

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 978 594**

51 Int. Cl.:

C22F 1/00	(2006.01)
C22F 1/053	(2006.01)
C22C 21/10	(2006.01)
C22C 21/12	(2006.01)
C22C 21/08	(2006.01)
C22F 1/05	(2006.01)
C22F 1/057	(2006.01)
C22F 1/04	(2006.01)
C22C 21/00	(2006.01)
B21D 22/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.11.2019 PCT/US2019/060699**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.05.2020 WO20102065**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2019 E 19836144 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024 EP 3821054**

54 Título: **Productos de aleación de aluminio termotratable, rápidamente envejecidos, de alta resistencia y métodos para fabricar los mismos**

30 Prioridad:

12.11.2018 US 201862758840 P

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

16.09.2024

73 Titular/es:

**NOVELIS, INC. (100.0%)
3560 Lenox Road, Suite 2000
Atlanta, GA 30326, US**

72 Inventor/es:

**WU, CEDRIC;
KAMAT, RAJEEV G.;
YUAN, YUDIE;
LEYVRAZ, DAVID;
RICHARD, JULIE;
KULKARNI, RAHUL VILAS;
REDMOND, PETER LLOYD;
WANG, YI;
TALLA, RAJASEKHAR;
MOHANTY, RASHMI RANJAN y
PIROTEALA, TUDOR**

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 978 594 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Productos de aleación de aluminio termotratable, rápidamente envejecidos, de alta resistencia y métodos para fabricar los mismos

5

Referencia cruzada a solicitud relacionada

La presente solicitud reclama prioridad a y el beneficio de presentación de la Solicitud de Patente de EE. UU. No. 62/758.840, presentada el 12 de noviembre de 2018.

10

Campo

La presente divulgación se refiere a métodos para procesar productos de aleación de aluminio.

15

Antecedentes

Las aleaciones de aluminio con alta resistencia son deseables para mejorar el desempeño del producto en muchas aplicaciones, incluyendo aplicaciones automotrices y otras del transporte (incluyendo, por ejemplo y sin limitación, camiones, remolques, trenes, aeroespacial y marítima) y aplicaciones electrónicas. Lograr tales productos de aleación de aluminio de alta resistencia a menudo requiere pasos de procesamiento costosos. Por ejemplo, los procedimientos de envejecimiento artificial pueden requerir hasta 24 horas o más de tratamiento a temperaturas elevadas, lo cual supone un proceso de fabricación altamente ineficiente. JP 2011 252212 A divulga un método para procesar por conformado material de aleación de aluminio de la serie 6000 que comprende tratamiento en solución, moldeo de formas un envejecimiento artificial. M. Kumar et al. "Influence of temper on the performance of a high-strength Al-Zn-Mg alloy sheet in the warm forming processing chain", JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, vol. 231 (2015), páginas 189-198, ISSN: 0924-0136, DOI: 10.1016/J.JMATPROTEC.2015.12.026, es un estudio de la resistencia y conformabilidad de una lámina de aleación AW-7921 endurecible por envejecimiento a lo largo de un rango de grados de temple desde la condición por debajo del envejecimiento hasta el envejecimiento máximo. M. Kumar et al. "Characterization of High Strength Al-Zn-Mg Alloy Sheet for Hot Stamping", MATERIALS SCIENCE FORUM, vol. 794-796 (2014), páginas 796-801, DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.794-796.796, es un estudio de una lámina de aleación Al-Zn-Mg (AA7xxx) que se somete a estampación en caliente en una parte prototipo procedimientos de simulación de horneado de pintura (horneado de pintura de una etapa y horneado de pintura de tres etapas). C. W. Bartges "Changes in solid solution composition as a function of artificial ageing time for aluminium alloy 7075", JOURNAL OF MATERIALS SCIENCE LETTERS., vol. 13, no. 11, (1994), páginas 776-778, ISSN: 0261-8028, DOI: 10.1007/BF00271318, divulga el tratamiento térmico a 471 °C de una lámina 7075-T651 disponible comercialmente, inactivación en agua, seguido de envejecimiento natural durante 1 semana seguido de envejecimiento artificial a 121 °C durante 8h, 24 y 48h. N. R. Harrison y S. G. Luckey, "Hot Stamping of a B-Pillar Outer from High Strength Aluminum Sheet AA7075", SAE INTERNATIONAL JOURNAL OF MATERIALS AND MANUFACTURING, vol. 7, no. 3 (2014), páginas 567-573, ISSN: 1946-3979, DOI: 10.4271/2014-01-0981, demuestra la factibilidad de estampación en caliente de un panel exterior de pilar B de aleación de aluminio 7075 y divulga un procesamiento termomecánico de tratamiento térmico en solución a 475 °C de una lámina hecha de AA7075, enfriamiento mediante conformado de la lámina en un troquel en frío para producir el material después del conformado análogo a un temple W, seguido de envejecimiento artificial a 120 °C durante 24 horas. K. Omer et al. "Process parameters for hot stamping of AA7075 and D-7xxx to achieve high performance aged products", JOURNAL OF MATERIALS PROCESSING TECHNOLOGY, vol. 257, (2018), páginas 170-179, ISSN: 0924-0136, DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2018.02.039, examina los parámetros necesarios del proceso para el enfriamiento del troquel durante la estampación en caliente y posterior endurecimiento por envejecimiento y respuesta posterior a ciclo de horneado de pintura para dos aleaciones (AA7075 y una aleación 7xxx en desarrollo referida como AA7xxx) y divulga tratamientos de envejecimiento con dos estadios. EP3265595 A1 divulga un método para producir un producto metálico que comprende un proceso de envejecimiento que comprende calentar la lámina hasta 100-140 °C y mantener durante un primer periodo de tiempo, calentar la lámina hasta una temperatura mayor de 140 °C y mantener durante un segundo periodo de tiempo. US 2015/101718 A1 divulga un método de endurecimiento por envejecimiento de una aleación de aluminio de la serie 7xxx que incluye tratar con calor la aleación a una primera temperatura durante un primer tiempo de exposición y tratar con calor a una segunda temperatura que es mayor que la primera temperatura durante un segundo tiempo de exposición, de manera que el proceso de endurecimiento por envejecimiento puede usarse para formar una aleación que tiene un límite elástico de al menos 490 MPa y el tiempo total de endurecimiento por envejecimiento puede ser 8 horas o menos. M. Conserva et al. "Age hardening behavior of TMT processed Al-Zn-Mg-Cu alloy", MATERIALS SCIENCE ENGINEERING, vol. 11, no. 2, (1973), páginas 103-112, ISSN: 0025-5416, DOI: 10.1016/0025-5416(73)90050-5, es un estudio de los mecanismos de endurecimiento por envejecimiento de láminas de aleación 7075, procesadas según diferentes tratamientos térmicos mecánicos, y divulga el tratamiento en solución a 465 °C durante 2h, enfriamiento en agua, envejecimiento natural durante 3 días, deformación plástica y envejecimiento.

65

Compendio

En la reivindicación 1 se define un método para procesar un producto de aleación de aluminio laminado según la invención. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

5

Las realizaciones cubiertas de la invención se definen por las reivindicaciones, no por este resumen. Este resumen es un panorama general de alto nivel de diferentes aspectos de la invención e introduce algunos de los conceptos que se describen adicionalmente en la sección de Descripción Detallada, más adelante. Este resumen no se pretende para identificar características clave o esenciales de la materia en cuestión reivindicada, ni se pretende para que se utilice en aislamiento para determinar el alcance de la materia en cuestión reivindicada. La materia en cuestión se debe entender por referencia a porciones apropiadas de toda la memoria descriptiva, cualquiera o todos los dibujos y cada reivindicación.

10

En la presente memoria se describe un método para procesar productos de aleación de aluminio laminados en un temple F, que incluye el tratamiento de solubilización de un producto de aleación de aluminio laminado en un temple F a una temperatura de tratamiento de solubilización de al menos aproximadamente 400 °C, deformar el producto de aleación de aluminio laminado a una temperatura de 125 °C a 500 °C, enfriar el producto de aleación de aluminio laminado para producir un producto de aleación de aluminio laminado con temple W, envejecer naturalmente el producto de aleación de aluminio laminado con temple W a temperatura ambiente durante 1 día hasta 12 meses para producir un producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio, y envejecer artificialmente el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio durante un periodo de hasta aproximadamente 8 horas como se define en la reivindicación 1. En algunos casos, la temperatura de tratamiento de solubilización es de aproximadamente 400 °C a aproximadamente 500 °C. En algunos aspectos, el enfriamiento del producto de aleación de aluminio laminado incluye enfriar el producto de aleación de aluminio laminado a una tasa de aproximadamente 5 °C/segundo a aproximadamente 1.000 °C/segundo. Según la invención, el enfriamiento se realiza después de deformar el producto de aleación de aluminio laminado. El envejecimiento natural del producto de aleación de aluminio laminado con temple W incluye envejecer el producto de aleación de aluminio laminado con temple W a temperatura ambiente durante hasta aproximadamente 12 meses (p. ej., durante hasta aproximadamente 6 meses). El envejecimiento artificial del producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio incluye un procedimiento de envejecimiento de múltiples etapas que incluye al menos una primera etapa de envejecimiento y al menos una segunda etapa de envejecimiento. En algunos ejemplos no limitativos, la primera etapa de envejecimiento puede incluir calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una primera temperatura de envejecimiento de aproximadamente 90 °C a aproximadamente 120 °C y mantener la primera temperatura de envejecimiento durante aproximadamente 0,5 horas a aproximadamente 2 horas. En algunos ejemplos no limitativos, la segunda etapa de envejecimiento puede incluir calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una segunda temperatura de envejecimiento de aproximadamente 140 °C a aproximadamente 220 °C y mantener la segunda temperatura de envejecimiento durante aproximadamente 0,5 horas a aproximadamente 7,5 horas.

15

20

25

30

35

40

En ciertas realizaciones, la primera etapa de envejecimiento comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una primera temperatura de envejecimiento de aproximadamente 50 °C a aproximadamente 90 °C y mantener la primera temperatura de envejecimiento durante hasta aproximadamente 1 hora. En consecuencia, la segunda etapa de envejecimiento comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una segunda temperatura de envejecimiento de aproximadamente 160 °C a aproximadamente 200 °C y mantener la segunda temperatura de envejecimiento durante hasta aproximadamente 1 hora.

45

En ciertas realizaciones adicionales, el método comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una primera temperatura de envejecimiento de aproximadamente 90 °C a aproximadamente 135 °C y mantener la primera temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo; y la segunda etapa de envejecimiento comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una segunda temperatura de envejecimiento de aproximadamente 140 °C a aproximadamente 220 °C y mantener la segunda temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo, en donde un tiempo de envejecimiento total de la primera etapa de envejecimiento y la segunda etapa de envejecimiento es de más de 5 horas.

