

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 987 878**

51 Int. Cl.:

C22F 1/047 (2006.01)

B22D 11/00 (2006.01)

B21B 3/00 (2006.01)

C22C 21/08 (2006.01)

C22F 1/053 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.08.2018** **PCT/US2018/048305**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2019** **WO19046275**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.08.2018** **E 18766496 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2024** **EP 3676412**

54 Título: **Productos de aleación de aluminio serie 7xxx en un temple t4 estable y métodos para la fabricación de estos**

30 Prioridad:

29.08.2017 US 201762551497 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.11.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TALLA, RAJASEKHAR;
KAMAT, RAJEEV G.;
LEYVRAZ, DAVID;
WAGSTAFF, SAMUEL ROBERT y
CLERC, STEVE**

74 Agente/Representante:

FERNÁNDEZ POU, Felipe

ES 2 987 878 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 serie 7xxx en un temple t4 estable y métodos para la fabricación de estos

5 Reivindicación de prioridad

La presente solicitud reivindica el beneficio y la prioridad de la solicitud de patente provisional estadounidense N.º 62/551,497, presentada el 29 de agosto de 2017.

10 Campo

La presente invención proporciona de manera general productos de aleación de aluminio serie 7xxx en un temple T4 estable. La invención proporciona métodos para fabricar tales productos, por ejemplo, utilizando procesos que incluyen una combinación de colada, laminación, solubilización, enfriamiento, recalentamiento y enfriamiento lento. La invención proporciona además varios usos finales de tales productos, tales como en aplicaciones automotrices, de transporte, electrónicas e industriales, entre otros.

Antecedentes

20 Las aleaciones de aluminio serie 7xxx se utilizan en una serie de contextos, especialmente donde la alta resistencia y el peso ligero son particularmente deseables. Por esa razón, tales aleaciones se usan con frecuencia en la industria aeroespacial y como envolturas para diversos productos electrónicos, tales como los teléfonos celulares. A pesar de estas ventajas, el proceso de formación de aleaciones de aluminio serie 7xxx puede plantear ciertos desafíos, que pueden aumentar los costos de uso de dichas aleaciones en ciertos productos manufacturados.

Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio serie 7xxx a menudo se suministran a los usuarios en un temple F, lo que significa que se suministran en su forma original, donde, por ejemplo, no se realiza solubilización después del proceso de laminado. Por lo tanto, los usuarios deben solubilizar el producto ellos mismos y transformarlo en un producto fabricado mediante un proceso de conformación en caliente. En algunos otros casos, los productos de aleación de aluminio serie 7xxx se suministran a los usuarios en un temple T6, donde el producto de aleación de aluminio se somete a solubilización y luego a envejecimiento artificial. Los usuarios generalmente pueden formar tales productos a temperatura ambiente, pero su formabilidad es bastante baja.

Es posible fabricar productos de aleación de aluminio serie 7xxx utilizando procesos que concuerdan con la producción de productos de aleación de aluminio en un temple T4, donde los productos se someten a solubilización y se dejan envejecer naturalmente. Es probable que dichos productos exhiban una formabilidad deseable a temperatura ambiente en comparación con los productos suministrados en un temple T6. El documento US 2017/0121802 A1 se refiere a un método para producir un producto de aleación de aluminio que comprende fundición, homogeneización, laminación en caliente, laminación en frío, opcionalmente tratamiento térmico en solución a 430 a 600°C, opcionalmente enfriamiento de la lámina a una temperatura de 25 a 120°C y posterior envejecimiento. Pero tales procesos generalmente producen productos en un temple T4 inestable que se endurece en unos pocos días y deja de exhibir propiedades deseables de formabilidad. Debido a que los productos de aleación de aluminio no se pueden suministrar y usar fácilmente en un período de tiempo tan ajustado, los fabricantes de aleaciones de aluminio no han suministrado típicamente al mercado tales productos de aleación de aluminio serie 7xxx.

Compendio

Las realizaciones abarcadas por la invención se definen en las reivindicaciones y no en este compendio. Este compendio es una descripción general de alto nivel de diversos aspectos de la invención e introduce algunos de los conceptos que se describen de forma adicional en la sección "Descripción detallada" que figura más adelante. Este compendio no pretende identificar características clave o esenciales del objeto reivindicado, ni pretende utilizarse de forma aislada para determinar el alcance del objeto reivindicado. El objeto debe entenderse por referencia a las partes adecuadas de toda la memoria descriptiva, a cualesquiera o todos los dibujos y a cada reivindicación.

La presente descripción proporciona nuevos productos de aleación de aluminio serie 7xxx en un temple T4 que es estable durante un período de tiempo sustancial, por ejemplo, hasta 6 meses, antes de comenzar a endurecerse y, por lo tanto, perder la capacidad de formación. Debido a que estos productos pueden retener los beneficios de formabilidad de este temple T4 durante un período de tiempo tan prolongado, pueden incorporarse fácilmente en los ciclos de producción de fabricación. Esto era imposible para los productos de aleación de aluminio serie 7xxx previamente conocidos en un temple T4, ya que esos productos generalmente comenzaban a endurecerse y perder formabilidad a los pocos días de su producción. Para cuando el producto de aleación de aluminio llegaba a la planta del comprador, el material probablemente había perdido las

propiedades beneficiosas de formabilidad que alguna vez tuvo. Por lo tanto, la detección de un producto de aleación de aluminio serie 7xxx en un temple T4 estable ofrece un avance significativo en el estado de la técnica y permite que dichos materiales se incorporen a los productos de fabricación con mayor facilidad y a costos mucho más bajos.

5

En un primer aspecto, la descripción proporciona un método para fabricar un producto de aleación de aluminio laminado, que comprende proporcionar una aleación de aluminio serie 7xxx, en donde la aleación de aluminio serie 7xxx es una aleación de aluminio serie 7xxx fundida; colar la aleación de aluminio serie 7xxx fundida para proporcionar un producto de aleación de aluminio colado; homogeneizar el producto de aleación de aluminio colado para proporcionar un producto de aleación de aluminio colado homogeneizado; laminar el producto de aleación de aluminio colado homogeneizado para formar un producto de aleación de aluminio laminado; solubilizar y, luego, el preenvejecer el producto de aleación de aluminio laminado, en donde el preenvejecimiento comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado a una temperatura de preenvejecimiento comprendida entre 60 °C y 130 °C, en donde el preenvejecimiento se lleva a cabo durante un período de tiempo de hasta 24 horas; y enrollar el producto de aleación de aluminio laminado después del preenvejecimiento. En algunas realizaciones, el producto de aleación de aluminio es una tira, una cortina, una lámina, una placa, un tocho u otro producto de aleación de aluminio. En algunas de tales realizaciones, el producto de aleación de aluminio laminado exhibe un aumento en su límite elástico (Rp) de no más que 25 MPa durante un período de postproducción inmediatamente posterior al preenvejecimiento, en donde el período de postproducción varía de 15 días a 180 días.

10

15

20

Los aspectos y realizaciones adicionales se exponen en la descripción detallada, las reivindicaciones, los ejemplos no limitantes y los dibujos, que se incluyen en la presente invención.

25

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra el cambio en el límite elástico (Rp) en función de la cantidad de días después de la producción inicial para muestras de aleación de aluminio preparadas con y sin preenvejecimiento (PX).

30

La Figura 2 muestra el cambio en el límite elástico (Rp) en función de la cantidad de días después de la producción inicial para muestras de aleación de aluminio preparadas sin preenvejecimiento (PX) y con preenvejecimiento en diversas condiciones.

35

Las Figuras 3A-C muestran el cambio en el límite elástico (Rp) para muestras de aleación de aluminio en función del tiempo de preenvejecimiento, temperatura de preenvejecimiento y si se usó un ciclo de horneado de pintura.

40

Las Figuras 4A-C muestran el cambio en la resistencia al alargamiento de las muestras de aleación de aluminio en función del tiempo de preenvejecimiento, la temperatura de preenvejecimiento y si se usó un ciclo de horneado de pintura.

45

Las Figuras 5A-C muestran el cambio en el alargamiento uniforme para las muestras de aleación de aluminio en función del tiempo de preenvejecimiento, la temperatura de preenvejecimiento y si se usó un ciclo de horneado de pintura.

50

Las Figuras. 6A-C muestran el cambio en el alargamiento total para las muestras de aleación de aluminio en función del tiempo de preenvejecimiento, la temperatura de preenvejecimiento y si se usó un ciclo de horneado de pintura.

55

Las Figuras. 7A-D muestran el cambio en la tensión crítica de fractura para muestras de aleación de aluminio en función del tiempo de preenvejecimiento, la temperatura de preenvejecimiento y si se usó un ciclo de horneado de pintura.

60

Las Figuras 8A-D muestran el cambio en el valor n para las muestras de aleación de aluminio en función del tiempo de preenvejecimiento, la temperatura de preenvejecimiento y si se usó un ciclo de horneado de pintura.

Descripción detallada

La presente descripción proporciona métodos para fabricar productos de aleación de aluminio serie 7xxx que tienen un temple T4 estable después de solubilizarse y preenvejecerse. Estos productos pueden formarse fácilmente a temperatura ambiente durante un período sustancial de tiempo después del preenvejecimiento.

Definiciones y descripciones

65

En esta descripción, se hace referencia a las aleaciones que se identifican con los números AA, y otras denominaciones relacionadas, tales como "serie" o "7xxx". Para comprender el sistema de designación

numérica más comúnmente usado para la denominación e identificación del aluminio y sus aleaciones, véase "International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys" o "Registration Record of Aluminum Association Alloy Designations and Chemical Compositions Limits for Aluminum Alloys in the Form of Castings and Ingot", ambos publicados por The Aluminum Association.

Como se usa en la presente descripción, una "placa" generalmente tiene un espesor mayor que aproximadamente 15 mm. Por ejemplo, una placa puede referirse a un producto de aluminio que tiene un espesor mayor que aproximadamente 15 mm, mayor que aproximadamente 20 mm, mayor que aproximadamente 25 mm, mayor que aproximadamente 30 mm, mayor que aproximadamente 35 mm, mayor que aproximadamente 40 mm, mayor que aproximadamente 45 mm, mayor que aproximadamente 50 mm, o mayor que aproximadamente 100 mm.

Como se usa en la presente, una "cortina" (también denominada placa de lámina) generalmente tiene un grosor de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 15 mm. Por ejemplo, una cortina puede tener un grosor 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.

Como se usa en la presente descripción, una "lámina" generalmente tiene un espesor menor que 4 mm. Por ejemplo, una lámina puede tener un espesor menor que aproximadamente 4 mm, menor que aproximadamente 3 mm, menor que aproximadamente 2 mm, menor que aproximadamente 1 mm, menor que aproximadamente 0.5 mm, menor que aproximadamente 0.3 mm, o menor que aproximadamente 0.1 mm.

En esta solicitud se puede hacer referencia al temple o condición de la aleación. Para comprender las descripciones del templeado de la aleación más comúnmente utilizadas, véase "American National Standards (ANSI) H35 on Alloy and Temper Designation Systems". Una condición o templeado F se refiere a una aleación de aluminio tal como se fabricó. Una condición o temple O se refiere a una aleación de aluminio después del recocido. Una condición o temple Hxx, también denominado en la presente descripción templeado H, se refiere a una aleación de aluminio después de la laminación en frío con o sin tratamiento térmico (por ejemplo, recocido). Los temples H adecuados incluyen temples HX1, HX2, HX3 HX4, HX5, HX6, HX7, HX8 o HX9, junto con variaciones de temple Hxxx (p. ej., H111), que se utilizan para un temple de aleación particular cuando el grado de temple es cercano al temple Hxx. Una condición o temple T1 se refiere a una aleación de aluminio enfriada a partir del trabajo en caliente y envejecida naturalmente (por ejemplo, a temperatura ambiente). Una condición o temple T2 se refiere a una aleación de aluminio enfriada a partir del trabajo en caliente, trabajada en frío y envejecida naturalmente. Una condición o temple T3 se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada térmicamente, trabajada en frío y envejecida naturalmente. Una condición o temple T4 se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada térmicamente 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 térmicamente, enfriada y envejecida artificialmente. Una condición o temple T61 se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada térmicamente, enfriada, envejecida naturalmente por un período de tiempo y luego envejecida artificialmente. Una condición o temple T7 se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada térmicamente y sobre-envejecida artificialmente. Una condición o temple T8x (p. ej. T8) se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada térmicamente, trabajada en frío y envejecida artificialmente. Una condición o temple T9x se refiere a una solución de aleación de aluminio tratada térmicamente, envejecida artificialmente y trabajada en frío.

Las siguientes aleaciones de aluminio se describen en términos de su composición elemental en porcentaje en peso (% en peso) basado en el peso total de la aleación. En determinados ejemplos de aleación, el resto es aluminio, con un % en peso máximo de 0.15 % para la suma de todas las impurezas.

Como se usa en la presente invención, 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.

Debe entenderse que todos los rangos descritos en la presente invención abarcan todos y cada uno de los subrangos incluidos en estos. Por ejemplo, debe considerarse que un rango establecido de "1 a 10" incluye cualquiera y todos los subrangos entre (e inclusive) el valor mínimo de 1 y el valor máximo de 10; es decir, todos los subrangos que comienzan con un valor mínimo de 1 o más, por ejemplo, de 1 a 6.1, y que finalizan con un valor máximo de 10 o menos, por ejemplo, de 5.5 a 10.

Tal como se usa en la presente, los términos como "producto colado", "producto de metal colado", "producto

de aluminio colado", "producto de aleación de aluminio colado" y similares y se refieren a un producto producido por colada en frío directa (incluida la colada por enfriamiento directo) o semicolada continua, colada continua (que incluye, por ejemplo, el uso de una colada de doble banda, una colada de rodillo doble, una colada de bloque o cualquier otra máquina de colada continua), colada electromagnética, colada caliente o cualquier otro método de colada.

Composiciones de aleación de aluminio

Los métodos y productos descritos en la presente generalmente usan aleaciones de aluminio serie 7xxx. En general, tales aleaciones son aleaciones de aluminio incluyen Zn como el principal elemento de aleación. Se puede usar cualquier aleación de aluminio serie 7xxx adecuada en los métodos y productos descritos en la presente. Por ejemplo, tales aleaciones de serie 7xxx incluyen, de modo no taxativo, 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, AA7011, AA7012, AA7014, AA7016, AA7116, AA7122, AA7023, AA7026, AA7029, AA7129, AA7229, AA7032, AA7033, AA7034, AA7036, AA7136, AA7037, AA7040, AA7140, AA7041, AA7049, AA7049A, AA7149, AA7204, 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, y AA7099.

En algunas realizaciones, las aleaciones de aluminio serie 7xxx usadas en la presente tienen una composición de elementos como se expone en la Tabla 1.

Tabla 1

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Zn	4.0 – 15.0
Cu	0.1 – 3.5
Mg	1.0 – 4.0
Fe	0.05 – 0.50
Si	0.05 – 0.30
Zr	0 – 0.50
Mn	0 - 0.25
Cr	0 – 0.20
Ti	0 – 0.15
Impurezas	0 – 0.15
Al	Resto

En algunos casos, las aleaciones de aluminio usadas en la presente tienen una composición de elementos como se expone en la Tabla 2.

Tabla 2

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Zn	5.6 – 9.3
Cu	0.2 – 2.6
Mg	1.4 – 2.8
Fe	0.10 – 0.35
Si	0.05 - 0.20
Zr	0 - 0.25
Mn	0 - 0.05
Cr	0 - 0.05
Ti	0 - 0.05
Impurezas	0 – 0.15
Al	Resto

En algunos casos, la aleación de aluminio incluye zinc (Zn) en una cantidad de 4 % a 15 % (por ejemplo, de 5.4 % a 9.5 %, de 5.6 % a 9.3 %, de 5.8 % a 9.2 %, o de 4.0 % a 5.0 %) en función del peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede incluir aproximadamente 4.0 %, aproximadamente 4.1 %, aproximadamente 4.2 %, aproximadamente 4.3 %, aproximadamente 4.4 %, aproximadamente 4.5 %, aproximadamente 4.6 %, aproximadamente 4.7 %, aproximadamente 4.8 %, aproximadamente 4.9 %, aproximadamente 5.0 %, aproximadamente 5.1 %, aproximadamente 5.2 %, aproximadamente 5.3 %, aproximadamente 5.4 %, aproximadamente 5.5 %, aproximadamente 5.6 %, aproximadamente 5.7 %, aproximadamente 5.8 %, aproximadamente 5.9 %, aproximadamente 6.0 %, aproximadamente 6.1 %, aproximadamente 6.2 %, aproximadamente 6.3 %, aproximadamente 6.4 %, aproximadamente 6.5 %,

	aproximadamente 6.6 %, aproximadamente 6.7 %, aproximadamente 6.8 %, aproximadamente 6.9 %,
	aproximadamente 7.0 %, aproximadamente 7.1 %, aproximadamente 7.2 %, aproximadamente 7.3 %,
	aproximadamente 7.4 %, aproximadamente 7.5 %, aproximadamente 7.6 %, aproximadamente 7.7 %,
	aproximadamente 7.8 %, aproximadamente 7.9 %, aproximadamente 8.0 %, aproximadamente 8.1 %,
5	aproximadamente 8.2 %, aproximadamente 8.3 %, aproximadamente 8.4 %, aproximadamente 8.5 %,
	aproximadamente 8.6 %, aproximadamente 8.7 %, aproximadamente 8.8 %, aproximadamente 8.9 %,
	aproximadamente 9.0 %, aproximadamente 9.1 %, aproximadamente 9.2 %, aproximadamente 9.3 %,
	aproximadamente 9.4 %, aproximadamente 9.5 %, aproximadamente 9.6 %, aproximadamente 9.7 %,
	aproximadamente 9.8 %, aproximadamente 9.9 %, aproximadamente 10.0 %, aproximadamente 10.1 %,
10	aproximadamente 10.2 %, aproximadamente 10.3 %, aproximadamente 10.4 %, aproximadamente 10.5 %,
	aproximadamente 10.6 %, aproximadamente 10.7 %, aproximadamente 10.8 %, aproximadamente 10.9 %,
	aproximadamente 11.0 %, aproximadamente 11.1 %, aproximadamente 11.2 %, aproximadamente 11.3 %,
	aproximadamente 11.4 %, aproximadamente 11.5 %, aproximadamente 11.6 %, aproximadamente 11.7 %,
	aproximadamente 11.8 %, aproximadamente 11.9 %, aproximadamente 12.0 %, aproximadamente 12.1 %,
15	aproximadamente 12.2 %, aproximadamente 12.3 %, aproximadamente 12.4 %, aproximadamente 12.5 %,
	aproximadamente 12.6 %, aproximadamente 12.7 %, aproximadamente 12.8 %, aproximadamente 12.9 %,
	aproximadamente 13.0 %, aproximadamente 13.1 %, aproximadamente 13.2 %, aproximadamente 13.3 %,
	aproximadamente 13.4 %, aproximadamente 13.5 %, aproximadamente 13.6 %, aproximadamente 13.7 %,
	aproximadamente 13.8 %, aproximadamente 13.9 %, aproximadamente 14.0 %, aproximadamente 14.1 %,
20	aproximadamente 14.2 %, aproximadamente 14.3 %, aproximadamente 14.4 %, aproximadamente 14.5 %,
	aproximadamente 14.6 %, aproximadamente 14.7 %, aproximadamente 14.8 %, aproximadamente 14.9 %, o
	aproximadamente 15.0 % de Zn. Todo está expresado en % en peso.

