

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 482**

51 Int. Cl.:

**C22C 21/14** (2006.01)

**C22C 21/16** (2006.01)

**C22F 1/057** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2011 E 11177747 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2016 EP 2559779**

54 Título: **Aleación de Al-Cu-Mg-Ag resistente al calor, así como procedimiento para la fabricación de un producto semiacabado o producto a partir de una aleación de aluminio de este tipo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.04.2016**

73 Titular/es:

**OTTO FUCHS KG (100.0%)  
Derschlager Strasse 26  
58540 Meinerzhagen, DE**

72 Inventor/es:

**HILPERT, MATTHIAS DR.-ING.;  
TERLINDE, GREGOR DR.-ING. y  
WITULSKI, THOMAS DR.-ING.**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 565 482 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

Aleación de Al-Cu-Mg-Ag resistente al calor, así como procedimiento para la fabricación de un producto semiacabado o producto a partir de una aleación de aluminio de este tipo

## Descripción

5 La invención se refiere a una aleación de Al-Cu-Mg-Ag resistente al calor para la fabricación de productos semiacabados o productos, adecuada para ser usada a temperaturas altas, con propiedades de alta resistencia tanto estática como dinámica, combinadas con una resistencia a la fluencia mejorada. La invención se refiere, asimismo, a un procedimiento para la fabricación de un producto semiacabado o un producto a partir de una aleación de aluminio de este tipo.

10 Por el documento EP 1518000 B1 se conoce una aleación del tipo mencionado anteriormente, a partir de la cual se fabrican productos semiacabados con elevadas propiedades de resistencia estática y dinámica, así como una resistencia a la fluencia mejorada con respecto a aleaciones de aluminio similares previamente conocidas. Esta aleación está registrada por la Asociación del Aluminio (*Aluminium Association*, AA) como aleación AA2016. Esta aleación previamente conocida asocia a las propiedades de resistencia necesarias para productos semiacabados y productos, que deben resistir elevadas cargas estáticas y dinámicas, tales como son ya conocidas de las aleaciones AA2014, AA2014A o AA2214, una resistencia mejorada a la fluencia, es decir, una resistencia mejorada bajo la acción de la temperatura. De este modo, la aleación AA2016 satisface los requisitos impuestos a los productos semiacabados y a los productos fabricados a partir de la misma, que están expuestos durante breves periodos de tiempo a temperaturas elevadas, tal como ocurre, por ejemplo, en las medias ruedas del avión. Estos productos semiacabados están expuestos a temperaturas elevadas solamente durante el frenado, después del aterrizaje del avión en la pista.

Las aleaciones AA2618 y AA2618A son especialmente resistentes a la fluencia. Los productos semiacabados y productos fabricados con estas aleaciones tienen, en general, valores de resistencia estática y dinámica relativamente reducidos.

25 Desde el punto de vista químico, las aleaciones para la fabricación de productos semiacabados, con elevadas propiedades de resistencia estática y dinámica tales como AA2014, AA2014A y AA2214, se diferencian de las aleaciones que tienen una resistencia térmica a largo plazo, tales como AA2618 y AA2618A, sobre todo porque las aleaciones de aluminio de alta resistencia contienen cantidades relativamente altas de los elementos silicio, cobre y manganeso y, por el contrario, cantidades relativamente más bajas de los elementos magnesio y hierro, en tanto que las aleaciones térmicamente estables a largo plazo, descritas anteriormente, muestran, por el contrario, contenidos reducidos de silicio, cobre y manganeso, frente a un contenido mayor de hierro, níquel y magnesio. Adicionalmente, a las aleaciones térmicamente estables a largo plazo se les agrega níquel.

30 La aleación AA2016 se diferencia de las aleaciones descritas anteriormente en particular por una adición del elemento plata, con fracciones de entre 0,30 y 0,7% en peso. También existen diferencias en los restantes elementos de la aleación con respecto a la composición de la aleación de aluminio altamente resistente, que se ha descrito anteriormente, y con respecto a las aleaciones de aluminio mencionadas con anterioridad, cuyos productos semiacabados poseen una buena resistencia a la fluencia.

35 Aun cuando con la aleación de aluminio AA2016 es posible fabricar, al igual que con la conocida anteriormente, productos semiacabados y productos en los que se satisfacen los requisitos de alta resistencia estática y dinámica y que, además, resisten la exposición a temperaturas elevadas en condiciones de uso a corto plazo, desde hace tiempo existe el deseo de disponer de una aleación de aluminio para fabricar productos semiacabados y productos capaces de resistir temperaturas elevadas no solamente a corto plazo. Estos requisitos son aplicables a una pluralidad de productos, por ejemplo, a las ruedas de compresión de un turbosobrealimentador en usos de motores para vehículos a motor. Estos componentes estructurales no sólo deben resistir importantes cargas estáticas y dinámicas, sino también las temperaturas que predominan en tales aplicaciones durante el periodo de utilización. Requisitos similares de estabilidad prolongada a temperaturas elevadas se aplican a los compresores de turbosobrealimentadores de grandes motores en la construcción naval.

