

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 814 323**

51 Int. Cl.:

C22C 21/06 (2006.01)

C22C 21/08 (2006.01)

C22F 1/047 (2006.01)

C22F 1/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2015 PCT/US2015/056720**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.05.2016 WO16077044**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2015 E 15791825 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3218528**

54 Título: **Aleaciones de aluminio tratables térmicamente multipropósito y procedimientos y usos relacionados**

30 Prioridad:

11.11.2014 US 201462078027 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.03.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GUPTA, ALOK KUMAR y
CHUC GAMBOA, EDUARDO ADRIAN**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 814 323 T3

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

DESCRIPCIÓN

Aleaciones de aluminio tratables térmicamente multipropósito y procedimientos y usos relacionados

- 5 La presente invención se refiere a los campos de la ciencia de los materiales, la química de los materiales, la metalurgia, las aleaciones de aluminio, la fabricación de aluminio y los campos relacionados.

ANTECEDENTES

- 10 Las aleaciones de aluminio utilizadas para diversas aplicaciones deben alcanzar ciertas propiedades. Por ejemplo, las aleaciones de aluminio se utilizan para la fabricación de paneles internos y externos de maquinaria de transporte. Las aleaciones de aluminio son útiles para esta aplicación debido a una combinación de su peso liviano, lo que conduce a una mayor eficiencia de combustible, resistencia y otras propiedades. Entre otras cosas, las aleaciones de aluminio utilizadas para la fabricación de paneles internos y externos de maquinaria de transporte deben poseer buena conformabilidad, calidad de pintura u otro acabado, resistencia a las abolladuras e inmunidad al envejecimiento natural.
- 15 También es deseable que las aleaciones utilizadas en la fabricación de maquinaria de transporte sean reciclables. Las aleaciones metálicas nuevas y mejoradas con características deseables adecuadas para la fabricación de paneles de maquinaria de transporte pueden ampliar el intervalo de aleaciones disponibles para estas aplicaciones, reducir los costos de materiales, aumentar las tasas de reciclaje de aluminio, disminuir los límites de capacidad en la producción de tales aleaciones y disminuir el impacto ambiental de la producción y el uso del aluminio. La patente japonesa JP 2009148853 describe una lámina de aluminio laminado en frío de las series 5xxx y 6xxx para carrocerías de automóviles.
- 20

RESUMEN

- 25 Los términos "invención", "la invención", "esta invención" y "la presente invención" utilizados en esta solicitud pretenden referirse ampliamente a todo el tema de esta solicitud de patente y las reivindicaciones a continuación. Debe entenderse que las declaraciones que contienen estos términos no limitan la materia descrita en esta solicitud ni limitan el significado o el alcance de las reivindicaciones de la patente a continuación. Las realizaciones cubiertas de la invención están definidas por las reivindicaciones, no por este resumen. Este resumen es una descripción general de alto nivel de varios aspectos de la invención e introduce algunos de los conceptos que se describen con más detalle en la sección Descripción detallada a continuación. Este resumen no pretende identificar las características claves o esenciales de la materia reivindicada, ni se pretende que se utilice aisladamente para limitar el alcance de la materia reivindicada. La materia debe entenderse por referencia a las porciones apropiadas de la especificación completa, cualquiera o todos los dibujos y cada reivindicación.
- 30
- 35

- La presente invención proporciona aleaciones de aluminio tratables térmicamente mejoradas que contienen mayores cantidades de Mg que las consideradas convencionalmente adecuadas para el tratamiento térmico y pueden exhibir endurecimiento por envejecimiento si se disuelven en líneas de tratamiento térmico en solución continua. Las aleaciones de aluminio mejoradas proporcionadas en esta solicitud pueden producirse como aleaciones de lámina y pueden ser más adecuadas para procedimientos de reciclaje que las aleaciones convencionales. Algunas realizaciones de la presente invención son aleaciones de aluminio mejoradas adecuadas para la fabricación de paneles de maquinaria de transporte y automoción. Algunas otras realizaciones de la presente invención son nuevos usos y aplicaciones innovadores de las aleaciones de aluminio, procedimientos innovadores mejorados para elaborar, fabricar o manufacturar aleaciones de aluminio, procedimientos para fabricar formas, objetos y piezas de aleaciones de aluminio, tales como formas de láminas estampadas, paneles para maquinaria de transporte. Objetos de aleación de aluminio, piezas y formas fabricadas a partir de aleaciones de aluminio mejoradas y/o según los procedimientos innovadores proporcionados en esta solicitud también se proporcionan entre las realizaciones de la presente invención.
- 40
- 45

- 50 Una realización de la presente invención proporcionada en esta solicitud es una aleación de aluminio según la reivindicación 1 producida por un procedimiento que comprende tratamiento térmico. El procedimiento de tratamiento térmico puede comprender temple T4. La aleación de aluminio puede ser una aleación de aluminio en láminas. Otra realización de la presente invención proporcionada en esta solicitud es una forma de lámina estampada fabricada a partir de la aleación de aluminio de lámina anterior. La forma de lámina estampada puede ser un panel automotriz.
- 55 Una realización de la presente invención proporcionada en esta solicitud es un procedimiento según la reivindicación 7 para fabricar una aleación de aluminio que comprende tratamiento térmico. El procedimiento comprende temple T4. La aleación de aluminio en láminas resultante puede exhibir endurecimiento por envejecimiento. Una realización más de la presente invención descrita en esta solicitud es un procedimiento para fabricar una forma de lámina estampada, que comprende estampar las aleaciones de aluminio de láminas anteriores. La forma de lámina estampada puede ser un panel automotriz.
- 60