50

55

En algunos aspectos, el producto de aleación de aluminio laminado puede ser un producto de aleación de aluminio laminado termotratable y opcionalmente se puede preparar a partir de una aleación monolítica o a partir de un producto de aleación de aluminio laminado revestido que tiene una capa de núcleo y al menos una capa de revestimiento.

60

En la presente memoria también se divulga un producto que está fuera de la invención reivindicada y que se prepara según los métodos descritos en la presente memoria. En algunos ejemplos no limitativos, el producto está en un temple T7. En algunos aspectos, un diámetro circular equivalente de precipitados intergranulares

65

5 puede ser de hasta aproximadamente 10 nanómetros (p. ej., de aproximadamente 5 nanómetros a aproximadamente 10 nanómetros). En algunos casos, el producto puede exhibir una conductividad eléctrica de hasta aproximadamente el 40 % del Estándar Internacional de Cobre Recocido (% IACS) (p. ej., de aproximadamente el 30 % IACS a aproximadamente el 40 % IACS), un límite elástico de al menos aproximadamente 450 MPa, un alargamiento uniforme de al menos aproximadamente el 6 %, y/o un ángulo beta (β) de flexión de tres puntos de al menos 132,5°.

10 En algunos ejemplos no limitativos, el producto descrito en la presente memoria se puede formar en una parte de carrocería automotriz (p. ej., un parachoques, una viga lateral, una viga de techo, una viga transversal, un refuerzo de pilar, un panel interior, un panel exterior, un panel lateral, un capó interior, un capó exterior, o un panel de la tapa del maletero), un parte de fuselaje aeroespacial, o un alojamiento de dispositivo electrónico.

15 En ciertos aspectos, el producto exhibe un ángulo β de flexión de tres puntos suficiente para remachado auto-perforante, y una conductividad eléctrica suficiente para indicar resistencia al agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo.

20 Otros objetivos y ventajas serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de ejemplos no limitativos y las figuras.

Breve descripción de los dibujos

25 La Figura 1 es un esquema que representa historias térmicas de un producto de aleación de aluminio laminado termotratable preparado y procesado según los métodos descritos en la presente memoria.

La Figura 2 es un esquema que representa el ángulo α de flexión de tres puntos externo y el ángulo β de flexión de tres puntos interno medidos en una prueba de flexión de tres puntos según los métodos descritos en la presente memoria.

30 La Figura 3 es una micrografía de microscopio electrónico de transmisión de barrido (STEM) que representa una microestructura de un producto de aleación de aluminio laminado termotratable preparado y procesado según los métodos descritos en la presente memoria.

35 La Figura 4 es una micrografía de STEM que representa una microestructura sobreenviejecida de un producto de aleación de aluminio laminado termotratable preparado y procesado según los métodos descritos en la presente memoria.

Descripción detallada

40 En la presente memoria se describen métodos para procesar aleaciones de aluminio termotratables utilizando un proceso de envejecimiento acelerado, junto con productos de aleación de aluminio preparados según los métodos. Los métodos para procesar las aleaciones de aluminio termotratables descritas en la presente memoria proporcionan un método más eficiente para la producción de productos de aleación de aluminio laminados que tienen propiedades deseables de resistencia y conformabilidad. Por ejemplo, los métodos convencionales para procesar aleaciones pueden requerir 24 horas o más de envejecimiento a elevadas temperaturas. Sin embargo, los métodos descritos en la presente memoria reducen sustancialmente el tiempo de envejecimiento, requiriendo ocho horas o menos de tiempo de envejecimiento. Los productos de aleación de aluminio laminados resultantes, cuando se someten a tratamiento térmico posterior (p. ej., horneado de pintura o tratamiento térmico después del conformado), exhiben sorprendentemente resistencias comparables o superiores a aquellos preparados según métodos convencionales con tiempos de envejecimiento más largos.

Definiciones y Descripciones:

55 En esta descripción, se hace referencia a aleaciones identificadas por designaciones de la industria del aluminio, tales como "serie" o "7xxx". Para un entendimiento del sistema de designación de números más comúnmente utilizado en la denominación e identificación del aluminio y sus aleaciones, véase "International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys", (Designaciones Internacionales de Aleaciones y Límites de Composición Química para Aluminio Forjado y Aleaciones de Aluminio Forjado) o "Registration Record of Aluminum Association Alloy Designations and Chemical Compositions Limits for Aluminum Alloys in the Form of Castings and Ingot", (Relación de Registros de Designaciones de Aleación de la Asociación de Aluminio y Límites de Composición Química para Aleaciones de Aluminio en Forma de Piezas Fundidas y Lingotes) ambos publicados por The Aluminum Association, (La Asociación del Aluminio).

65 Como se utiliza en la presente memoria, el significado de "un", "una", o "el/la" incluyen referencias singulares

y plurales a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

5 Como se utiliza en la presente memoria, una placa tiene generalmente un espesor de más de aproximadamente 15 mm. Por ejemplo, una placa puede referirse a un producto de aleación de aluminio laminado que tiene un espesor de más de aproximadamente 15 mm, más de aproximadamente 20 mm, más de aproximadamente 25 mm, más de aproximadamente 30 mm, más de aproximadamente 35 mm, más de aproximadamente 40 mm, más de aproximadamente 45 mm, más de aproximadamente 50 mm, o más de aproximadamente 100 mm.

10 Como se utiliza en la presente memoria, una *shate* (también referida como placa de lámina) se refiere generalmente a un producto de aleación de aluminio laminado que tiene generalmente un espesor de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 15 mm. Por ejemplo, una *shate* 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.

20 Como se utiliza en la presente memoria, una lámina se refiere generalmente a un producto de aleación de aluminio laminado que tiene un espesor de menos de aproximadamente 4 mm. Por ejemplo, una lámina puede tener un espesor de menos de aproximadamente 4 mm, menos de aproximadamente 3 mm, menos de aproximadamente 2 mm, menos de aproximadamente 1 mm, menos de aproximadamente 0,5 mm, menos de aproximadamente 0,3 mm, o menos de aproximadamente 0,1 mm.

25 En esta solicitud se hace referencia a condición de aleación o temple. Para un entendimiento de las descripciones de temple de aleación más comúnmente utilizadas, véase "American National Standards (ANSI) H35 on Alloy and Temper Designation Systems", (Estándares Nacionales Americanos (ANSI) H35 Sobre Sistemas de Designación de Aleación y Temple). Una condición o temple F se refiere a una aleación de aluminio como fue fabricada. Una condición o temple O se refiere a una aleación de aluminio después del recocido. Una condición o temple T1 se refiere a una aleación de aluminio enfriada a partir de trabajo en caliente y envejecida naturalmente (p. ej., a temperatura ambiente). Una condición o temple T2 se refiere a una aleación de aluminio enfriada a partir de trabajo en caliente, trabajada en frío y envejecida naturalmente. Una condición o temple T3 se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada en caliente, trabajada en frío, y envejecida naturalmente. Una condición o temple T4 se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada en caliente y envejecida naturalmente. Una condición o temple T5 se refiere a una aleación de aluminio enfriada a partir de trabajo en caliente y envejecida artificialmente (a temperaturas elevadas). Una condición o temple T6 se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada en caliente y envejecida artificialmente. Una condición o temple T7 se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada en caliente y sobreenvejecida artificialmente. Una condición o temple T8x se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada en caliente, trabajada en frío, y envejecida artificialmente. Una condición o temple T9 se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada en caliente, envejecida artificialmente, y trabajada en frío. Una condición o temple W se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada en caliente y templada y antes del endurecimiento por envejecimiento.

45 Como se utiliza en la presente memoria, el significado de "temperatura ambiente" puede incluir una temperatura de aproximadamente 15 °C a aproximadamente 30 °C, por ejemplo, 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, aproximadamente 28 °C, aproximadamente 29 °C, o aproximadamente 30 °C.

50 Como se utiliza en la presente memoria, los términos tales como "producto de metal fundido", "producto fundido", "producto de aleación de aluminio fundido", y similares son intercambiables y se refieren a un producto producido por medio de fundición directa en molde (incluyendo cofundición directa en molde) o fundición semicontinua, fundición continua (incluyendo, por ejemplo, mediante el uso de un fundidor de correa doble, un fundidor de rodillo doble, un fundidor de bloque, o cualquier otro fundidor continuo), fundición electromagnética, fundición de parte superior caliente, o cualquier otro método de fundición.

60 Se debe entender que todos los intervalos divulgados en la presente memoria abarcan cualquiera y todos los subintervalos incluidos en los mismos. Por ejemplo, un intervalo establecido de "1 a 10" se debe considerar que incluye cualquiera y todos los subintervalos entre (e inclusive de) el valor mínimo de 1 y el valor máximo de 10; es decir, todos los subintervalos que comienzan con un valor mínimo de 1 o más, p. ej., 1 a 6,1, y que terminan con un valor máximo de 10 o menos, p. ej., 5,5 a 10.

65 En algunos casos, las aleaciones de aluminio se describen en términos de su composición elemental en porcentaje en peso (% en peso) con base en el peso total de la aleación. En ciertos ejemplos de cada aleación, el resto es aluminio, con un % en peso máximo del 0,15 % para la suma de las impurezas.

Métodos de Preparación y Procesamiento

Los métodos descritos en la presente memoria incluyen someter un producto de aleación de aluminio laminado a una etapa de tratamiento térmico (una etapa de tratamiento de solubilización y una etapa de deformación a una temperatura elevada), seguido por temple y un proceso de envejecimiento acelerado. El producto de aleación de aluminio laminado se somete a tratamiento de solubilización para disolver las fases solubles, lo cual ocurre cuando el producto de aleación de aluminio laminado se mantiene a una temperatura suficiente durante un tiempo suficiente para lograr una solución sólida casi homogénea y después templar para lograr la sobresaturación. Los productos de aleación de aluminio laminados se deforman a una temperatura elevada para proporcionar un producto de aleación de aluminio conformado, y después templar para detener cualquier movimiento de dislocación resultante de la etapa de deformación. Las etapas de tratamiento térmico y temple como se describieron anteriormente (p. ej., las etapas de tratamiento de solubilización y temple a una temperatura elevada y enfriamiento) permiten el proceso de envejecimiento acelerado como se describe en la presente memoria.

Los productos de aleación de aluminio laminados adecuados para uso en los métodos descritos en la presente memoria incluyen productos de aleación de aluminio termotratables, por ejemplo, productos de aleación de aluminio serie 2xxx, productos de aleación de aluminio serie 6xxx, y/o productos de aleación de aluminio serie 7xxx. En algunos ejemplos, los productos de aleación de aluminio pueden incluir una aleación de aluminio serie 2xxx, tal como, por ejemplo, AA2001, A2002, AA2004, AA2005, AA2006, AA2007, AA2007A, AA2007B, AA2008, AA2009, AA2010, AA2011, AA2011A, AA2111, AA2111A, AA2111B, AA2012, AA2013, AA2014, AA2014A, AA2214, AA2015, AA2016, AA2017, AA2017A, AA2117, AA2018, AA2218, AA2618, AA2618A, AA2219, AA2319, AA2419, AA2519, AA2021, AA2022, AA2023, AA2024, AA2024A, AA2124, AA2224, AA2224A, AA2324, AA2424, AA2524, AA2624, AA2724, AA2824, AA2025, AA2026, AA2027, AA2028, AA2028A, AA2028B, AA2028C, AA2029, AA2030, AA2031, AA2032, AA2034, AA2036, AA2037, AA2038, AA2039, AA2139, AA2040, AA2041, AA2044, AA2045, AA2050, AA2055, AA2056, AA2060, AA2065, AA2070, AA2076, AA2090, AA2091, AA2094, AA2095, AA2195, AA2295, AA2196, AA2296, AA2097, AA2197, AA2297, AA2397, AA2098, AA2198, AA2099, o AA2199.