40 Por lo tanto, sobre la base del estado de la técnica anterior analizado, la invención tiene la tarea de proponer una aleación a partir de la que se puedan fabricar un producto semiacabado o un producto que satisfagan las propiedades deseadas de resistencia estática y dinámica, así como una estabilidad a largo plazo bajo influencias térmicas.

Esta tarea se resuelve, según la invención, con una aleación de Al-Cu-Mg-Ag resistente al calor para la fabricación de productos semiacabados o productos, apropiada para ser usada a temperaturas más altas, con propiedades de resistencia estática y dinámica elevadas junto con una resistencia a la fluencia mejorada, que contiene:

- 55 - 0,3 a 0,7% en peso de silicio (Si),  
- máx. 0,15% en peso de hierro (Fe),

- 3,5 a 4,7% en peso de cobre (Cu),
- 0,05 a 0,5% en peso de manganeso (Mn),
- 0,3 a 0,9% en peso de magnesio (Mg),
- 0,02 a 0,15% en peso de titanio (Ti),
- 5 - 0,03 a 0,25% en peso de circonio (Zr),
- 0,1 a 0,7% en peso de plata (Ag),
- 0,03 a 0,5% en peso de escandio (Sc),
- 0,03 a 0,2% en peso de vanadio (V),
- máx. 0,05% en peso de otros, por separado,
- 10 - máx. 0,15% en peso de otros, en total
- resto, aluminio.

Como particularidad, esta aleación tiene los elementos de aleación escandio y vanadio en las proporciones indicadas. El hecho de que un producto semiacabado y, por consiguiente, un producto final fabricados a partir de esta aleación tengan propiedades de resistencia estática y dinámica suficientemente elevadas, así como una resistencia a la fluencia especialmente buena, se atribuye a la interacción de estos elementos con los elementos titanio y circonio, por una parte, y con la plata presente en la aleación, por otra parte. Las propiedades de resistencia pueden estar ligeramente reducidas, en comparación con las de productos semiacabados de una aleación de aluminio AA2016, pero se encuentran claramente incrementadas con respecto a los productos semiacabados fabricados con la aleación AA2618. Estas propiedades especiales de un producto semiacabado, fabricado a partir de una aleación de aluminio de este tipo, no eran previsibles. Por lo tanto, esta aleación es adecuada para la fabricación de productos semiacabados y productos que no sólo deben satisfacer elevadas resistencias estáticas y dinámicas, sino que deben mostrar una estabilidad prolongada bajo influencias térmicas y, en consecuencia, puedan exhibir una excelente resistencia a la fluencia. En una realización conveniente, la aleación contiene 0,08 a 0,2% en peso de escandio y 0,10 a 0,2% en peso de vanadio. En una especificación adicional de la composición de esta aleación, la aleación de aluminio contiene los elementos titanio, circonio, escandio y vanadio en las cantidades siguientes:

- 0,12 a 0,15% en peso de titanio (Ti),
- 0,14 a 0,16% en peso de circonio (Zr),
- 0,13 a 0,17% en peso de escandio (Sc) y
- 30 - 0,12 a 0,15% en peso de vanadio (V).

Cabe la posibilidad de optimizar adicionalmente las propiedades mencionadas de un producto semiacabado o un producto fabricado a partir de una aleación de este tipo, atendiendo a que la suma de los elementos circonio, titanio, escandio y vanadio sea menor o igual a 0,4% en peso y, en especial, menor o igual a 0,35% en peso.

La aleación de aluminio contiene, preferiblemente, circonio en cantidades de entre 0,03 y 0,15% en peso. La aleación contiene titanio preferiblemente en cantidades comprendidas entre 0,03 y 0,09% en peso.

Es conveniente que el contenido de hierro de la aleación esté limitado a un máximo de 0,09% en peso.

Las propiedades especiales de la aleación de Al-Cu-Mg-Ag reivindicada también se manifiestan cuando ésta tiene una proporción reducida de formadores de dispersoides. Esta situación se da, por ejemplo, cuando la aleación reivindicada contiene las siguientes cantidades de los elementos titanio, circonio, escandio y vanadio:

- 40 - 0,04 a 0,06% en peso de titanio (Ti),
- 0,05 a 0,07% en peso de circonio (Zr),
- 0,08 a 0,10% en peso de escandio (Sc) y
- 0,10 a 0,12% en peso de vanadio (V).

La aleación de aluminio contiene, preferiblemente, 0,3 a 0,6% en peso de plata.