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

- 5 La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra las etapas del procedimiento utilizadas para producir aleaciones de aluminio en láminas.
- La figura 2 es una ilustración esquemática de varios estampados de láminas utilizados en la producción de automóviles.
- 10 La figura 3 es un gráfico de barras que muestra las propiedades de tracción DIN de una aleación en temple O y horneado de pintura.
- La figura 4 es un gráfico de barras que muestra las propiedades de tracción de una aleación en el T4, 2 % de estiramiento y 2 % de estiramiento seguido de 20 min a 185 °C.
- 15 La figura 5 es un gráfico de barras que muestra las propiedades de tracción de una aleación en el temple T4 y después una simulación de horneado de pintura (60 min a 180 °C).
- 20 La figura 6 es un gráfico de líneas que ilustra el endurecimiento por envejecimiento de la aleación AA5251-T4.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- En esta descripción, se hace referencia a las aleaciones identificadas por números AA y otras designaciones relacionadas, como "series". Para una comprensión del sistema de designación de números más comúnmente utilizado para nombrar e identificar el aluminio y sus aleaciones, consulte "International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys", publicado por The Aluminum Association. Las aleaciones de aluminio de la serie 6xxx, como AA6111, AA6016 y AA6022, se utilizan típicamente para producir paneles de revestimiento exterior de automóviles.
- 30 En términos generales, las aleaciones de la serie 6xxx contienen niveles relativamente altos de Si y niveles bajos de Mg, son tratables térmicamente y exhiben endurecimiento por envejecimiento, lo que confiere a estas aleaciones los parámetros de resistencia adecuados para la fabricación de paneles externos para maquinaria de transporte, como automóviles. Las aleaciones de aluminio de la serie 5xxx en temple O, como AA5182-O o AA5754-O, a menudo se prefieren para la fabricación de paneles internos en la industria automotriz y relacionadas debido a sus propiedades
- 35 de conformabilidad. Las aleaciones de aluminio de la serie 5xxx tienen muy poca tolerancia para retener Si en solución sólida. Si se agrega Si a las aleaciones de aluminio de la serie 5xxx, tiende a combinarse con Mg para formar partículas gruesas de Mg₂Si durante la fundición. Estas partículas son difíciles de disolver para producir una solución sólida supersaturada de Mg y Si durante la disolución y el enfriamiento rápido en las líneas de recocido continuo. Por esta razón, las aleaciones de aluminio de la serie 5xxx contienen niveles de Si relativamente bajos y niveles de Mg
- 40 relativamente altos, y se consideran no tratables térmicamente debido a su alto contenido de Mg. La presencia de Mg₂Si grueso es potencialmente perjudicial para la conformabilidad.
- Actualmente, las aleaciones de aluminio 6xxx y 5xxx no se pueden combinar y reciclar fácilmente para la fabricación de paneles automotrices y relacionados, porque las aleaciones de aluminio recicladas resultantes pueden contener
- 45 niveles indeseablemente altos de ambos Si (en comparación con las aleaciones de aluminio de la serie 5xxx) y Mg (en comparación con las aleaciones de la serie 6xxx), y por lo tanto no son adecuadas para el tratamiento térmico, debido a los altos niveles de Mg, ni poseen la conformabilidad de las aleaciones de la serie 5xxx, debido a una combinación de niveles relativamente altos de Si y Mg. Además, la presencia de otros metales, como Cu, Mn, Fe o Zn, o combinaciones de los mismos, presentes en las aleaciones recicladas de la combinación de aleaciones 5xxx y
- 50 6xxx puede conducir a propiedades indeseables de las aleaciones de aluminio recicladas. Por ejemplo, una combinación indeseable de propiedades puede hacer que una aleación de aluminio reciclada resulte inadecuada para la fabricación de paneles internos o externos para maquinaria de transporte.
- Los inventores descubrieron que las aleaciones que contienen niveles relativamente altos de Mg, como $\geq 1,5$ % de Mg,
- 55 son tratables térmicamente y exhiben endurecimiento por envejecimiento, si son apropiadas las cantidades de Si y/o hay Cu presente en tal aleación. Esta propiedad hace que las aleaciones de aluminio con un contenido de magnesio relativamente alto, en comparación con las aleaciones tradicionales 6xxx, sean inesperada y ventajosamente adecuadas para aplicaciones donde es deseable el endurecimiento por envejecimiento. Por ejemplo, los inventores descubrieron que algunas aleaciones de aluminio que contienen mayores cantidades de Mg de lo que
- 60 convencionalmente se considera adecuado para el tratamiento térmico, pero menores cantidades de Mg y mayores

cantidades de Si en comparación con las aleaciones de aluminio de la serie 5xxx utilizadas tradicionalmente para la fabricación de paneles interiores de automóviles, como las aleaciones AA5754 o AA5182, pueden presentar endurecimiento por envejecimiento si se disuelven en líneas de tratamiento térmico de solución continua.

5 Los descubrimientos de los inventores están incorporados en las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud. Las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud pueden producirse como láminas, en cuyo caso pueden denominarse "aleaciones de aluminio en láminas", "láminas de aluminio", "aleaciones en láminas" u otros términos relacionados, en singular o plural. El término "aleación de aluminio" y términos similares utilizados en esta solicitud tienen un alcance más amplio que "aleación de aluminio en láminas" y términos similares. En otras palabras,
10 las aleaciones de aluminio en láminas son un subconjunto de aleaciones de aluminio. Las aleaciones de aluminio en láminas pueden poseer la misma composición o una composición similar, pero, en algunos casos, diferentes propiedades que la misma aleación que no está en forma de lámina. Algunas de estas propiedades pueden ser conferidas por los procedimientos de manufactura o fabricación utilizados en la producción de aleaciones de aluminio en láminas.

15 Las aleaciones de aluminio mejoradas que incorporan los descubrimientos de los solicitantes muestran un endurecimiento por envejecimiento similar al de las aleaciones de la serie 6xxx. También pueden exhibir propiedades de conformabilidad similares a las de las aleaciones de aluminio de la serie 5xxx. Las aleaciones de aluminio mejoradas son tratables térmicamente. Las aleaciones de aluminio mejoradas pueden ser adecuadas para la
20 fabricación de paneles de automoción y otras maquinarias de transporte, y, más en general, en las aplicaciones donde tradicionalmente se usan aleaciones de alto contenido de Mg de la serie 5xxx. Un mayor contenido de Si y/o Cu en las aleaciones de aluminio mejoradas según algunas realizaciones de la presente invención es beneficioso en las aplicaciones donde es deseable el endurecimiento por envejecimiento, porque Si y/o Cu puede conferir endurecimiento a las aleaciones disueltas debido a la precipitación de partículas de Mg_2Si y Al_2CuMg durante el envejecimiento natural
25 o artificial. Además de Si y/o Cu, algunos otros elementos pueden estar presentes en las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud en cantidades mayores que en algunas aleaciones de aluminio de la serie 5xxx usadas convencionalmente para la fabricación de paneles automotrices. La presencia de tales elementos puede conferir propiedades ventajosas a las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud. Por ejemplo, el aumento de los niveles de Mn puede promover la formación de dispersoides, lo que puede ayudar a dispersar el
30 deslizamiento, mejorando así la conformabilidad. Los inventores también descubrieron que las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud son más adecuadas para procedimientos de reciclaje que las aleaciones convencionales, porque las aleaciones de aluminio mejoradas son tolerantes a cantidades relativamente más altas de Si, Cu, Fe o Mn, en comparación con las aleaciones de aluminio de la serie 5xxx utilizadas convencionalmente para fabricación de paneles automotrices, como las aleaciones AA5754 y AA5182. En consecuencia, los procedimientos
35 de reciclaje mejorados representan algunos de los descubrimientos de los inventores.

Además de las aleaciones de aluminio mejoradas, los descubrimientos de los inventores están representados en nuevos usos y aplicaciones innovadores de las aleaciones de aluminio, en procedimientos innovadores mejorados para elaborar, fabricar o manufacturar aleaciones de aluminio, en los procedimientos de fabricación de formas, objetos
40 y piezas de aleaciones de aluminio tales como formas de lámina estampadas, los paneles para la industria del transporte. Objetos de aleación de aluminio, piezas y formas fabricados a partir de aleaciones de aluminio mejoradas y/o según los procedimientos innovadores proporcionados en esta solicitud también representan las realizaciones de los inventores.

