciones son los que se usan actualmente y se conocen bien.

Una vez que se forma la aleación fundida **304** a partir de aluminio **304**, magnesio **306**, escandio **308** y circonio **310**, la máquina de colada **316** procesa la aleación fundida **314** para dar lugar a secciones **318**. La máquina de colada **316** se puede implementar usando cualquier dispositivo disponible apropiado para la colada continua de aleaciones. Por ejemplo, la máquina de colada **316** puede ser un dispositivo de colada de cinta individual horizontal.

Las secciones **318** pueden adoptar varias formas dependiendo del tipo de máquina de colada continua y proceso usados. Las secciones **318** pueden tener varios tamaños y formas. Por ejemplo, estas secciones puede tener formas tales como tiras, haces, círculos y/o alguna otra forma apropiada.

La máquina de colada **316** puede crear secciones **318** en forma de pletina, barra distribuidora, plancha, tira, haz con forma casi de red, o alguna otra forma apropiada. En estos ejemplos ilustrativos, la máquina de colada **316** puede recibir la aleación fundida **304** y transferir la aleación fundida **314** al molde **320** para crear secciones **318**. Por ejemplo, se cuela la aleación fundida **314** de forma directa o continua sobre el molde **320**. La aleación fundida **314** solidifica frente al molde **320** y se extrae de forma continua a partir del molde **320**.

El uso de colada continua con máquina de colada **316** proporciona tasas de solidificación de metal mayores en comparación con los procesos de colada convencionales. Este tipo de proceso puede permitir el uso de adiciones de elemento de formación de aleación más allá de lo que normalmente resulta práctico. Un ejemplo ilustrativo de adiciones es el uso de más de un 0,5 por ciento en peso de escandio y otros elementos mejoradores.

Se pueden formar piezas brutas **328** a partir de secciones **318**. Este proceso de formación se puede llevar a cabo para impartir propiedades de forma, dimensiones y/o mecánicas deseadas a la aleación de aluminio **302**. Este proceso de formación puede tener lugar por medio de secciones de deformación **318**. En estos ejemplos, las secciones **318** se pueden procesar por medio de un laminador **324**. Se usa el laminador **324** para implementar un proceso de trabajo de metal para deformar las secciones **318**. Esta deformación se lleva a cabo haciendo pasar las secciones **318** a través de rodillos **326** del laminador **324**, al tiempo que las secciones **318** están a una temperatura por debajo de la temperatura de re-cristalización de las secciones **318**.

Una temperatura de re-cristalización es una temperatura a la cual tiene lugar la nucleación y el crecimiento de nuevos granos no deformados en un metal deformado. También se puede seleccionar la temperatura por debajo de aproximadamente **300** grados Celsius.

Se puede impartir hasta aproximadamente un 90 por ciento de reducción de tamaño de sección para las secciones **318** por medio de laminado para lograr las dimensiones de sección finales deseadas. Las secciones **318** también se pueden procesar por medio de otros procesos de elaboración de metal convencionales, tales como forja o extrusión. Estos otros procesos pueden crear una forma, dimensiones y/o propiedades mecánicas que pueden resultar deseables para las piezas brutas **328**.

Las piezas brutas **328** se pueden unir usando un sistema de soldadura **330**. El sistema de soldadura **330** genera el calor necesario para unir las piezas brutas **328** unos a otros. Esta unión se puede llevar a cabo por medio de calentamientos de las piezas brutas en las superficies en los cuales se produce la unión de una pieza bruta a otra.

En estos ejemplos ilustrativos, el sistema de soldadura **330** puede adoptar la forma de unidad **332** de soldadura con agitación y fricción. La unidad **332** de soldadura con agitación y fricción puede rotar una sonda en una línea de unión entre dos de las piezas brutas **328**. Esta rotación de la sonda puede generar calor para provocar que la aleación de aluminio **302** de las piezas brutas **328** se ablande sin alcanzar el punto de fusión. Se puede aplicar la fuerza a las dos piezas brutas, y la re-cristalización puede tener como resultado la soldadura de las dos piezas brutas una contra

la otra. La unidad **332** de soldadura con agitación y fricción se puede implementar usando cualquier dispositivo disponible de soldadura con agitación y fricción. Por ejemplo, se puede usar un sistema de soldadura con agitación y fricción a partir de General Tool Company.