## ES 2 565 482 T3

Las cantidades de 0,3 a 0,6% en peso de silicio intervienen preferiblemente en la generación de las propiedades de la aleación.

El contenido de manganeso de la aleación de aluminio se ajusta preferiblemente a 0,1 hasta 0,3% en peso.

5 Una vez más, es posible obtener una mejora de las propiedades de resistencia estática y dinámica particulares, así como de la resistencia a la fluencia fijando los contenidos de los elementos silicio, cobre, manganeso, magnesio y plata de la aleación de aluminio de la forma siguiente:

- 0,45 a 0,55% en peso de silicio (Si),
- 4,10 a 4,30% en peso de cobre (Cu),
- 0,15 a 0,25% en peso de manganeso (Mn),
- 10 - 0,5 a 0,7% en peso de magnesio (Mg) y
- 0,40 a 0,55% en peso de plata (Ag).

Los estudios han demostrado que la aleación, o los productos semiacabados o productos fabricados a partir de la misma, exhiben una resistencia a la fluencia especialmente buena cuando la suma de los elementos plata, circonio, escandio y vanadio es de 0,60% en peso como mínimo y de 1,1% en peso como máximo.

15 Resulta conveniente que en la aleación estén contenidos los elementos plata y escandio, de modo que la proporción de la parte de plata a la parte de escandio sea de entre 5 a 23, preferiblemente de entre 9 y 14.

De manera ventajosa, los elementos escandio y circonio están contenidos en la aleación en una proporción de entre 1 y 17, preferiblemente de entre 6 y 12.

20 Con respecto a los elementos plata y vanadio, se considera especialmente conveniente una proporción de la parte de plata a la parte de vanadio de entre 0,5 y 14, en particular, una proporción de entre 5 y 9.

A partir de la aleación de aluminio resistente al calor se fabrican productos semiacabados o productos típicamente por medio de las siguientes etapas:

- a) Fundición de una barra de la aleación, con una disolución suficiente de los elementos circonio, escandio y vanadio,
- 25 b) Homogeneización de la barra fundida, a una temperatura menor, pero lo más próxima posible a la temperatura de fusión de la aleación, durante un periodo de tiempo suficiente para alcanzar una distribución lo más uniforme posible de los elementos de la aleación en la estructura de metal fundido, preferiblemente a 485 hasta 510°C, durante un periodo de 10 a 25 horas,
- 30 c) Conformación en caliente de la barra homogeneizada por extrusión, forjado (incluida la extrusión inversa) y/o laminación en un intervalo de temperatura de 280 a 470°C,
- d) Recocido de disolución del producto semiacabado extruido, forjado y/o laminado a temperaturas lo suficientemente altas para lograr la disolución homogénea en la estructura de los elementos de la aleación que son necesarios para el endurecimiento, preferiblemente a 480 hasta 510°C, durante un periodo de tiempo de 30 min a 8 horas,
- 35 e) Enfriamiento súbito del producto semiacabado y recocido por disolución en agua, a una temperatura comprendida entre temperatura ambiente y 100°C (agua hirviendo), o en mezclas de agua-glicol, a temperaturas  $\leq 50^\circ\text{C}$  y contenidos de glicol de hasta 60%,
- f) Opcionalmente, conformación en frío del producto semiacabado enfriado bruscamente, por compresión o estiramiento, en un grado que dé como resultado una reducción de las tensiones intrínsecas producidas durante el enfriamiento súbito en el medio de enfriamiento brusco, preferiblemente en 1 a 5%, y
- 40 g) Endurecimiento térmico del producto semiacabado, enfriado bruscamente y, opcionalmente, comprimido o estirado en frío, a temperaturas que estén adaptadas al uso previsto, preferiblemente entre 80 y 210°C, durante un periodo de tiempo de 5 a 35 horas, preferiblemente 10 a 25 horas, en un procedimiento de 1, 2 ó 3 etapas.

45 Es posible lograr una disolución suficiente de los elementos circonio, escandio y vanadio moviendo la colada durante la fusión de la aleación, antes de las etapas de la etapa de fundición y durante la fundición de una barra. Es especialmente conveniente mover la colada por convección. Una convección de este tipo se puede llevar a cabo por influencias magnéticas externas, por ejemplo en un horno de inducción. Por consiguiente, la aleación de aluminio se funde preferiblemente en un horno de inducción.

A continuación, la invención se describe de acuerdo con ejemplos de realización, también en comparación con aleaciones de aluminio previamente conocidas, haciendo referencia a las figuras adjuntas. Éstas muestran:

Figura 1: un diagrama con la composición química de la aleación reivindicada, en comparación con las composiciones químicas de aleaciones de aluminio conocidas previamente;

5 Figura 2: una comparación de las propiedades de fluencia de la aleación reivindicada frente a una aleación previamente conocida y considerada como especialmente resistente a la fluencia; y

Figura 3: un diagrama de Larsen-Miller para representar el comportamiento de fluencia de la aleación reivindicada con respecto a las previamente conocidas.