45 Aleaciones

Las aleaciones de aluminio mejoradas según las realizaciones de la presente invención difieren de las aleaciones convencionales utilizadas en aplicaciones automotrices en que contienen niveles más altos de uno o más de Si, Cu, Fe, Mn o Zn y niveles más bajos de Mg, que en al menos algunas de las aleaciones de la serie 5xxx y/o niveles más
50 altos de Mg que al menos algunas aleaciones de la serie 6xxx. La composición de las aleaciones de aluminio mejoradas se ilustra en la tabla 1, a continuación. El contenido del elemento enumerado puede caer dentro de los intervalos delimitados por un límite de intervalo inferior y un límite de intervalo superior que se muestra en la tabla 1. Un límite de intervalo inferior se puede delinear con expresiones "igual o mayor que" (signo \geq) o "más que" (signo $>$) u otros signos y expresiones relacionados, como "de ...", "más alto que", etc. Los límites de un intervalo superior
55 pueden delinearse con expresiones "igual o menor que" (signo \leq), "menor que" (signo $<$) u otros signos y expresiones relacionados, como "a", "menor que" etc. También se pueden utilizar otros tipos de expresiones para delinear los intervalos, como "entre", "en el intervalo de" etc. Cuando un intervalo está delineado solo por el límite superior del intervalo, debe entenderse que, en algunos ejemplos, un elemento en cuestión puede no estar presente, puede no estar presente en cantidades detectables o puede estar presente en cantidades tan bajas que convencionalmente no
60 se reconozcan como significativas en el campo de las aleaciones de aluminio.

Tabla 1. Composición de aleaciones de aluminio mejoradas (contenido del elemento en % en peso)

Elemento	Ejemplos de límite de intervalo inferior	Ejemplos de límite de intervalo superior	Ejemplos de intervalo		
			Intervalo 1	Intervalo 2	Intervalo 3
Mg	1,5; 1,55; 1,6; 1,61; 1,62; 1,63; 1,64; 1,65	1,8; 1,85; 1,9	1,6 a 2.	1,65 a 1,9.	
Cu		0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5; 0,55; 0,6; 0,65; 0,7; 0,75; 0,8	≤0,8	≤0,5	≤0,3
Fe		0,35; 0,4; 0,45; 0,5	≤0,5	≤0,4	≤0,35
Mn		0,4	≤0,4		
Si	0,2	0,4	0,2 al 0,4.		
Zn		0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5.	≤0,5	≤0,3	≤0,25
Cr			≤0,25	≤0,20	≤0,15

5

Tabla 2. Composición ejemplar de las aleaciones convencionales de la serie 5xxx utilizadas en aplicaciones automotrices (el contenido del elemento se expresa en % en peso)

ELEMENTO	AA5182	AA5754
Mg	4 al 5.	2,6 a 3,6.
Cu	≤0,15	≤0,10
Fe	≤0,35	≤0,40
Mn	0,2 al 0,5.	≤0,50
Cr	≤0,10	≤0,30
Si	≤0,20	≤0,40
Zn	≤0,20	≤0,20

10

Propiedades y ventajas

Las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud, incluidas las aleaciones de aluminio en láminas, poseen una o más propiedades que las hacen adecuadas para el uso en aplicaciones automotrices, como la fabricación de paneles automotrices o, más en general, paneles para varios tipos de transporte. maquinaria, o, incluso más en general, formas de láminas estampadas. Algunas de estas propiedades son la conformabilidad, el límite elástico y el endurecimiento por envejecimiento. Las aleaciones de aluminio mejoradas también poseen una ventajosa compatibilidad de reciclaje con las aleaciones de aluminio de la serie 6xxx, como AA6111, AA6022 o AA6016. La expresión "compatibilidad de reciclaje" y los términos relacionados se usan en esta solicitud para describir una noción de que las aleaciones de aluminio mejoradas según algunas realizaciones de la presente invención se pueden combinar con aleaciones de la serie 6xxx (y, opcionalmente, otras aleaciones o elementos) durante los procedimientos metalúrgicos para fabricar aleaciones de aluminio comercial y tecnológicamente útiles, que pueden caracterizarse como "recicladas".

25 Conformabilidad y respuesta de horneado de pintura

Las propiedades de conformabilidad de las aleaciones de aluminio descritas en esta solicitud pueden verse influenciadas por una serie de variables. Las propiedades de conformabilidad incluyen, pero no se limitan a, capacidad

de embutibilidad y estiramiento profundo. Una variable que afecta las propiedades de conformabilidad es la composición de una aleación de aluminio. Por ejemplo, la conformabilidad, incluida la capacidad de fundición, está influenciada por las cantidades de Mg, Cu y Si en una aleación de aluminio. Altas cantidades combinadas de Mg, Si y/o Cu generalmente hacen que sea más difícil fundir y laminar en caliente una aleación de aluminio. En consecuencia, el contenido de uno o más de estos elementos se puede variar para alcanzar las propiedades de conformabilidad deseadas. Otras variables que pueden afectar la conformabilidad son las variaciones y condiciones del procedimiento de fabricación, tales como, entre otras, las etapas y las condiciones del procesamiento de la lámina de aluminio, las etapas y las condiciones del procedimiento de texturizado de la superficie, y las etapas y las condiciones del procedimiento de lubricación. Una o más de las variables anteriores se pueden ajustar para lograr las propiedades de conformabilidad deseadas. Otra propiedad importante que puede variar según una o más de las variables analizadas anteriormente es la respuesta de horneado de pintura de una aleación de aluminio, que se refiere al cambio de resistencia durante el procedimiento de curado de la pintura. La respuesta de horneado de pintura generalmente se prueba en el laboratorio envejeciendo el material deformado o no deformado en el temple T4 a temperatura elevada. Las condiciones exactas de simulación determinan que la respuesta de horneado de pintura varía de una compañía de automóviles a otra. Por ejemplo, la respuesta de horneado de pintura se puede definir como un cambio en la resistencia al envejecer una aleación de aluminio a 180 °C.

Resistencia

Las aleaciones de aluminio mejoradas según las realizaciones de la presente invención pueden exhibir un límite elástico de 80 a 160 MPa (YS), que puede ser similar o equivalente al de AA5754 o AA5182 en una típica pieza terminada y pintada requerida para aplicaciones automotrices. En algunas realizaciones, la resistencia de una aleación de aluminio mejorada está influenciada por el aumento de una cantidad de Cu en la aleación de aluminio, en comparación con el contenido de Cu de las aleaciones usadas convencionalmente para la fabricación de paneles para automóviles y otra maquinaria de transporte.

Dureza

Ciertas realizaciones de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud son tratables térmicamente y exhiben endurecimiento relacionado con la edad, mientras que exhiben conformabilidad comparable a las aleaciones de aluminio 5xxx típicas usadas convencionalmente en aplicaciones automotrices. Anteriormente, no se sabía que las aleaciones de aluminio 5xxx eran tratables térmicamente o exhibían endurecimiento relacionado con la edad tras el tratamiento térmico. Las aleaciones de aluminio mejoradas según algunas realizaciones de la presente invención contienen niveles más altos de Mg que las aleaciones de aluminio reconocidas convencionalmente como tratables térmicamente. Algunos ejemplos de las aleaciones de aluminio mejoradas de la presente invención contienen $\geq 1,5$ % de Mg y son tratables térmicamente. La presencia de cantidades apropiadas de Si y/o Cu confiere tratabilidad térmica y propiedades de endurecimiento por envejecimiento en una aleación de aluminio mejorada que contiene $\geq 1,5$ % de Mg. Esto permite que algunas aleaciones de aluminio mejoradas según las realizaciones de la presente invención logren una combinación inesperadamente ventajosa de conformabilidad (conferida por niveles de Mg más altos que los presentes convencionalmente en aleaciones tratables térmicamente) y endurecimiento por envejecimiento con tratamiento térmico tal como temple T4 (conferido por niveles de Si más altos que los convencionalmente presentes en las aleaciones de la serie 5xxx).

