



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 338 314**

51 Int. Cl.:
C22C 21/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03740568 .5**

96 Fecha de presentación : **04.04.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1492895**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.01.2005**

54 Título: **Productos de aleaciones Al-Zn-Mg-Cu.**

30 Prioridad: **05.04.2002 FR 02 04257**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.05.2010

73 Titular/es: **Alcan Rhenalu**
17, place des Reflets, La Défense 2
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es: **Warner, Timothy;**
Sigli, Christophe y
Bes, Bernard

74 Agente: **Mir Plaja, Mireia**

ES 2 338 314 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).

ES 2 338 314 T3

DESCRIPCIÓN

Productos de aleaciones Al-Zn-Mg-Cu.

5 **Ámbito técnico de la invención**

La presente invención se refiere a las aleaciones de tipo Al-Zn-Mg-Cu que presentan un compromiso características mecánicas estáticas - tolerancia mejorada a los daños, con una proporción de Zn superior a un 8,3%, así como a elementos estructurales para la construcción aeronáutica que integran semiproductos modelados elaborados a partir de dichas aleaciones.

Estado de la técnica

Las aleaciones de tipo Al-Zn-Mg-Cu (que pertenecen a la familia de las aleaciones 7xxx) se suelen utilizar en la construcción aeronáutica y en particular en la construcción de alas de aviones civiles. Para los extradós de alas se utiliza por ejemplo una piel de chapas gruesas de aleaciones 7150, 7055, 7449, y eventualmente contrafuertes extruidos de aleaciones 7150, 7055, o 7449. Estas denominaciones de aleaciones, bien conocidas por el especialista, corresponden a las de la organización The Aluminum Association.

Algunas de estas aleaciones se conocen desde hace ya decenios, como por ejemplo las aleaciones 7075 y 7175 (proporción de zinc de entre un 5,1 y un 6,1% en peso), 7050 (proporción de zinc de entre un 5,7 y un 6,7%), 7150 (proporción de zinc de entre un 5,9 y un 6,9%) y 7049 (proporción de zinc de entre un 7,2 y un 8,2%). Presentan un alto límite elástico, así como una buena tenacidad y una buena resistencia a la corrosión bajo tensión y a la corrosión exfoliante. Más recientemente, apareció que para ciertas aplicaciones la utilización de una aleación con mayor proporción de zinc puede presentar ventajas porque esto permite aumentar aún el límite elástico. Las aleaciones 7349 y 7449 contienen de entre un 7,5 y un 8,7% de zinc. En la literatura se han descrito aleaciones modeladas más ricas en zinc, pero no parecen utilizarse en la construcción aeronáutica.

La patente US 5 560 789 (Pechiney Recherche) divulga una aleación de composición Zn 10,7%, Mg 2,84%, Cu 0,92% que se transforma mediante extrusión. Estas aleaciones no se optimizan específicamente para un compromiso características mecánicas estáticas - tenacidad.

La patente US 5 221 377 (Aluminum Company of America) divulga distintas aleaciones de tipo Al-Zn-Mg-Cu con una proporción de zinc de hasta un 11,4%. Estas aleaciones, como se explicará más abajo, tampoco responden a los objetivos de la presente invención.

Además se propuso la utilización de las aleaciones Al-Zn-Mg-Cu con alta proporción de zinc para la fabricación de cuerpos huecos destinados a resistir altas presiones, como botellas de gas comprimido por ejemplo. La solicitud de patente europea EP 020 282 A1 (Société Métallurgique de Gerzat) divulga aleaciones con una proporción de zinc comprendida entre un 7,6% y un 9,5%. La solicitud de patente europea EP 081 441 A1 (Société Métallurgique de Gerzat) divulga un procedimiento de obtención de tales botellas. La solicitud de patente europea EP 257 167 A1 (Société Métallurgique de Gerzat) comprueba que ninguna de las aleaciones conocidas de tipo Al-Zn-Mg-Cu permite cumplir de manera segura y reproducible las severas exigencias técnicas impuestas por esta aplicación específica; propone orientarse hacia una proporción de zinc menos alta, a saber comprendida entre un 6,25% y un 8,0%.

La enseñanza de estas patentes es específica de la problemática de las botellas de gas comprimido, en particular en lo que se refiere a la maximización de la presión de rotura de dichas botellas, y no puede transferirse a otros productos modelados.