10 La Figura 1 muestra una comparación de la composición química de la aleación reivindicada con la de aleaciones de aluminio previamente conocidas. Por una parte, se comparan aquellas aleaciones a partir de las cuales se pueden fabricar de manera conocida productos semiacabados o productos con elevadas propiedades de resistencia estática y dinámica. En este caso, se trata de las aleaciones AA2014, AA2014A y AA2214. Adicionalmente, se comparan dos aleaciones previamente conocidas a las que se atribuye una estabilidad a largo plazo especialmente buena bajo la acción del calor. Se trata de las aleaciones AA2618 y AA2618A. También figura la aleación AA2016 previamente conocida. Los datos que se reproducen en la Tabla, relativos a las cantidades de los respectivos elementos de la aleación, están tomados de la publicación "*International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminium and Wrought Aluminium Alloys*", The Aluminium Association Inc., 1525 Wilson Boulevard, Arlington, Abril de 2006.

20 En la tabla de la Figura 1, la aleación según la invención se identifica con la letra "W". La comparación de las composiciones de las aleaciones pone de manifiesto claramente las diferencias de las aleaciones de aluminio resistentes al calor según la invención por la adición de los elementos vanadio y escandio y la selección particular de los restantes componentes de la aleación, incluidas sus correspondientes cantidades. A partir de esta comparación resulta evidente también que la aleación W reivindicada no puede ser derivada como la suma o de cualquier otra forma de estas aleaciones previamente conocidas.

25 Para la preparación de las muestras de ensayo y la realización de las pruebas de resistencia a temperatura ambiente y a temperatura elevada, se fabricaron y analizaron dos composiciones de aleación típicas de la aleación reivindicada. Las dos aleaciones, W1 y W2, tuvieron la siguiente composición química:

	W1	W2
Elemento	% en peso	% en peso
Si	0,51	0,50
Fe	0,092	0,084
Cu	4,06	4,22
Mn	0,186	0,207
Mg	0,591	0,586
Cr	0,009	0,013
Ni	0,002	0,009
Zn	0,009	0,007
Ti	0,128	0,059
Zr	0,146	0,059
V	0,131	0,115
Sc	0,137	0,089
Ag	0,46	0,49
Otros, por separado	0,05	0,05
Otros, en total	0,15	0,15
Al	Resto	Resto

Adicionalmente, se fabricaron muestras de las aleaciones de comparación AA2016 y AA2618, analizándolas de la forma correspondiente. En lo que respecta a la composición teórica de estas aleaciones, se hace referencia a los datos que se indican en la Figura 1.

5 Para calcular las propiedades de resistencia, las aleaciones W1 y W2 se fundieron a escala industrial en bloques de colada continua con un diámetro de 370 mm, prestando especial atención a que los elementos circonio, escandio y vanadio estuvieran suficientemente disueltos durante la fundición de las barras. Con este objetivo, se aplicó movimiento a la colada, generando una convección en la misma. Los bloques de colada continua se  
10 homogeneizaron con el fin de compensar las segregaciones de cristales provocadas por el endurecimiento. Para ello, los bloques se homogeneizaron en dos etapas, en un intervalo de temperaturas de 500°C hasta 550°C y se enfriaron. Después de hacer girar la piel de fundición, los bloques homogeneizados se precalentaron a 400°C y se sometieron a una deformación múltiple para generar piezas de forja de forma libre con un grosor de 100 mm y un ancho de 250 mm. A continuación, las piezas forjadas de forma libre de las aleaciones W1 y W2 se sometieron a recocido de disolución al menos durante 2 h a 500°C, se enfriaron súbitamente en agua y, seguidamente, se  
15 endurecieron en caliente a 165°C y 200°C. A partir de las piezas forjadas de forma libre endurecidas en caliente se tomaron muestras para ensayos de tracción en las que se calcularon las propiedades de resistencia a temperatura ambiente, en una posición de ensayo longitudinal (L). Los resultados se recogen en la tabla siguiente:

Aleación	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	A <sub>5</sub> [%]
2016	446	490	11,1
2618	344	432	10,4
W1	399	449	8,1
W2	383	437	10,6

20 Con fines comparativos, en la tabla se incluyen además las propiedades de resistencia de piezas forjadas de forma libre de las aleaciones AA2016 y AA2618 en estado endurecido en caliente.