Opcionalmente, el producto de aleación de aluminio laminado puede incluir una aleación de aluminio serie 6xxx tal como, 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, o AA6092.

Opcionalmente, el producto de aleación de aluminio laminado puede incluir una aleación de aluminio serie 7xxx tal como, por ejemplo, AA7011, AA7019, AA7020, AA7021, AA7039, AA7072, AA7075, AA7085, AA7108, AA7108A, AA7015, AA7017, AA7018, AA7019A, AA7024, AA7025, AA7028, AA7030, AA7031, AA7033, AA7035, AA7035A, AA7046, AA7046A, AA7003, AA7004, AA7005, AA7009, AA7010, AA7012, AA7014, AA7016, AA7116, AA7122, AA7023, AA7026, AA7029, AA7129, AA7229, AA7032, AA7034, AA7036, AA7136, AA7037, AA7040, AA7140, AA7041, AA7049, AA7049A, AA7149, AA7249, AA7349, AA7449, AA7050, AA7050A, AA7150, AA7250, AA7055, AA7155, AA7255, AA7056, AA7060, AA7064, AA7065, AA7068, AA7168, AA7175, AA7475, AA7076, AA7178, AA7278, AA7278A, AA7081, AA7181, AA7185, AA7090, AA7093, AA7095, o AA7099.

En algunos ejemplos, los productos de aleación de aluminio laminados para uso en los métodos descritos en la presente memoria se preparan a partir de aleaciones monolíticas. En otros ejemplos, los productos de aleación de aluminio laminados para uso en los métodos descritos en la presente memoria son productos de aleación de aluminio laminados revestidos, que tienen una capa de núcleo y una o dos capas de revestimiento. En algunos casos, la capa de núcleo y/o la(s) capa(s) de revestimiento pueden ser una aleación de aluminio serie 7xxx. En algunos casos, la capa de núcleo tiene una composición diferente a la de una o ambas de las capas de revestimiento. En algunos ejemplos no limitativos, los productos de aleación de aluminio laminados revestidos pueden incluir una capa de núcleo de aleación de aluminio serie 6xxx con una capa de revestimiento de aleación de aluminio serie 7xxx, una capa de núcleo de aleación de aluminio serie 2xxx con una capa de revestimiento de aleación de aluminio serie 6xxx, o una capa de núcleo de aleación de aluminio serie 2xxx con una capa de revestimiento de aleación de aluminio serie 7xxx.

Los métodos descritos en la presente memoria se pueden llevar a cabo en productos de aleación de aluminio laminados preparados por medio de fundición de una aleación de aluminio utilizando cualquier proceso de fundición adecuado. Por ejemplo, una aleación de aluminio como se describe en la presente memoria se

puede fundir utilizando un proceso de fundición continua (CC) que puede incluir, pero no se limita a, el uso de fundidores de correa doble, fundidores de rodillo doble, o fundidores de bloque. En algunos ejemplos, el proceso de fundición se lleva a cabo por medio de un proceso de CC para formar un producto de pieza fundida tal como una moldura, placa, tira, o similares. En algunos ejemplos, el proceso de fundición se lleva a cabo por medio de un proceso de fundición directa en molde (DC) para formar un producto de pieza fundida tal como un lingote.

El producto de pieza fundida después se somete a etapas de procesamiento adicionales. En un ejemplo no limitativo, el método de procesamiento puede incluir una o más de las siguientes etapas: homogeneizar, laminar en caliente, laminar en frío, y/o recocer para producir un producto de aleación de aluminio laminado. Opcionalmente, el calibre del producto de aleación de aluminio laminado para uso en los métodos descritos en la presente memoria puede ser de aproximadamente 15 mm o menos (p. ej., aproximadamente 14 mm o menos, aproximadamente 13 mm o menos, aproximadamente 12 mm o menos, aproximadamente 11 mm o menos, aproximadamente 10 mm o menos, aproximadamente 9 mm o menos, aproximadamente 8 mm o menos, aproximadamente 7 mm o menos, aproximadamente 6 mm o menos, aproximadamente 5 mm o menos, aproximadamente 4 mm o menos, aproximadamente 3 mm o menos, aproximadamente 2 mm o menos, aproximadamente 1 mm o menos, aproximadamente 0,9 mm o menos, aproximadamente 0,8 mm o menos, aproximadamente 0,7 mm o menos, aproximadamente 0,6 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). El temple del producto de aleación de aluminio como fue laminado se denomina como temple F.

Tratamiento de Solubilización y Temple

El producto de aleación de aluminio laminado en un temple F se puede someter a una etapa de tratamiento térmico, concretamente una etapa de tratamiento de solubilización (es decir, tratamiento térmico en solución). La etapa de tratamiento de solubilización incluye calentar el producto de aleación de aluminio laminado de la temperatura ambiente a una temperatura de tratamiento de solubilización de al menos aproximadamente 400 °C. En algunos casos, la temperatura de tratamiento de solubilización puede ser de aproximadamente 400 °C a aproximadamente 500 °C (p. ej., de aproximadamente 410 °C a aproximadamente 490 °C, de aproximadamente 420 °C a aproximadamente 480 °C, de aproximadamente 430 °C a aproximadamente 470 °C, o de aproximadamente 440 °C a aproximadamente 460 °C). Por ejemplo, la temperatura de tratamiento de solubilización puede ser de aproximadamente 400 °C, aproximadamente 405 °C, aproximadamente 410 °C, aproximadamente 415 °C, aproximadamente 420 °C, aproximadamente 425 °C, aproximadamente 430 °C, aproximadamente 435 °C, aproximadamente 440 °C, aproximadamente 445 °C, aproximadamente 450 °C, aproximadamente 455 °C, aproximadamente 460 °C, aproximadamente 465 °C, aproximadamente 470 °C, aproximadamente 475 °C, aproximadamente 480 °C, aproximadamente 485 °C, aproximadamente 490 °C, aproximadamente 495 °C, o aproximadamente 500 °C.

El producto de aleación de aluminio laminado se puede mantener en la temperatura de tratamiento de solubilización (es decir, calentar a fondo en la temperatura de tratamiento de solubilización) durante un periodo de tiempo deseado. En ciertos aspectos, se permite que el producto de aleación de aluminio laminado se caliente a fondo durante al menos aproximadamente 30 segundos (p. ej., de aproximadamente 60 segundos a aproximadamente 120 minutos, inclusive). Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio laminado se puede calentar a fondo en la temperatura de tratamiento de solubilización durante 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, o aproximadamente 120 minutos, o durante cualquier tiempo intermedio.

La etapa de tratamiento de solubilización se sigue por una etapa de deformación y temple. El término "temple", como se utiliza en la presente memoria, se refiere a reducir rápidamente una temperatura de un producto de aleación de aluminio. En este caso, la etapa de temple incluye reducir la temperatura de un

producto de aleación de aluminio laminado que se ha sometido a tratamiento de solubilización como se describió anteriormente. El temple se puede llevar a cabo utilizando un líquido (p. ej., agua) y/o gas u otro medio de temple seleccionado. En algunos ejemplos, el temple se puede llevar a cabo presionando el producto de aleación de aluminio laminado entre dos placas frías. En ciertos aspectos, el producto de aleación de aluminio laminado se puede templar utilizando agua a una temperatura entre aproximadamente 40 °C y aproximadamente 75 °C. En ciertos aspectos, el producto de aleación de aluminio laminado se temple utilizando aire forzado.

La tasa de temple puede ser de aproximadamente 5 °C/s a aproximadamente 1.000 °C/s. La tasa de temple y otras condiciones se pueden seleccionar con base en una variedad de factores, tales como una combinación deseada de propiedades a exhibir por el producto de aleación de aluminio laminado y/o el calibre del producto de aleación de aluminio laminado. En algunos casos, la tasa de temple puede ser de aproximadamente 5 °C/s a aproximadamente 975 °C/s, de aproximadamente 10 °C/s a aproximadamente 950 °C/s, de aproximadamente 25 °C/s a aproximadamente 800 °C/s, de aproximadamente 50 °C/s a aproximadamente 700 °C/s, de aproximadamente 75 °C/s a aproximadamente 600 °C/s, de aproximadamente 100 °C/s a aproximadamente 500 °C/s, de aproximadamente 200 °C/s a aproximadamente 400 °C/s, o de cualquier temperatura intermedia. Por ejemplo, la tasa de temple puede ser de aproximadamente 5 °C/s, aproximadamente 10 °C/s, aproximadamente 15 °C/s, aproximadamente 20 °C/s, aproximadamente 25 °C/s, aproximadamente 30 °C/s, aproximadamente 35 °C/s, aproximadamente 40 °C/s, aproximadamente 45 °C/s, aproximadamente 50 °C/s, aproximadamente 55 °C/s, aproximadamente 60 °C/s, aproximadamente 65 °C/s, aproximadamente 70 °C/s, aproximadamente 75 °C/s, aproximadamente 80 °C/s, aproximadamente 85 °C/s, aproximadamente 90 °C/s, aproximadamente 95 °C/s, aproximadamente 100 °C/s, aproximadamente 200 °C/s, aproximadamente 300 °C/s, aproximadamente 400 °C/s, aproximadamente 500 °C/s, aproximadamente 600 °C/s, aproximadamente 700 °C/s, aproximadamente 800 °C/s, aproximadamente 900 °C/s, o aproximadamente 1.000 °C/s.

Deformación y Temple

Los métodos descritos en la presente memoria incluyen al menos una etapa de deformación. El término "deformación", como se utiliza en la presente memoria, puede incluir cortar, estampar, presionar, conformar por presión, estirar, moldear, deformar, u otros procesos que pueden crear formas bi o tridimensionales como es sabido por un experto en la técnica. Por ejemplo, en la etapa de estampación o presión, un producto de aleación de aluminio laminado se deforma presionándolo entre dos troqueles de forma complementaria. La etapa de deformación se lleva a cabo en un producto de aleación de aluminio laminado a una temperatura elevada (125-500 °C).