25	En algunos casos, la aleación de aluminio incluye cobre (Cu) en una cantidad de 0.1 % a 3.5 % (por ejemplo, de 0.2 % a 2.6 %, de 0.3 % a 2.5 %, o de 0.15 % a 0.6 %) en función del peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede incluir aproximadamente 0.1 %, aproximadamente 0.11 %, aproximadamente 0.12 %, aproximadamente 0.13 %, aproximadamente 0.14 %, aproximadamente 0.15 %, aproximadamente 0.16 %, aproximadamente 0.17 %, aproximadamente 0.18 %, aproximadamente 0.19 %, aproximadamente 0.20 %, aproximadamente 0.21 %, aproximadamente 0.22 %, aproximadamente 0.23 %, aproximadamente 0.24 %, aproximadamente 0.25 %, aproximadamente 0.26 %, aproximadamente 0.27 %, aproximadamente 0.28 %, aproximadamente 0.29 %, aproximadamente 0.30 %, aproximadamente 0.35 %, aproximadamente 0.40 %, aproximadamente 0.45 %, aproximadamente 0.50 %, aproximadamente 0.55 %, aproximadamente 0.60 %, aproximadamente 0.65 %, aproximadamente 0.70 %, aproximadamente 0.75 %, aproximadamente 0.80 %, aproximadamente 0.85 %, aproximadamente 0.90 %, aproximadamente 0.95 %, aproximadamente 1.0 %, aproximadamente 1.1 %, aproximadamente 1.2 %, aproximadamente 1.3 %, aproximadamente 1.4 %, aproximadamente 1.5 %, aproximadamente 1.6 %, aproximadamente 1.7 %, aproximadamente 1.8 %, aproximadamente 1.9 %, aproximadamente 2.0 %, aproximadamente 2.1 %, aproximadamente 2.2 %, aproximadamente 2.3 %, aproximadamente 2.4 %, aproximadamente 2.5 %, aproximadamente 2.6 %, aproximadamente 2.7 %, aproximadamente 2.8 %, aproximadamente 2.9 %, aproximadamente 3.0 %, aproximadamente 3.1 %, aproximadamente 3.2 %, aproximadamente 3.3 %, aproximadamente 3.4 % o aproximadamente 3.5 % de Cu. Todo está expresado en % en peso.
----	---

45	En algunos casos, la aleación de aluminio incluye magnesio (Mg) en una cantidad de 1.0 % a 4.0 % (por ejemplo, de 1.0 % a 3.0 %, de 1.4 % a 2.8 %, o de 1.6 % a 2.6 %). Por ejemplo, la aleación pueden incluir aproximadamente 1.0 %, aproximadamente 1.1 %, aproximadamente 1.2 %, aproximadamente 1.3 %, aproximadamente 1.4 %, aproximadamente 1.5 %, aproximadamente 1.6 %, aproximadamente 1.7 %, aproximadamente 1.8 %, aproximadamente 1.9 %, aproximadamente 2.0 %, aproximadamente 2.1 %, aproximadamente 2.2 %, aproximadamente 2.3 %, aproximadamente 2.4 %, aproximadamente 2.5 %, aproximadamente 2.6 %, aproximadamente 2.7 %, aproximadamente 2.8 %, aproximadamente 2.9 %, aproximadamente 3.0 %, aproximadamente 3.1 %, aproximadamente 3.2 %, aproximadamente 3.3 %, aproximadamente 3.4 %, aproximadamente 3.5 %, aproximadamente 3.6 %, aproximadamente 3.7 %, aproximadamente 3.8 %, aproximadamente 3.9 %, o aproximadamente 4.0 % de Mg. Todo está expresado en % en peso.
----	--

55	En algunos casos, la aleación de aluminio incluye un contenido combinado de Zn, Cu y Mg que varía de aproximadamente 5 % a 14 % (p. ej., de 5.5 % a 13.5 %, de 6 % a 13 %, de 6.5 % a 12.5 %, o del 7 % al 12 %). Por ejemplo, el contenido combinado de Zn, Cu y Mg puede ser de aproximadamente 5.1 %, aproximadamente 5.5 %, aproximadamente 6.0 %, aproximadamente 6.5 %, aproximadamente 7.0 %, aproximadamente 7.5 %, aproximadamente 8.0 %, aproximadamente 8.5 %, aproximadamente 9.0 %, aproximadamente 9.5 %, aproximadamente 10.0 %, aproximadamente 10.5 %, aproximadamente 11.0 %, aproximadamente 11.5 %, aproximadamente 12.0 %, aproximadamente 12.5 %, aproximadamente 13.0 %, aproximadamente 13.5 %, o aproximadamente 14.0 %. Todo está expresado en % en peso.
----	---

65	En algunos casos, la aleación de aluminio incluye hierro (Fe) en una cantidad de 0.05 % a 0.50 % (por ejemplo, de 0.10 % a 0.35 % o de 0.10 % a 0.25 %) en función del peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede incluir aproximadamente 0.05 %, aproximadamente 0.06 %, aproximadamente 0.07 %,
----	--

aproximadamente 0.08 %, aproximadamente 0.09 %, aproximadamente 0.10 %, aproximadamente 0.11 %, aproximadamente 0.12 %, aproximadamente 0.13 %, aproximadamente 0.14 %, aproximadamente 0.15 %, aproximadamente 0.16 %, aproximadamente 0.17 %, aproximadamente 0.18 %, aproximadamente 0.19 %, aproximadamente 0.20 %, aproximadamente 0.21 %, aproximadamente 0.22 %, aproximadamente 0.23 %, aproximadamente 0.24 %, aproximadamente 0.25 %, aproximadamente 0.26 %, aproximadamente 0.27 %, aproximadamente 0.28 %, aproximadamente 0.29 %, aproximadamente 0.30 %, aproximadamente 0.31 %, aproximadamente 0.32 %, aproximadamente 0.33 %, aproximadamente 0.34 %, aproximadamente 0.35 %, aproximadamente 0.36 %, aproximadamente 0.37 %, aproximadamente 0.38 %, aproximadamente 0.39 %, aproximadamente 0.40 %, aproximadamente 0.41 %, aproximadamente 0.42 %, aproximadamente 0.43 %, aproximadamente 0.44 %, aproximadamente 0.45 %, aproximadamente 0.46 %, aproximadamente 0.47 %, aproximadamente 0.48 %, aproximadamente 0.49 %, o aproximadamente 0.50 % de Fe. Todo está expresado en % en peso.

En algunos casos, la aleación de aluminio incluye silicio (Si) en una cantidad de 0.05 % a 0.30 % (por ejemplo, de 0.05 % a 0.25 % o de 0.07 % a 0.15 %) en función del peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede incluir aproximadamente 0.05 %, aproximadamente 0.06 %, aproximadamente 0.07 %, aproximadamente 0.08 %, aproximadamente 0.09 %, aproximadamente 0.10 %, aproximadamente 0.11 %, aproximadamente 0.12 %, aproximadamente 0.13 %, aproximadamente 0.14 %, aproximadamente 0.15 %, aproximadamente 0.16 %, aproximadamente 0.17 %, aproximadamente 0.18 %, aproximadamente 0.19 %, aproximadamente 0.20 %, aproximadamente 0.21 %, aproximadamente 0.22 %, aproximadamente 0.23 %, aproximadamente 0.24 %, aproximadamente 0.25 %, aproximadamente 0.26 %, aproximadamente 0.27 %, aproximadamente 0.28 %, aproximadamente 0.29 %, o aproximadamente 0.30 % de Si. Todo está expresado en % en peso.

En algunos casos, la aleación de aluminio incluye circonio (Zr) en cantidades de hasta 0.50 % (por ejemplo, de 0.01 % a 0.25 %, de 0.03 % a 0.20 %, o de 0.05 % a 0.15 %) basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede incluir aproximadamente 0.01 %, aproximadamente 0.02 %, aproximadamente 0.03 %, aproximadamente 0.04 %, aproximadamente 0.05 %, aproximadamente 0.06 %, aproximadamente 0.07 %, aproximadamente 0.08 %, aproximadamente 0.09 %, aproximadamente 0.10 %, aproximadamente 0.11 %, aproximadamente 0.12 %, aproximadamente 0.13 %, aproximadamente 0.14 %, aproximadamente 0.15 %, aproximadamente 0.16 %, aproximadamente 0.17 %, aproximadamente 0.18 %, aproximadamente 0.19 %, aproximadamente 0.20 %, aproximadamente 0.21 %, aproximadamente 0.22 %, aproximadamente 0.23 %, aproximadamente 0.24 %, aproximadamente 0.25 %, aproximadamente 0.26 %, aproximadamente 0.27 %, aproximadamente 0.28 %, aproximadamente 0.29 %, aproximadamente 0.30 %, aproximadamente 0.31 %, aproximadamente 0.32 %, aproximadamente 0.33 %, aproximadamente 0.34 %, aproximadamente 0.35 %, aproximadamente 0.36 %, aproximadamente 0.37 %, aproximadamente 0.38 %, aproximadamente 0.39 %, aproximadamente 0.40 %, aproximadamente 0.41 %, aproximadamente 0.42 %, aproximadamente 0.43 %, aproximadamente 0.44 %, aproximadamente 0.45 %, aproximadamente 0.46 %, aproximadamente 0.47 %, aproximadamente 0.48 %, aproximadamente 0.49 %, o aproximadamente 0.50 % de Zr. En otros ejemplos, las aleaciones pueden incluir Zr en una cantidad inferior al 0.05 % (por ejemplo, aproximadamente 0.04 %, aproximadamente 0.03 %, aproximadamente 0.02 % o aproximadamente 0.01 %) en función del peso total de la aleación. En algunos casos, el Cu no está presente en la aleación (es decir, es 0 %). Todo se expresa en % en peso.

En algunos casos, la aleación de aluminio incluye manganeso (Mn) en una cantidad de hasta 0.25 % (por ejemplo, de 0.01 % a 0.10 % o de 0.02 % a 0.05 %) basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede incluir aproximadamente 0.01 %, aproximadamente 0.02 %, aproximadamente 0.03 %, aproximadamente 0.04 %, aproximadamente 0.05 %, aproximadamente 0.06 %, aproximadamente 0.07 %, aproximadamente 0.08 %, aproximadamente 0.09 %, aproximadamente 0.10 %, aproximadamente 0.11 %, aproximadamente 0.12 %, aproximadamente 0.13 %, aproximadamente 0.14 %, aproximadamente 0.15 %, aproximadamente 0.16 %, aproximadamente 0.17 %, aproximadamente 0.18 %, aproximadamente 0.19 %, aproximadamente 0.20 %, aproximadamente 0.21 %, aproximadamente 0.22 %, aproximadamente 0.23 %, aproximadamente 0.24 %, o aproximadamente 0.25 % de Mn. En algunos casos, el Mn no está presente en la aleación (es decir, es 0 %). Todo está expresado en % en peso.

En algunos casos, la aleación de aluminio incluye cromo (Cr) en una cantidad de hasta 0.20 % (por ejemplo, de 0.01 % a 0.10 %, de 0.01 % a 0.05 %, o de 0.03 % a 0.05 %) en función del peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente 0.01 %, aproximadamente 0.02 %, aproximadamente 0.03 %, aproximadamente 0.04 %, aproximadamente 0.05 %, aproximadamente 0.06 %, aproximadamente 0.07 %, aproximadamente 0.08 %, aproximadamente 0.09 %, aproximadamente 0.10 %, aproximadamente 0.11 %, aproximadamente 0.12 %, aproximadamente 0.13 %, aproximadamente 0.14 %, aproximadamente 0.15 %, aproximadamente 0.16 %, aproximadamente 0.17 %, aproximadamente 0.18 %, aproximadamente 0.19 %, o aproximadamente 0.20 % de Cr. En algunos casos, el Cr no está presente en la aleación (es decir, es 0 %). Todo está expresado en % en peso.

En algunos casos, la aleación de aluminio incluye titanio (Ti) en una cantidad de hasta 0.15 % (por ejemplo, de

0.001 % a 0.10 %, de 0.001 % a 0.05 %, o de 0.003 % a 0.035 %) en función del peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente 0.001 %, aproximadamente 0.002 %, aproximadamente 0.003 %, aproximadamente 0.004 %, aproximadamente 0.005 %, aproximadamente 0.006 %, aproximadamente 0.007 %, aproximadamente 0.008 %, aproximadamente 0.009 %, aproximadamente 0.010 %, aproximadamente 0.011 %, aproximadamente 0.012 %, aproximadamente 0.013 %, aproximadamente 0.014 %, aproximadamente 0.015 %, aproximadamente 0.016 %, aproximadamente 0.017 %, aproximadamente 0.018 %, aproximadamente 0.019 %, aproximadamente 0.020 %, aproximadamente 0.021 %, aproximadamente 0.022 %, aproximadamente 0.023 %, aproximadamente 0.024 %, aproximadamente 0.025 %, aproximadamente 0.026 %, aproximadamente 0.027 %, aproximadamente 0.028 %, aproximadamente 0.029 %, aproximadamente 0.030 %, aproximadamente 0.031 %, aproximadamente 0.032 %, aproximadamente 0.033 %, aproximadamente 0.034 %, aproximadamente 0.035 %, aproximadamente 0.036 %, aproximadamente 0.037 %, aproximadamente 0.038 %, aproximadamente 0.039 %, aproximadamente 0.040 %, aproximadamente 0.041 %, aproximadamente 0.042 %, aproximadamente 0.043 %, aproximadamente 0.044 %, aproximadamente 0.045 %, aproximadamente 0.046 %, aproximadamente 0.047 %, aproximadamente 0.048 %, aproximadamente 0.049 %, aproximadamente 0.050 %, aproximadamente 0.055 %, aproximadamente 0.060 %, aproximadamente 0.065 %, aproximadamente 0.070 %, aproximadamente 0.075 %, aproximadamente 0.080 %, aproximadamente 0.085 %, aproximadamente 0.090 %, aproximadamente 0.095 %, aproximadamente 0.100 %, aproximadamente 0.110 %, aproximadamente 0.120 %, aproximadamente 0.130 %, aproximadamente 0.140 %, o aproximadamente 0.150 % de Ti. En algunos casos, el Ti no está presente en la aleación (es decir, es 0 %). Todo está expresado en % en peso.

En algunos casos, la aleación de aluminio incluye uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu en una cantidad de hasta 0.10 % (p. ej., de 0.01 % a 0.10 %, de 0.01 % a 0.05 % o de 0.03 % a 0.05 %), en función del peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede incluir aproximadamente 0.01 %, aproximadamente 0.02 %, aproximadamente 0.03 %, aproximadamente 0.04 %, aproximadamente 0.05 %, aproximadamente 0.06 %, aproximadamente 0.07 %, aproximadamente 0.08 %, aproximadamente 0.09 %, o aproximadamente 0.10 % de uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu. Todo está expresado en % en peso.

En algunos casos, la aleación de aluminio incluye uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en Mo, Nb, Be, B, Co, Sn, Sr, V, In, Hf, Ag, Sc y Ni en una cantidad de hasta 0.10 % (p. ej., de 0.01 % a 0.10 %, de 0.01 % a 0.05 % o de 0.03 % a 0.05 %), en función del peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente 0.01 %, aproximadamente 0.02 %, aproximadamente 0.03 %, aproximadamente 0.04 %, aproximadamente 0.05 %, aproximadamente 0.06 %, aproximadamente 0.07 %, aproximadamente 0.08 %, aproximadamente 0.09 %, o aproximadamente 0.10 % de uno o más de Mo, Nb, Be, B, Co, Sn, Sr, V, In, Hf, Ag, Sc y Ni. Todo está expresado en % en peso.

En algunos casos, la aleación de aluminio incluye otros elementos menores, a veces denominados impurezas, en cantidades de 0.15 % o menos, 0.14 % o menos, 0.13 % o menos, 0.12 % o menos, 0.11 % o menos, 0.10 % o menos, 0.09 % o menos, 0.08 % o menos, 0.07 % o menos, 0.06 % o menos, 0.05 % o menos, 0.04 % o menos, 0.03 % o menos, 0.02 % o menos, o 0.01 % o menos. En algunas realizaciones, estas impurezas incluyen, entre otros, Ga, Ca, Bi, Na, Pb, o combinaciones de estos. Por consiguiente, en algunas realizaciones, uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en Ga, Ca, Bi, Na y Pb pueden estar presentes en la aleación de aluminio en cantidades de 0.15 % o menos, 0.14 % o menos, 0.13 % o debajo, 0.12 % o menos, 0.11 % o menos, 0.10 % o menos, 0.09 % o menos, 0.08 % o menos, 0.07 % o menos, 0.06 % o menos, 0.05 % o menos, 0.04 % o menos, 0.03 % o menos, 0.02 % o menos, o 0.01 % o menos. La suma de todas las impurezas no supera el 0.15 % (p. ej., 0.10 %). Todo está expresado en % en peso. El porcentaje restante de la aleación es aluminio.

Productos de aleación de aluminio y propiedades de estos

Mediante el uso de la etapa de preenvejecimiento que sigue a la solubilización, los productos de aleación de aluminio obtenidos por el método reivindicado y divulgado en el presente documento son capaces de resistir el endurecimiento hasta aproximadamente 6 meses y, durante ese tiempo, exhiben la capacidad de plegabilidad y formabilidad deseables. En comparación, los productos de aleación de aluminio serie 7xxx preparados sin la etapa de preenvejecimiento comienzan a envejecer naturalmente a los pocos días de su producción y se endurecen rápidamente y se vuelven más difíciles de plegar y formar. Por lo tanto, los productos de aleación de aluminio descritos en la presente invención exhiben una resistencia y capacidad de pliegue estables y deseables después de la solubilización. En ciertas realizaciones, los productos de aleación de aluminio descritos en la presente invención pueden formarse fácilmente a una temperatura tan baja como las que se encuentran en el intervalo de aproximadamente 200 °C a 250 °C durante hasta seis meses después de su producción. En otras realizaciones, los productos de aleación de aluminio son conformables en frío a temperatura ambiente durante hasta seis meses después de su producción.