5 La unidad **332** de soldadura con agitación y fricción puede generar calor a través de fricción mecánica. Con este tipo de soldadura, no tiene lugar la fusión. En lugar de ello, este tipo de soldadura está más próxima a un proceso de tipo forja. La unidad **332** de soldadura con agitación y fricción puede usarse para reducir la cantidad de áreas o zonas afectadas por calor. Evitando la fusión de la aleación de aluminio 302 en las piezas brutas **328**, también se puede evitar el crecimiento de los granos.

10 Por medio de la unión de las piezas brutas **328**, se forma la parte **334**. La parte **334**, por ejemplo, puede ser un panel de revestimiento resistente, un larguero, una costilla, un mamparo frontal, quilla, travesaño, larguerillo, esquinero, viga del piso, charnela, refuerzo, corredera de la aleta hipersustentadora, pasador, reforzador, cubrejunta, fijación, corredera de aletas auxiliares, bastidor, carenado y/o otro tipo de parte apropiado.

15 El sistema de calentamiento **340** procesa la parte **334** para generar una parte completa **342**. El sistema de calentamiento **340** lleva a cabo el envejecimiento térmico de la parte **334**. Este proceso de envejecimiento térmico se puede usar para aumentar la resistencia de la parte **334** después de la soldadura por medio del sistema de soldadura **330**.

20 En estos ejemplos ilustrativos, el sistema de calentamiento **340** puede calentar una parte **334** a una temperatura de aproximadamente 100 grados Celsius a aproximadamente 400 grados Celsius. El tiempo durante el cual se puede aplicar calor por medio del sistema de calentamiento **340** puede ser de aproximadamente unos pocos minutos a aproximadamente unos cientos de horas. En estos ejemplos ilustrativos, se puede calentar una parte **334** a una temperatura de aproximadamente 250 grados Celsius hasta aproximadamente 350 grados Celsius durante un tiempo de aproximadamente una a aproximadamente 20 horas.

25 La ilustración del entorno **300** de fabricación de aleación de aluminio de la Figura 3 no significa que implique limitaciones físicas o arquitectónicas sobre la manera donde se pueden implementar las diferentes realizaciones ventajosas. Por ejemplo, se pueden usar otros componentes además de, o en lugar de, los ilustrados en algunas realizaciones ventajosas. En otras realizaciones ventajosas, algunos componentes pueden resultar innecesarios. Por ejemplo, en algunas realizaciones ventajosas, pueden estar presentes metales de adición en la aleación de aluminio **302** además de aluminio **304**, magnesio **306**, escandio **308** y circonio **310**.

30 En algunas realizaciones ventajosas, se pueden usar otros tipos de mecanismos de soldadura diferentes a los que se proporcionan por medio de la unidad **332** de soldadura con agitación y fricción. Por ejemplo, se puede usar la soldadura con fricción, la soldadura con fricción lineal, la soldadura láser y/u otros procesos de soldadura apropiados. Como otro ejemplo, en otras realizaciones ventajosas, se puede llevar a cabo cierto maquinizado sobre la parte **334** o parte completa **342** antes de su uso.

35 Haciendo referencia ahora a la Figura 4, se muestra un diagrama de flujo de un proceso para procesar una aleación de aluminio de acuerdo con una realización ventajosa. El proceso ilustrado en la Figura 4 se puede implementar en un entorno tal como, por ejemplo, un entorno **300** de fabricación de aleación de aluminio de la Figura 3.

40 El proceso comienza por medio de mezcla de aluminio, magnesio, escandio y un sistema mejorador en forma fundida para formar una aleación fundida (operación **400**). En estos ejemplos, magnesio puede estar presente de aproximadamente un 0,5 por ciento a aproximadamente un 10,0 por ciento en peso basado en la aleación de aluminio. El escandio puede estar presente de aproximadamente un 0,5 por ciento a aproximadamente un 10,0 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio. El sistema mejorador puede estar presente de aproximadamente un 0,5 por ciento a aproximadamente un 1,5 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio.