En comparación con algunas de las aleaciones de aluminio 5xxx, como las empleadas convencionalmente para la fabricación de paneles internos de automóviles, en algunas realizaciones, las aleaciones de aluminio mejoradas de la presente invención contienen una cantidad reducida de Mg. Los niveles reducidos de Mg pueden dar como resultado un menor costo de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud, así como también menores costos de las formas de los objetos que se fabrican a partir de tales aleaciones, ya que se requiere menos Mg para la producción. Los niveles reducidos de Mg en las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud también pueden dar como resultado una solubilidad mejorada de Si en aluminio durante la disolución, lo que afecta ventajosamente las propiedades de las aleaciones. Tanto el Si como el Cu son capaces de mejorar el endurecimiento de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud debido a la precipitación de partículas que contienen Mg_2Si y Al_2CuMg o Q ($AlMgSiCu$) durante el envejecimiento.

Reciclabilidad

Las aleaciones de aluminio mejoradas de esta invención poseen una tolerancia a mayores cantidades de Si que las aleaciones convencionales de la serie 5xxx utilizadas para la fabricación de paneles automotrices. Esta mayor tolerancia al Si y/o la capacidad de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud para exhibir una respuesta de horneado de pintura las hace adecuadas y compatibles con las aleaciones 6xxx para reciclaje.

En resumen, las aleaciones de aluminio mejoradas de la presente invención tienen una combinación ventajosa de propiedades que permite que se utilicen estas aleaciones mejoradas en lugar de aleaciones de aluminio con alto contenido de Mg convencionales para diversas aplicaciones. Las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud pueden ampliar la gama de aleaciones disponibles para una variedad de aplicaciones, una de las cuales es la fabricación de formas de láminas estampadas, como paneles para automóviles y otra maquinaria de transporte, aumentar las tasas de reciclaje de aluminio, reducir los costos de la fabricación de aleaciones de aluminio y disminuir el impacto ambiental de la producción de aluminio.

10 Procedimientos de fabricación

Los procedimientos para elaborar o fabricar las aleaciones de aluminio mejoradas también se incluyen dentro del alcance de la presente invención. El aluminio mejorado descrito en esta solicitud puede fabricarse mediante los procedimientos que incluyen al menos algunas de las etapas tecnológicas que se describen a continuación. Al menos algunas de estas etapas tecnológicas pueden conferir propiedades ventajosas a las aleaciones de aluminio mejoradas. Por lo tanto, es importante, en algunos casos, incluir etapas de procedimiento al describir las aleaciones de aluminio mejoradas. Por ejemplo, una realización ejemplar de una aleación de aluminio mejorada descrita en esta solicitud es la aleación AA5251. Antes del descubrimiento de los inventores, no se sabía que la aleación AA5251, que contiene >1,5 % Mg, era adecuada para el tratamiento térmico y exhibía endurecimiento por envejecimiento, cuando en el temple T4. Por consiguiente, una realización ejemplar de aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud es la aleación AA5251 en temple T4, que puede denominarse AA5251-T4.

Los procedimientos de elaboración o fabricación de las aleaciones de aluminio mejoradas pueden implicar tratamiento térmico para alterar las propiedades físicas y/o químicas de las aleaciones de aluminio mejoradas. Los tratamientos térmicos involucran el uso de calentamiento y/o enfriamiento, de una aleación de aluminio para lograr el resultado deseado, como el endurecimiento. Una realización de los procedimientos descritos en esta solicitud emplea temple T4 o T4P, que involucra tratamiento térmico con solución y el envejecimiento natural de una aleación de aluminio a una condición sustancialmente estable. El temple T4P se refiere al tratamiento con calor térmico especial incluido después de la disolución. Este tratamiento puede implementarse mediante enfriamiento controlado desde la temperatura de disolución o recalentando a una temperatura que oscila entre 50 y 110 °C en una hora de disolución. En algunas otras realizaciones, también se pueden usar los temples T6 y T8.

Debe entenderse que las descripciones e ilustraciones de los procedimientos descritos en esta solicitud no son limitantes. El procedimiento de la invención es definido por las reivindicaciones 7 a 11.

Un procedimiento ejemplar se ilustra esquemáticamente en la figura 1. Debe entenderse que una o más de las etapas del procedimiento ilustradas en la figura 1 pueden incorporarse en los procedimientos para hacer aleaciones de aluminio mejoradas.

En este párrafo, se describe otro ejemplo de un procedimiento que incorpora una o más de las etapas que pueden combinarse de varias maneras y emplearse adecuadamente para fabricar las aleaciones de aluminio mejoradas. Se produce una aleación de aluminio en láminas mejorada a partir de un lingote enfriado directamente (DC, por sus siglas en inglés). Sin embargo, el material laminado en caliente también se puede producir a partir de una placa de fundición continua. Los lingotes de fundición de DC se escalpan para eliminar la capa de segregación de la superficie cercana en ambos lados del lingote y se homogeneizan a una temperatura de entre 500 y 575 °C durante periodos de tiempo de 1 a 48 horas antes de someterlos a laminación en caliente y en frío al espesor final. La aleación de aluminio en láminas mejorada también puede someterse a texturización especial de superficies, tales como, entre otras, texturización por electrodscarga, para mejorar la conformabilidad de la lámina final. La tira laminada en frío se disuelve calentando a >3 °C/s en una línea de recocido continuo a una temperatura de entre 500 y 575 °C, seguido de enfriamiento rápido y envejecimiento natural para producir láminas en el temple T4. El tratamiento térmico con solución puede redissolver partículas solubles, como Mg₂Si u otras partículas de nuevo en la matriz, dependiendo de la composición de la aleación. El enfriamiento rápido se utiliza para producir una solución sólida supersaturada, tanto en términos de solutos como de vacantes en exceso. El enfriamiento rápido de la temperatura de disolución puede llevarse a cabo en aire forzado, agua nebulizada o combinación de agua nebulizada y aire forzado. El enrollamiento se realiza a una temperatura de entre 50 y 110 °C, seguido del enfriamiento de la lámina enrollada a una velocidad ≤10 °C/hora. La lámina enrollada se puede recalentar en forma de tira para asegurar la temperatura de enrollamiento entre 50 y 110 °C. Es posible someter la aleación de lámina disuelta a una limpieza ácida o alcalina, seguida de un tratamiento previo con productos químicos y lubricantes especiales, aceites o ceras antes de enrollar a una temperatura entre 50 y 110 °C. La lámina enrollada puede blanquearse y utilizarse para estampar paneles internos, como los ilustrados en la figura 2.