Los productos de aleación de aluminio descritos en la presente pueden tener cualquier forma o configuración física adecuada. Los productos de aleación de aluminio son productos de aleación de aluminio laminados, que se forman reduciendo el grosor del material usando una serie de rodillos. Tal laminación puede llevarse a cabo mediante laminación en caliente, laminación en frío o cualquier combinación de estas. En algunas de tales realizaciones, el producto de aleación de aluminio laminado es una lámina de aleación de aluminio o una cortina de aleación de aluminio. Tales cortinas o láminas pueden tener un grosor de no más de 15 mm, no más de 14 mm, no más de 13 mm, no más de 12 mm, no más de 11 mm, no más de 10 mm, no más de 9 mm, no más de 8 mm, no más de 7 mm, no más de 6 mm, no más de 5 mm, no más de 4 mm, no más de 3 mm, no más de 2 mm, no más de 1 mm, no más de 0.5 mm, no más de 0.3 mm, o no más de 0.1 mm.

En las realizaciones en las que el producto de aleación de aluminio es una lámina, es posible medir ciertas características de resistencia y plegabilidad de la lámina. Por ejemplo, en algunas realizaciones, dicha lámina de aleación de aluminio tiene un límite elástico (R_p), medido de acuerdo con la prueba ISO 6892-1, de al menos 100 MPa, al menos 120 MPa, al menos 140 MPa, al menos 160 MPa, al menos 180 MPa, al menos 200 MPa, al menos 220 MPa, al menos 240 MPa, al menos 260 MPa, al menos 280 MPa, al menos 300 MPa, al menos 320 MPa, al menos 340 MPa, y hasta aproximadamente 360 MPa, hasta aproximadamente 380 MPa, o hasta aproximadamente 400 MPa, inmediatamente después del preenvejecimiento. En algunas realizaciones adicionales, tales láminas de aleación de aluminio exhiben una "resistencia estable", que, por ejemplo, significa que el límite elástico (R_p), medido de acuerdo con la prueba ISO 6892-1, de la lámina de aleación de aluminio aumenta en no más que 25 MPa, no más que 20 MPa, no más que 15 MPa, no más que 10 MPa, o no más que 5 MPa durante un período de postproducción (es decir, el período inmediatamente posterior al preenvejecimiento). El período de postproducción generalmente varía de aproximadamente 7 días a aproximadamente 180 días, de aproximadamente 14 días a aproximadamente 180 días, de aproximadamente 21 días a aproximadamente 180 días, de aproximadamente 30 días a aproximadamente 180 días, o de aproximadamente 120 días a aproximadamente 180 días. En algunas realizaciones, el período de postproducción es de aproximadamente 7 días, aproximadamente 14 días, aproximadamente 21 días, aproximadamente 30 días, aproximadamente 40 días, aproximadamente 50 días, aproximadamente 60 días, aproximadamente 70 días, aproximadamente 80 días, aproximadamente 90 días, aproximadamente 100 días, aproximadamente 110 días, aproximadamente 120 días, aproximadamente 130 días, aproximadamente 140 días, aproximadamente 150 días, aproximadamente 160 días, aproximadamente 170 días o aproximadamente 180 días.

Métodos de fabricación de productos de aleación de aluminio

Los productos de aleación de aluminio descritos son productos de un método descrito. Sin pretender limitar el alcance de las invenciones establecidas en la presente invención, las propiedades de los productos de aleación de aluminio establecidas en la presente invención se determinan parcialmente por la formación de ciertas microestructuras durante la preparación de estos. En ciertas realizaciones, el método de preparación puede influir en ciertas propiedades resultantes en el producto de aleación de aluminio.

Los productos de aleación de aluminio descritos en la presente pueden prepararse y procesarse mediante, por ejemplo, colada, homogeneización, laminado, solubilización y enfriamiento. Los productos de aleación de aluminio descritos en la presente invención también se preenvejecen y se enrollan.

Colada

Los métodos descritos en la presente comprenden una etapa de colada de una aleación de aluminio fundido para proporcionar un producto de aleación de aluminio colado. Tales productos de aleación de aluminio colados se pueden proporcionar utilizando cualquier proceso de colada. Por ejemplo, en algunas realizaciones, las aleaciones se cueban usando un proceso de colada de enfriamiento directo (DC) para proporcionar un lingote de colada. En algunas otras realizaciones las aleaciones se cueban utilizando un proceso de colada continua (CC) que puede incluir, entre otros, el uso de fundidores de doble correa, fundidores de doble rodillo o fundidores de bloque. En algunas realizaciones, el proceso de colada se realiza mediante un proceso de CC para proporcionar un producto colado en forma de un tocho, una placa, una cortina, una tira y similares. En algunas realizaciones, la aleación fundida puede tratarse antes de la colada. El tratamiento puede incluir uno o más de desgasificación, flujo en línea y filtrado.

El producto de colada luego puede someterse a etapas de procesamiento adicionales tal como se describen con mayor detalle a continuación. En algunas realizaciones, las etapas de procesamiento pueden usarse para preparar láminas de aleación de aluminio. Las etapas de procesamiento se pueden aplicar adecuadamente a cualquier producto de colada, incluidos, entre otros, lingotes, tochos, placas, tiras, etc., utilizando modificaciones y técnicas conocidas por los expertos en la técnica.

Homogeneización

La etapa de homogeneización puede incluir calentar un producto de aleación de aluminio colado, preparado a

partir de una composición de aleación descrita en la presente para alcanzar una temperatura máxima del metal (PMT) de al menos 450 °C (por ejemplo, al menos 450 °C, al menos 460 °C, al menos 470 °C, al menos 480 °C, al menos 490 °C, al menos 500 °C, al menos 510 °C, al menos 520 °C, al menos 530 °C, al menos 540 °C, al menos 550 °C, al menos 560 °C, al menos 570 °C, o al menos 580 °C). Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio colado se puede calentar a una temperatura de 460 °C a 640 °C, de 480 °C a 620 °C, de 500 °C a 600 °C, de 520 °C a 580 °C, de 530 °C a 575 °C, de 535 °C a 570 °C, de 540 °C a 565 °C, de 545 °C a 560 °C, de 530 °C a 560 °C, o de 550 °C a 580 °C. En algunas realizaciones de cualquiera de las realizaciones anteriores, la velocidad de calentamiento hasta la PMT es 100 °C/hora o menos, 75 °C/hora o menos, 50 °C/hora o menos, 40 °C/hora o menos, 30 °C/hora o menos, 25 °C/hora o menos, 20 °C/hora o menos, o 15 °C/hora o menos. En algunas otras realizaciones, la velocidad de calentamiento a la PMT es de 10 °C/min a 100 °C/min (por ejemplo, de 10 °C/min a 90 °C/min, de 10 °C/min a 70 °C/min, de 10 °C/min a 60 °C/min, de 20 °C/min a 90 °C/min, de 30 °C/min a 80 °C/min, de 40 °C/min a 70 °C/min, o de 50 °C/min a 60 °C/min).

En la mayoría de los casos, el producto de aleación de aluminio colado se deja homogeneizar (es decir, se mantiene a la temperatura indicada) durante un período de tiempo. En algunas realizaciones, el producto de aleación de aluminio colado se deja homogeneizar durante hasta 24 horas (p. ej., de 30 minutos a 6 horas, inclusive). Por ejemplo, en algunas realizaciones, el producto de aleación de aluminio colado se homogeneiza a una temperatura de al menos 450 °C durante aproximadamente 30 minutos, durante aproximadamente 1 hora, durante aproximadamente 2 horas, durante aproximadamente 3 horas, durante aproximadamente 4 horas, durante aproximadamente 5 horas, durante aproximadamente 6 horas, durante aproximadamente 7 horas, durante aproximadamente 8 horas, durante aproximadamente 9 horas, durante aproximadamente 10 horas, durante aproximadamente 11 horas, durante aproximadamente 12 horas, durante aproximadamente 13 horas, durante aproximadamente 14 horas, durante aproximadamente 15 horas, durante aproximadamente 16 horas, durante aproximadamente 17 horas, durante aproximadamente 18 horas, durante aproximadamente 19 horas, durante aproximadamente 20 horas, durante aproximadamente 21 horas, durante aproximadamente 22 horas, durante aproximadamente 23 horas, durante aproximadamente 24 horas, o durante cualquier período de tiempo intermedio.

En algunas realizaciones, después de la homogeneización, el producto de aleación de aluminio colado se deja enfriar a temperatura ambiente en el aire.

Laminación en caliente

Después de la etapa de homogeneización, se realizan una o más etapas de laminación en caliente. En ciertos casos, los productos de aleación de aluminio se depositan y laminan en caliente a una temperatura que varía de aproximadamente 250 °C a aproximadamente 550 °C (por ejemplo, de aproximadamente 300 °C a aproximadamente 500 °C o de aproximadamente 350 °C a aproximadamente 450 °C).

En ciertas realizaciones, el producto de aleación de aluminio se lamina en caliente a un calibre de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 15 mm (por ejemplo, de un calibre de 5 mm a 12 mm). Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio puede laminarse en caliente a un calibre de aproximadamente 15 mm, un calibre de aproximadamente 14 mm, un calibre de aproximadamente 13 mm, un calibre de aproximadamente 12 mm, un calibre de aproximadamente 11 mm, un calibre de aproximadamente 10 mm, un calibre de aproximadamente 9 mm, un calibre de aproximadamente 8 mm, un calibre de aproximadamente 7 mm, un calibre de aproximadamente 6 mm o un calibre de aproximadamente 5 mm.

En otros casos, el producto de aleación de aluminio puede laminarse en caliente hasta un calibre no mayor que 4 mm (es decir, una lámina). En algunos de tales ejemplos, el producto de aleación de aluminio se lamina en caliente a un calibre de aproximadamente 1 mm a aproximadamente 4 mm. Por ejemplo, el producto de aleación de aluminio puede laminarse en caliente a un calibre de aproximadamente 4 mm, un calibre de aproximadamente 3 mm, un calibre de aproximadamente 2 mm o un calibre de aproximadamente 1 mm.

Laminado en frío opcional

Después del laminado en caliente, se realizan opcionalmente una o más instancias de laminado en frío. En ciertas realizaciones, el producto laminado de la etapa de laminado en caliente (p. ej., la placa, la cortina o lámina) puede laminarse en frío hasta lograr una plancha o lámina de calibre delgado. En algunas realizaciones, esta cortina o lámina de calibre delgado se lamina en frío para tener un grosor de hasta 12.0 mm, tal como un grosor que varía de aproximadamente 1.0 mm a aproximadamente 12.0 mm, de aproximadamente 2.0 mm a aproximadamente 8.0 mm, de aproximadamente 3.0 mm a aproximadamente 6.0 mm, o de aproximadamente 4.0 mm a aproximadamente 5.0 mm. En algunas realizaciones, esta cortina o lámina de calibre delgado se lamina en frío para tener un grosor de aproximadamente 12.0 mm, aproximadamente 11.9 mm, aproximadamente 11.8 mm, aproximadamente 11.7 mm, aproximadamente 11.6 mm, aproximadamente 11.5 mm, aproximadamente 11.4 mm, aproximadamente 11.3 mm, aproximadamente 11.2 mm, aproximadamente 11.1 mm, aproximadamente 11.0 mm, aproximadamente 10.9 mm, aproximadamente 10.8 mm, aproximadamente 10.7 mm, aproximadamente 10.6 mm, aproximadamente 10.5 mm, aproximadamente 10.4

- mm, aproximadamente 10.3 mm, aproximadamente 10.2 mm, aproximadamente 10.1 mm, aproximadamente 10.0 mm, aproximadamente 9.9 mm, aproximadamente 9.8 mm, aproximadamente 9.7 mm, aproximadamente 9.6 mm, aproximadamente 9.5 mm, aproximadamente 9.4 mm, aproximadamente 9.3 mm, aproximadamente 9.2 mm, aproximadamente 9.1 mm, aproximadamente 9.0 mm, aproximadamente 8.9 mm, aproximadamente 8.8 mm, aproximadamente 8.7 mm, aproximadamente 8.6 mm, aproximadamente 8.5 mm, aproximadamente 8.4 mm, aproximadamente 8.3 mm, aproximadamente 8.2 mm, aproximadamente 8.1 mm, aproximadamente 8.0 mm, aproximadamente 7.9 mm, aproximadamente 7.8 mm, aproximadamente 7.7 mm, aproximadamente 7.6 mm, aproximadamente 7.5 mm, aproximadamente 7.4 mm, aproximadamente 7.3 mm, aproximadamente 7.2 mm, aproximadamente 7.1 mm, aproximadamente 7.0 mm, aproximadamente 6.9 mm, aproximadamente 6.8 mm, aproximadamente 6.7 mm, aproximadamente 6.6 mm, aproximadamente 6.5 mm, aproximadamente 6.4 mm, aproximadamente 6.3 mm, aproximadamente 6.2 mm, aproximadamente 6.1 mm, aproximadamente 6.0 mm, aproximadamente 5.9 mm, aproximadamente 5.8 mm, aproximadamente 5.7 mm, aproximadamente 5.6 mm, aproximadamente 5.5 mm, aproximadamente 5.4 mm, aproximadamente 5.3 mm, aproximadamente 5.2 mm, aproximadamente 5.1 mm, aproximadamente 5.0 mm, aproximadamente 4.9 mm, aproximadamente 4.8 mm, aproximadamente 4.7 mm, aproximadamente 4.6 mm, aproximadamente 4.5 mm, aproximadamente 4.4 mm, aproximadamente 4.3 mm, aproximadamente 4.2 mm, aproximadamente 4.1 mm, aproximadamente 4.0 mm, aproximadamente 3.9 mm, aproximadamente 3.8 mm, aproximadamente 3.7 mm, aproximadamente 3.6 mm, aproximadamente 3.5 mm, aproximadamente 3.4 mm, aproximadamente 3.3 mm, aproximadamente 3.2 mm, aproximadamente 3.1 mm, aproximadamente 3.0 mm, aproximadamente 2.9 mm, aproximadamente 2.8 mm, aproximadamente 2.7 mm, aproximadamente 2.6 mm, aproximadamente 2.5 mm, aproximadamente 2.4 mm, aproximadamente 2.3 mm, aproximadamente 2.2 mm, aproximadamente 2.1 mm, aproximadamente 2.0 mm, aproximadamente 1.9 mm, aproximadamente 1.8 mm, aproximadamente 1.7 mm, aproximadamente 1.6 mm, aproximadamente 1.5 mm, aproximadamente 1.4 mm, aproximadamente 1.3 mm, aproximadamente 1.2 mm, aproximadamente 1.1 mm, aproximadamente 1.0 mm, aproximadamente 0.9 mm, aproximadamente 0.8 mm, aproximadamente 0.7 mm, aproximadamente 0.6 mm, aproximadamente 0.5 mm, aproximadamente 0.4 mm, aproximadamente 0.3 mm, aproximadamente 0.2 mm o aproximadamente 0.1 mm.

Solubilización

- La etapa de solubilización puede incluir calentar la lámina, placa o cortina de la temperatura ambiente a una temperatura de 430 °C a 510 °C (por ejemplo, de 440 °C a 500 °C, de 450 °C a 490 °C, de 460 °C a 480 °C). La lámina, placa o cortina puede homogeneizarse a la temperatura durante un período de tiempo. En ciertos aspectos, la aleación se deja homogeneizar durante hasta aproximadamente 5 minutos (p. ej., de 5 segundos a 5 minutos, inclusive). Por ejemplo, la lámina, la placa o la cortina pueden homogeneizarse a una temperatura de 430 °C a 510 °C durante aproximadamente 5 segundos, aproximadamente 10 segundos, aproximadamente 15 segundos, aproximadamente 20 segundos, aproximadamente 25 segundos, aproximadamente 30 segundos, aproximadamente 35 segundos, aproximadamente 40 segundos, aproximadamente 45 segundos, aproximadamente 50 segundos, aproximadamente 55 segundos, aproximadamente 60 segundos, aproximadamente 65 segundos, aproximadamente 70 segundos, aproximadamente 75 segundos, aproximadamente 80 segundos, aproximadamente 85 segundos, aproximadamente 90 segundos, aproximadamente 95 segundos, aproximadamente 100 segundos, aproximadamente 105 segundos, aproximadamente 110 segundos, aproximadamente 115 segundos, aproximadamente 120 segundos, aproximadamente 125 segundos, aproximadamente 130 segundos, aproximadamente 135 segundos, aproximadamente 140 segundos, aproximadamente 145 segundos, aproximadamente 150 segundos, aproximadamente 3 minutos, aproximadamente 4 minutos o aproximadamente 5 minutos, o en cualquier punto intermedio.

Enfriamiento

- En ciertas realizaciones, la placa, cortina o lámina pueden enfriarse entonces a una temperatura de 25 °C a 65 °C a una velocidad de enfriamiento que puede variar entre aproximadamente de 50 °C/s a aproximadamente 400 °C/s en una etapa de enfriamiento que se basa en el calibre seleccionado. Por ejemplo, la velocidad de enfriamiento puede ser de aproximadamente 50 °C/s a aproximadamente 375 °C/s, de aproximadamente 60 °C/s a aproximadamente 375 °C/s, de aproximadamente 70 °C/s a aproximadamente 350 °C/s, de aproximadamente 80 °C/s a aproximadamente 325 °C/s, de aproximadamente 90 °C/s a aproximadamente 300 °C/s, de aproximadamente 100 °C/s a aproximadamente 275 °C/s, de aproximadamente 125 °C/s a aproximadamente 250 °C/s, de aproximadamente 150 °C/s a aproximadamente 225 °C/s, o de aproximadamente 175 °C/s a aproximadamente 200 °C/s.
- En la etapa de enfriamiento, la lámina, placa o cortina se temple rápidamente con un líquido (p. ej., agua) y/o gas u otro medio de enfriamiento seleccionado. En ciertos aspectos, la lámina, placa o cortina puede templearse rápidamente con agua. En ciertos aspectos, la lámina, placa o cortina se enfría con un gas o un líquido.