En algunos ejemplos, la etapa de deformación se puede llevar a cabo en un producto de aleación de aluminio laminado a una temperatura de aproximadamente 125 °C a aproximadamente 440 °C, o de aproximadamente 150 °C a aproximadamente 400 °C. En algunos casos, la etapa de deformación puede ser un proceso de conformado templado. Como se utiliza en la presente memoria, el conformado templado se refiere a una etapa de deformación que se lleva a cabo a una temperatura de hasta aproximadamente 250 °C. En algunos casos, el conformado templado se puede llevar a cabo a una temperatura de aproximadamente 125 °C a aproximadamente 250 °C, de aproximadamente 125 °C a aproximadamente 240 °C, de aproximadamente 125 °C a aproximadamente 200 °C, o de aproximadamente 125 °C a aproximadamente 175 °C. Por ejemplo, el conformado templado se puede llevar a cabo a una temperatura de aproximadamente 130 °C, aproximadamente 140 °C, aproximadamente 150 °C, aproximadamente 160 °C, aproximadamente 170 °C, aproximadamente 180 °C, aproximadamente 190 °C, aproximadamente 200 °C, aproximadamente 210 °C, aproximadamente 220 °C, aproximadamente 230 °C, aproximadamente 240 °C, o aproximadamente 250 °C.

En algunos casos, la etapa de deformación puede ser un proceso de conformado en caliente. Como se utiliza en la presente memoria, el conformado en caliente se refiere a una etapa de deformación que se lleva a cabo a una temperatura de aproximadamente 255 °C a aproximadamente 500 °C. En algunos casos, el conformado en caliente se puede llevar a cabo a una temperatura de aproximadamente 260 °C a aproximadamente 500 °C, de aproximadamente 275 °C a aproximadamente 475 °C, de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 450 °C, o de aproximadamente 325 °C a aproximadamente 400 °C. Por ejemplo, el conformado en caliente se puede llevar a cabo a una temperatura de aproximadamente 255 °C, aproximadamente 260 °C, aproximadamente 265 °C, aproximadamente 270 °C, aproximadamente 275 °C, aproximadamente 280 °C, aproximadamente 285 °C, 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, aproximadamente 355 °C, aproximadamente 360 °C, aproximadamente 365 °C, aproximadamente 370 °C, aproximadamente 375 °C, aproximadamente 380 °C, aproximadamente 385 °C, aproximadamente 390 °C, aproximadamente 395 °C, aproximadamente 400 °C, aproximadamente 405 °C, aproximadamente 410 °C, aproximadamente 415 °C, aproximadamente 420 °C, aproximadamente 425 °C, aproximadamente 430 °C, aproximadamente 435 °C, aproximadamente 440 °C, aproximadamente 445 °C, aproximadamente 450 °C, aproximadamente 455 °C,

aproximadamente 460 °C, aproximadamente 465 °C, aproximadamente 470 °C, aproximadamente 475 °C, aproximadamente 480 °C, aproximadamente 485 °C, aproximadamente 490 °C, aproximadamente 495 °C, o aproximadamente 500 °C. La etapa de deformación es seguida por una etapa de temple, como se describió anteriormente.

5

Envejecimiento Acelerado

Los productos de aleación de aluminio laminados preparados por medio de las etapas de tratamiento térmico y temple descritos anteriormente están en un temple W (es decir, una designación que describe una aleación de aluminio después de tratamiento térmico y temple y antes de endurecimiento por envejecimiento). En los métodos descritos en la presente memoria, los productos de aleación de aluminio laminados con temple W pueden someterse a un proceso de envejecimiento acelerado que puede dar como resultado el endurecimiento por envejecimiento de los productos de aleación de aluminio laminados. En algunos aspectos, el endurecimiento por envejecimiento se lleva a cabo para lograr la precipitación de los átomos del soluto de elementos de aleación ya sea a temperatura ambiente (envejecimiento natural) y a una temperatura elevada (envejecimiento artificial o tratamiento térmico por precipitación). En algunos casos, el proceso de envejecimiento acelerado descrito en la presente memoria incluye un proceso de envejecimiento natural junto con un proceso de envejecimiento artificial en el cual los productos de aleación de aluminio laminados con temple W se calientan a una temperatura elevada que oscila de 90 °C a 220 °C durante hasta aproximadamente 8 horas. Los productos de aleación de aluminio laminados procesados según el proceso de envejecimiento acelerado descrito en la presente memoria logran una mejora en propiedades de resistencia y dureza que son comparables con o mayores que las que se logran por medio de métodos de envejecimiento artificiales convencionales costosos y que requieren mucho tiempo (que requieren tiempos de envejecimiento sustancialmente más largos, p. ej., al menos 24 horas).

25

Los productos de aleación de aluminio laminados en temple W se envejecen naturalmente durante un periodo de tiempo (hasta aproximadamente 12 meses, p. ej., hasta aproximadamente 9 meses, hasta aproximadamente 6 meses, hasta aproximadamente 3 meses, hasta aproximadamente 1 mes, o hasta aproximadamente 2 semanas). En algunos casos, el periodo de envejecimiento natural puede ser de aproximadamente 1 día a aproximadamente 10 meses, de aproximadamente 3 meses a aproximadamente 8 meses, o de aproximadamente 4 meses a aproximadamente 6 meses. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio laminados se pueden envejecer naturalmente durante aproximadamente 1 día, aproximadamente 2 días, aproximadamente 3 días, aproximadamente 4 días, aproximadamente 5 días, aproximadamente 6 días, aproximadamente 7 días, aproximadamente 2 semanas, aproximadamente 3 semanas, aproximadamente 1 mes, aproximadamente 2 meses, aproximadamente 3 meses, aproximadamente 4 meses, aproximadamente 5 meses, aproximadamente 6 meses, aproximadamente 7 meses, aproximadamente 8 meses, aproximadamente 9 meses, aproximadamente 10 meses, aproximadamente 11 meses, aproximadamente 12 meses, o cualquier tiempo intermedio. La etapa de envejecimiento natural da como resultado los productos de aleación de aluminio laminados envejecidos intermedios.

40

Después del envejecimiento natural, los productos de aleación de aluminio laminados envejecidos intermedios se someten a un proceso de envejecimiento artificial. El proceso de envejecimiento artificial se lleva a cabo durante un periodo de hasta aproximadamente 8 horas (p. ej., hasta aproximadamente 7 horas, hasta aproximadamente 6 horas, hasta aproximadamente 5 horas, hasta aproximadamente 4 horas, hasta aproximadamente 3 horas, hasta aproximadamente 2 horas, o hasta aproximadamente 1 hora). El proceso de envejecimiento artificial es un procedimiento de envejecimiento de múltiples etapas, que incluye al menos una primera etapa de envejecimiento y al menos una segunda etapa de envejecimiento. La primera etapa de envejecimiento incluye calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una primera temperatura de envejecimiento y mantener el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a la primera temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo. En algunos casos, la primera temperatura de envejecimiento puede ser de aproximadamente 90 °C a aproximadamente 120 °C. Por ejemplo, la temperatura para la primera etapa de envejecimiento puede ser de aproximadamente 90 °C, aproximadamente 95 °C, aproximadamente 100 °C, aproximadamente 105 °C, aproximadamente 110 °C, aproximadamente 115 °C, o aproximadamente 120 °C. El producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se mantiene en la primera temperatura de envejecimiento durante 30 minutos a 2 horas. Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se puede mantener en la primera temperatura de envejecimiento durante 30 minutos, aproximadamente 40 minutos, aproximadamente 50 minutos, aproximadamente 1 hora, o 2 horas.

60

Después de la primera etapa de envejecimiento, se aumenta la temperatura del producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una segunda temperatura de envejecimiento y se mantiene en la segunda temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo. La segunda temperatura de envejecimiento puede ser de aproximadamente 140 °C a aproximadamente 220 °C. Por ejemplo, la temperatura para la segunda etapa de envejecimiento puede ser de aproximadamente 140 °C, aproximadamente 145 °C, aproximadamente 150 °C, aproximadamente 155 °C, aproximadamente 160 °C,

65

aproximadamente 165 °C, aproximadamente 170 °C, aproximadamente 175 °C, aproximadamente 180 °C, aproximadamente 185 °C, aproximadamente 190 °C, aproximadamente 195 °C, aproximadamente 200 °C, aproximadamente 205 °C, aproximadamente 210 °C, aproximadamente 215 °C, o aproximadamente 220 °C. El producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se mantiene en la segunda temperatura de envejecimiento durante 30 minutos a 7,5 horas. Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se puede mantener en la primera temperatura de envejecimiento durante 30 minutos, aproximadamente 35 minutos, aproximadamente 40 minutos, aproximadamente 45 minutos, aproximadamente 50 minutos, aproximadamente 55 minutos, aproximadamente 1 hora, aproximadamente 2 horas, aproximadamente 3 horas, aproximadamente 4 horas, aproximadamente 5 horas, aproximadamente 6 horas, aproximadamente 7 horas, o 7,5 horas.

En otra realización, el proceso de envejecimiento artificial es un procedimiento de envejecimiento de múltiples etapas, que incluye al menos una primera etapa de envejecimiento y al menos una segunda etapa de envejecimiento, en donde el tiempo de envejecimiento total (p. ej., el tiempo total combinado de la primera etapa de envejecimiento y la segunda etapa de envejecimiento) es de más de 5 horas, como se detalla más adelante. La primera etapa de envejecimiento incluye calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una primera temperatura de envejecimiento y mantener el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio en la primera temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo. La primera temperatura de envejecimiento puede ser de aproximadamente 90 °C a aproximadamente 135 °C. Por ejemplo, la temperatura para la primera etapa de envejecimiento puede ser de aproximadamente 90 °C, aproximadamente 95 °C, aproximadamente 100 °C, aproximadamente 105 °C, aproximadamente 110 °C, aproximadamente 115 °C, aproximadamente 120 °C, aproximadamente 125 °C, aproximadamente 130 °C, o aproximadamente 135 °C. El producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se mantiene en la primera temperatura de envejecimiento durante 30 minutos a 2 horas. Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se puede mantener en la primera temperatura de envejecimiento durante 30 minutos, aproximadamente 40 minutos, aproximadamente 50 minutos, aproximadamente 1 hora, o 2 horas.

Después de la primera etapa de envejecimiento, se aumenta la temperatura del producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una segunda temperatura de envejecimiento y se mantiene en la segunda temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo. La segunda temperatura de envejecimiento puede ser de aproximadamente 140 °C a aproximadamente 220 °C. Por ejemplo, la temperatura para la segunda etapa de envejecimiento puede ser de aproximadamente 140 °C, aproximadamente 145 °C, aproximadamente 150 °C, aproximadamente 155 °C, aproximadamente 160 °C, aproximadamente 165 °C, aproximadamente 170 °C, aproximadamente 175 °C, aproximadamente 180 °C, aproximadamente 185 °C, aproximadamente 190 °C, aproximadamente 195 °C, aproximadamente 200 °C, aproximadamente 205 °C, aproximadamente 210 °C, aproximadamente 215 °C, o aproximadamente 220 °C. El producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se mantiene en la segunda temperatura de envejecimiento durante 30 minutos a 7,5 horas. Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se puede mantener en la primera temperatura de envejecimiento durante 30 minutos, aproximadamente 35 minutos, aproximadamente 40 minutos, aproximadamente 45 minutos, aproximadamente 50 minutos, aproximadamente 55 minutos, aproximadamente 1 hora, aproximadamente 2 horas, aproximadamente 3 horas, aproximadamente 4 horas, aproximadamente 5 horas, aproximadamente 6 horas, aproximadamente 7 horas, o 7,5 horas.