La aleación AA2016 exhibe la mayor resistencia (límite de estiramiento), seguida por W1, W2 y AA2618. Todas las aleaciones poseen una ductilidad suficiente de >8%. En este sentido, cabe destacar, en especial, que con las aleaciones experimentales W1 y W2 no fue posible alcanzar los valores de resistencia de la aleación de comparación AA2016, aunque si superaron claramente los valores de ensayo de la otra aleación de comparación,  
25 AA2618. Para las aplicaciones en cuestión, los valores de resistencia de las aleaciones experimentales, W1 y W2, resultan suficientes. Se debe señalar que las aleaciones experimentales W1 y W2, tal como se describe a continuación en relación con la Figura 2, muestran una resistencia a la fluencia considerablemente mejor en comparación con la aleación comparativa AA2618, que se considera resistente a la fluencia.

En una comparación del comportamiento plástico de la aleación AA2618, conocida como resistente a la fluencia, con  
30 la aleación W2, las diferencias resultan particularmente llamativas. Esta comparación se presenta en la Figura 2. La Figura 2 muestra en el diagrama las propiedades plásticas de la correspondiente aleación a 190°C y una tensión de fluencia de 200 MPa. En tanto que la aleación AA2618, conocida como especialmente resistente a la fluencia y que hasta ahora se ha utilizado con este fin, se rompe en el ensayo experimental descrito anteriormente después de 320 horas, habiendo experimentado una dilatación plástica de aproximadamente 1% ya al cabo de 230 horas, el tiempo  
35 de ensayo de 500 h no fue suficiente para producir la rotura de la aleación experimental W2. En el momento en que se produjo la rotura de la pieza de muestra de la aleación AA2618, en la aleación experimental W2 sólo se verificó una deformación plástica de aproximadamente 0,2%. La mejor resistencia a la fluencia de la aleación reivindicada, con respecto a la aleación AA2618, que se considera especialmente resistente a la fluencia, es evidente.

Las muestras de prueba de la otra aleación experimental, W1, exhiben una resistencia a la fluencia que se  
40 corresponde con la que se presenta para la aleación experimental W2, representada en el diagrama de la Figura 2.

Las propiedades especiales de la aleación reivindicada resultan también evidentes por la comparación de esta aleación o de las dos aleaciones experimentales W1 y W2 con respecto a las aleaciones conocidas previamente, en un diagrama de Larsen-Miller. La Figura 3 muestra un diagrama de este tipo. En esta representación, las propiedades de resistencia se muestran asociadas con la resistencia a la temperatura. La aleación previamente  
45 conocida AA2618, que se considera especialmente resistente a la fluencia, se distingue por una inclinación relativamente baja de su línea de rotura. Por el contrario, la aleación AA2014, que satisface los altos requisitos estáticos y dinámicos, muestra un ángulo de inclinación claramente más pronunciado de su línea de rotura. Las curvas de estas dos aleaciones se intersecan. Esto significa que en el ensayo documentado en el diagrama, la

5 aleación AA2214 resiste tensiones más altas, concretamente en la sección de la curva situada por encima de la curva de la aleación AA2618, y disminuye mucho más rápidamente con el incremento de la temperatura y/o el paso del tiempo en lo que respecta a su tensión de rotura que la aleación AA2618. A efectos de comparación, en el diagrama se representa la aleación AA2016. Dado que esta curva está localizada a la derecha de la curva de la aleación AA2014, es evidente que es más resistente a los tiempos prolongados que la aleación AA2014. También resulta evidente que la aleación AA2016 requiere una tensión mayor hasta un punto determinado de tiempo para que se produzca una rotura.

10 Sobre estas curvas de aleaciones de aluminio previamente conocidas se superpone el área del diagrama de Larsen-Miller en la que se sitúan los valores de productos semiacabados o productos fabricados con la aleación reivindicada. Específicamente, se representa la línea de las piezas de muestra de las aleaciones experimentales W1 y W2, en donde se debe tener en consideración que esta línea no representa la línea de rotura, sino el estado de las muestras después de 500 horas de ensayo. En este periodo de tiempo no se ha producido rotura alguna (véase también, a modo de comparación, la Figura 2). Por lo tanto, las líneas trazadas referidas a las aleaciones experimentales W1 y W2 se consideran líneas mínimas. Las líneas de rotura reales de las aleaciones experimentales W1 y W2 se encuentran, en el diagrama de Larsen-Miller, mucho más a la derecha. Asimismo, la inclinación de estas dos curvas debería ser, probablemente, mucho menor que su representación gráfica. Por esta razón, se ha elegido la representación de un campo para poder comparar las propiedades mejoradas de la aleación reivindicada con respecto a las propiedades de las aleaciones previamente conocidas analizadas. El comportamiento de fluencia mejorado de la aleación reivindicada resulta evidente a partir del diagrama de Larsen-Miller.