Preenvejecimiento (recalentamiento)

- Los métodos descritos en la presente invención generalmente incluyen una etapa de preenvejecimiento que

sigue a las etapas de solubilización y enfriamiento. La etapa de preenvejecimiento incluye calentar la aleación después de la etapa de solubilización hasta una temperatura que varía de 60 °C a 130 °C (p. ej., de aproximadamente 65 °C a aproximadamente 125 °C, de aproximadamente 70 °C a aproximadamente 120 °C, de aproximadamente 75 °C a aproximadamente 115 °C, de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 120 °C, o de aproximadamente 85 °C a aproximadamente 115 °C). En algunos ejemplos, la etapa de preenvejecimiento puede incluir calentar la aleación después de la solubilización de aproximadamente 80 °C a aproximadamente 120 °C (p. ej., de aproximadamente 90 °C a aproximadamente 110 °C). La etapa de preenvejecimiento se realiza durante un período de tiempo de hasta 24 horas (p. ej., durante un período de tiempo de hasta aproximadamente 20 horas, hasta aproximadamente 15 horas, hasta aproximadamente 12 horas, hasta aproximadamente 10 horas, hasta aproximadamente 9 horas, hasta aproximadamente 8 horas, hasta aproximadamente 7 horas, hasta aproximadamente 6 horas, hasta aproximadamente 5 horas, hasta aproximadamente 4 horas, hasta aproximadamente 3 horas, hasta aproximadamente 2 horas, hasta aproximadamente 1 hora, o hasta aproximadamente 30 minutos). La aleación de puede homogeneizarse a la temperatura durante un período de tiempo. En ciertos aspectos, la aleación se deja homogeneizar durante un período de tiempo de hasta aproximadamente 2 horas (por ejemplo, durante un período de tiempo de aproximadamente 1 minuto, hasta aproximadamente 2 minutos, hasta aproximadamente 3 minutos, hasta aproximadamente 4 minutos, hasta aproximadamente 5 minutos, hasta aproximadamente 6 minutos, hasta aproximadamente 7 minutos, hasta aproximadamente 8 minutos, hasta aproximadamente 9 minutos, hasta aproximadamente 10 minutos, hasta aproximadamente 20 minutos, hasta aproximadamente 30 minutos, hasta aproximadamente 40 minutos, hasta aproximadamente 45 minutos, hasta 6 aproximadamente 0 minutos o hasta aproximadamente 90 minutos). El tiempo entre el enfriamiento posterior a la solubilización y el preenvejecimiento puede ser de cualquier longitud de tiempo, desde aproximadamente 0 minutos hasta aproximadamente 60 minutos. Por ejemplo, el tiempo entre el enfriamiento posterior a la solubilización y el preenvejecimiento puede ser cualquier período de tiempo que varía desde aproximadamente 5 minutos hasta aproximadamente 45 minutos o desde aproximadamente 10 minutos hasta aproximadamente 35 minutos.

Después del calentamiento del producto de aleación de aluminio en la etapa de preenvejecimiento, el producto calentado generalmente se enfría desde la temperatura de preenvejecimiento máxima hasta la temperatura ambiente lentamente y sin el uso de enfriamiento del producto con un gas o un líquido. Sin embargo, en algunas otras realizaciones, el enfriamiento hasta la temperatura ambiente se asiste por enfriamiento forzado usando, por ejemplo, aire, un líquido frío y similares, o cualquier combinación de estos. En algunas realizaciones, el enfriamiento desde la temperatura de preenvejecimiento máxima hasta la temperatura ambiente se produce en el transcurso de aproximadamente 48 horas, aproximadamente 36 horas, aproximadamente 24 horas, aproximadamente 18 horas, aproximadamente 12 horas, o durante cualquier intervalo de tiempo intermedio. El producto de aleación de aluminio se puede enfriar desde la temperatura de preenvejecimiento hasta la temperatura ambiente en cualquier configuración física adecuada. En algunas realizaciones, el producto de aleación de aluminio se enrolla a la temperatura de preenvejecimiento (o a una temperatura no mayor que 5 °C por debajo de la temperatura de preenvejecimiento), y se enfría hasta la temperatura ambiente en el transcurso de aproximadamente 48 horas, aproximadamente 36 horas, aproximadamente 24 horas, aproximadamente 18 horas, aproximadamente 12 horas, o por cualquier intervalo de tiempo intermedio.

Después del enfriamiento, el producto de aleación de aluminio está listo para su entrega, y es adecuado para su uso en varios procesos de conformado en frío y conformado en caliente. En este estado, el producto de aleación de aluminio en un temple T4 estable, que se retiene durante un período de hasta aproximadamente 6 meses, después de los cual el material formado envejece y se endurece.

Artículos de fabricación

La invención proporciona un artículo de fabricación, que está compuesto por un producto de aleación de aluminio serie 7xxx obtenido según el método reivindicado y descrito en la presente. El artículo de fabricación comprende un producto de aleación de aluminio laminado, tal como una lámina de aleación de aluminio laminada. Los ejemplos de tales artículos de fabricación incluyen, entre otros, un automóvil, camión, remolque, tren, vagón de ferrocarril, avión, un panel de carrocería o parte de cualquiera de los anteriores, un puente, una tubería, un tubo, un bote, un barco, un contenedor de almacenamiento, un tanque de almacenamiento, un artículo de mobiliario, una ventana, una puerta, una barandilla, una pieza arquitectónica funcional o decorativa, una barandilla de tubería, un componente eléctrico, un conducto, un contenedor de bebidas, o un contenedor de alimentos.

En algunas otras realizaciones, los productos de aleación de aluminio divulgados en la presente pueden usarse en aplicaciones automotrices y/o de transporte, que incluyen aplicaciones de vehículos motorizados, aeronaves y ferrocarriles, o cualquier otra aplicación deseada. En algunos ejemplos, los productos de aleación de aluminio descritos en la presente invención pueden usarse para elaborar productos de partes de carrocería de vehículos de motor, tales como parachoques, vigas laterales, vigas del techo, vigas transversales, refuerzos de pilares, (por ejemplo, pilares A, pilares B y pilares C), paneles internos, paneles externos, paneles laterales, paneles interiores del capó, exteriores del capó o de la tapa del maletero. Las aleaciones de aluminio y los métodos descritos en la presente invención también pueden usarse en aplicaciones de vehículos ferroviarios o aviones

para elaborar, por ejemplo, paneles externos e internos.

En algunas otras realizaciones, los productos de aleación de aluminio divulgados en la presente pueden usarse en aplicaciones electrónicas. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio descritos en la presente invención pueden usarse además para elaborar carcasas para dispositivos electrónicos, que incluyen teléfonos móviles y tabletas. En algunos ejemplos, las aleaciones pueden usarse para elaborar carcasas para la carcasa exterior de teléfonos móviles (por ejemplo, teléfonos inteligentes) y carcasas inferiores de tabletas.

En algunas otras realizaciones, los productos de aleación de aluminio descritos en la presente pueden usarse en aplicaciones industriales. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio descritos en la presente invención pueden usarse para elaborar productos para el mercado de distribución general.

En algunas otras realizaciones, los productos de aleación de aluminio descritos en la presente pueden usarse como partes de carrocería aeroespacial. Por ejemplo, los productos de aleación de aluminio divulgados en la presente pueden usarse para preparar partes estructurales de carrocería aeroespacial, tales como un ala, un fuselaje, un alerón, un timón, un elevador, un carenado o un soporte. En algunas otras realizaciones, los productos de aleación de aluminio descritos en la presente invención pueden usarse para preparar partes no estructurales de carrocería aeroespaciales, tales como una pista de asiento, un marco de asiento, un panel o una bisagra.

Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar adicionalmente ciertas realizaciones de la presente descripción sin que, al mismo tiempo, sin embargo, constituyan una limitación de esta. Por el contrario, ha de entenderse claramente que es posible recurrir a diversas realizaciones, modificaciones y equivalentes de estas que, después de leer la descripción en la presente invención, se les puedan ocurrir a los expertos en la técnica, sin apartarse del espíritu de la descripción.

Ejemplo 1 - Prueba de resistencia

Se prepararon dos muestras de láminas de aleación de aluminio AA7075 de 1.4 mm de espesor de acuerdo con métodos de procesamiento idénticos, incluida la solubilización a 480 °C seguida de un enfriamiento completo con agua, a excepción de la etapa de preenvejecimiento. Una muestra se sometió a preenvejecimiento (PX) a 100 °C durante menos de 1 minuto, y luego se enfrió a temperatura ambiente durante 24 horas. La otra muestra no se sometió a preenvejecimiento. La Figura 1 muestra el cambio en el límite elástico (Rp) en función del número de días después de la producción inicial para cada una de las muestras, donde el límite elástico se mide de acuerdo con la prueba ISO 6892-1. La muestra preparada con preenvejecimiento muestra un límite elástico significativamente más estable durante un período de aproximadamente 30 días.

Se prepararon seis muestras de láminas de aleación de aluminio revestidas AA7075/AAAA5182 de 2.0 mm de espesor de acuerdo con los métodos descritos en la presente, con variaciones solo en la etapa de preenvejecimiento. Ciertas muestras se sometieron a preenvejecimiento a diferentes temperaturas, y algunas muestras se sometieron a preenvejecimiento en combinación con enfriamiento de enrollado simulado. La Figura 2 muestra el cambio en el límite elástico (Rp) en función de la cantidad de días después de la producción inicial para cada una de las muestras.

Ejemplo 2

Se prepararon muestras de láminas de aleación de aluminio AA7075 de 1.4 mm de espesor de acuerdo con métodos de procesamiento idénticos, incluida la solubilización a 480 °C con un tiempo de homogeneización de cinco minutos, un enfriamiento completo con agua a una velocidad de enfriamiento de 350 °C/s, una etapa de preenvejecimiento, y envejecimiento natural. La temperatura y el tiempo de preenvejecimiento fueron variados, al igual que el tiempo natural de envejecimiento. El tiempo de preenvejecimiento fue de 1 hora, 4 horas u 8 horas. La temperatura de preenvejecimiento fue de 70 °C o 100 °C. El envejecimiento natural (NA, por sus siglas en inglés) se realizó durante 1 semana, 2 semanas, 3 semanas o 4 semanas. Las muestras se analizaron siendo sometidas a un ciclo de horneado de pintura (PB, por sus siglas en inglés), y sin este. Cuando se sometieron a un ciclo de horneado de pintura, las muestras se analizaron con un 2 % de preestiramiento y sin este. Las Figuras 3A-3D muestran el cambio en el límite elástico para la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras fueron sometidas a un ciclo de horneado en pintura. La Figura 3D muestra el efecto del preestiramiento cuando las muestras se sometieron a horneado de pintura. El límite elástico (MPa) se midió de acuerdo con la prueba ISO 6892-1:2016. Las Figuras 4A-4C muestran el cambio en la fuerza de alargamiento de la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras fueron sometidas a un ciclo de horneado de pintura. La Figura 4D muestra el efecto del preestiramiento cuando las muestras se sometieron a horneado de pintura. La resistencia al alargamiento (MPa) se midió de acuerdo con la prueba ISO 6892-1: 2016. Las Figuras 5A-5C muestran el cambio en el alargamiento uniforme para la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras fueron sometidas a un ciclo de horneado de pintura. La

Figura 5D muestra el efecto del preestiramiento cuando las muestras se sometieron a horneado de pintura. El alargamiento uniforme (%) se midió de acuerdo con la prueba ISO 6892-1:2016. Las Figuras 6A-6C muestran el cambio en el alargamiento total de la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras fueron sometidas a un ciclo de cocción de pintura. La Figura 6D muestra el efecto del preestiramiento cuando las muestras se sometieron a horneado de pintura. El alargamiento total (%) se midió de acuerdo con la prueba ISO 6892-1:2016. Las Figuras 7A-7D muestran el cambio en la tensión crítica de fractura para la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras fueron sometidas a un ciclo de horneado de pintura. Las Figuras 7C y 7D muestran el efecto del preestiramiento cuando las muestras se sometieron a horneado de pintura. La tensión crítica de fractura (%) se midió de acuerdo con la prueba ISO 6892-1:2016. Las Figuras 8A-8D muestran el exponente de endurecimiento por estiramiento (valor n) para la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras fueron sometidas a un ciclo de horneado de pintura. Las Figuras 8C y 8D muestran el efecto del preestiramiento cuando las muestras se sometieron a horneado de pintura. La tensión crítica de fractura (%) se midió de acuerdo con la prueba ISO 6892-1:2016.

Como se muestra en las Figuras 3-8, el preenvejecimiento a 70 °C resultó en un aumento del límite elástico a medida que aumentaba la duración del envejecimiento natural. Para el preenvejecimiento a 100 °C, el límite elástico fue relativamente estable cuando se preenvejeció durante 4 a 8 horas, independientemente de la duración del tiempo de envejecimiento natural. Se pudieron lograr límites elásticos superiores a 450 MPa después de que las muestras se sometieron a un ciclo de horneado de pintura. Las muestras sometidas a un preestiramiento del 2 % antes del ciclo de horneado de pintura mostraron un ligero aumento en el límite elástico.

Se han descrito diversas realizaciones de la invención en cumplimiento de los diversos objetivos de la invención. Debe reconocerse que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Sus numerosas modificaciones y adaptaciones serán fácilmente evidentes para las personas expertas en la técnica, sin apartarse del espíritu y alcance de la invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

Se prepararon muestras de chapas de aleación de aluminio AA7075 de 1.4 mm de espesor siguiendo métodos de procesamiento idénticos, que incluían la disolución a 480 °C con un tiempo de inmersión de cinco minutos, un enfriamiento rápido con agua a una velocidad de enfriamiento rápido de 350 °C/s, un paso de preenvejecimiento y un envejecimiento natural. Se variaron la temperatura y el tiempo de preenvejecimiento, así como el tiempo de envejecimiento natural. El tiempo de preenvejecimiento fue de 1, 4 u 8 horas. La temperatura de preenvejecimiento fue de 70 °C o 100 °C. El envejecimiento natural se llevó a cabo durante 1, 2, 3 o 4 semanas. Las muestras se probaron con y sin someterlas a un ciclo de horneado de pintura (PB). Las FIGS. 3A-C muestran el cambio en el límite elástico de la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras se sometieron a un ciclo de pintura al horno. El límite elástico (MPa) se midió según la prueba ISO 6892-1:2016. Las FIGS. 4A-C muestran el cambio en la resistencia al alargamiento de la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras se sometieron a un ciclo de pintura-horneado. La resistencia al alargamiento (MPa) se midió según la prueba ISO 6892-1:2016. Las FIGS. 5A-C muestran el cambio en el alargamiento uniforme de la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras se sometieron a un ciclo de horneado con pintura. El alargamiento uniforme (%) se midió según la prueba ISO 6892-1:2016. Las FIGS. 6A-C muestran el cambio en el alargamiento total de la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras se sometieron a un ciclo de horneado con pintura. El alargamiento total (%) se midió según el ensayo ISO 6892-1:2016. Las FIGS. 7A-D muestran el cambio en la deformación crítica de fractura de la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras se sometieron a un ciclo de horneado de pintura. Las FIGS 7C y D muestran el efecto de la deformación previa cuando las muestras se sometieron a un ciclo de horneado con pintura. La deformación crítica de fractura (%) se midió de acuerdo con la prueba ISO 6892-1:2016. Las FIGS. 8A-D muestran el exponente de endurecimiento por deformación (valor n) de la muestra en función del tiempo y la temperatura de preenvejecimiento y en función de si las muestras se sometieron a un ciclo de horneado de pintura. Las FIGS 8C y D muestran el efecto de la deformación previa cuando las muestras se sometieron a un ciclo de horneado de pintura. La deformación crítica de fractura (%) se midió de acuerdo con el ensayo ISO 6892-1:2016.

Como se muestra en las FIGS. 3-8, el preenvejecimiento a 70 °C dio lugar a un aumento del límite elástico a medida que aumentaba la duración del envejecimiento natural. Para el preenvejecimiento a 100 °C, el límite elástico fue relativamente estable cuando se preenvejeció de 4 a 8 horas, independientemente de la duración del envejecimiento natural. Se alcanzaron límites elásticos superiores a 450 MPa después de someter las muestras a un ciclo de pintura y horneado. Las muestras sometidas a una tensión previa del 2% antes del ciclo de pintura y cocción mostraron un ligero aumento del límite elástico. Se han descrito varias realizaciones de la invención en cumplimiento de los diversos objetivos de la invención. Debe reconocerse que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Numerosas modificaciones y adaptaciones de la misma serán fácilmente evidentes para aquellos con conocimientos ordinarios en la materia.

REIVINDICACIONES

1. Método para hacer un producto de aleación de aluminio laminado que comprende:

5 proporcionar una aleación de aluminio serie 7xxx, en donde la aleación de aluminio serie 7xxx se proporciona como una aleación de aluminio serie 7xxx fundido;

colar la aleación de aluminio serie 7xxx fundido para proporcionar un producto de aleación de aluminio colado;

10 homogeneizar el producto de aleación de aluminio colado para proporcionar un producto de aleación de aluminio colado homogeneizado;

laminar el producto de aleación de aluminio colado homogeneizado para formar un producto de aleación de aluminio laminado;

15 solubilizar y preenvejecer el producto de aleación de aluminio laminado

en donde el preenvejecimiento comprende calentar el producto de aleación de aluminio laminado a una temperatura de preenvejecimiento comprendida entre 60 °C y 130 °C,

20 en donde el preenvejecimiento se lleva a cabo durante un período de tiempo de hasta 24 horas; y

enrollar el producto de aleación de aluminio laminado después del preenvejecimiento..

25 2. El método de la reivindicación 1, en donde la aleación de aluminio serie 7xxx se selecciona del grupo que consiste en 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, AA7011, AA7012, AA7014, AA7016, AA7116, AA7122, AA7023, AA7026, AA7029, AA7129, AA7229, AA7032, AA7033, AA7034, AA7036, AA7136, AA7037, AA7040, AA7140, AA7041, AA7049, AA7049A, AA7149, AA7204, 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, y AA7099.

35 3. El método de la reivindicación 1, en donde la aleación de aluminio serie 7xxx comprende:

de 4.0 a 15.0 % en peso de Zn;

de 0.1 a 3.5 % en peso de Cu;

40 de 1.0 a 4.0 % en peso de Mg;

de 0.05 a 0.50 % en peso de Fe;

45 de 0.05 a 0.30 % en peso de Si;

hasta 0.50 % en peso de Zr;

hasta 0.25 % en peso de Mn;

50 hasta 0.20 % en peso de Cr;

hasta 0.15 % en peso de Ti; y

55 hasta 0.15 % en peso de impurezas;

y el resto es Al.