De forma general, en las aleaciones de tipo Al-Zn-Mg-Cu, una alta proporción de zinc y también de Mg y Cu es necesaria para obtener buenas características mecánicas estáticas (límite elástico, límite de rotura). Pero se sabe también (véase US 5 221 377 por ejemplo) que cuando se aumenta la proporción de zinc en una aleación de la familia 7xxx más allá de unos 7 a 8%, se encuentran problemas relacionados con una resistencia a la corrosión exfoliante y a la corrosión bajo tensión insuficiente. De forma más general, se sabe que las aleaciones Al-Zn-Mg-Cu más cargadas son susceptibles de plantear problemas de corrosión. Estos problemas se suelen resolver por medio de tratamientos térmicos o termomecánicos específicos, en particular al forzar el tratamiento de revenido más allá del punto máximo, por ejemplo durante un tratamiento de tipo T7. Pero dichos tratamientos pueden provocar entonces una reducción de las características mecánicas estáticas. Dicho de otro modo, para un determinado nivel mínimo de resistencia a la corrosión, la optimización de una aleación de tipo Al-Zn-Mg-Cu tiene que buscar un compromiso entre las características mecánicas estáticas (límite elástico $R_{p0,2}$, límite de rotura R_m , alargamiento de rotura A) y las características de tolerancia a los daños (tenacidad, velocidad de propagación de grietas, etc.). Según el nivel mínimo de resistencia a la corrosión deseado, se utiliza un estado parecido al punto máximo de revenido (estados T6), que suele ofrecer un compromiso tenacidad - $R_{p0,2}$ que privilegia las características mecánicas estáticas, o se lleva el revenido más allá del punto máximo (estados T7) a la vez que se busca un compromiso que privilegie la tenacidad. Estos estados metalúrgicos se definen en la norma EN 515.

ES 2 338 314 T3

Problema planteado

5 El problema al que procura responder la presente invención consiste pues en proponer nuevos productos modelados de aleación de tipo Al-Zn-Mg-Cu con alta proporción de zinc, superior a un 8,3%, que se caractericen por un compromiso mejorado entre tenacidad y características mecánicas estáticas (límite de rotura, límite elástico), que presenten una resistencia suficiente a la corrosión y un alto alargamiento de rotura, y que puedan fabricarse industrialmente en condiciones de fiabilidad compatibles con las altas exigencias de la industria aeronáutica.

10 Objetos de la invención

15 La solicitante encontró que el problema puede resolverse al ajustar la concentración de los elementos adicionales Zn, Cu y Mg y de ciertas impurezas (en particular Fe y Si) de una manera fina, y eventualmente al añadir otros elementos.

Un primer objeto de la presente invención está constituido por un producto laminado, extruido o forjado de aleación Al-Zn-Mg-Cu, caracterizado por lo que contiene (en porcentaje másico):

20 a) Zn 8,3-14,0 Cu 0,3-4,0 y preferentemente 0,3-3,0

Mg 0,5-4,5 y preferentemente 0,5-3,0

25 Zr 0,03-0,15 Fe + Si < 0,25

b) por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende Sc, Hf, La, Ti, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Y, Yb, donde la proporción de cada uno de los correspondientes elementos, de ser seleccionado, está comprendida entre un 0,02 y un 0,7%,

30 c) el resto aluminio e impurezas inevitables,

y por lo que cumple las condiciones

35 d) $Mg/Cu < 2,4$ y

e) $(7,7 - 0,4 Zn) > (Cu + Mg) > (6,4 - 0,4 Zn)$.

40 Un segundo objeto de la presente invención está constituido por un producto laminado, extruido o forjado de aleación Al-Zn-Mg-Cu, caracterizado por lo que contiene (en porcentaje másico):

a) Zn 9,5-14,0 Cu 0,3-4,0 y preferentemente 0,3-3,0

45 Mg 0,5-4,5 y preferentemente 0,5-3,0

Fe + Si < 0,25

50 b) por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende Zr, Sc, Hf, La, Ti, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Y, Yb, Cr, Mn, donde la proporción de cada uno de los correspondientes elementos, de ser seleccionado, está comprendida entre un 0,02 y un 0,7%,

c) el resto aluminio e impurezas inevitables,

y por lo que cumple las condiciones

55 d) $Mg/Cu < 2,4$ y

e) $(7,7 - 0,4 Zn) > (Cu + Mg) > (6,4 - 0,4 Zn)$.

60 Un tercer objeto de la presente invención es un elemento estructural para la construcción aeronáutica que integra uno de los correspondientes productos y en particular un elemento estructural utilizado en la construcción de los cajones centrales de alas de aviones civiles, tal como un extradós de ala.

65

ES 2 338 314 T3

Descripción de las figuras

La figura 1 muestra esquemáticamente un cajón central del ala de un avión.