Como se mencionó anteriormente, en algunas realizaciones, el tiempo de envejecimiento total para el proceso de envejecimiento acelerado es de más de 5 horas. En otras palabras, los tiempos respectivos para la primera etapa de envejecimiento, la segunda etapa de envejecimiento, y cualquier etapa de envejecimiento adicional se seleccionan de modo que el tiempo de envejecimiento combinado exceda las 5 horas. En algunos casos, el tiempo de envejecimiento total es de más de 5 horas, aproximadamente 5,5 horas o más, aproximadamente 6 horas o más, aproximadamente 6,5 horas o más, aproximadamente 7 horas o más, aproximadamente 7,5 horas o más, o aproximadamente 8 horas.

En una realización adicional, el proceso de envejecimiento artificial es un procedimiento de envejecimiento de múltiples etapas, que incluye al menos una primera etapa de envejecimiento llevada a cabo a una temperatura de aproximadamente 50 °C a aproximadamente 90 °C y al menos una segunda etapa de envejecimiento llevada a cabo a una temperatura de aproximadamente 160 °C a aproximadamente 200 °C. La primera etapa de envejecimiento incluye calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una primera temperatura de envejecimiento y mantener el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio en la primera temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo. La primera temperatura de envejecimiento puede ser de aproximadamente 50 °C a aproximadamente 90 °C. Por ejemplo, la temperatura para la primera etapa de envejecimiento puede ser de aproximadamente 50 °C, aproximadamente 55 °C, aproximadamente 60 °C, aproximadamente 65 °C, aproximadamente 70 °C, aproximadamente 75 °C, aproximadamente 80 °C, aproximadamente 85 °C, o aproximadamente 90 °C. El producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se puede mantener en la primera temperatura de envejecimiento durante hasta aproximadamente 60 minutos

Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se puede mantener en la primera temperatura de envejecimiento durante 30 minutos, aproximadamente 35 minutos, aproximadamente 40 minutos, aproximadamente 45 minutos, aproximadamente 50 minutos, aproximadamente 55 minutos, o aproximadamente 1 hora.

Adicionalmente, en la realización adicional, se aumenta la temperatura del producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una segunda temperatura de envejecimiento y se mantiene en la segunda temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo. La segunda temperatura de envejecimiento puede ser de aproximadamente 160 °C a aproximadamente 200 °C. Por ejemplo, la temperatura para la segunda etapa de envejecimiento puede ser de aproximadamente 160 °C, aproximadamente 165 °C, aproximadamente 170 °C, aproximadamente 175 °C, aproximadamente 180 °C, aproximadamente 185 °C, aproximadamente 190 °C, aproximadamente 195 °C, o aproximadamente 200 °C. El producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se puede mantener en la segunda temperatura de envejecimiento durante hasta aproximadamente 1, Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se puede mantener en la primera temperatura de envejecimiento durante 30 minutos, aproximadamente 35 minutos, aproximadamente 40 minutos, aproximadamente 45 minutos, aproximadamente 50 minutos, aproximadamente 55 minutos, o aproximadamente 1 hora.

Una vez completado el proceso de envejecimiento acelerado, el producto de aleación de aluminio laminado termotratable está en un temple T7. Los procesos de envejecimiento acelerado ejemplares se proporcionan en la sección de Ejemplos en la presente memoria.

En algunos casos, un método para procesar un producto de aleación de aluminio laminado puede incluir una etapa de deformar un producto de aleación de aluminio laminado a una temperatura de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 500 °C. Después, el producto resultante se puede templar para producir un producto de aleación de aluminio laminado con temple W. El producto de aleación de aluminio laminado con temple W se envejece naturalmente para producir un producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio. Después, el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio se envejece artificialmente como se describe en la presente memoria durante un periodo de hasta aproximadamente 8 horas.

En ciertos aspectos, un método para procesar un producto de aleación de aluminio laminado puede incluir una etapa de tratamiento térmico después del procesamiento (p. ej., tratamiento térmico después del conformado y/o horneado de pintura). Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio laminado se puede calentar a una temperatura de cocimiento de pintura y mantener en esa temperatura (también denominado como horneado de pintura) durante un periodo de tiempo. En algunos casos, la temperatura de horneado de pintura puede ser de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 125 °C. Por ejemplo, la temperatura de horneado de pintura puede ser de aproximadamente 80 °C, aproximadamente 85 °C, aproximadamente 90 °C, aproximadamente 95 °C, aproximadamente 100 °C, aproximadamente 105 °C, aproximadamente 110 °C, aproximadamente 115 °C, aproximadamente 120 °C, o aproximadamente 125 °C. En algunos ejemplos, el producto de aleación de aluminio laminado se puede someter a horneado de pintura durante hasta aproximadamente 45 minutos. Por ejemplo, la temperatura de horneado de pintura se puede mantener durante aproximadamente 30 segundos, aproximadamente 1 minuto, aproximadamente 10 minutos, aproximadamente 15 minutos, aproximadamente 20 minutos, aproximadamente 25 minutos, aproximadamente 30 minutos, aproximadamente 35 minutos, aproximadamente 40 minutos, o aproximadamente 45 minutos.

En la Figura 1 se muestra un esquema que representa un historial térmico ejemplar 1000. Un producto de aleación de aluminio laminado primero se somete a una etapa de tratamiento de solubilización, conformado en caliente y temple 1100. Al inicio 1110 de la etapa de tratamiento de solubilización, conformado en caliente y temple 1100, el producto de aleación de aluminio laminado está en un temple F. El producto de aleación de aluminio laminado se puede calentar a la temperatura de tratamiento de solubilización y/o conformado en caliente 1115 de aproximadamente 400 °C a aproximadamente 500 °C y se mantiene en esta temperatura durante un periodo de tiempo 1120 de hasta aproximadamente 2 horas. El producto de aleación de aluminio laminado se puede templar a una temperatura de aproximadamente la temperatura ambiente 1125. El producto de aleación de aluminio laminado con temple W resultante se envejece naturalmente durante un periodo de tiempo 1130 de hasta 1 año para proporcionar un producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio. Después del envejecimiento natural, los productos de aleación de aluminio laminados envejecidos intermedios se someten a un proceso de envejecimiento artificial 1500. En algunos ejemplos no limitativos, el proceso de envejecimiento artificial 1500 es un procedimiento de envejecimiento de múltiples etapas, que incluye calentar a una primera temperatura de envejecimiento 1515 de aproximadamente 90 °C a aproximadamente 135 °C y mantener la primera temperatura de envejecimiento 1515 durante un primer periodo de tiempo 1520 de aproximadamente 0,5 horas a aproximadamente 2 horas, y posteriormente calentar a una segunda temperatura de envejecimiento 1525 de aproximadamente 140 °C a aproximadamente 220 °C y mantener la segunda temperatura de envejecimiento 1525 durante un segundo

periodo de tiempo 1530 de aproximadamente 0,5 horas a aproximadamente 7,5 horas.

Propiedades

5 Los productos que resultan de los métodos descritos en la presente memoria están en un temple T7. Lograr el temple T7 se puede atribuir a la precipitación del soluto en los límites de los granos, en los que los precipitados del soluto pueden tener un diámetro circular equivalente (ECD, es decir, un diámetro observado mediante técnicas de microscopía, en donde los precipitados pueden parecer circulares en el campo de visión independientemente de su forma tridimensional) de hasta aproximadamente 10 nanómetros (nm). En algunos casos, los precipitados del soluto pueden tener un ECD de aproximadamente 5 nm a aproximadamente 10 nm (p. ej., aproximadamente 5 nm, aproximadamente 6 nm, aproximadamente 7 nm, aproximadamente 8 nm, aproximadamente 9 nm, o aproximadamente 10 nm). Tales precipitados pueden ser demasiado grandes para soportar el endurecimiento por precipitación, proporcionando así productos de aleación de aluminio laminados metalúrgicamente estables.

15 Adicionalmente, los productos de aleación de aluminio laminados en el temple T7 pueden ser resistentes a la corrosión debido a la precipitación del soluto en los límites de los granos. En algunos aspectos, los productos de aleación de aluminio laminados en el temple T7 demuestran características favorables cuando se someten a diferentes métodos de procesamiento aguas abajo. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio laminados con temple T7 son aptos para diferentes tipos de unión, tales como remachado auto-perforante, soldadura (incluyendo la soldadura resistiva por puntos, soldadura con gas inerte de metal, soldadura con gas inerte de tungsteno, soldadura con arco metálico protegido, y soldadura por fricción y agitación), y unión con adhesivo. En algunos ejemplos no limitativos, los productos de aleación de aluminio laminados en temple T7 exhiben una respuesta favorable al horneado de pintura (p. ej., fortalecimiento después de tratamiento térmico para curar un recubrimiento).

Los productos de aleación de aluminio laminados en el temple T7 que están fuera de la invención reivindicada y que se preparan según los métodos descritos en la presente memoria exhiben propiedades de alargamiento deseadas. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio laminados preparados y procesados según los métodos descritos en la presente memoria pueden lograr un alargamiento uniforme de al menos aproximadamente el 6 % (p. ej., aproximadamente del 6,5 % a aproximadamente el 12 %, de aproximadamente el 7 % a aproximadamente el 11 %, o de aproximadamente el 7,5 % a aproximadamente el 10 %). En algunos casos, el alargamiento uniforme puede ser aproximadamente del 6 %, aproximadamente del 6,1 %, aproximadamente del 6,2 %, aproximadamente del 6,3 %, aproximadamente del 6,4 %, aproximadamente del 6,5 %, aproximadamente del 6,6 %, aproximadamente del 6,7 %, aproximadamente del 6,8 %, aproximadamente del 6,9 %, aproximadamente del 7 %, aproximadamente del 7,1 %, aproximadamente del 7,2 %, aproximadamente del 7,3 %, aproximadamente del 7,4 %, aproximadamente del 7,5 %, aproximadamente del 7,6 %, aproximadamente del 7,7 %, aproximadamente del 7,8 %, aproximadamente del 7,9 %, aproximadamente del 8 %, aproximadamente del 8,1 %, aproximadamente del 8,2 %, aproximadamente del 8,3 %, aproximadamente del 8,4 %, aproximadamente del 8,5 %, aproximadamente del 8,6 %, aproximadamente del 8,7 %, aproximadamente del 8,8 %, aproximadamente del 8,9 %, aproximadamente del 9 %, aproximadamente del 9,1 %, aproximadamente del 9,2 %, aproximadamente del 9,3 %, aproximadamente del 9,4 %, aproximadamente del 9,5 %, aproximadamente del 9,6 %, aproximadamente del 9,7 %, aproximadamente del 9,8 %, aproximadamente del 9,9 %, aproximadamente del 10 %, aproximadamente del 10,1 %, aproximadamente del 10,2 %, aproximadamente del 10,3 %, aproximadamente del 10,4 %, aproximadamente del 10,5 %, aproximadamente del 10,6 %, aproximadamente del 10,7 %, aproximadamente del 10,8 %, aproximadamente del 10,9 %, aproximadamente del 11 %, aproximadamente del 11,1 %, aproximadamente del 11,2 %, aproximadamente del 11,3 %, aproximadamente del 11,4 %, aproximadamente del 11,5 %, aproximadamente del 11,6 %, aproximadamente del 11,7 %, aproximadamente del 11,8 %, aproximadamente del 11,9 %, o aproximadamente del 12 %.