En este párrafo, se describe aun otro ejemplo de un procedimiento que incorpora una o más de las etapas que pueden combinarse de varias maneras y emplearse adecuadamente para fabricar las aleaciones de aluminio mejoradas. Un lingote de aleación de fundición enfriada directamente se homogeneiza a más de 500 °C durante ≥ 2 horas, se lamina en caliente a un espesor intermedio con una temperatura de enrollamiento de entre 280 a 400 °C, se lamina en frío al espesor final en una o más pasadas con laminador o textura acabada optimizada y disuelta en forma de tira a temperaturas superiores a 480 °C en una línea de recocido continuo, se enfría rápidamente y se enrolla a entre 50 °C y 120 °C. La etapa de enrollamiento en caliente es opcional y se utiliza para mejorar la respuesta al horneado de pintura de la aleación. En algunas situaciones, la lámina enrollada disuelta también se puede limpiar, pretratar y lubricar antes del estampado.

El siguiente análisis se incluye para ilustrar las propiedades ventajosas que las etapas del procedimiento de fabricación pueden conferir a las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud. Tradicionalmente, las aleaciones AA5754 o AA5182 se suministran para la fabricación de paneles automotrices en el temple O blando, de modo que se pueda formar una pieza a partir de estas aleaciones y luego someterlas a la operación de curado de pintura. AA5754 o AA5182 en el temple O exhiben ablandamiento debido a la recuperación durante el horneado de la pintura. Las aleaciones de aluminio mejoradas según algunas realizaciones de la presente invención no están sujetas a dicho ablandamiento o no están sujetas al mismo grado que AA5754 o AA5182 en temple O. Las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud pueden mantener una resistencia más cercana a AA5754 y AA5182 después de la formación y el curado de la pintura. Por ejemplo, las propiedades de resistencia en la parte final fabricada a partir de las aleaciones de aluminio mejoradas de la presente invención pueden ser similares o equivalentes a la aleación AA5754.

Usos y aplicaciones

Los usos y aplicaciones de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud se incluyen dentro del alcance de la presente invención, al igual que los objetos, formas, aparatos y cosas similares fabricados a partir de las aleaciones mejoradas descritas en esta solicitud o que las contienen. Los procedimientos para fabricar, producir o manufacturar tales objetos, formas, aparatos y cosas similares también se incluyen dentro del alcance de la presente invención. Por ejemplo, algunas realizaciones de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud son adecuadas para la fabricación de paneles automotrices. Por lo tanto, varios paneles automotrices, que incluyen paneles automotrices internos y externos, se incluyen dentro del alcance de la presente invención. Se describen, por ejemplo, en la publicación de patente de Estados Unidos núm. 2010/0279143, y también se ilustran en la figura 2.

Debe entenderse, sin embargo, que los usos y aplicaciones de las aleaciones y objetos de aluminio mejorados manufacturados a partir de tales aleaciones no se limitan a los paneles de automóviles. Se pueden fabricar adecuadamente otros objetos a partir de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud. Un ejemplo son los paneles generalmente incorporados en varios vehículos de transporte y otra maquinaria en movimiento, que pueden denominarse "paneles de transporte" o "paneles de maquinaria". Por ejemplo, los paneles utilizados para camiones de transporte se pueden manufacturar ventajosamente a partir de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud. Los camiones de transporte con cabinas de aluminio se producen tradicionalmente a partir de la aleación AA5052. Esta aleación tiene una tendencia a exhibir bandas de estiramiento o alargamiento del punto de cedencia durante el conformado, lo que causa una apariencia superficial objetable. Las aleaciones de aluminio mejoradas según algunas realizaciones de la presente invención no exhiben alargamiento del punto de cedencia y pueden utilizarse para reemplazar ventajosamente la aleación AA5052 para la manufactura de paneles utilizados en camiones de transporte.

Más generalmente, algunas realizaciones de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud, en comparación con las aleaciones 5xxx convencionales, muestran menos tendencia a mostrar bandas de Lüders, también conocidas como "bandas de deslizamiento" o "marcas de deformación por estiramiento", que son bandas localizadas de deformación plástica en metales que experimentan tensiones de tracción. En consecuencia, las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud pueden emplearse ventajosamente en la manufactura de piezas u objetos en los que las bandas de Lüders son objetables, tales como paneles externos para automóviles y otros vehículos de transporte y maquinaria en movimiento.

Algunas realizaciones de las aleaciones descritas en esta solicitud son adecuadas para aplicaciones electrónicas complejas. Un ejemplo de tal aplicación son los marcos de TV de aluminio. De manera más general, se incluyen dentro del alcance de las realizaciones de la presente invención diversos estampados de láminas, formas de láminas estampadas, paneles estampados u objetos relacionados fabricados a partir de las aleaciones de aluminio mejoradas descritas en esta solicitud.

Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar adicionalmente la presente invención. Durante los estudios descritos en los siguientes ejemplos, se siguieron procedimientos convencionales, a menos que se indique de otra forma.

5 Ejemplo 1

Prueba de las propiedades de tracción de la aleación AA5251 en temple O

Un lingote de aluminio que contenía 1,85 % de Mg, 0,3 % de Fe, 0,28 % de Mn y 0,29 % de Si se homogeneizó a 540°C durante >5 horas, se laminó en caliente a un espesor de 3,2 mm, se laminó en frío a un espesor final de 1,3 mm y se recoció por lotes durante 1 hora a 340 °C para obtener temple O. Las propiedades de tracción transversal de las láminas recocidas se determinaron usando muestras DIN. La figura 3 muestra las propiedades de tracción DIN de la aleación tanto en O como en horneado de pintura (5 % de estiramiento más 20 min a 185 °C). La aleación exhibió 70 MPa de límite elástico (YS), 164 MPa de resistencia máxima a la tracción (UTS) y 23 % de alargamiento total en el temple O y no mostró endurecimiento después de envejecimiento durante 20 minutos a 185 °C. El mayor YS en el temple de la cocción de la pintura (5 % de estiramiento más 20 minutos a 185 °C) es el resultado neto del endurecimiento del trabajo debido al estiramiento y la recuperación debido al envejecimiento.

Ejemplo 2

20

El efecto de la solución sobre las propiedades de tracción de la aleación de aluminio AA5251

Este ejemplo muestra los efectos de la disolución sobre las propiedades de tracción de una aleación de aluminio. Un lingote de aluminio que contenía 1,85 % de Mg, 0,3 % de Fe, 0,28 % de Mn y 0,29 % de Si se homogeneizó a 540°C durante >5 horas, se laminó en caliente a un espesor de 3,2 mm y se laminó en frío a un espesor final de 1,3 mm. Las láminas de espesor de 1,3 mm laminadas en frío se disolvieron durante 2 min a 560°C, se enfriaron e inmediatamente se preenvejecieron durante 8 h a 85°C. Las propiedades transversales ASTM de la aleación disuelta se determinaron después de 24 horas de envejecimiento natural. La figura 4 muestra propiedades de tracción comparativas de la aleación en el temple T4, 2 % de estiramiento y 2 % de estiramiento más 20 min a temples a 185 °C. La aleación de aluminio en el temple T4 fue más fuerte en comparación con su contraparte de temple O, como lo ilustra la comparación de las figuras 3 y 4. La aleación de aluminio en el temple T4 exhibió un aumento significativo en YS debido a 2 % de estiramiento y después de someter la muestra de estiramiento a envejecimiento a 185 °C durante 20 min. Las propiedades de tracción de la aleación de aluminio en el temple T4 estaban cerca de la aleación AA5754 convencional. El límite elástico de la aleación de aluminio era cercano a la resistencia esperada de la aleación AA5182 o AA5754, después de someterla a un tratamiento de horneado de pintura similar.