5 Las referencias son las siguientes:

1, 4 Extradós

2 Intradós

10

3 Larguero

5 Refuerzo

15

6 Altura del cajón

7 Ancho del cajón

20 La figura 2 representa el compromiso resistencia mecánica - tolerancia a los daños en un diagrama $R_{p0,2}$ - K_{app} para las aleaciones del ejemplo 3.

La figura 3 representa el compromiso resistencia mecánica - tolerancia a los daños en un diagrama $R_{p0,2}$ - K_{app} para las aleaciones del ejemplo 5.

25 Descripción detallada de la invención

Salvo indicación contraria, todas las indicaciones relativas a la composición química de las aleaciones se expresan en porcentaje másico. Por lo tanto, en una expresión matemática, "0,4 Zn" significa: 0,4 vez la proporción de zinc, expresada en porcentaje másico; esto se aplica *mutatis mutandis* a los otros elementos químicos. La denominación de las aleaciones cumple las reglas de The Aluminum Association. Los estados metalúrgicos se definen en la norma europea EN 515. Salvo indicación contraria, las características mecánicas estáticas, es decir la resistencia a la rotura R_m , el límite elástico $R_{p0,2}$ y el alargamiento de rotura A , se determinan mediante un ensayo de tracción según la norma EN 10002-1. Las características mecánicas estáticas en compresión se determinaron según la norma ASTM E9. La tenacidad K_{IC} en deformaciones planas se determinó según la norma ASTM E399. El parámetro K_{app} se midió según la norma ASTM E561 en probetas de tipo CT de ancho W igual a 127 mm. El término "producto extruido" incluye los productos llamados "estirados", es decir productos que se elaboran mediante extrusión seguida de un estirado.

La solicitante, durante un cierto número de estudios preparatorios, llegó a la conclusión de que un nuevo material que presenta un compromiso significativamente mejor en todo caso tendría que presentar una proporción de zinc suficiente, típicamente superior a unos 8,3%. Sin embargo esta condición no es suficiente.

Según la invención, el problema se resuelve gracias a un ajuste fino de las proporciones de los elementos de aleaciones y de ciertas impurezas, y al añadir una concentración controlada de algunos otros elementos a la composición de la aleación.

45

La presente invención se aplica a las aleaciones Al-Zn-Mg-Cu que contienen:

Zn 8,3-14,0 Cu 0,3-4,0 Mg 0,5-4,5

50 así como ciertos otros elementos especificados más abajo, y siendo el resto el aluminio con sus impurezas inevitables.

Las aleaciones según la invención tienen que contener por lo menos un 0,5% de magnesio, porque no es posible obtener características mecánicas estáticas satisfactorias con una proporción de magnesio menos alta. Según las constataciones de la solicitante, con una proporción de zinc inferior a un 8,3%, no se obtienen mejores resultados que con las aleaciones conocidas. De manera preferente, la proporción de zinc es superior a un 9,0% y aún más preferentemente superior a un 9,5%. Sin embargo es necesario respetar ciertas relaciones entre ciertos elementos, tal como se expone más abajo. En otro modo de realización ventajoso, la proporción de zinc está comprendida entre un 9,0 y un 11,0%. En todo caso no es deseable sobrepasar una proporción de zinc de unos 14% porque más allá de este valor, cualquiera que sea la proporción de magnesio y cobre, los resultados no son satisfactorios.

La adición de por lo menos un 0,3% de cobre mejora la resistencia a la corrosión. Pero para garantizar una disolución satisfactoria, la proporción de Cu no tendría que sobrepasar unos 4% y la proporción de Mg no tendría que sobrepasar unos 4,5%; para cada uno de estos dos elementos, son preferentes proporciones máximas de un 3,0%.

65

La solicitante encontró que para resolver el problema planteado, hace falta tener en cuenta, en una aleación de tipo Al-Zn-Mg-Cu, distintas características técnicas.

ES 2 338 314 T3

Primero, la aleación tiene que ser suficientemente cargada de elementos adicionales susceptibles de precipitar durante una maduración o un tratamiento de revenido, para poder presentar características mecánicas estáticas interesantes. Para esto, según las constataciones de la solicitante, además de los límites mínimos y máximos para las proporciones de zinc, magnesio y cobre indicadas más abajo, la proporción de estos elementos adicionales tiene que cumplir la condición $Mg + Cu > 6,4 - 0,4 Zn$.

Además la solicitante observó que para obtener un nivel de tenacidad suficiente, hace falta que $Mg/Cu < 2,4$, preferentemente $< 2,0$ y aún más preferentemente $< 1,7$.