En algunos ejemplos, los productos de aleación de aluminio laminados que están fuera de la invención reivindicada y que se preparan y procesan según los métodos descritos en la presente memoria pueden lograr un alargamiento total de al menos aproximadamente el 9 % (p. ej., de aproximadamente el 9 % a aproximadamente el 15 %, o de aproximadamente el 9,5 % aproximadamente el 14 %). En algunos casos, el alargamiento total puede ser aproximadamente del 9 %, aproximadamente del 9,1 %, aproximadamente del 9,2 %, aproximadamente del 9,3 %, aproximadamente del 9,4 %, aproximadamente del 9,5 %, aproximadamente del 9,6 %, aproximadamente del 9,7 %, aproximadamente del 9,8 %, aproximadamente del 9,9 %, aproximadamente del 10 %, aproximadamente del 10,1 %, aproximadamente del 10,2 %, aproximadamente del 10,3 %, aproximadamente del 10,4 %, aproximadamente del 10,5 %, aproximadamente del 10,6 %, aproximadamente del 10,7 %, aproximadamente del 10,8 %, aproximadamente del 10,9 %, aproximadamente del 11 %, aproximadamente del 11,1 %, aproximadamente del 11,2 %, aproximadamente del 11,3 %, aproximadamente del 11,4 %, aproximadamente del 11,5 %, aproximadamente del 11,6 %, aproximadamente del 11,7 %, aproximadamente del 11,8 %, aproximadamente del 11,9 %, aproximadamente del 12 %, aproximadamente del 12,1 %, aproximadamente del 12,2 %, aproximadamente del 12,3 %, aproximadamente del 12,4 %, aproximadamente del 12,5 %, aproximadamente del 12,6 %, aproximadamente

del 12,7 %, aproximadamente del 12,8 %, aproximadamente del 12,9 %, aproximadamente del 13 %, aproximadamente del 13,1 %, aproximadamente del 13,2 %, aproximadamente del 13,3 %, aproximadamente del 13,4 %, aproximadamente del 13,5 %, aproximadamente del 13,6 %, aproximadamente del 13,7 %, aproximadamente del 13,8 %, aproximadamente del 13,9 %, aproximadamente del 14 %, aproximadamente del 14,1 %, aproximadamente del 14,2 %, aproximadamente del 14,3 %, aproximadamente del 14,4 %, aproximadamente del 14,5 %, aproximadamente del 14,6 %, aproximadamente del 14,7 %, aproximadamente del 14,8 %, aproximadamente del 14,9 %, o aproximadamente del 15 %,

Los productos de aleación de aluminio laminados en el temple T7 que están fuera de la invención reivindicada y que se preparan según los métodos descritos en la presente memoria exhiben propiedades de capacidad de flexión deseadas como se mide por medio de una prueba de flexión de tres puntos de acuerdo con ISO 7438 (estándar general de flexión) y VDA 238-100. La Figura 2 representa el ángulo α externo y el ángulo β interno medidos durante la prueba de flexión de tres puntos. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio laminados que están fuera de la invención reivindicada y que se preparan y procesan según los métodos descritos en la presente memoria pueden lograr un ángulo β de flexión de tres puntos de al menos aproximadamente 132,5° (p. ej., aproximadamente 132,5°, aproximadamente 133°, aproximadamente 133,5°, aproximadamente 134°, aproximadamente 134,5°, aproximadamente 135°, aproximadamente 135,5°, aproximadamente 136°, aproximadamente 136,5°, aproximadamente 137°, aproximadamente 137,5°, aproximadamente 138°, aproximadamente 138,5°, aproximadamente 139°, aproximadamente 139,5°, aproximadamente 140°, aproximadamente 140,5°, aproximadamente 141°, aproximadamente 141,5°, aproximadamente 142°, aproximadamente 142,5°, aproximadamente 143°, aproximadamente 143,5°, aproximadamente 144°, aproximadamente 144,5°, aproximadamente 145°, aproximadamente 145,5°, aproximadamente 146°, aproximadamente 146,5°, aproximadamente 147°, aproximadamente 147,5°, aproximadamente 148°, aproximadamente 148,5°, aproximadamente 149°, aproximadamente 149,5°, o aproximadamente 150°).

Los métodos descritos en la presente memoria mejoran el alargamiento de los productos de aleación de aluminio laminados mientras se conservan las propiedades de resistencia. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio laminados que están fuera de la invención reivindicada y que se preparan según los métodos descritos en la presente memoria pueden tener un límite elástico de al menos aproximadamente 450 MPa (p. ej., de aproximadamente 450 MPa a aproximadamente 600 MPa o de aproximadamente 475 MPa a aproximadamente 575 MPa). En algunos ejemplos, el límite elástico puede ser de aproximadamente 450 MPa, aproximadamente 460 MPa, aproximadamente 470 MPa, aproximadamente 480 MPa, aproximadamente 490 MPa, aproximadamente 500 MPa, aproximadamente 510 MPa, aproximadamente 520 MPa, aproximadamente 530 MPa, aproximadamente 540 MPa, aproximadamente 550 MPa, aproximadamente 560 MPa, aproximadamente 570 MPa, aproximadamente 580 MPa, aproximadamente 590 MPa, o de cualquier límite intermedio.

Los productos de aleación de aluminio laminados que están fuera de la invención reivindicada y que se preparan según los métodos descritos en la presente memoria pueden tener una resistencia última por tensión de al menos aproximadamente 450 MPa (p. ej., de aproximadamente 450 MPa a aproximadamente 650 MPa o de aproximadamente 475 MPa a aproximadamente 600 MPa). En algunos ejemplos, la resistencia última por tensión puede ser aproximadamente 450 MPa, aproximadamente 460 MPa, aproximadamente 470 MPa, aproximadamente 480 MPa, aproximadamente 490 MPa, aproximadamente 500 MPa, aproximadamente 510 MPa, aproximadamente 520 MPa, aproximadamente 530 MPa, aproximadamente 540 MPa, aproximadamente 550 MPa, aproximadamente 560 MPa, aproximadamente 570 MPa, aproximadamente 580 MPa, aproximadamente 590 MPa, aproximadamente 600 MPa, aproximadamente 610 MPa, aproximadamente 620 MPa, aproximadamente 630 MPa, aproximadamente 640 MPa, o de cualquier resistencia intermedia.

Los métodos empleados en la presente memoria pueden alterar el estado metalúrgico del producto de aleación de aluminio laminado dentro de un intervalo adecuado para prácticas de fabricación. El estado metalúrgico se puede caracterizar por la conductividad eléctrica, medida de acuerdo con los protocolos estándar. ASTM E1004, titulado "Standard Test Method for Determining Electrical Conductivity Using the Electromagnetic (Eddy-Current) Method", (Método de Prueba Estándar para Determinar la Conductividad Eléctrica Utilizando el Método Electromagnético (Corriente de Foucault)) especifica los procedimientos de prueba relevantes para materiales metálicos. Los productos de aleación de aluminio laminados que están fuera de la invención reivindicada y que se preparan según los métodos descritos en la presente memoria pueden tener una conductividad eléctrica de hasta aproximadamente el 40 % del Estándar Internacional de Cobre Recocido (% IACS) (p. ej., de aproximadamente el 30 % IACS a aproximadamente el 40 % IACS, de aproximadamente el 30,5 % IACS a aproximadamente el 39 % IACS, de aproximadamente el 31 % IACS a aproximadamente el 38,5% IACS, o de aproximadamente el 31,5% IACS a aproximadamente el 38 % IACS). Por ejemplo, en algunos casos, los productos de aleación de aluminio laminados que están fuera de la invención reivindicada y que se preparan y procesan según los métodos descritos en la presente memoria pueden tener una conductividad eléctrica de aproximadamente el 30 % IACS, aproximadamente del 30,5 % IACS, aproximadamente del 31 % IACS, aproximadamente del 31,5 % IACS, aproximadamente del 32 %

IACS, aproximadamente del 32,5 % IACS, aproximadamente del 33 % IACS, aproximadamente del 33,5 % IACS, aproximadamente del 34 % IACS, aproximadamente del 34,5 % IACS, aproximadamente del 35 % IACS, aproximadamente del 35,5 % IACS, aproximadamente del 36 % IACS, aproximadamente del 36,5 % IACS, aproximadamente del 37 % IACS, aproximadamente del 37,5 % IACS, aproximadamente del 38 % IACS, aproximadamente del 38,5 % IACS, aproximadamente del 39 % IACS, aproximadamente del 39,5 % IACS, o aproximadamente del 40 % IACS.

Métodos de Uso

10 Los productos fuera de la invención reivindicada y los métodos descritos en la presente memoria se pueden utilizar en aplicaciones automotrices y/o del transporte, incluyendo aplicaciones de vehículos de motor, aeronaves, y ferrocarriles, y cualquier otra aplicación deseada. En algunos ejemplos, los productos fuera de la invención reivindicada y los métodos se pueden utilizar para preparar productos de partes de carrocería de vehículos de motor, tales como parachoques, en vigas laterales, vigas de techo, vigas transversales, refuerzos de pilar (p. ej., pilares A, pilares B, y pilares C), paneles interiores, paneles exteriores, paneles laterales, capós interiores, capós exteriores, o paneles de tapa de maletero. Los productos de aleación de aluminio laminados fuera de la invención reivindicada y los métodos descritos en la presente memoria también se pueden utilizar en aplicaciones de vehículos de aeronaves o ferrocarriles, para preparar, por ejemplo, paneles externos e internos.

20 Los productos fuera de la invención reivindicada y los métodos descritos en la presente memoria también se pueden utilizar en aplicaciones electrónicas, para preparar, por ejemplo, recubrimientos externos e internos. Por ejemplo, los productos fuera de la invención reivindicada y los métodos descritos en la presente memoria se pueden utilizar para preparar carcasas para dispositivos electrónicos, incluyendo teléfonos móviles y computadoras tableta. En algunos ejemplos, los productos fuera de la invención reivindicada se pueden utilizar para preparar carcasas para la carcasa exterior de teléfonos móviles (p. ej., teléfonos inteligentes) y chasis inferior de tabletas.