Ejemplo 3

40 El papel de la adición de Cu a una aleación

Un lingote de aluminio que contenía 1,75 % de Mg, 0,78 % de Cu, 0,23 % de Fe, 0,11 % de Mn y 0,38 % de Si se homogeneizó a 560 °C durante >18 horas, a continuación se laminó en caliente y se laminó en frío al espesor final de 1,6 mm y se disolvió en una línea de recocido continuo a 540°C, se enfrió y se preenvejeció. Las propiedades de tracción transversal de las láminas recocidas de espesor 1,6 mm se determinaron utilizando muestras ASTM.

45

La figura 5 muestra las propiedades de tracción de la aleación tanto en T4 como en horneado de pintura (60 min a 180°C). Esta aleación, que contiene niveles más altos de cobre que la aleación AA5251 analizada en los ejemplos 1 y 2, fue significativamente más fuerte en comparación con la aleación AA5251. La aleación probada en este ejemplo exhibió YS 143 MPa, UTS 284 MPa y un 28 % de alargamiento total en el temple T4, y mostró un endurecimiento significativo después del envejecimiento durante 60 minutos a 180 °C debido a la precipitación de partículas de CuMgAl₂ y Mg₂Si.

Ejemplo 4

55 Pruebas comparativas de AA5754 en temple O y AA5251 en temples O y T

Los lingotes de aluminio de la aleación de AA5754 y AA5251 que tiene la composición que se muestra en la tabla 3 se homogeneizó a 540 °C durante >5 horas, se laminó en caliente y se laminó en frío a los espesores finales de 1 y 1,3 mm, respectivamente, en ensayos independientes. Las láminas enrolladas de AA5754 y AA5251 se disolvieron en la línea de recocido continuo a 500 y 560 °C, respectivamente.

60

ES 2 814 323 T3

Los resultados de la prueba de tracción de las láminas enrolladas de prueba se muestran en la tabla 4. Se puede ver que el límite elástico y la resistencia a la tracción final de la lámina de AA5754 convencional en temple O a 0 °, 45 ° y 90 ° con respecto a la dirección de laminado está cerca de 100 MPa y dentro del intervalo de 219 a 231 MPa, respectivamente. La aleación AA5251 en temple O exhibe valores más bajos en comparación con la AA5754, excepto por el valor del exponente de endurecimiento por deformación (n). La aleación AA5251 en temple T presenta una mejora significativa en las propiedades de resistencia, como el límite elástico y la resistencia a la tracción final, en comparación con la aleación AA5251 de temple O. En términos de resistencia, la aleación de temple AA5251 T está entre el temple AA5754 y AA5251-O. La aleación de temple AA5251 T exhibe una respuesta de horneado de pintura típicamente no observada en las aleaciones de temple AA5251 y AA5754-O. Las mejoras detectadas en la aleación de temple AA5251 T ofrecen la posibilidad de usarla como sustituto de las aleaciones AA5754 y posiblemente de las AA5182. Las características de formación marginalmente inferiores de la aleación de temple AA5251 T, indicadas por un alargamiento más bajo, los valores de UTS y n pueden compensarse mediante una variedad de técnicas que incluyen la optimización de la aleación y la composición del procedimiento, utilizando la textura preferida de la superficie de la lámina, o la elección del lubricante durante la formación.

Tabla 3. Composición de aleación de aluminio.

Aleación	Composición % en peso						
	Cu	Fe	Mg	Mn	Si	Cr	Ti
AA5754	0,02	0,20	3,10	0,22	0,06		0,05
AA5251	0,01	0,30	1,83	0,30	0,29	0,03	0,01

20

Tabla 4. Resultados de pruebas comparativas de AA5754 en temple O y AA5251 en templos O y T

Temple	Dir	Espesor mm	Límite elástico		Resistencia a la tracción		Alargamiento total %	n	R
			ksi	MPa	ksi	MPa			
Lámina enrollada de Aa5754 recocida CASH núm. 2271809									
O	0	1,0	14,6	101	33,4	230	26	0,30	0,87
	45		14,5	100	32,3	223	26	0,31	0,57
	90		14,4	99	31,9	220	24	0,31	0,64
Lámina enrollada de AA5251 recocida en lote núm. L55203R1									
O	0	1,3	9,7	67	24,9	172	23	0,34	0,67
	45		9,6	66	24,2	166	26	0,32	0,59
	90		9,6	66	23,7	163	21	0,32	0,55
Lámina enrollada de AA5251 disuelta CASH núm. L55203R2									
T4	0		14,1	97	28,4	196	26	0,26	0,81
	45		13,9	96	27,8	192	26	0,26	0,55
	90		13,8	95	27,4	189	24	0,26	0,61
2 % +20 min a 185°C	0		20,1	139	31,5	217	21	0,21	0,83
	45		20,0	138	31,0	214	20	0,21	0,52
	90		19,8	137	30,5	210	20	0,21	0,60

25 Ejemplo 5

Endurecimiento por envejecimiento de la aleación de temple AA5251 T4 a 185 °C

5 Estudios de endurecimiento por envejecimiento de la aleación de temple AA5251 T4 se realizaron colocando muestras de tracción de la aleación en un horno a 180 °C. Las muestras se sacaron del horno después de diferentes tiempos de envejecimiento. La figura 6 muestra el comportamiento de endurecimiento por envejecimiento de la aleación a 180 °C. La aleación exhibió un aumento de aproximadamente 70 % y 20 % en YS y UTS, respectivamente, después de aproximadamente 8 h de envejecimiento. Los resultados ilustrados en la figura 6 respaldan una conclusión de que la aleación sufrió endurecimiento por envejecimiento.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación de aluminio que comprende $\geq 1,5$ % de Mg, $\leq 0,8$ % de Cu, $\leq 0,5$ % de Fe, $\leq 0,4$ % de Mn, 0,2 - 0,4 % de Si, $\leq 0,5$ % de Zn, y $\leq 0,25$ % de Cr en peso, el remanente es Al e impurezas inevitables, producida mediante un procedimiento que comprende laminado en frío a un espesor final y disolución a temperaturas superiores a 480 °C, donde el proceso comprende temple T4.
2. La aleación de aluminio de la reivindicación 1, donde el procedimiento comprende la disolución a temperaturas entre 500 y 575 °C.
3. La aleación de aluminio de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, donde la aleación de aluminio exhibe endurecimiento por envejecimiento.
4. La aleación de aluminio de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde la aleación de aluminio es una aleación de aluminio en láminas.
5. Una forma de lámina estampada fabricada a partir de la aleación de aluminio en láminas de la reivindicación 4.
6. La forma de lámina estampada de la reivindicación 5, donde la forma de lámina estampada es un panel automotriz.
7. Un proceso para fabricar una aleación de aluminio en láminas que comprende $\geq 1,5$ % de Mg, 0,2 a 0,4 % de Si, $\leq 0,8$ % de Cu, $\leq 0,5$ % de Fe, $\leq 0,4$ % de Mn, $\leq 0,5$ % de Zn, y $\leq 0,25$ % de Cr en peso, el remanente es Al y las impurezas inevitables, que comprende enfriamiento en frío a un espesor final y disolución a temperaturas superiores a 480 °C, donde el proceso comprende temple T4.
8. El proceso de la reivindicación 7, donde el procedimiento comprende la disolución a temperaturas entre 500 y 575 °C.
9. El procedimiento de la reivindicación 7 u 8, donde la aleación de aluminio en láminas exhibe endurecimiento por envejecimiento.
10. Un procedimiento para fabricar una forma de lámina estampada que comprende estampar la aleación de aluminio en láminas de la reivindicación 4.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, donde la forma de lámina estampada es un panel automotriz.