15

20

**REIVINDICACIONES**

1. Aleación de Al-Cu-Mg-Ag resistente al calor para la fabricación de productos semiacabados o productos, adecuada para ser usada a temperaturas más altas, con elevadas propiedades de resistencia estática y dinámica, en asociación con una resistencia a la fluencia mejorada, que contiene:

- 5 - 0,3 a 0,7% en peso de silicio (Si),
- máx. 0,15% en peso de hierro (Fe),
- 3,5 a 4,7% en peso de cobre (Cu),
- 0,05 a 0,5% en peso de manganeso (Mn),
- 0,3 a 0,9% en peso de magnesio (Mg),
- 10 - 0,02 a 0,15% en peso de titanio (Ti),
- 0,03 a 0,25% en peso de circonio (Zr),
- 0,1 a 0,7% en peso de plata (Ag),
- 0,03 a 0,5% en peso de escandio (Sc),
- 0,03 a 0,2% en peso de vanadio (V),
- 15 - máx. 0,05% en peso de otros, por separado,
- máx. 0,15% en peso de otros, en total
- resto, aluminio.

2. Aleación de aluminio según la reivindicación 1, caracterizada por que contiene:

- 0,12 a 0,15% en peso de titanio (Ti),
- 20 - 0,14 a 0,16% en peso de circonio (Zr),
- 0,13 a 0,17% en peso de escandio (Sc) y
- 0,12 a 0,15% en peso de vanadio (V).

3. Aleación de aluminio según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizada por que la suma de los elementos circonio, titanio, escandio y vanadio es menor o igual que 0,4% en peso.

25 4. Aleación de aluminio según la reivindicación 1, caracterizada por que contiene:

- 0,04 a 0,06% en peso de titanio (Ti),
- 0,05 a 0,07% en peso de circonio (Zr),
- 0,08 a 0,10% en peso de escandio (Sc) y
- 0,10 a 0,12% en peso de vanadio (V).

30 5. Aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que contiene:

- 0,45 a 0,55% en peso de silicio (Si),
- 4,10 a 4,30% en peso de cobre (Cu),
- 0,15 a 0,25% en peso de manganeso (Mn),
- 0,5 a 0,7% en peso de magnesio (Mg) y
- 35 - 0,40 a 0,55% en peso de plata (Ag).

6. Aleación de aluminio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la suma de los elementos plata, circonio, escandio y vanadio es de al menos 0,60% en peso y de 1,1% en peso como máximo.

7. Aleación de aluminio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la misma contiene los elementos plata y escandio en una proporción de Ag : Sc = 5 a 23.