30 En ciertos aspectos, los productos fuera de la invención reivindicada y los métodos se pueden utilizar para preparar productos de fuselaje de vehículos aeroespaciales. Por ejemplo, los productos divulgados fuera de la invención reivindicada y los métodos se pueden utilizar para preparar partes de fuselaje de aviones, tales como aleaciones de cubierta.

35 En ciertos aspectos, los productos que están fuera de la invención reivindicada y que se describen en la presente memoria exhiben características sorprendentes durante el procesamiento aguas abajo (p. ej., después del procesamiento por un usuario final y/o fabricante de equipo original). Los productos que están fuera de la invención reivindicada y que se describen en la presente memoria pueden exhibir una respuesta mejorada a la corrosión en una prueba de agrietamiento por corrosión bajo esfuerzo, capacidad de flexión mejorada (p. ej., proporcionando una aleación de aluminio laminada serie 7xxx apta para remachado auto-perforante (SPR)), y una respuesta mejorada a los choques y/o aplastamientos. Además, los productos que están fuera de la invención reivindicada y que se describen en la presente memoria no afectan de manera adversa la respuesta de envejecimiento artificial durante el proceso de horneado de pintura (PB). Adicionalmente, los productos que están fuera de la invención reivindicada y que se describen en la presente memoria no exhiben una pérdida de resistencia que resulte del procesamiento aguas abajo.

45 Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar adicionalmente la presente invención sin, sin embargo, constituir ninguna limitación de la misma.

Ejemplos

50 Ejemplo 1: Efecto del envejecimiento acelerado en las propiedades mecánicas

Dos productos de aleación de aluminio laminados serie 7xxx, Aleación 1 (una aleación de aluminio AA7075) y Aleación 2 (una aleación de aluminio 7xxx que comprende un 9,16% en peso de Zn, un 1,18 % en peso de Cu, un 2,29 % en peso de Mg, un 0,23 % en peso de Fe, un 0,1 % en peso de Si, un 0,11 % en peso de Zr, un 0,042 % en peso de Mn, un 0,04 % en peso de Cr, un 0,01 % en peso de Ti, hasta un 0,15 % en peso de impurezas, y el resto de Al), se prepararon por medio de métodos idénticos para pruebas mecánicas. Específicamente, las aleaciones se sometieron a tratamiento de solubilización a una temperatura de 480 °C y se mantuvieron a esta temperatura durante 5 minutos. Posteriormente, las aleaciones se envejecieron naturalmente durante 3 días. Después, las aleaciones se sometieron al proceso de envejecimiento acelerado que incluye un proceso de envejecimiento acelerado de dos etapas de acuerdo con los parámetros enumerados bajo el encabezado "Condiciones de Envejecimiento" en la Tabla 1 y la Tabla 2. Adicionalmente, dos muestras de cada una de la Aleación 1 y la Aleación 2 se sometieron a procesos de envejecimiento artificiales comparativos para envejecer las Aleaciones a un temple T73 (denominado como "107 °C/6 hr-160 °C/24 hr" en la Tabla 1 y Tabla 2) y un temple T6 (denominado como "125 °C/24 hr" en la Tabla 1 y Tabla 2).

ES 2 978 594 T3

Las propiedades mecánicas de los productos de aleación se evaluaron antes y después de someter los productos a un proceso de horneado de pintura después del proceso de envejecimiento acelerado. El proceso de horneado de pintura incluyó una etapa de calentar el producto de aleación de aluminio laminado a 180 °C y mantener esta temperatura durante 30 minutos. La prueba de tensión de las muestras se llevó a cabo de acuerdo con ASTM E8/EM8 titulado "Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials", (Métodos de Prueba Estándar para Prueba de Tensión de Materiales Metálicos). Específicamente, se midió el límite elástico ("YS"), resistencia última por tensión ("UTS"), alargamiento uniforme ("UE"), y alargamiento total ("TE"). La capacidad de flexión de los productos de aleación se determinó sometiendo los productos de aleación a una prueba de flexión de tres puntos que mide el ángulo β interno de flexión de tres puntos de acuerdo con la prueba VDA 238-100 de Prueba de Flexión de Radio Estrecho. La prueba de conductividad eléctrica ("EC") se llevó a cabo de acuerdo con ASTM E1004, titulado "Standard Test Method for Determining Electrical Conductivity Using the Electromagnetic (Eddy-Current) Method", (Método de Prueba Estándar para Determinar la Conductividad Eléctrica Utilizando el Método Electromagnético (Corriente de Foucault)). Los resultados para la Aleación 1 se muestran a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1

Condiciones de envejecimiento	Temporización de Horneado de Pintura	YS (MPa)	EC (% IACS)	Ángulo β de Flexión de Tres Puntos (°)	UTS (MPa)	UE (%)	TE (%)
110° C/1 hr y después 160° C/6 hr	Antes	509	33,425	137,0	563	9,3	12,1
110° C/1 hr y después 160° C/6 hr	Después	500	33,715		556	9,3	12,7
110° C/1 hr y después 160° C/3 hr	Antes	502	32,775	134,6	561	10,0	13,2
110° C/1 hr y después 160° C/3 hr	Después	495	33,185		553	9,3	12,2
110° C/1 hr y después 160° C/1 hr	Antes	493	31,775	132,5	557	11,2	14,1
110° C/1 hr y después 160° C/1 hr	Después	495	32,85		554	9,9	12,8
110° C/1 hr y después 180° C/2 hr	Antes	506	35,13	133,3	561	8,7	11,2
110° C/1 hr y después 180° C/2 hr	Después	491	35,455		546	7,9	9,9
110° C/1 hr y después 180° C/1 hr	Antes	487	34,305	134,2	548	8,9	11,3
110° C/1 hr y después 180° C/1 hr	Después	487	35,03		546	8,8	11,3
110° C/1 hr y después 200° C/1 hr	Antes	455	37,62	135,0	520	8,6	11,7
110° C/1 hr y después 200° C/1 hr	Después	465	37,865		525	8,3	10,9
125° C/1 hr y después 160° C/6 hr	Antes	499	33,6	133,5	555	9,2	12,3
125° C/1 hr y después 160° C/6 hr	Después	479	33,915		543	8,5	10,9
107° C/6 hr y después 160° C/24 hr	Antes	484	36,95	135,4	540	8,1	11,0
107° C/6 hr y después 160° C/24 hr	Después	481	36,935		537	8,5	11,4
125° C/24 hr	Antes	480	32,155	133,2	544	9,0	11,9
125° C/24 hr	Después	476	32,88		542	9,8	12,5

Los resultados de la prueba de propiedades mecánicas para la Aleación 2 se muestran a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2

Condiciones de envejecimiento	Temporización de Horneado de Pintura	YS (MPa)	EC (% IACS)	Ángulo β de Flexión de Tres Puntos (°)	UTS (MPa)	UE (%)	TE (%)
100° C/1 hr y después 160° C/6 hr	Antes	560	33,92	141,7	586	6,7	9,8
100° C/1 hr y después 160° C/6 hr	Después	542	34,865		573	7,0	10,1
100° C/1 hr y después 160° C/3 hr	Antes	585	33,165	143,9	603	6,3	10,5
100° C/1 hr y después 160° C/3 hr	Después	557	34,5		583	6,8	10,8
100° C/1 hr y después 160° C/1 hr	Antes	584	30,42	140,9	610	7,7	11,5
100° C/1 hr y después 160° C/1 hr	Después	574	32,865		594	6,6	10,2
100° C/1 hr y después 180° C/2 hr	Antes	532	35,64	137,8	565	7,5	11,6
100° C/1 hr y después 180° C/2 hr	Después	510	36,425		550	7,1	10,5
100° C/1 hr y después 180° C/1 hr	Antes	563	34,46	138,8	587	6,8	10,8
100° C/1 hr y después 180° C/1 hr	Después	544	35,18		573	6,9	10,4
100° C/1 hr y después 200° C/1 hr	Antes	449	37,64	134,5	511	8,0	11,6
100° C/1 hr y después 200° C/1 hr	Después	444	38,07		507	7,8	10,9
125° C/1 hr y después 160° C/6 hr	Antes	563	33,55	140,2	589	6,8	10,4
125° C/1 hr y después 160° C/6 hr	Después	535	34,895		568	6,8	9,5
107° C/6 hr y después 160° C/24 hr	Antes	479	37,66	136,2	530	7,6	12,3
107° C/6 hr y después 160° C/24 hr	Después	466	37,885		521	7,7	11,4
125° C/24 hr	Antes	600	30,17	146,5	623	7,4	12,2
125° C/24 hr	Después	562	33,11		586	6,4	9,5

- 5 La Aleación 1 y la Aleación 2, procesadas según el proceso de envejecimiento acelerado descrito en la presente memoria en un temple T7, fueron capaces de lograr los límites elásticos ("YS") y resistencias últimas por tensión ("UTS") comparables y mayores a la Aleación 1 y Aleación 2 en temple T6 (denominado como "125 °C/24 hr" en las Tablas 1 y 2). También, la Aleación 1 y Aleación 2 en el temple T7 demostraron mayores ángulos β de flexión de tres puntos que la Aleación 1 y Aleación 2 en temple T6, lo cual indica una mayor conformabilidad. Las Aleaciones 1 y 2 procesadas utilizando el proceso de envejecimiento acelerado descrito en la presente memoria mostraron conductividades eléctricas ("EC") comparables a la Aleación 1 y Aleación 2 en temple T6.

- 15 Como se muestra en la Tabla 1 y la Tabla 2, las Aleaciones 1 y 2 procesadas según el proceso de envejecimiento acelerado descrito en la presente memoria mantuvieron altos valores de resistencia (incluyendo límite elástico y resistencia última por tensión) antes y después del proceso de horneado de pintura. Sin embargo, la Aleación 2 en temple T6 (denominada como "125 °C/24 hr" en la Tabla 2) demostró una pérdida de límite elástico y una pérdida de resistencia última por tensión de aproximadamente 40 MPa cada una después del horneado de pintura.

Las microestructuras de los productos de aleación se evaluaron antes y después de someter los productos a un proceso de horneado de pintura después del proceso de envejecimiento acelerado descrito anteriormente. La Figura 3 muestra la microestructura de la Aleación 1 en un temple T6. La Figura 4 muestra la microestructura de la Aleación 1 en el temple T7. Como se muestra en la Figura 4, la Aleación 1 exhibió partículas intergranulares que tienen un diámetro circular equivalente más grande después del proceso de horneado de pintura cuando se compara con la Aleación 1 antes del proceso de horneado de pintura como se muestra en la Figura 3. Las partículas intergranulares más grandes indicaron que la Aleación 1 se sobre-envejeció después del proceso de horneado de pintura, por lo tanto, la Aleación 1 logró un temple T7 después del proceso de horneado de pintura.

5

10

Ejemplo 2: Procesos de envejecimiento artificial ejemplares

La Tabla 3 a continuación proporciona procesos de envejecimiento artificiales ejemplares como se describe en la presente memoria.