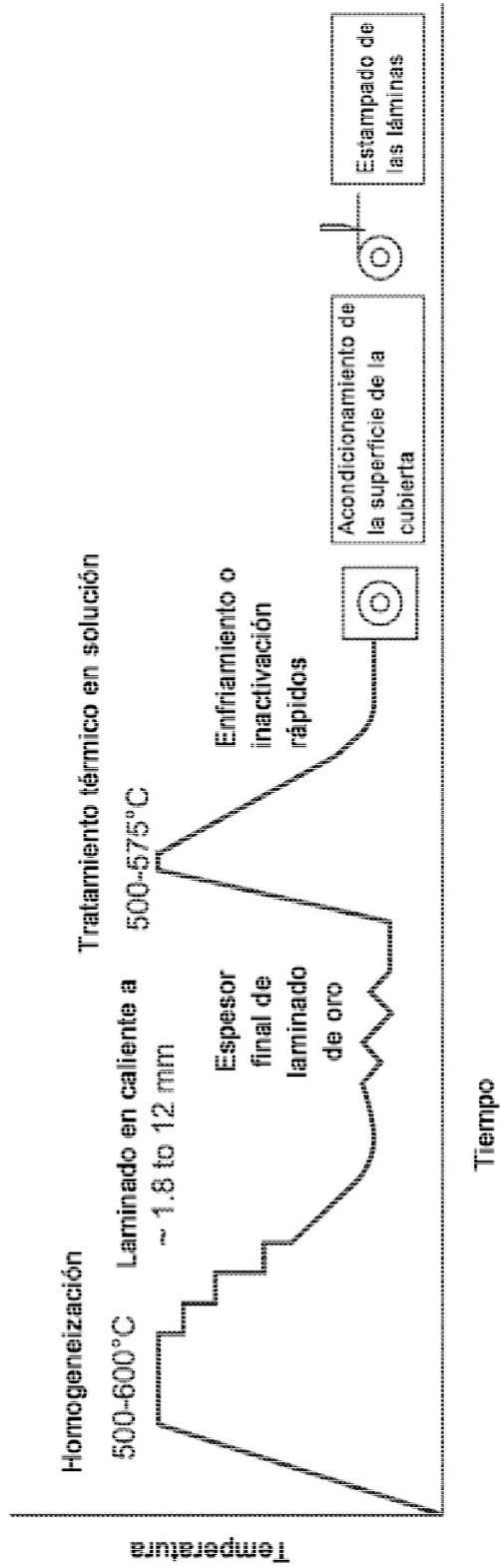


FIG. 1

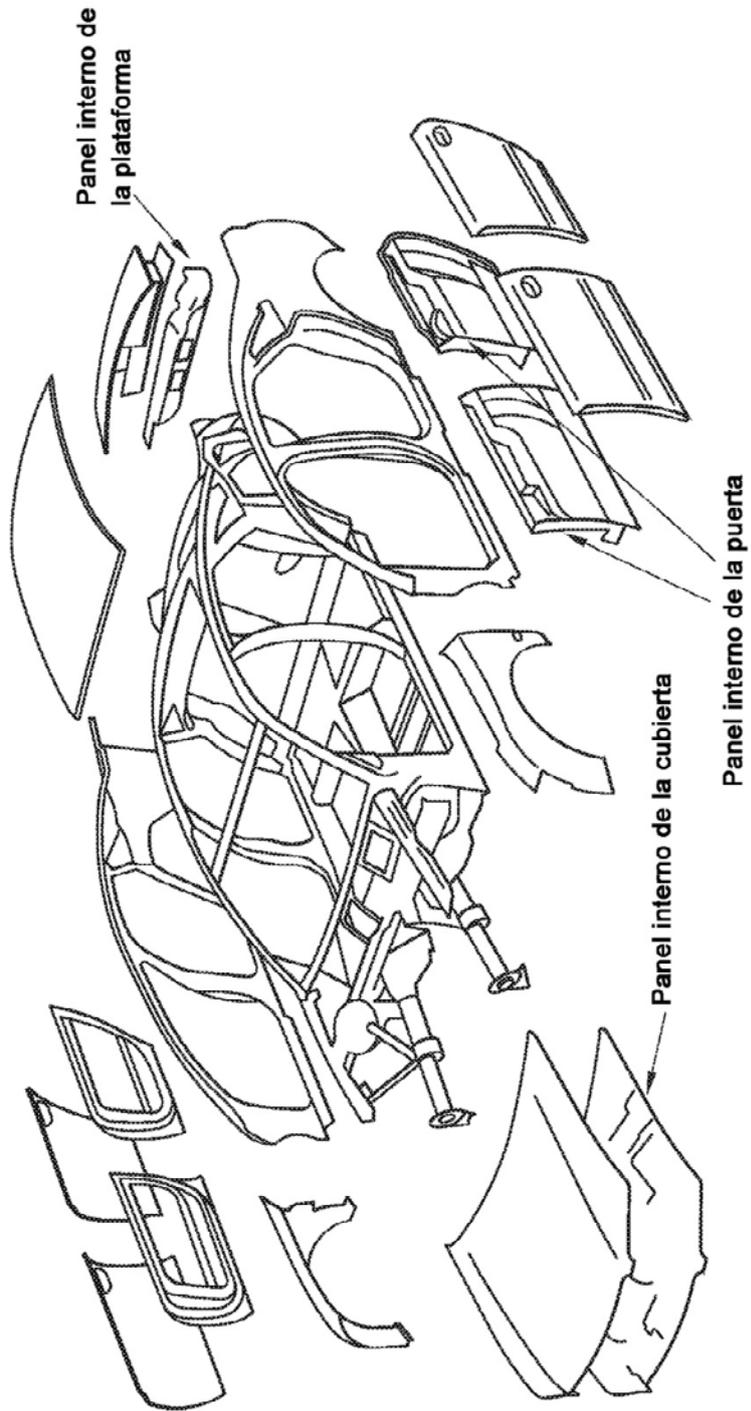


FIG. 2

FIGURA 3

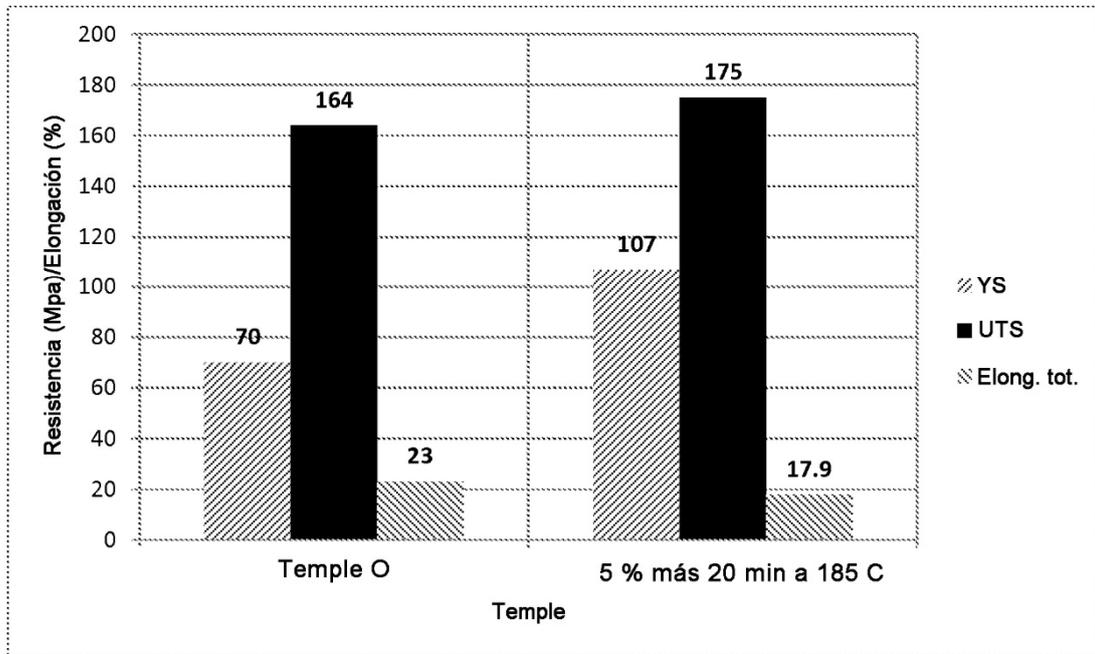