60 4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, en donde la aleación de aluminio serie 7xxx comprende:

de 5.6 a 9.3 % en peso de Zn;

de 0.2 a 2.6 % en peso de Cu;

65 de 1.4 a 2.8 % en peso de Mg;

- de 0.10 a 0.35 % en peso de Fe;
- 5 de 0.05 a 0.20 % en peso de Si;
- hasta 0.25 % en peso de Zr;
- hasta 0.05 % en peso de Mn;
- 10 hasta 0.05 % en peso de Cr;
- hasta 0.05 % en peso de Ti; y
- hasta 0.15 % en peso de impurezas;
- 15 y el resto es Al.
5. El método de la reivindicación 1, en donde la aleación de aluminio de la serie 7xxx comprende:
- 20 de 4.0 a 15.0 % en peso de Zn;
- de 0.1 a 3.5 % en peso de Cu;
- de 1.0 a 4.0 % en peso de Mg;
- 25 de 0.05 a 0.50 % en peso de Fe;
- de 0.05 a 0.30 % en peso de Si;
- 30 hasta 0.50 % en peso de Zr;
- hasta 0.25 % en peso de Mn;
- hasta 0.20 % en peso de Cr;
- 35 hasta 0.15 % en peso de Ti;
- que comprende además hasta 0.10 % en peso de uno o más elementos seleccionados del grupo que consiste en Mo, Nb, Be, B, Co, Sn, Sr, V, In, Hf, Ag, Sc, Ni, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu; y
- 40 hasta un 0.15 % en peso de impurezas;
- siendo el resto Al.
- 45 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde el producto de aleación de aluminio laminado es una lámina de aleación de aluminio o una cortina de aleación de aluminio y en particular,
- en donde el producto de aleación de aluminio laminado tiene un espesor de no más que 15 mm.
- 50 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la colada comprende colada por enfriamiento directo (DC) o colada continua, y/o
- en donde el laminado comprende laminado en caliente, laminado en frío o cualquier combinación de estos.
- 55 8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende además enfriar el producto de aleación de aluminio laminado después de la solubilización y antes del preenvejecimiento.
9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además, después del preenvejecimiento, enfriar el producto de aleación de aluminio laminado a aproximadamente temperatura ambiente durante un período de tiempo que varía de 12 horas a 48 horas.
- 60 10. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además, después del preenvejecimiento y enrollado del producto de aleación de aluminio laminado, enfriar el producto de aleación de aluminio laminado hasta temperatura ambiente.
- 65

11. El método de la reivindicación 10, en donde el enrollado se lleva a cabo a una temperatura de no más que 5 °C por debajo de la temperatura de preenvejecimiento y en particular,
- 5 en donde el enfriamiento se lleva a cabo durante un período de tiempo que varía de 12 horas a 48 horas.
12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde el producto de aleación de aluminio laminado tiene un límite elástico (R_p) de al menos 240 MPa inmediatamente después del preenvejecimiento, en donde el límite elástico (R_p) se mide de acuerdo con la prueba ISO 6892-1 y/o,
- 10 en donde el producto de aleación de aluminio laminado exhibe un aumento en su límite elástico (R_p) de no más que 25 MPa durante un período de postproducción inmediatamente después del preenvejecimiento, en donde el período de postproducción varía de 7 días a 180 días.