45 El sistema mejorador puede ser al menos uno de titanio, vanadio, cromo, manganeso, hierro, cobalto, níquel, itrio, circonio, niobio, molibdeno, tecnecio, rutenio, rodio, paladio, plata, cadmio, hafnio, tántalo, wolframio, renio, osmio, iridio, platino, oro, plata, lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, berilio, calcio, estroncio, bario, boro, germanio, indio, estaño, plomo, bismuto y torio de aproximadamente un 0,05 por ciento a aproximadamente un 1,5 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio. En este ejemplo ilustrativo, el sistema mejorador usado es circonio, que puede estar presente de aproximadamente un 0,05 por ciento a aproximadamente un 1,5 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio.

50 Posteriormente, se somete a colada la aleación fundida para dar lugar a secciones (operación **402**). Estas secciones pueden ser, por ejemplo, bandas. Además, la colada se puede llevar a cabo usando un proceso de colada continuo. El proceso posteriormente forma piezas brutas a partir de la pluralidad de secciones (operación **404**). La operación **404** se puede llevar a cabo para procesar la pluralidad de secciones de manera que estas secciones tengan la forma, dimensiones y/o propiedades mecánicas deseadas. La operación **404** puede formar piezas brutas a partir de la pluralidad de secciones por medio de deformación de la pluralidad de secciones. Esta deformación puede

proporcionar la forma, dimensiones y/o propiedades mecánicas deseadas que pueden no estar presentes en la pluralidad de piezas brutas tras la colada.

5 En las diferentes realizaciones ventajosas, la pluralidad de piezas brutas no se usa normalmente tras la colada. La operación **404** proporciona un proceso para transformar estas secciones en piezas brutas que pueden tener la forma, dimensiones y/o propiedades mecánicas deseadas. La etapa de formación de la operación **404** se puede implementar usando un número de procesos diferentes. Por ejemplo, sin limitación, la etapa de formación se puede llevar a cabo por medio de laminado, forja, extrusión y/u otros procesos apropiados.

10 El proceso posteriormente suelda las piezas brutas para formar la parte (operación **406**). En estos ejemplos, la operación **406** se lleva a cabo usando soldadura con agitación y fricción. Por supuesto, se pueden usar otros tipos de técnicas de soldadura, dependiendo de la implementación particular.

15 A continuación, se calienta la parte para aumentar la resistencia y/o reducir la tensión residual (operación **408**), terminando posteriormente el proceso. En la operación **408**, el calentamiento se puede llevar a cabo usando envejecimiento térmico.

20 La aleación de aluminio que usa circonio como sistema mejorador en las diferentes realizaciones ventajosas proporciona aproximadamente un 20 por ciento de mejora en la resistencia tras la soldadura con agitación y fricción en comparación con los resultados publicados para la aleación de aluminio procesada de manera diferente a partir del proceso de la Figura 4.

25 De este modo, las diferentes realizaciones ventajosas proporcionan un método y un aparato para una aleación de aluminio. En las diferentes realizaciones ventajosas, la aleación de aluminio puede ser una aleación de magnesio y aluminio. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede comprender aluminio, magnesio de aproximadamente un 0,5 por ciento a aproximadamente un 10,0 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio, escandio de aproximadamente un 0,05 por ciento a aproximadamente un 10,0 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio, y un sistema mejorador de aproximadamente un 0,05 por ciento a aproximadamente un 1,5 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio.

30 Por medio del procesado de esta aleación de la manera descrita en una o más realizaciones ventajosas diferentes, se puede lograr más resistencia en la aleación metálica en comparación con las aleaciones metálicas actualmente disponibles. Además, las diferentes realizaciones ventajosas proporcionan una capacidad para fabricar una parte de aeronave por medio de la unión de piezas brutas o secciones de aleación en lugar de someter a maquinizado un  
35 bloque grande de aleación de aluminio para formar la parte.

40 De esta forma, una o más realizaciones ventajosas pueden proporcionar menores costes en la fabricación de las partes de la aeronave. Estos costes menores pueden venir acompañados de partes que pueden tener la resistencia deseada y otras propiedades mecánicas.

La descripción de las diferentes realizaciones ventajosas se ha presentado con fines de ilustración y descripción, y no se pretende que sea exhaustiva o limite las realizaciones en la forma divulgada. Muchas modificaciones y variaciones resultarán evidentes para el experto en la técnica.