15

Tabla 3

Primera Etapa de Envejecimiento		Segunda Etapa de Envejecimiento		Tiempo Total de Envejecimiento
Temperatura (°C)	Tiempo	Temperatura (°C)	Tiempo	Tiempo
110	1 hora	160	6 horas	7 horas
110	1 hora	160	3 horas	4 horas
110	1 hora	160	1 hora	2 horas
110	1 hora	180	2 horas	3 horas
110	1 hora	180	1 hora	2 horas
110	1 hora	200	1 hora	2 horas
125	1 hora	160	6 horas	7 horas
50	30 minutos	190	15 minutos (referencia)	45 minutos
70	15 minutos (referencia)	190	15 minutos (referencia)	30 minutos
70	15 minutos (referencia)	170	15 minutos (referencia)	30 minutos
70	30 minutos	170	15 minutos (referencia)	45 minutos
90	30 minutos	190	15 minutos (referencia)	45 minutos

20

Se han descrito diferentes realizaciones de la invención en cumplimiento de los diferentes objetivos de la invención. Se debe reconocer que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Numerosas modificaciones y adaptaciones de las mismas serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la presente invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para procesar un producto de aleación de aluminio laminado en un temple F, que comprende:
 - 5 someter a tratamiento de solubilización un producto de aleación de aluminio laminado en un temple F a una temperatura de tratamiento de solubilización de al menos 400 °C;
 - deformar el producto de aleación de aluminio laminado a una temperatura de 125 °C a 500 °C y
 - 10 templar el producto de aleación de aluminio laminado para producir un producto de aleación de aluminio laminado con temple W, en donde el temple del producto de aleación de aluminio laminado se realiza después de deformar el producto de aleación de aluminio laminado;
 - envejecer naturalmente el producto de aleación de aluminio laminado con temple W que comprende
 - 15 envejecer el producto de aleación de aluminio laminado con temple W a temperatura ambiente durante 1 día hasta 12 meses para producir un producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio; y
 - envejecer artificialmente el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio durante un periodo de tiempo de hasta 8 horas,
 - 20 en donde el envejecimiento artificial del producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio comprende un procedimiento de envejecimiento de múltiples etapas, en donde el procedimiento de envejecimiento de múltiples etapas comprende al menos una primera etapa de envejecimiento y al menos una segunda etapa de envejecimiento,
 - 25 en donde la primera etapa de envejecimiento incluye calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una primera temperatura de envejecimiento y mantener el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a la primera temperatura de envejecimiento durante 30 min a 2 horas, y
 - 30 después de la primera etapa de envejecimiento, se aumenta la temperatura del producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una segunda temperatura de envejecimiento y se mantiene en la segunda temperatura de envejecimiento durante 30 min a 7,5 horas.
- 35 2. El método de la reivindicación 1, en donde la temperatura del tratamiento de solubilización es de al menos 400 °C a 500 °C.
3. El método de la reivindicación 1, en donde el temple del producto de aleación de aluminio laminado comprende enfriar el producto de aleación de aluminio laminado a una tasa de 5 °C/segundo a 1.000 °C/segundo.
- 40 4. El método de las reivindicaciones 1-3, en donde la primera etapa de envejecimiento comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una primera temperatura de envejecimiento de 90 °C a 120 °C.
- 45 5. El método de las reivindicaciones 1-4, en donde la segunda etapa de envejecimiento comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una segunda temperatura de envejecimiento de 140 °C a 220 °C.
- 50 6. El método de la reivindicación 1, en donde la primera etapa de envejecimiento comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una primera temperatura de envejecimiento de 90 °C a 135 °C y mantener la primera temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo; y
- 55 la segunda etapa de envejecimiento comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado envejecido intermedio a una segunda temperatura de envejecimiento de 140 °C a 220 °C y mantener la segunda temperatura de envejecimiento durante un periodo de tiempo,
- 60 en donde el tiempo total de envejecimiento de la primera etapa de envejecimiento y la segunda etapa de envejecimiento es mayor de 5 horas.
7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el producto de aleación de aluminio laminado se prepara a partir de una aleación monolítica, o en donde el producto de aleación de aluminio laminado se prepara a partir de un producto de aleación de aluminio laminado revestido que tiene una capa de núcleo y al menos una capa de revestimiento.
- 65

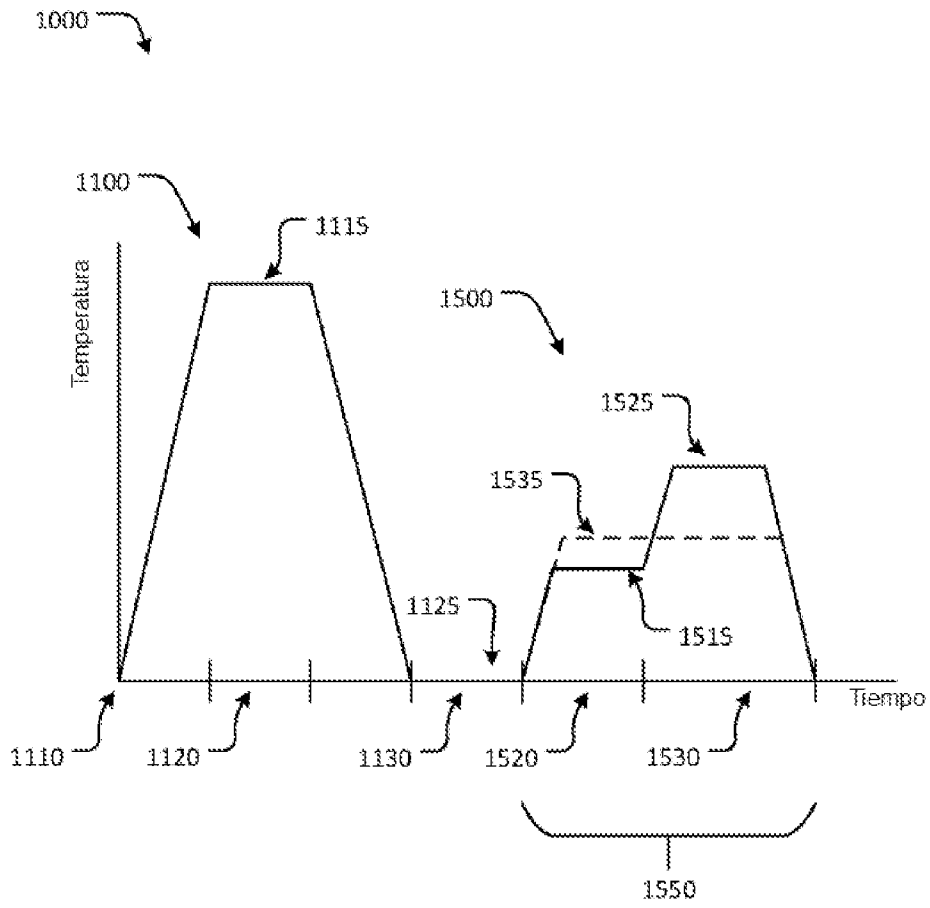


FIGURA 1

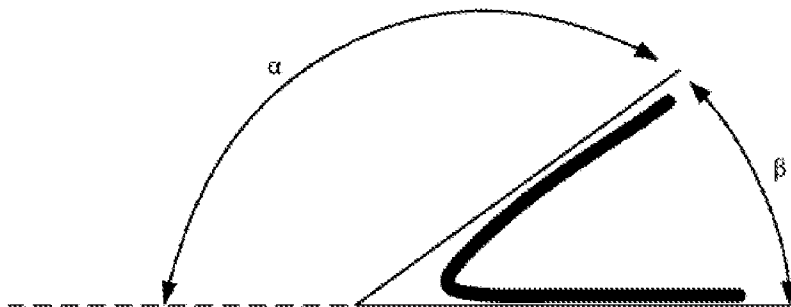


FIGURA 2

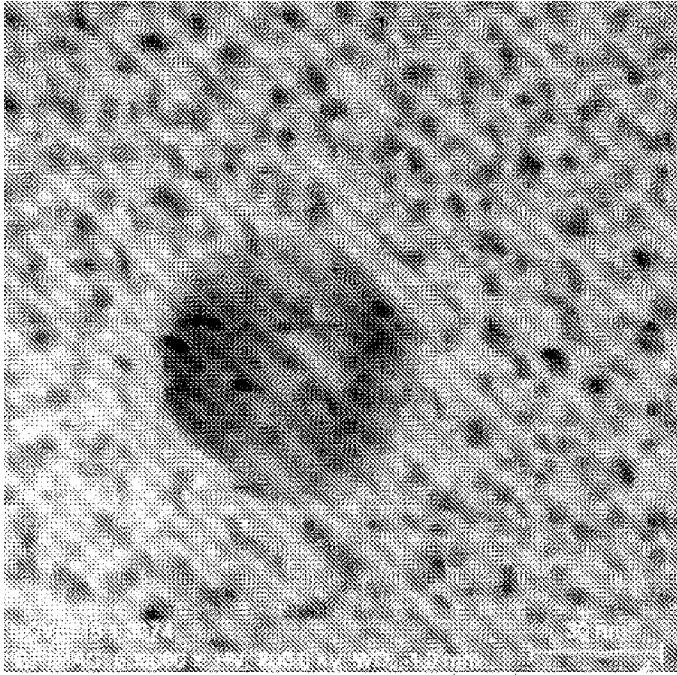


FIGURA 3

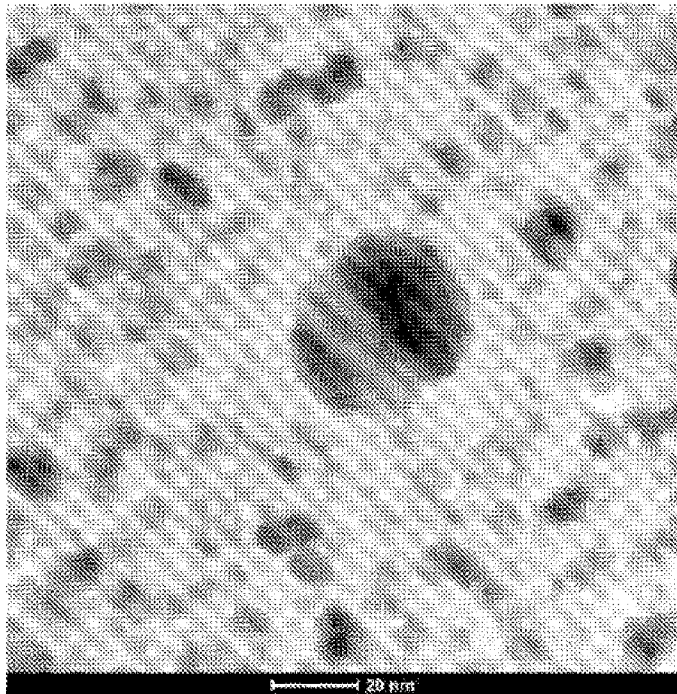


FIGURA 4