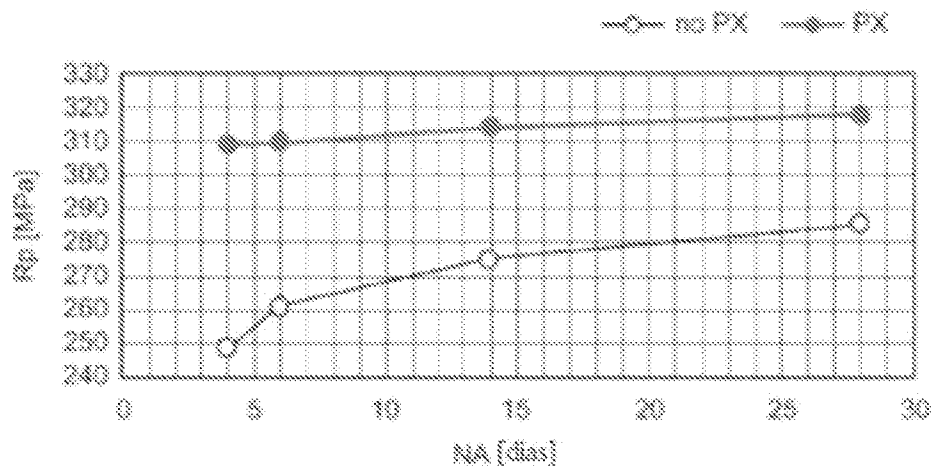


FIG. 1

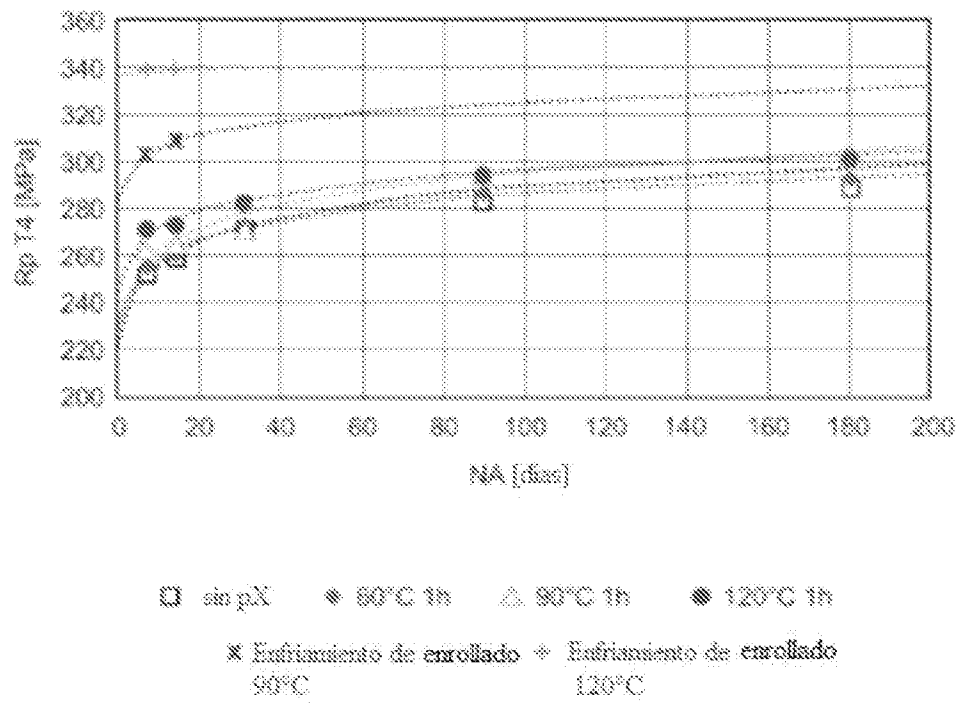


FIG. 2

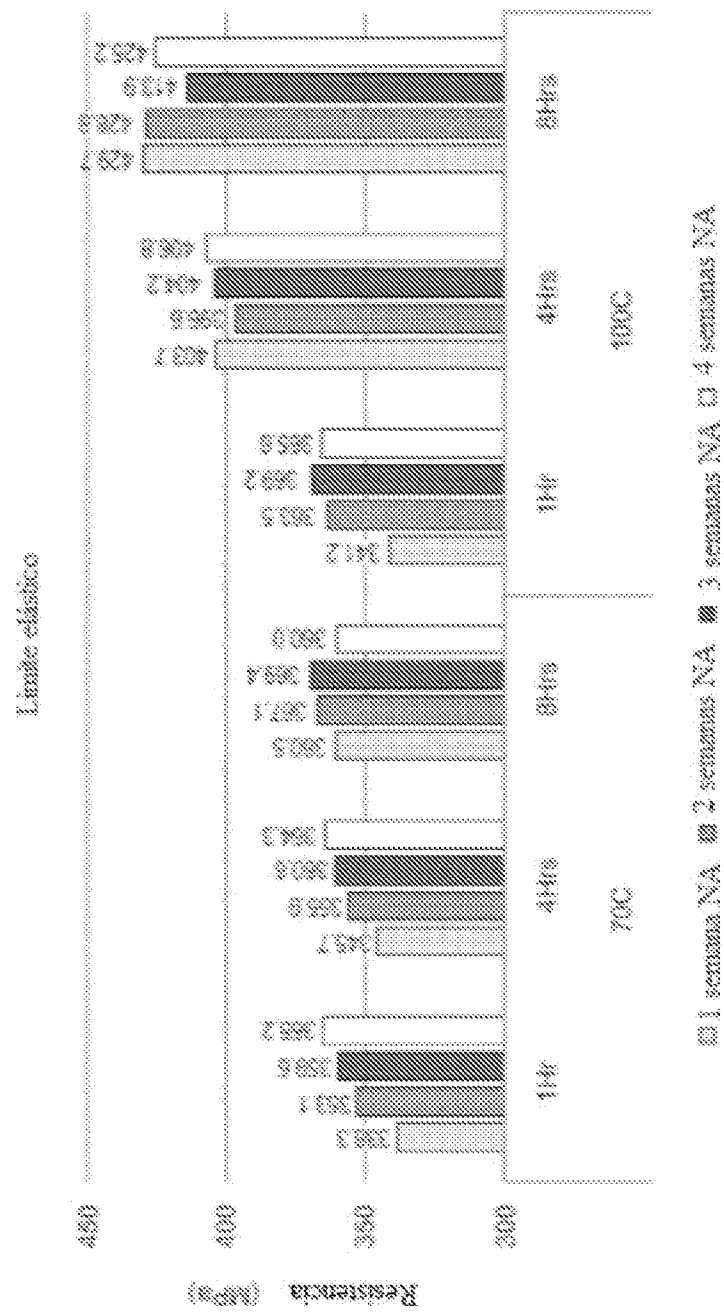


FIG. 3A

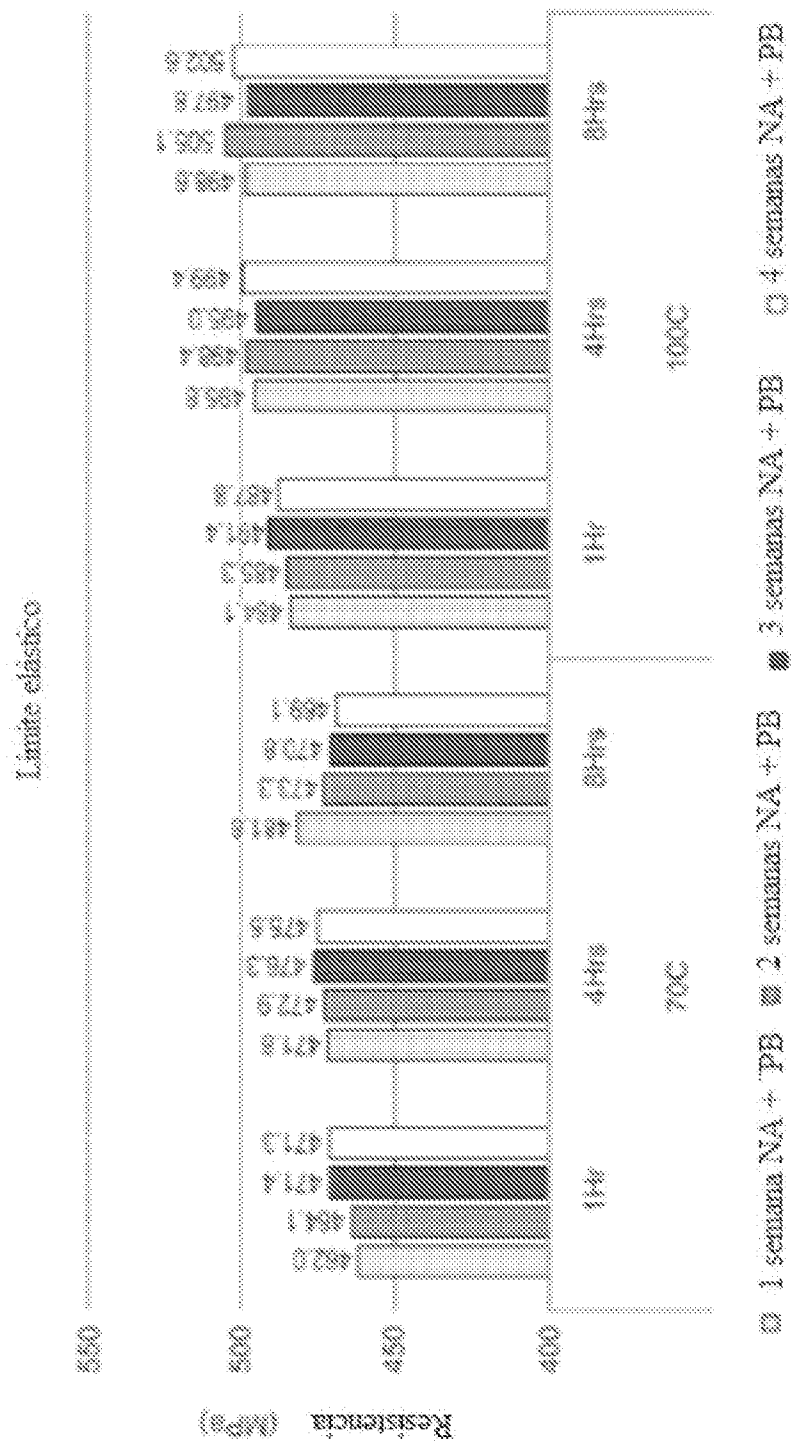


FIG. 3B

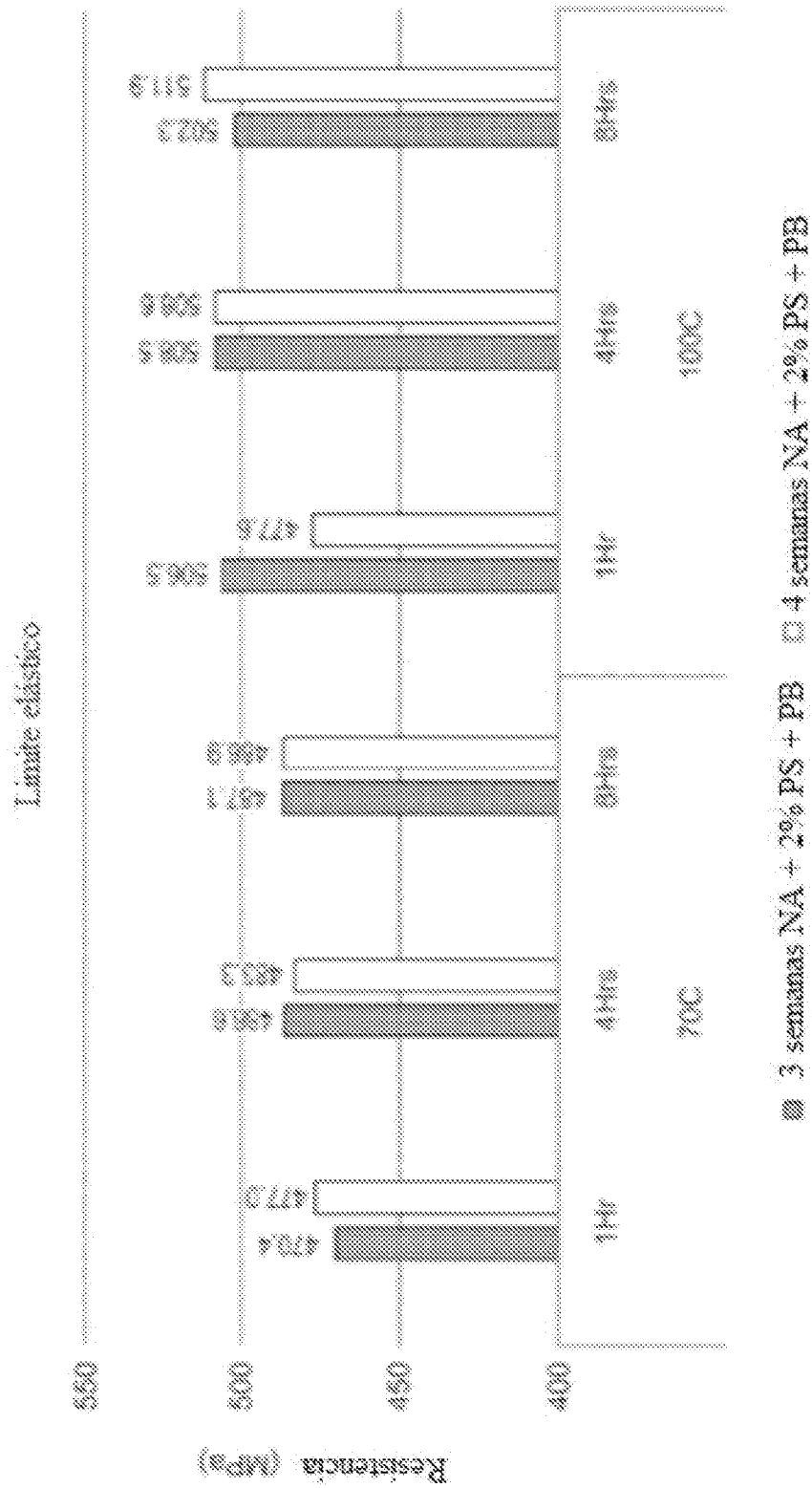


FIG. 3C

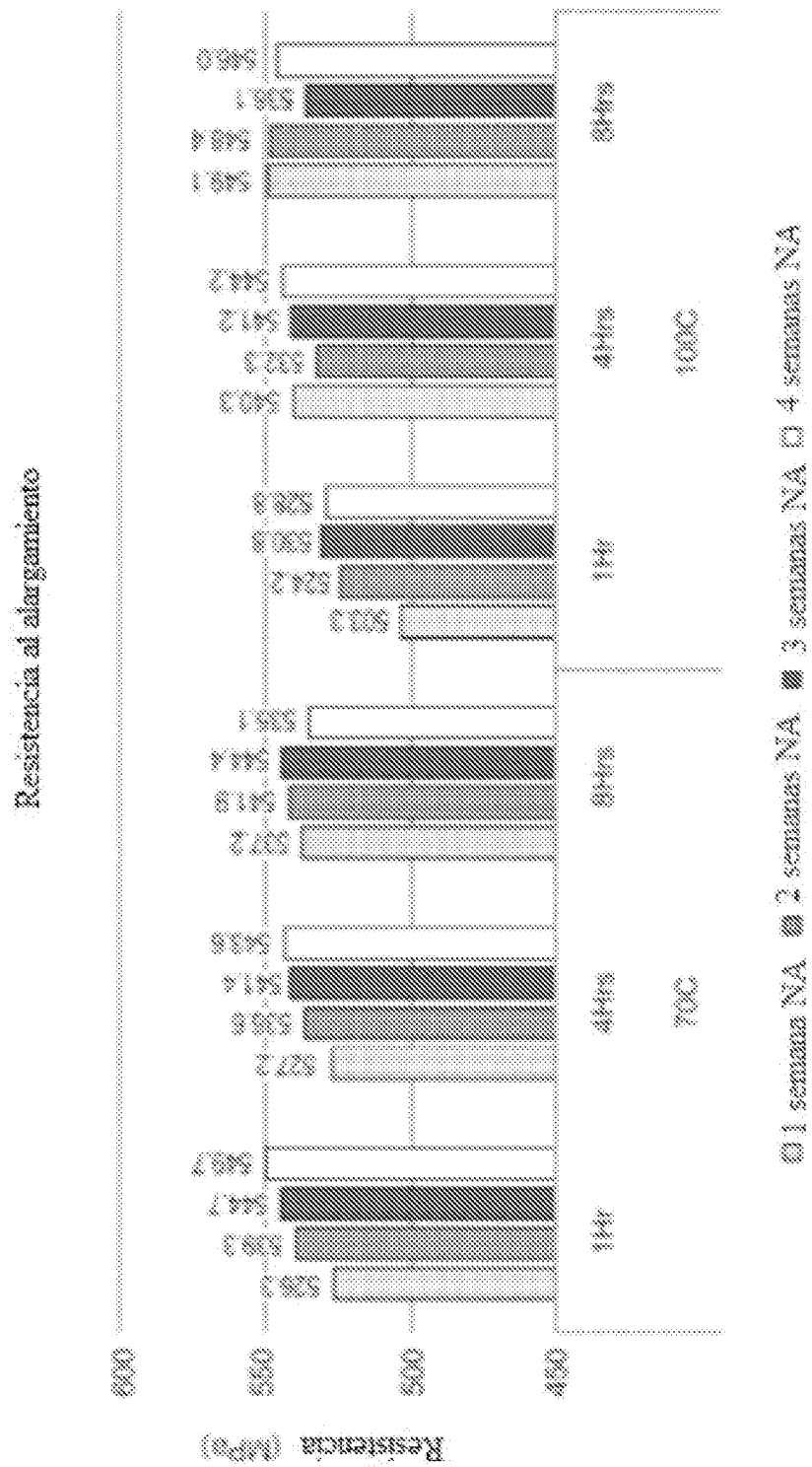


FIG. 4A

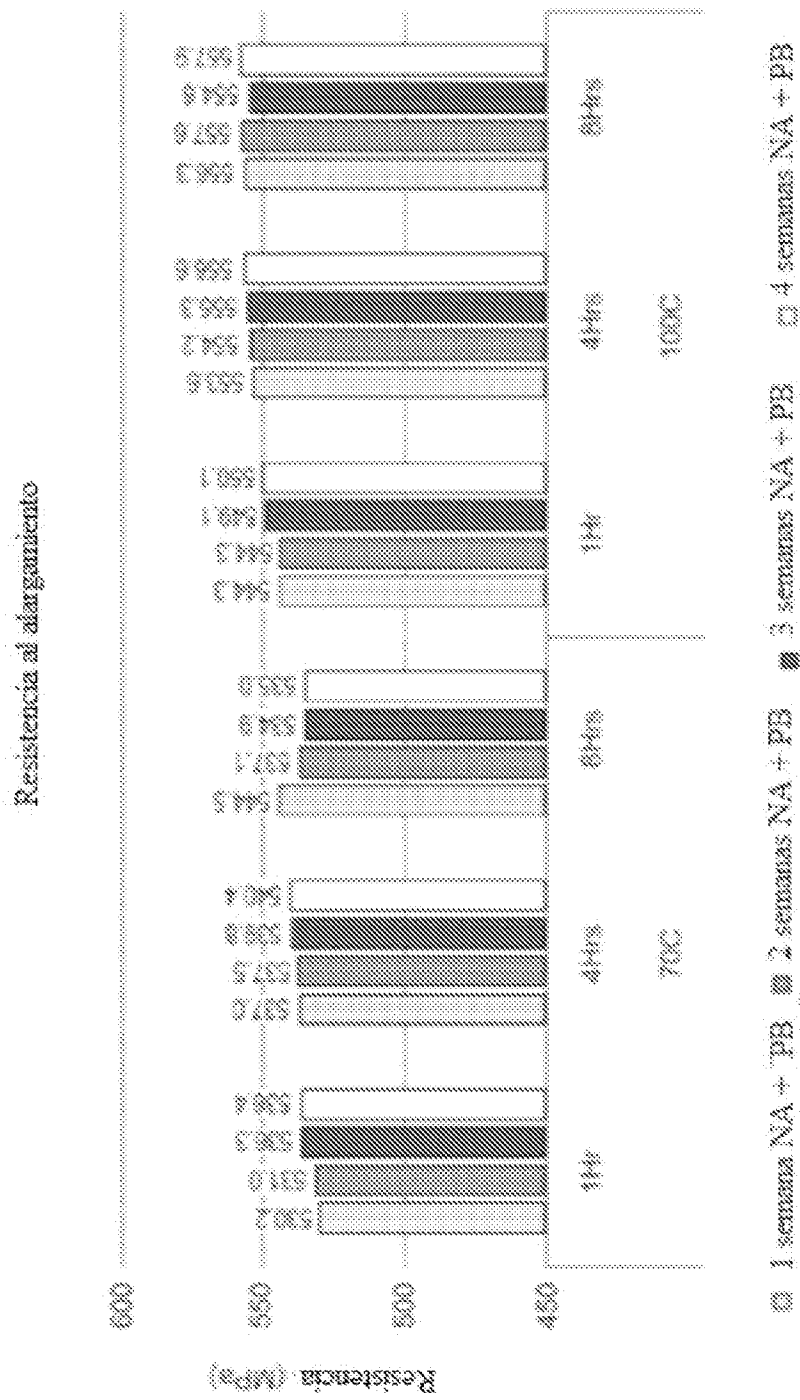


FIG. 4B

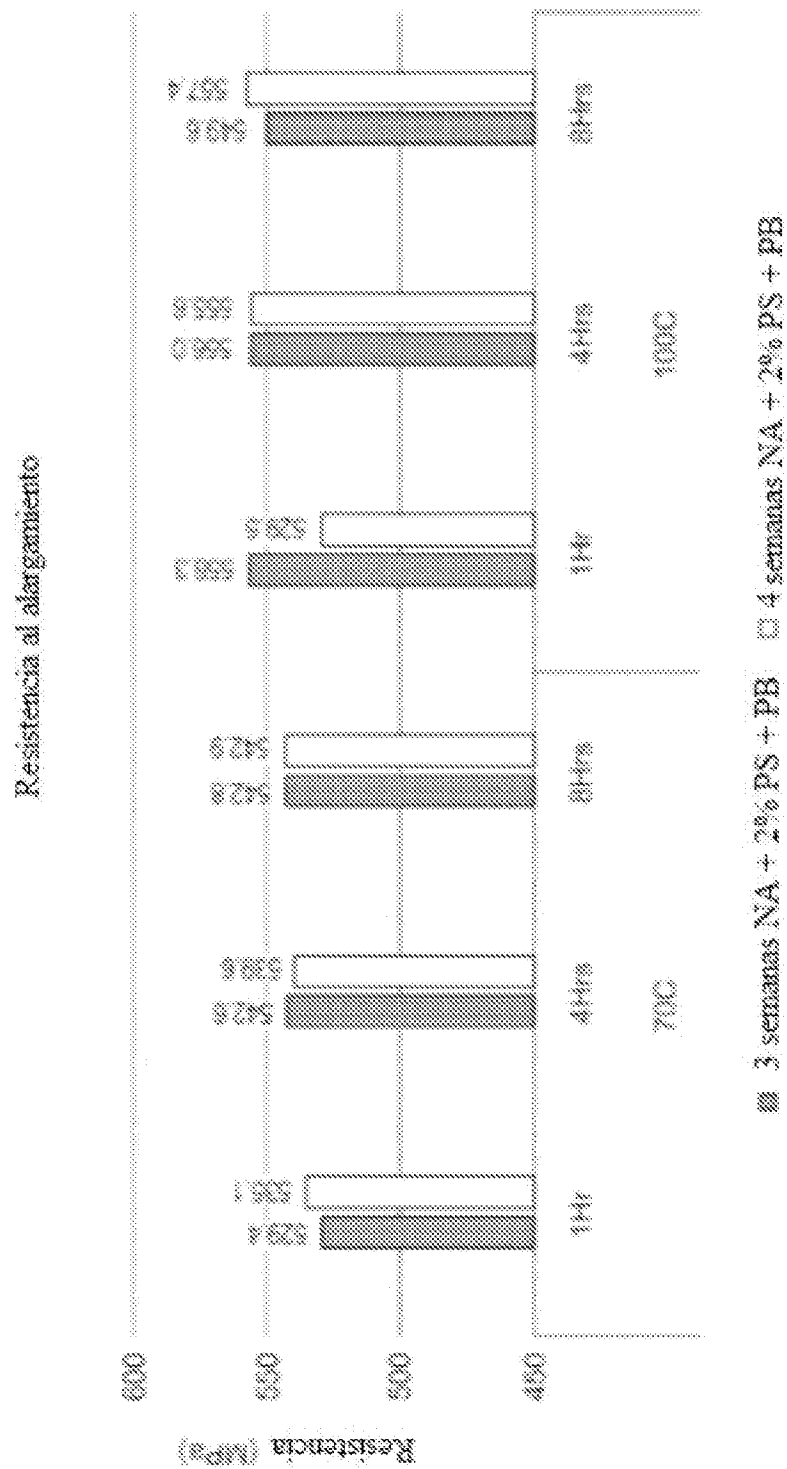
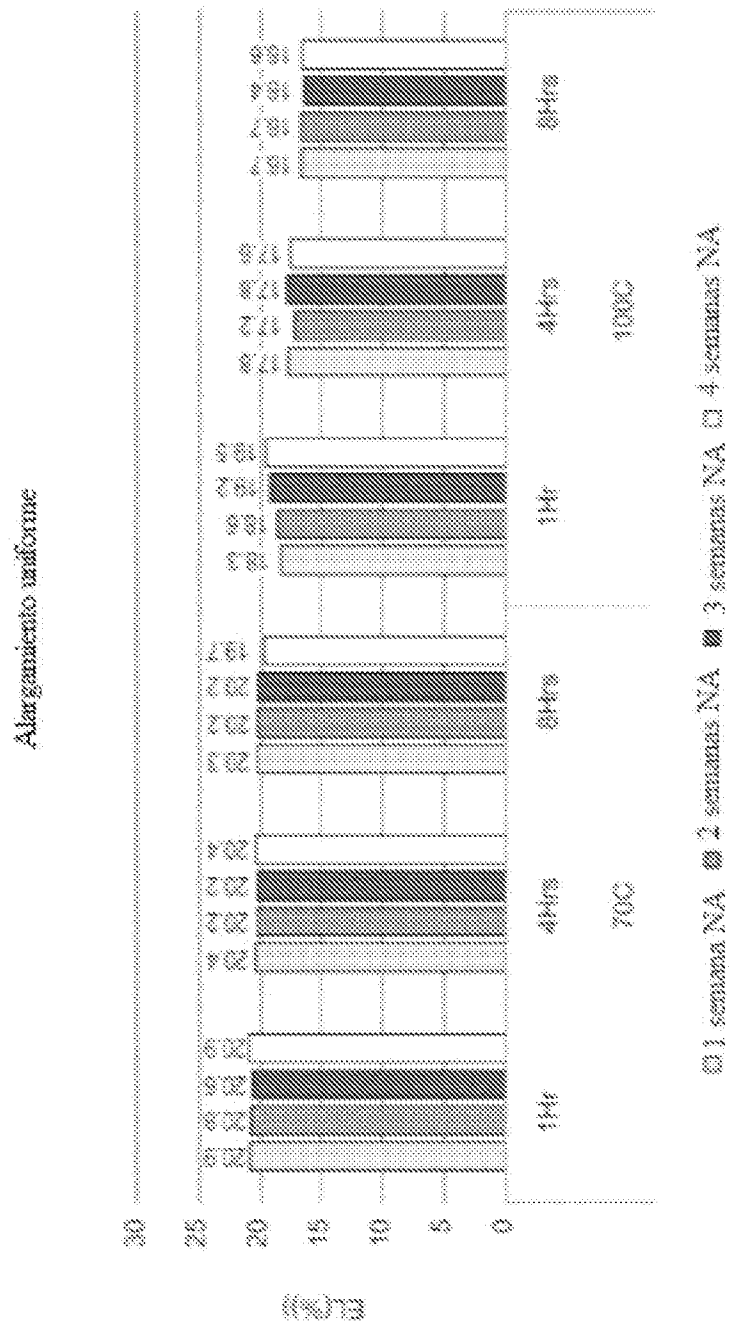