45 Aunque se han descrito las diferentes realizaciones ventajosas con respecto a la aeronave, se pueden aplicar otras realizaciones ventajosas a otros tipos de objetos. Por ejemplo, sin limitación, se pueden aplicar otras realizaciones ventajosas a una plataforma móvil, plataforma estacionaria, estructura de base terrestre, estructura de base acuática, estructura de base espacial y/o algún otro objeto apropiado. De manera más específica, se pueden aplicar las diferentes realizaciones ventajosas, por ejemplo, sin limitación, a un submarino, autobús, vehículo para el  
50 transporte de personas, tanque, tren, automóvil, nave espacial, estación espacial, satélite, barco, planta de generación de energía, presa, instalación de fabricación, construcción y/u otro objeto apropiado.

Además, las diferentes realizaciones ventajosas pueden proporcionar ventajas diferentes en comparación con otras realizaciones ventajosas. La realización o realizaciones seleccionadas se escogen y describen con el fin de explicar  
55 mejor los principios de las realizaciones, la aplicación práctica y para permitir a otras personas distintas de los expertos en la técnica la comprensión de la divulgación para varias realizaciones con varias modificaciones tal y como se adaptan al uso particular contemplado.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para procesar una aleación de aluminio, que comprende:

- 5 formar la aleación de aluminio con una forma de aleación fundida, comprendiendo la aleación de aluminio magnesio de un 0,5 por ciento a un 10,0 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio; escandio de un 0,05 por ciento a un 10,0 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio; un sistema mejorador de un 0,05 por ciento a un 1,5 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio; y donde el equilibrio de la aleación de aluminio es aluminio y cualesquiera impurezas;
- 10 colar la aleación fundida para dar lugar a una pluralidad de secciones usando un proceso de colada continuo; y formar una pluralidad de piezas brutas a partir de la pluralidad de secciones; soldar la pluralidad de piezas brutas para dar lugar a una estructura; calentar la estructura de manera que aumente la resistencia de la pluralidad de piezas brutas soldadas para dar lugar a la estructura,
- 15 donde la etapa de soldadura comprende llevar a cabo soldadura con agitación y fricción sobre la pluralidad de piezas brutas para soldar la pluralidad de piezas brutas para dar lugar a la estructura, donde la etapa de calentamiento comprende calentar la estructura desde aproximadamente 250 grados Celsius hasta aproximadamente 350 grados Celsius durante un período de tiempo desde aproximadamente una hora hasta aproximadamente veinte horas.
- 20 2. El método de la reivindicación 1, donde una parte de la pluralidad de piezas brutas tiene un número de tamaños diferentes con respecto a otra parte de la pluralidad de piezas brutas; y donde una parte de la pluralidad de piezas brutas tiene un número de formas diferentes con respecto a otra parte de la pluralidad de piezas brutas.
- 25 3. El método de las reivindicaciones 1 o 2, donde la estructura está seleccionada entre un panel de revestimiento resistente, un larguero, una costilla, un mamparo frontal, quilla, travesaño, larguerillo, esquinero, viga del piso, charnela, refuerzo, corredera de la aleta hipersustentadora, pasador, reforzador, cubrejunta, fijación, corredera de aletas auxiliares, bastidor y carenado.
- 30 4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde la estructura es para un objeto seleccionado entre uno de una plataforma móvil, plataforma estacionaria, estructura de base terrestre, estructura de base acuática, estructura de base espacial, aeronave, barco, tanque, vehículo para el transporte de personas, tren, nave espacial, estación espacial, satélite, submarino, automóvil, planta de generación de energía, puente, presa, instalación de fabricación y una construcción.
- 35 5. El método de la reivindicación 1, donde el sistema mejorador comprende al menos uno de un elemento de transición del período 4, un elemento de transición del período 5, un elemento de transición del período 6, un elemento de transición del período 7, un lantánido, un elemento del grupo 2, un elemento metálico del grupo 13, un elemento metálico del grupo 14, un elemento metálico del grupo 15, un elemento semi-metálico del grupo 13, un elemento semi-metálico del grupo 14 y un elemento semi-metálico del grupo 15 de aproximadamente un 0,05 por
- 40 ciento a aproximadamente un 1,5 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio.
- 45 6. El método de la reivindicación 1, donde el sistema mejorador comprende al menos uno de titanio, vanadio, cromo, manganeso, hierro, cobalto, níquel, itrio, circonio, niobio, molibdeno, tecnecio, rutenio, rodio, paladio, plata, cadmio, hafnio, tántalo, wolframio, renio, osmio, iridio, platino, oro, lantano, cerio, praseodimio, neodimio, prometio, samario, europio, gadolinio, terbio, disprosio, holmio, erbio, tulio, iterbio, lutecio, berilio, calcio, estroncio, bario, boro, germanio, indio, estaño, plomo, bismuto y torio de aproximadamente un 0,05 por ciento a aproximadamente un 1,5 por ciento en peso, basado en la aleación de aluminio.