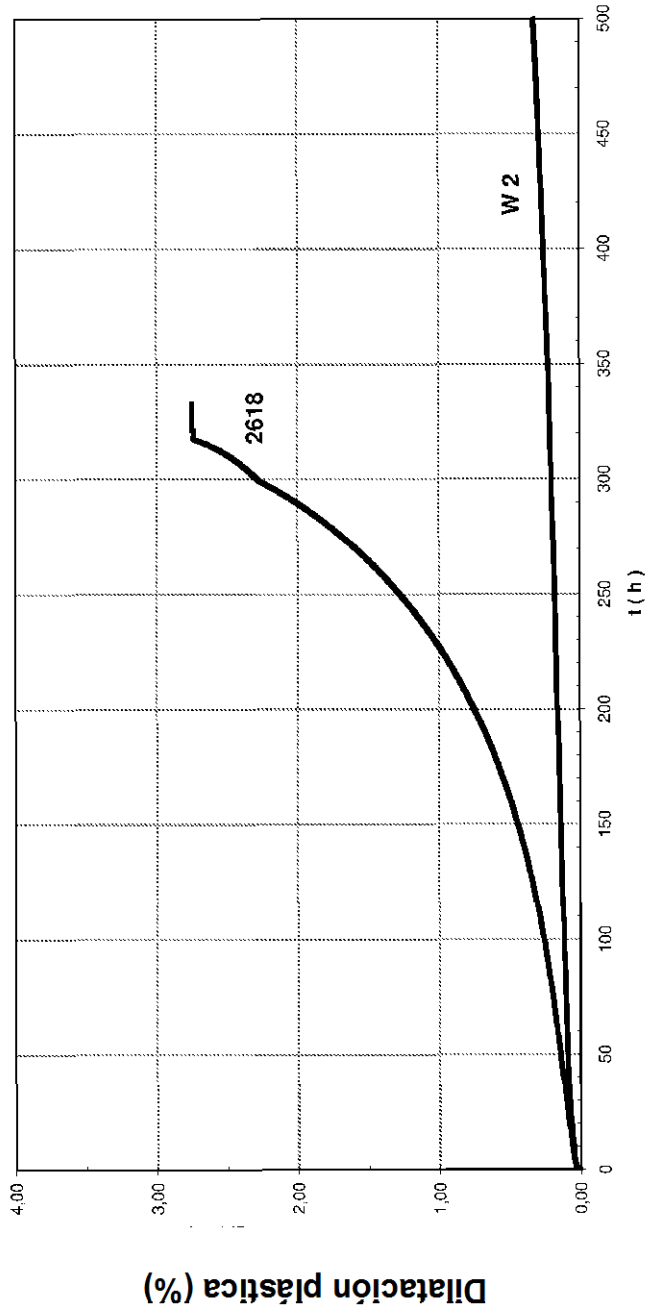


8. Aleación de aluminio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la misma contiene los elementos escandio y circonio en una proporción de Sc : Zr = 1 a 17.
9. Aleación de aluminio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la misma contiene los elementos plata y vanadio en una proporción de Ag : V = 0,5 a 14.
- 5 10. Aleación de aluminio según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la aleación de aluminio tiene un contenido máximo de hierro de 0,09% en peso.
11. Procedimiento para fabricar un producto semiacabado o producto a partir de la aleación de aluminio según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por las etapas de:
- 10 a) Fundición de una barra de la aleación, con una disolución suficiente de los elementos circonio, escandio y vanadio,
- b) Homogeneización de la barra fundida, a una temperatura menor, pero lo más próxima posible a la temperatura de fusión de la aleación, durante un periodo de tiempo suficiente para alcanzar una distribución lo más uniforme posible de los elementos de la aleación en la estructura de metal fundido, preferiblemente a 485 hasta 510°C, durante un periodo de 10 a 25 horas,
- 15 c) Conformación en caliente de la barra homogeneizada por extrusión, forjado (incluida la extrusión inversa) y/o laminación en un intervalo de temperatura de 280 a 470°C,
- d) Recocido de disolución del producto semiacabado extruido, forjado y/o laminado a temperaturas lo suficientemente altas para lograr la disolución homogénea en la estructura de los elementos de la aleación que son necesarios para el endurecimiento, preferiblemente a 480 hasta 510°C, durante un periodo de tiempo de 30 min a 8 horas,
- 20 e) Enfriamiento súbito del producto semiacabado y recocido por disolución en agua, a una temperatura comprendida entre temperatura ambiente y 100°C (agua hirviendo), o en mezclas de agua-glicol, a temperaturas  $\leq 50^\circ\text{C}$  y contenidos de glicol de hasta 60%,
- 25 f) Opcionalmente, conformación en frío del producto semiacabado enfriado bruscamente, por compresión o estiramiento, en un grado que dé como resultado una reducción de las tensiones intrínsecas producidas durante el enfriamiento súbito en el medio de enfriamiento brusco, preferiblemente en 1 a 5%, y
- 30 g) Endurecimiento térmico del producto semiacabado, enfriado bruscamente de este modo y, opcionalmente, comprimido o estirado en frío, a temperaturas que estén adaptadas al uso previsto, preferiblemente entre 80 y 210°C, durante un periodo de tiempo de 5 a 35 horas, preferiblemente 10 a 25 horas, en un procedimiento de 1, 2 ó 3 etapas.
12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado por que previamente a la etapa de fundición de una barra y durante la fundición de la barra, se aplica movimiento a la colada con el fin de lograr una disolución suficiente de los elementos circonio, escandio y vanadio.
13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que la colada se mueve por convección.
- 35 14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que la colada se funde en un horno de inducción.