FIG. 4C



30

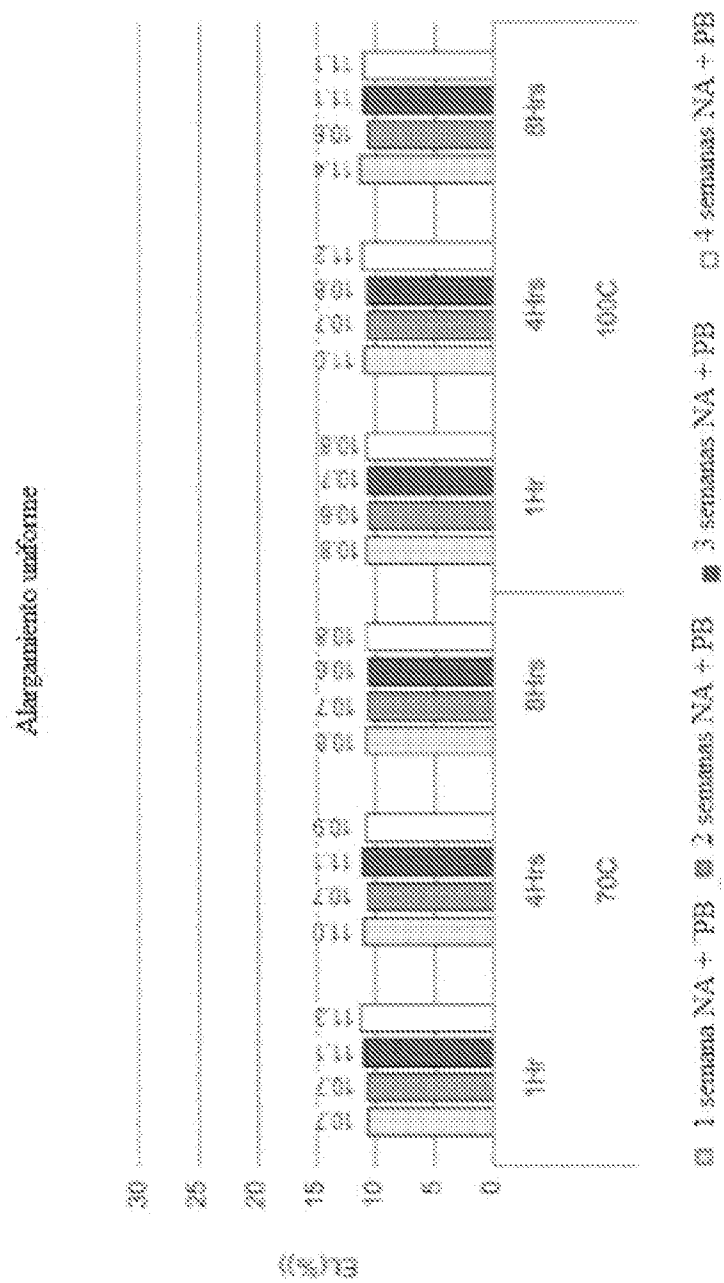


FIG. 5B

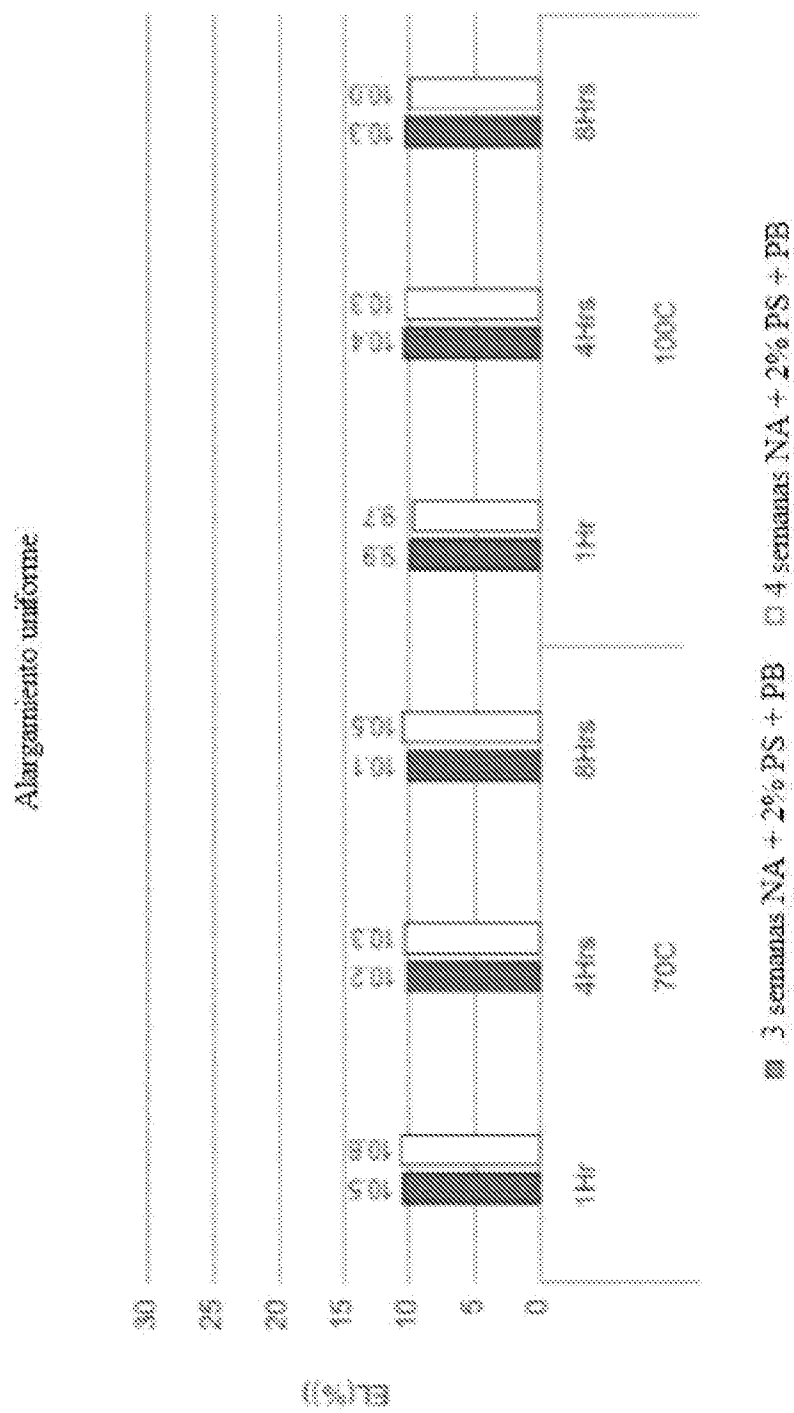


FIG. 5C

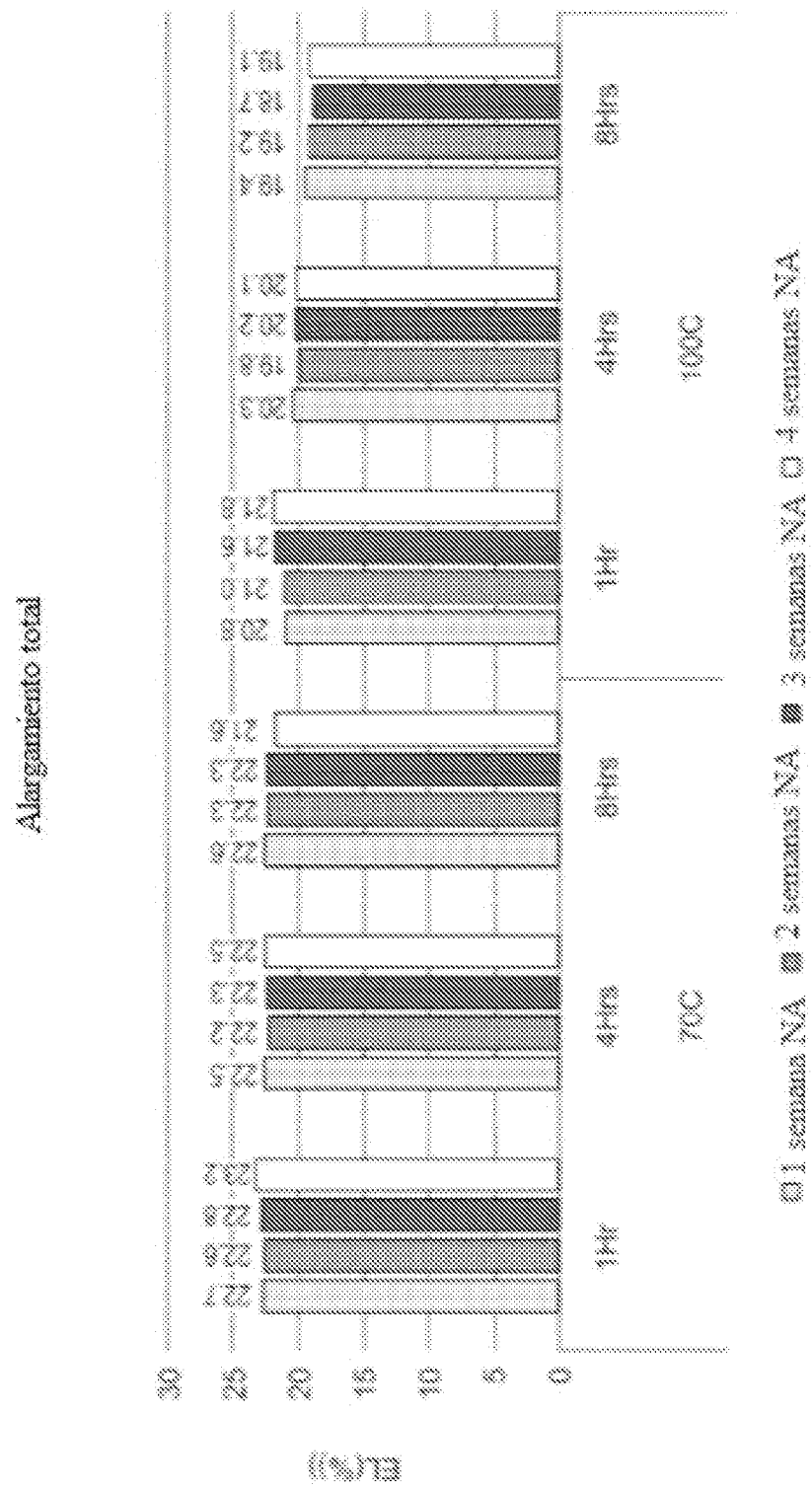


FIG. 6A

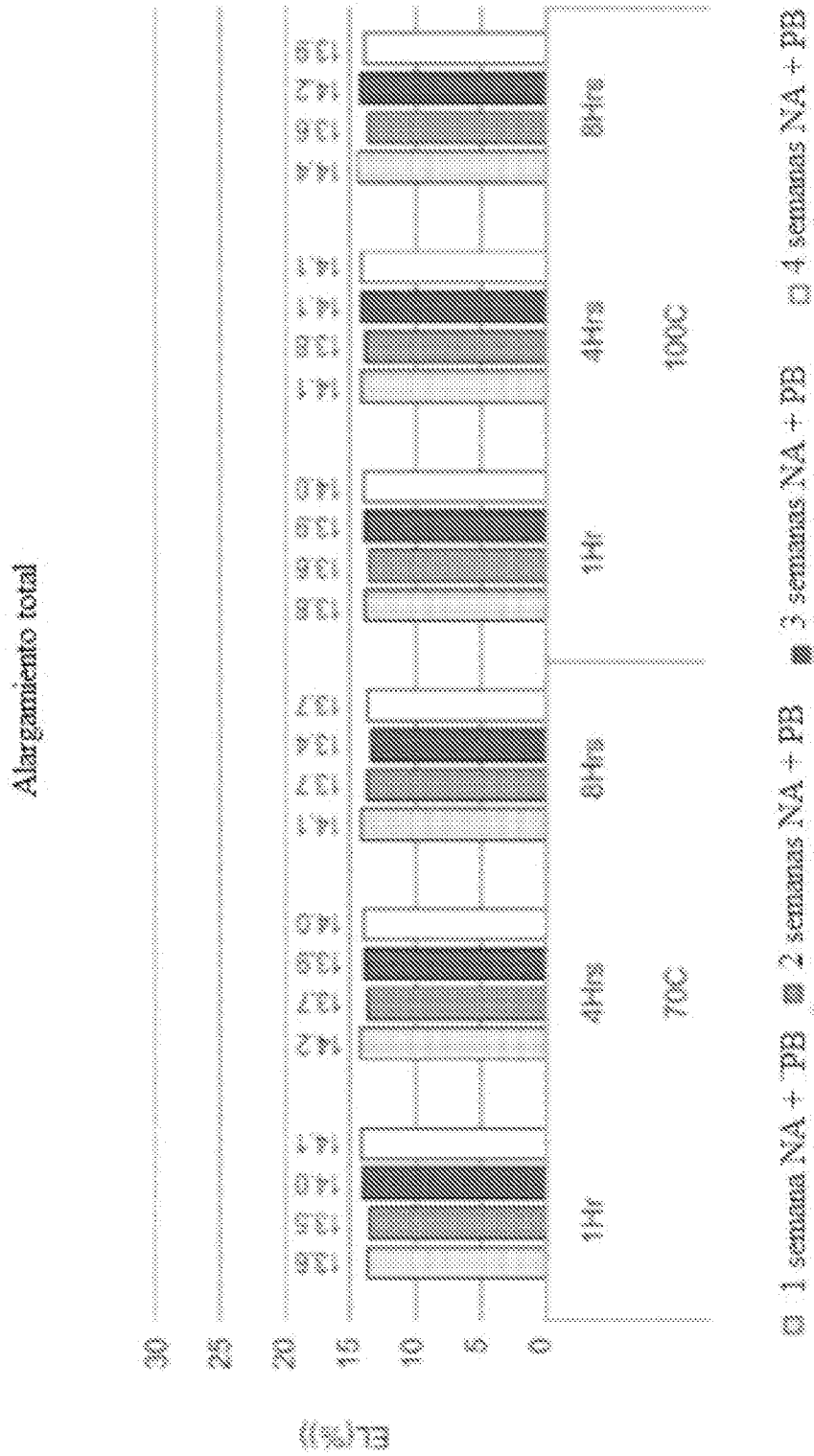


FIG. 6B

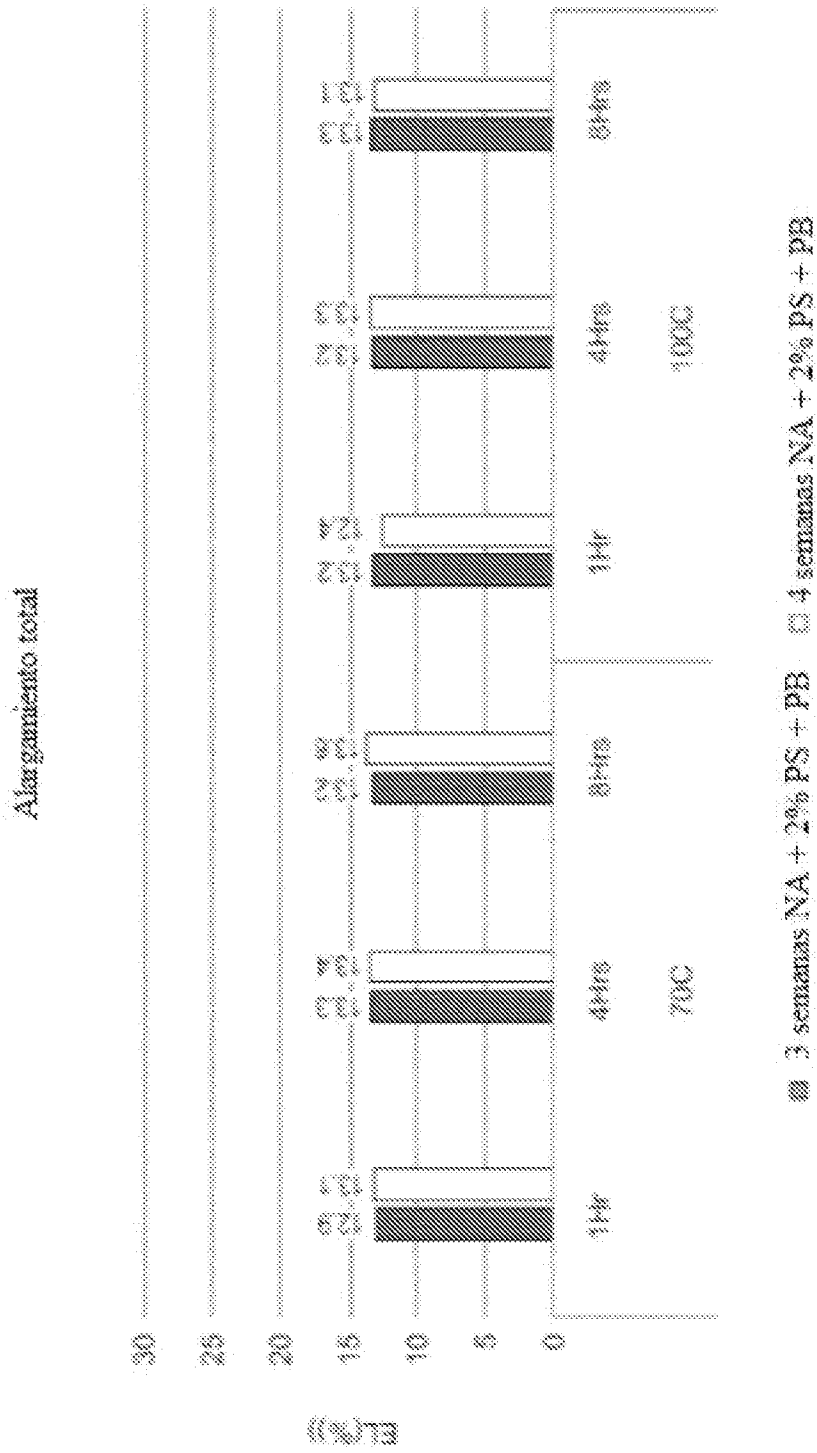


FIG. 6C

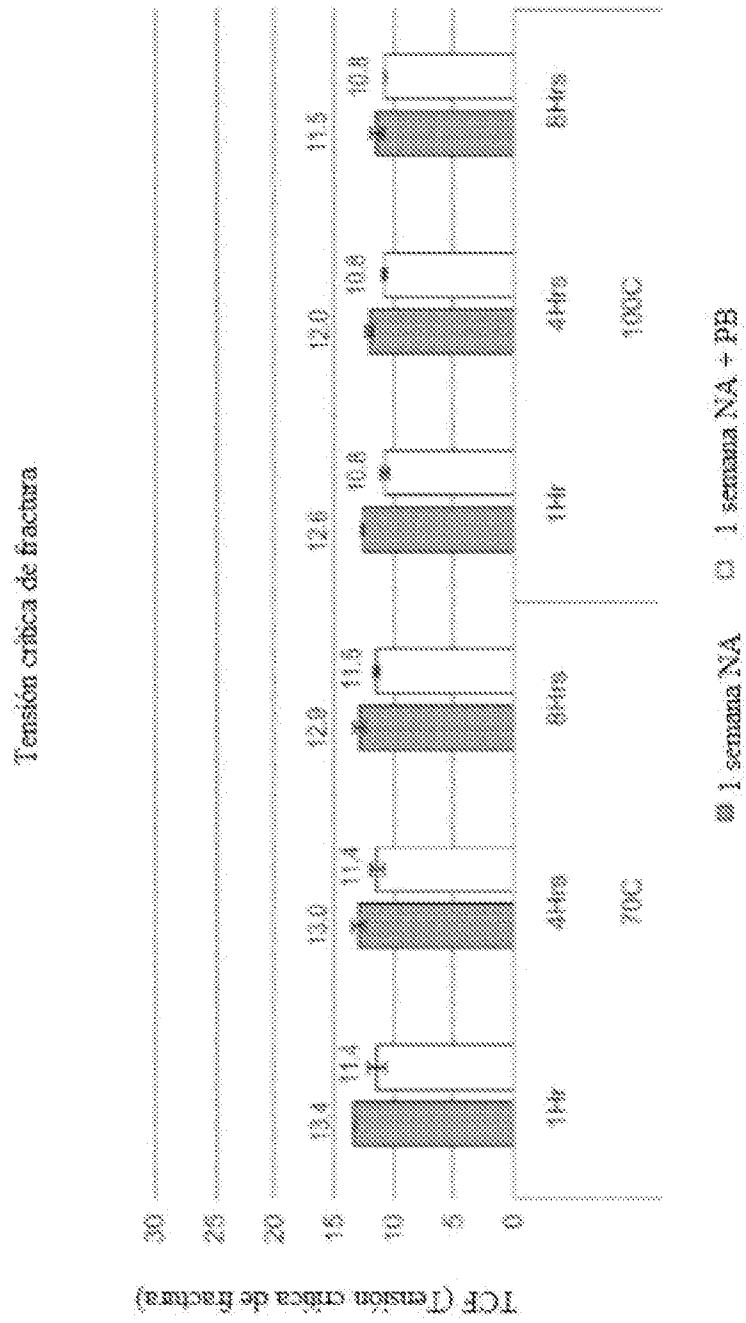


FIG. 7A

Tensión crítica de fractura