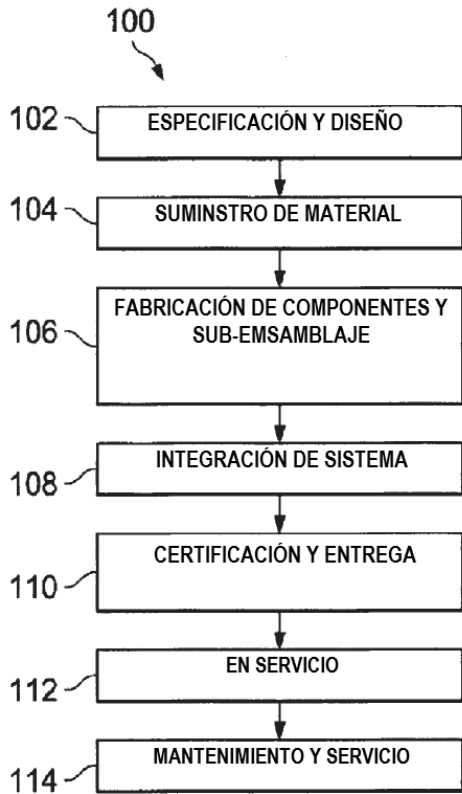


FIG. 1

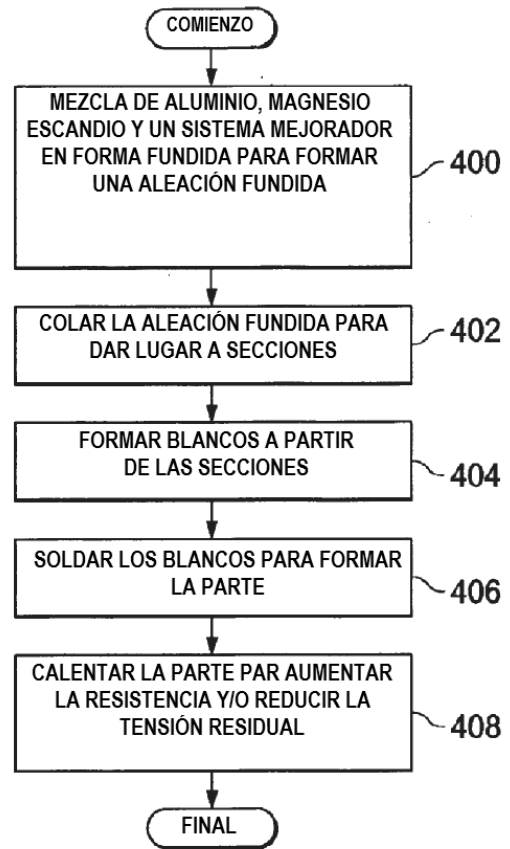


FIG. 4