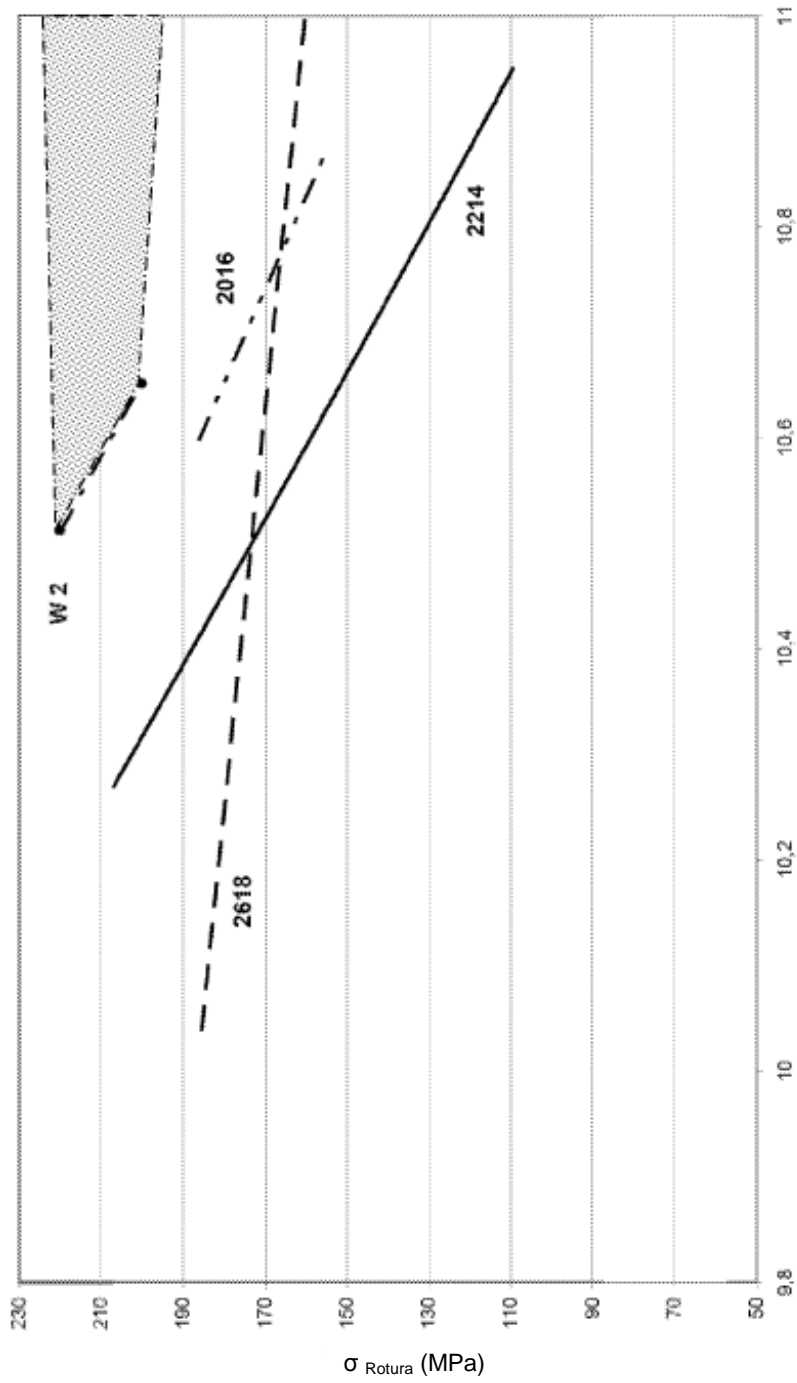
I

Legierung	% Si	% Fe	% Cu	% Mn	% Mg	% Cr	% Ni	% Zn	% Ti	% V	% Ag	% Sc	% Zr	% B	% otros Indiv.   total	Al	
2014	0,50 - 1,2	≤ 0,7	3,9 - 5,0	0,40 - 1,2	0,20 - 0,8	≤ 0,10	-	≤ 0,25	≤ 0,15	-	-	-	-	-	≤ 0,05	≤ 0,15	Rest
2014 A	0,50 - 0,9	≤ 0,50	3,9 - 5,0	0,40 - 1,2	0,20 - 0,8	≤ 0,10	≤ 0,10	≤ 0,25	≤ 0,15	-	-	-	≤ 0,20 Ti + Zr	-	≤ 0,05	≤ 0,15	Rest
2214	0,50 - 0,9	≤ 0,50	3,9 - 5,0	0,40 - 1,2	0,20 - 0,9	≤ 0,10	-	≤ 0,25	≤ 0,15	-	-	-	-	-	≤ 0,05	≤ 0,15	Rest
2618	0,10 - 0,25	0,9 - 1,3	1,8 - 2,7	-	1,3 - 1,8	-	0,9 - 1,2	≤ 0,10	0,04 - 0,10	-	-	-	-	-	≤ 0,05	≤ 0,15	Rest
2618 A	0,15 - 0,25	0,9 - 1,4	1,8 - 2,7	≤ 0,25	1,2 - 1,8	-	0,6 - 1,4	≤ 0,15	≤ 0,20	-	-	-	≤ 0,25 Ti + Zr	-	≤ 0,05	≤ 0,15	Rest
2018	0,30 - 0,7	≤ 0,15	3,5 - 4,5	0,10 - 0,50	0,30 - 0,80	-	-	-	0,05 - 0,15	-	0,30 - 0,7	-	0,10 - 0,25	-	≤ 0,05	≤ 0,15	Rest
W	0,3 - 0,7	≤ 0,15	3,5 - 4,7	0,05 - 0,5	0,3 - 0,8	-	-	-	0,02 - 0,15	0,05 - 0,2	0,1 - 0,7	0,03 - 0,5	0,03 - 0,25	-	≤ 0,05	≤ 0,15	Rest

Fig. 1



**Fig. 2**



**Fig. 3**

$$LMP = [(IT_{prueba} + 273,15) * (20 + \log t_{Rotura}) / 1000]$$