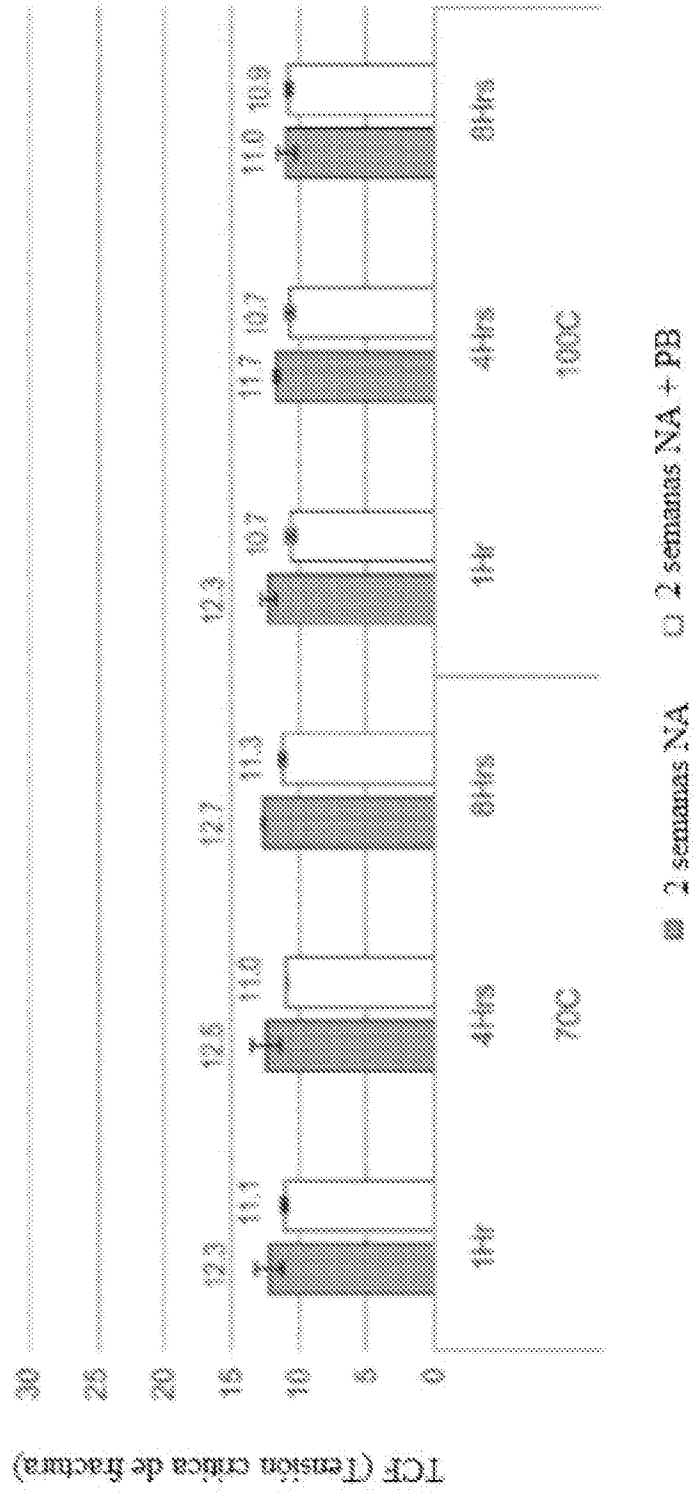


FIG. 7B

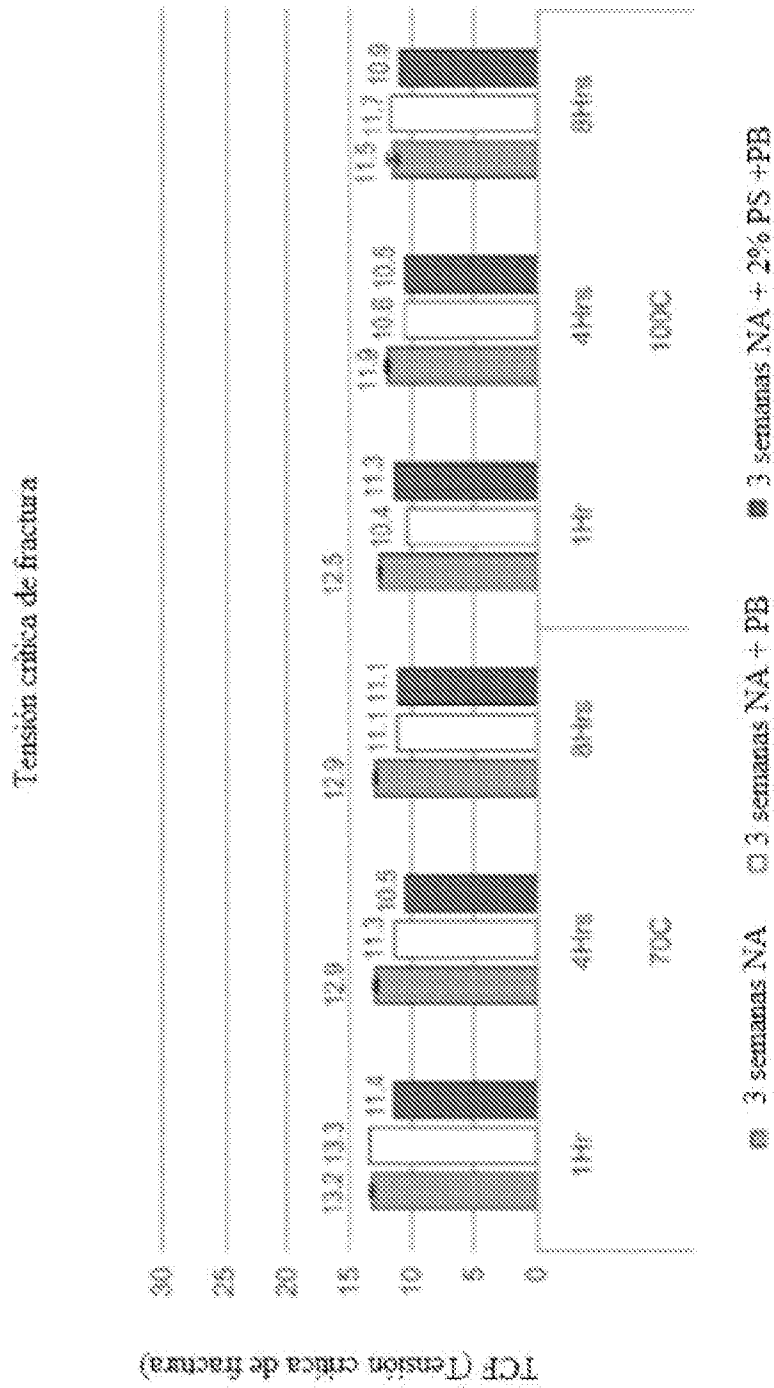


FIG. 7C

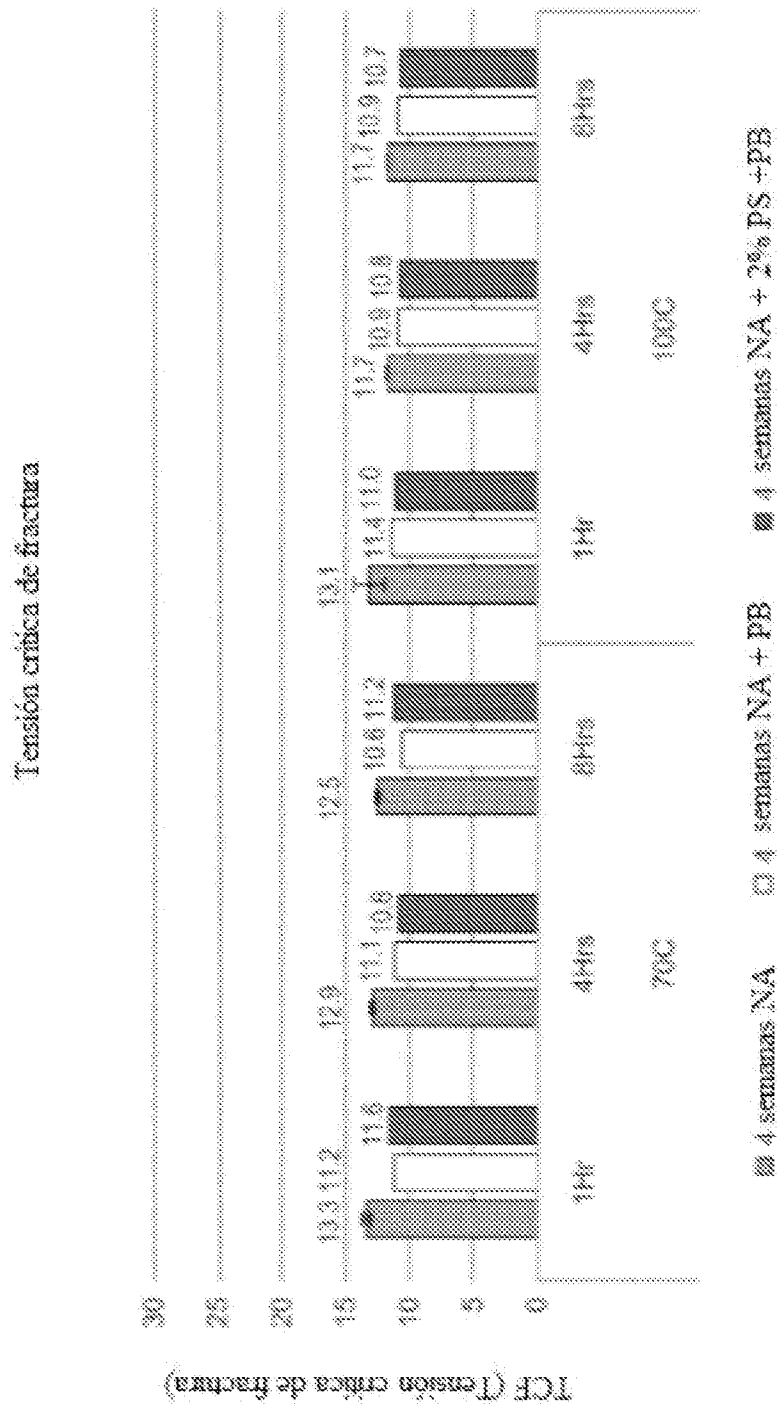


FIG. 7D

Valor n

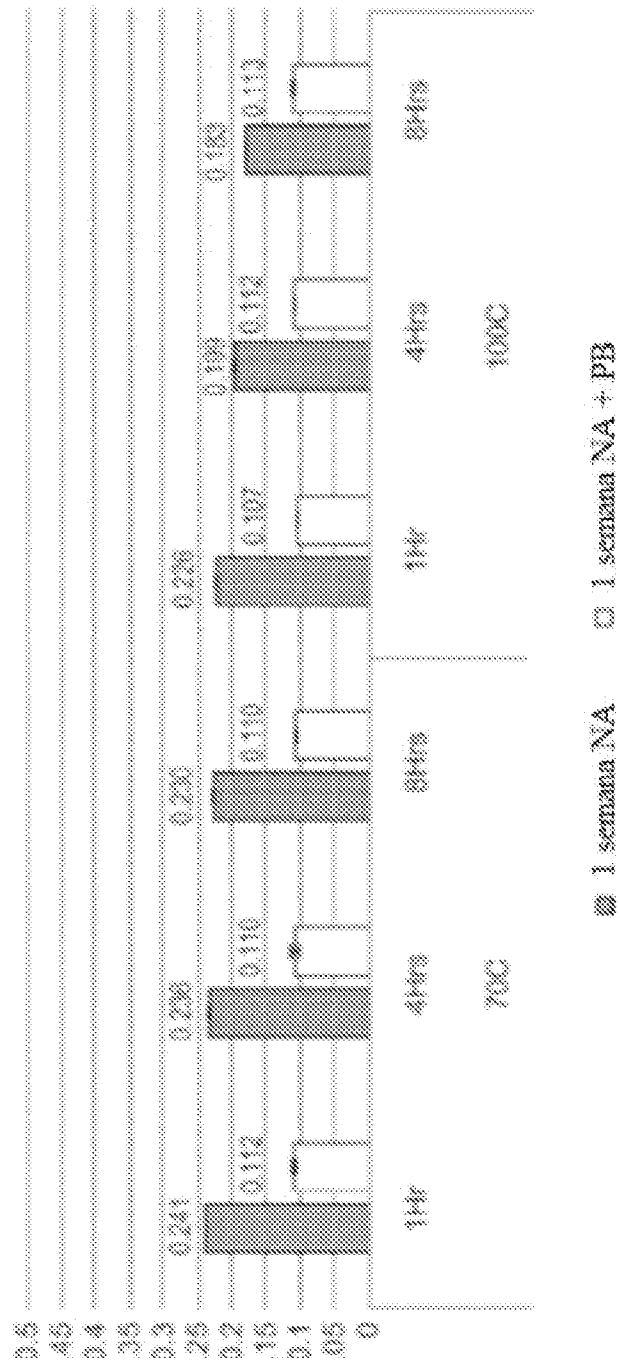


FIG. 8A

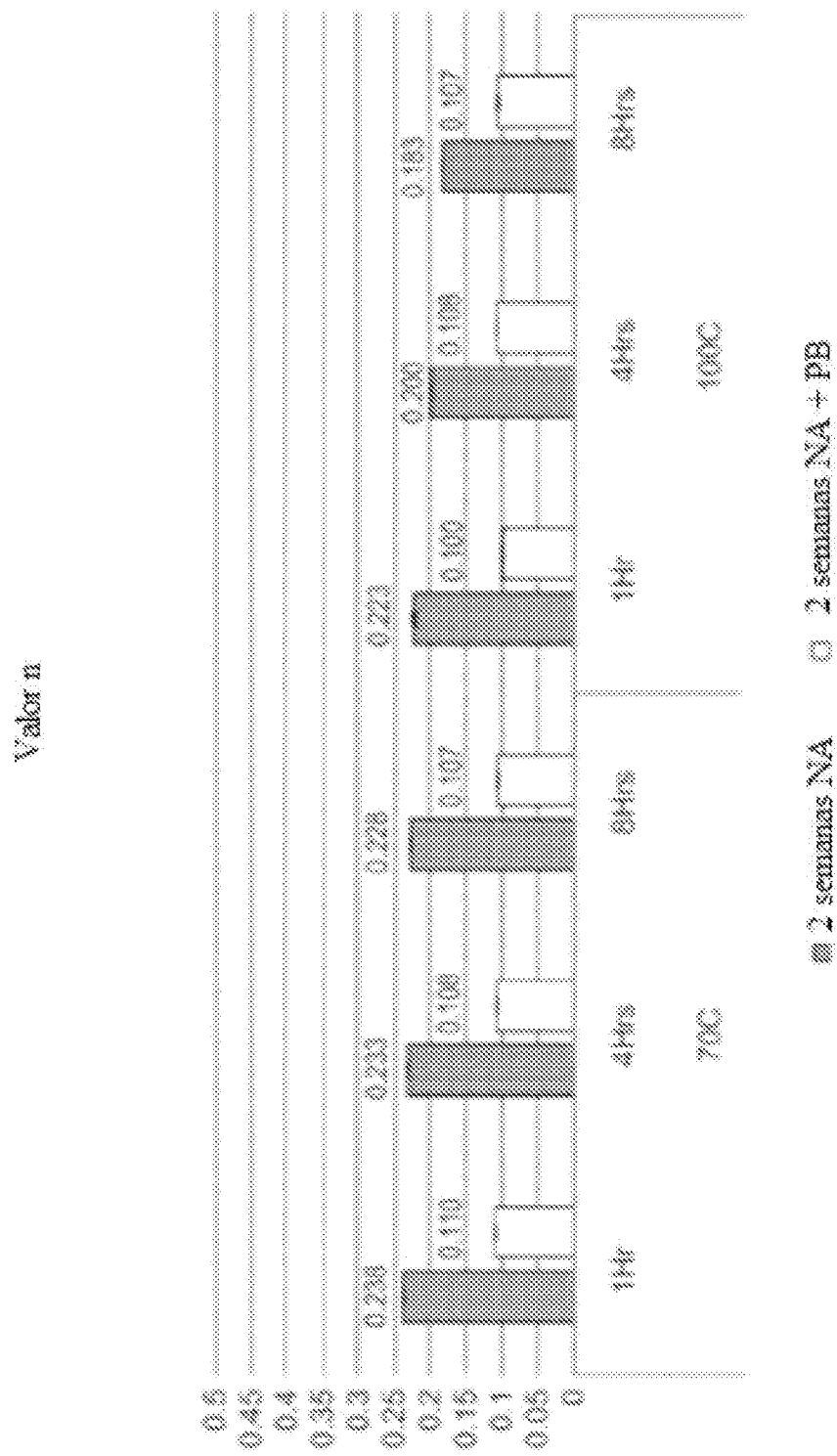


FIG. 8B

Valor n

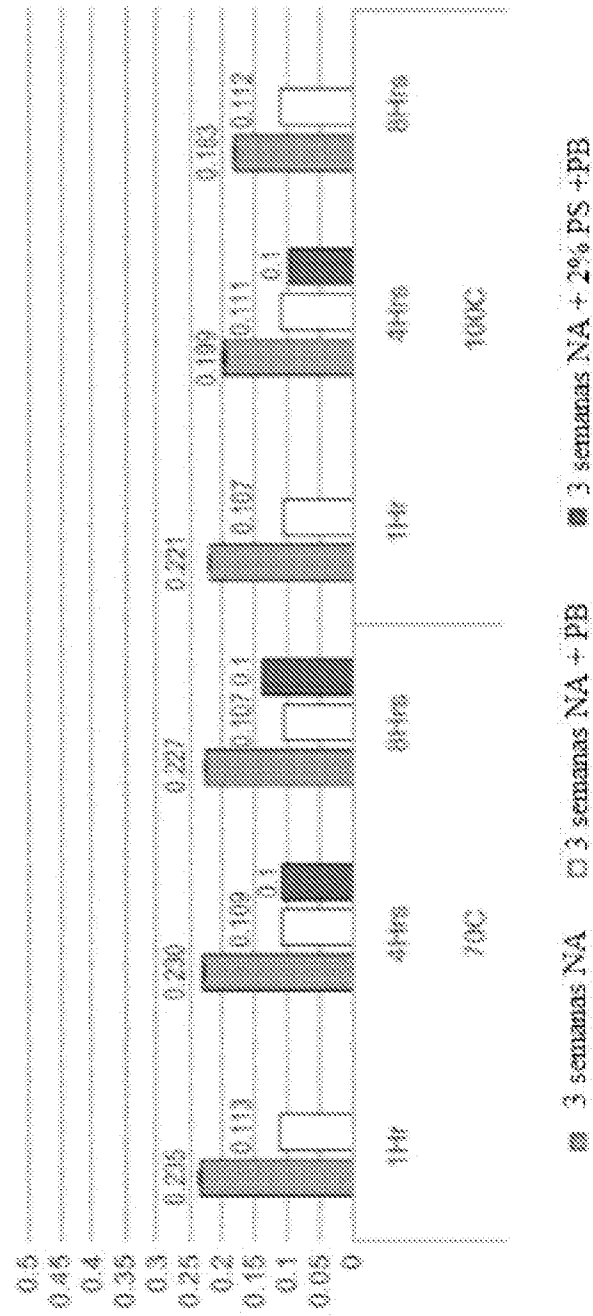


FIG. 8C

Valor n

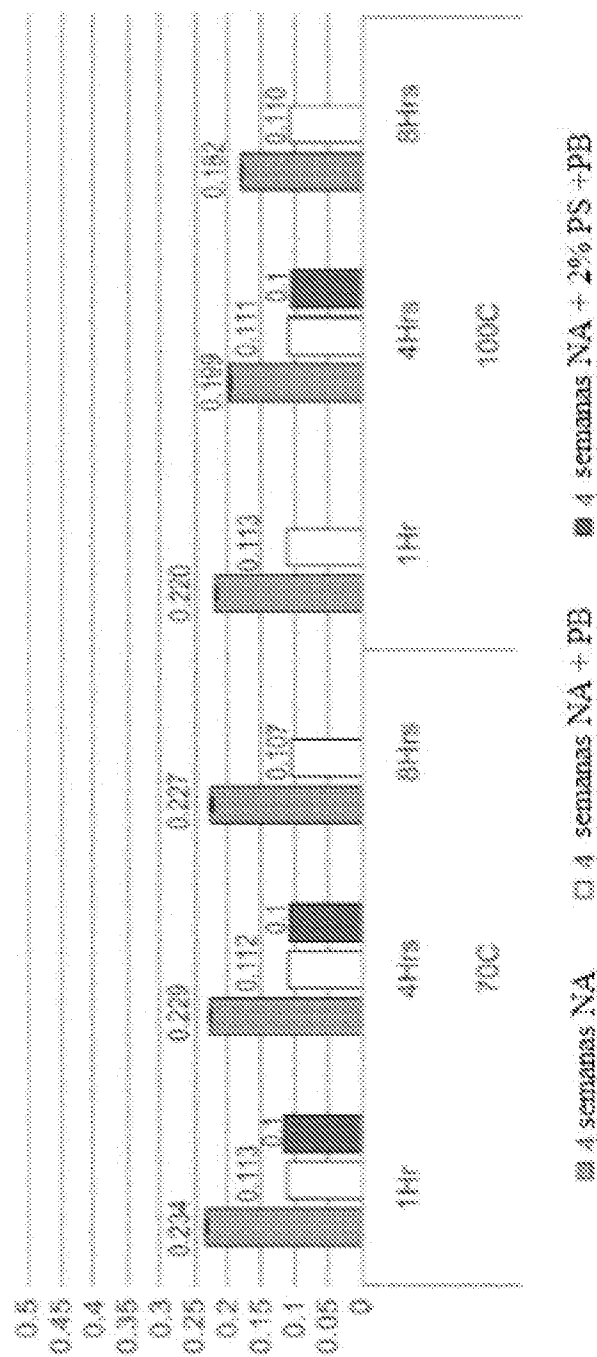


FIG. 8D