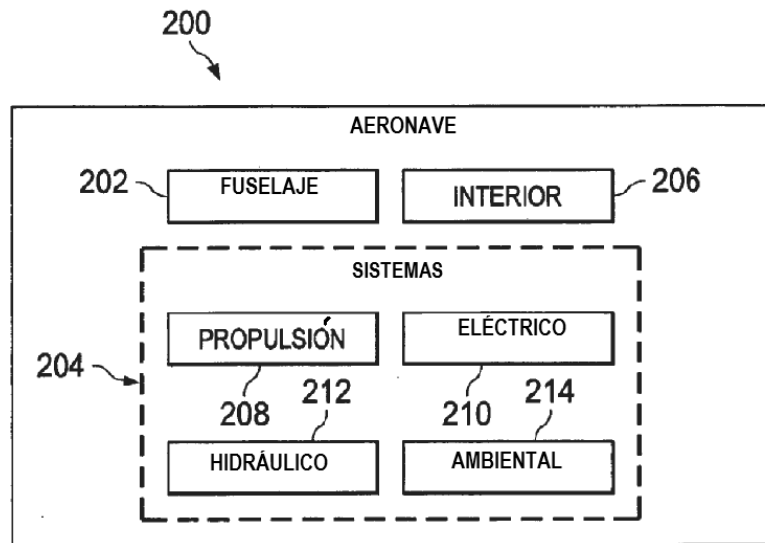


FIG. 2

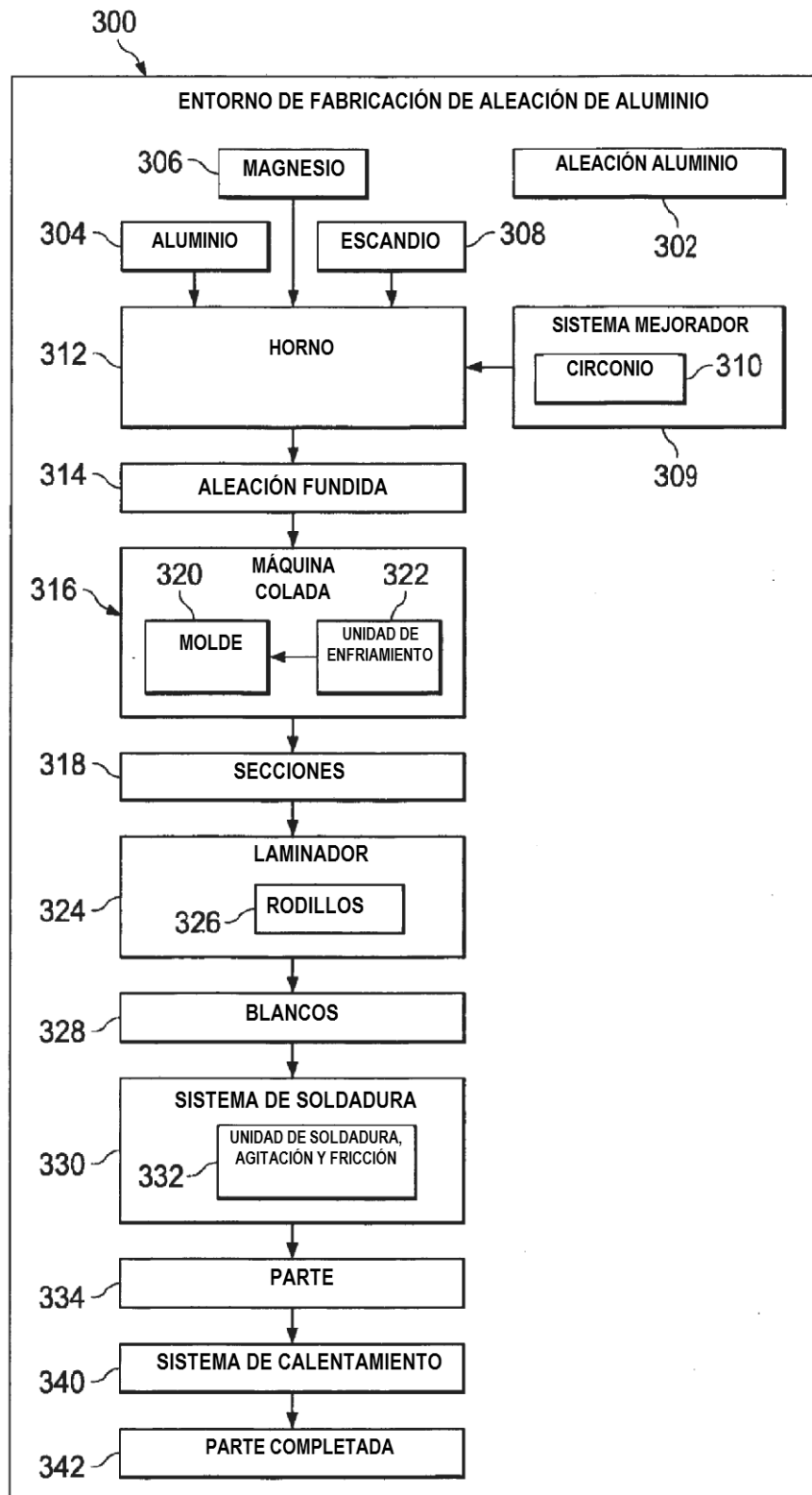


FIG. 3