FIGURA 4

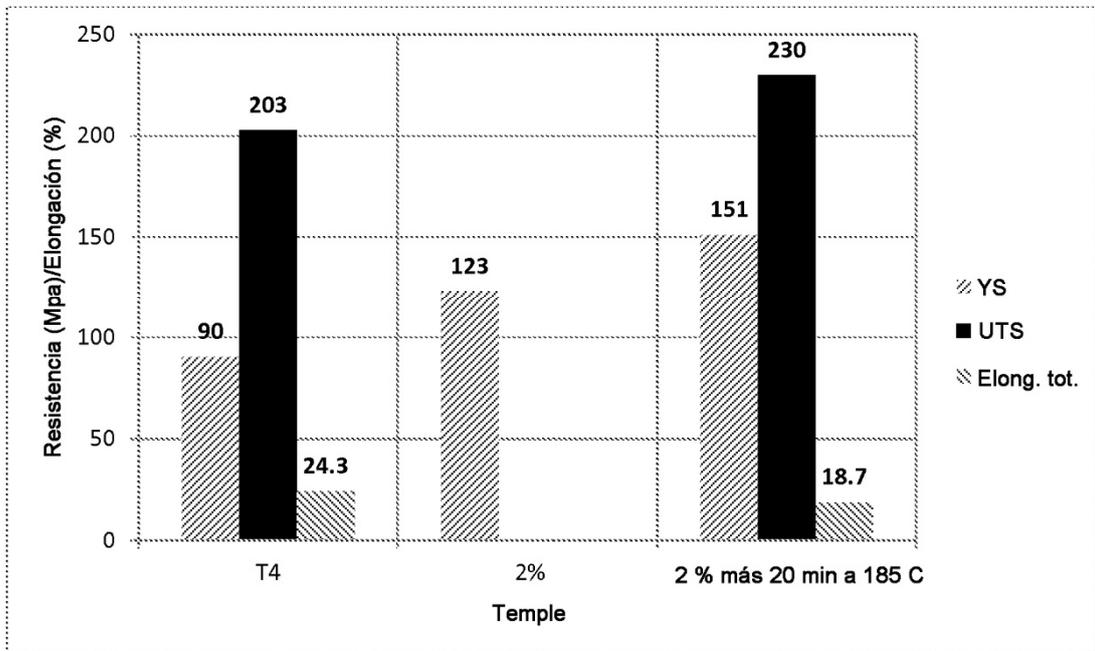


FIGURA 5

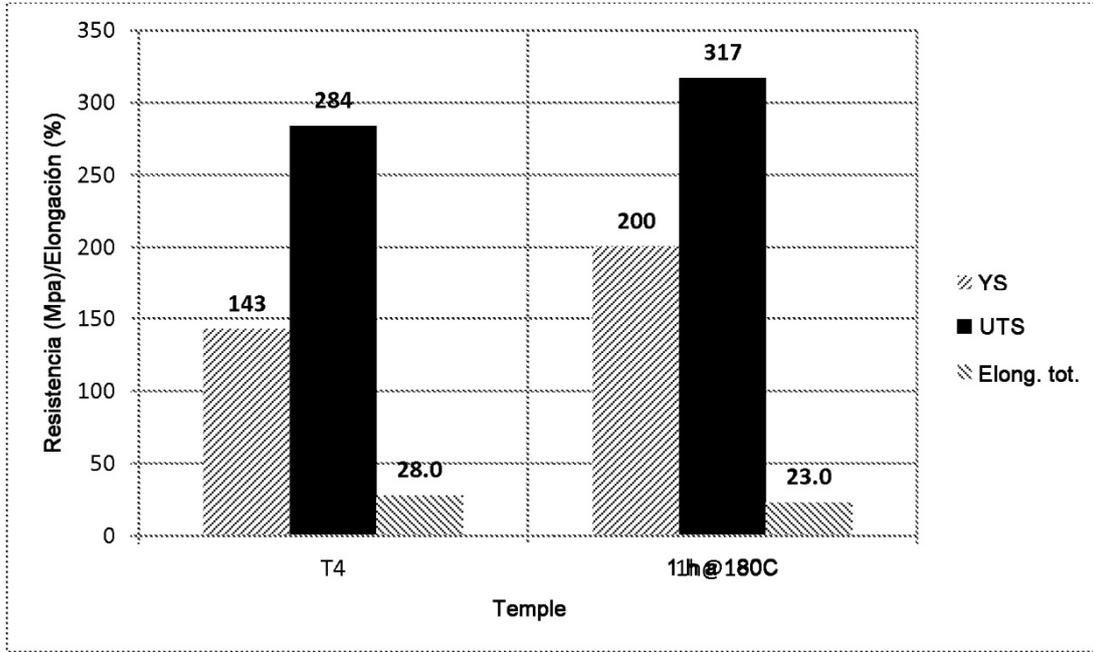


FIGURA 6