Para reforzar este efecto, hace falta añadir una proporción suficiente de elementos llamados antirrecristalizantes. Más precisamente, para aleaciones con más de un 9,5% de zinc, hace falta añadir por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende los elementos Zr, Sc, Hf, La, Ti, Y, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, Cr, Mn, con, para cada elemento presente, una concentración comprendida entre un 0,02 y un 0,7%. Es preferible que la concentración del conjunto de los elementos del correspondiente grupo no sobrepase un 1,5%.

Estos elementos antirrecristalizantes, en forma de finos precipitados formados durante tratamientos térmicos o termomecánicos, bloquean la recristalización. Sin embargo la solicitante encontró que cuando la aleación está muy cargada de zinc ($Zn > 9,5\%$) se tiene que evitar una precipitación demasiado abundante durante el temple del producto modelado. Entonces se tiene que encontrar un compromiso en cuanto a la proporción de elementos antirrecristalizantes que influyen en la precipitación durante el temple.

Según la invención, para aleaciones con una proporción de zinc comprendida entre un 8,3% y un 9,5%, hace falta añadir circonio con una proporción comprendida entre un 0,03% y un 0,15%, y además por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende los elementos Sc, Hf, La, Ti, Y, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb, con, para cada elemento presente, una concentración comprendida entre un 0,02 y un 0,7%. La solicitante observó que para los correspondientes elementos antirrecristalizantes, cualquiera que sea la proporción de zinc, es ventajoso no sobrepasar las proporciones máximas siguientes: Cr 0,40; Mn 0,60; Se 0,50; Zr 0,15; Hf 0,60; Ti 0,15; Ce 0,35 y preferentemente 0,30; Nd 0,35 y preferentemente 0,30; Eu 0,35 y preferentemente 0,30; Gd 0,35; Tb 0,35; Ho 0,40; Dy 0,40; Er 0,40; Yb 0,40; Y 0,20; La 0,35 y preferentemente 0,30. Ventajosamente el total de estos elementos no sobrepasa un 1,5%.

Otra característica técnica se relaciona con la necesidad de poder producir industrialmente productos modelados en condiciones de fiabilidad compatibles con las altas exigencias de la industria aeronáutica, así como en condiciones económicas satisfactorias. Así, hace falta elegir una composición química que minimice la aparición de fisuras o grietas durante la solidificación de las placas o lingotes, las correspondientes fisuras o grietas siendo defectos redhibitorios que conducen a la repulsa de las correspondientes placas o lingotes. La solicitante observó durante numerosos ensayos que esta aparición de fisuras o grietas era mucho más probable cuando las aleaciones 7000 terminaban su solidificación por debajo de los 470°C. Para reducir significativamente la probabilidad de aparición de fisuras o grietas durante la colada hasta un nivel industrialmente aceptable, más vale elegir una composición química tal como

$$Mg > 1,95 + 0,5 (Cu - 2,3) + 0,16 (Zn - 6) + 1,9 (Si - 0,04).$$

En el marco de la presente invención este criterio se llama "criterio de colabilidad". Las aleaciones elaboradas según esta variante de la invención acaban su solidificación a una temperatura comprendida entre los 473°C y los 478°C y permiten alcanzar una fiabilidad industrial de los procedimientos de elaboración del metal (es decir una constancia de la calidad de las placas coladas) compatible con las altas exigencias de la industria aeronáutica.

Otra característica técnica de la invención se relaciona con la necesidad de minimizar, en la medida de lo posible, la cantidad de precipitados insolubles después de los tratamientos de homogeneización y disolución, porque esto disminuye la tenacidad; para esto, se elige una proporción de Mg, Cu y Zn tal como $Mg + Cu < 7,7 - 0,4 Zn$. Los correspondientes precipitados son típicamente fases ternarias o cuaternarias Al-Zn-Mg-Cu de tipo S, M o T.

Y por último, la solicitante observó que la incorporación de una pequeña cantidad, comprendida entre un 0,02 y un 0,15% por elemento, de uno o distintos elementos elegidos dentro del grupo que comprende Sn, Cd, Ag, Ge, In, permite mejorar la respuesta de la aleación al tratamiento de revenido y que tiene efectos beneficiosos sobre la resistencia mecánica y la resistencia a la corrosión del producto. Es preferible una proporción comprendida entre un 0,05 y un 0,10%. Entre estos elementos, la plata es el elemento preferente.

Los productos según la invención son en particular productos laminados o extruidos. Se pueden utilizar ventajosamente para la fabricación de elementos estructurales en la construcción aeronáutica. Una aplicación preferente de los productos según la invención es la aplicación como elemento estructural en un cajón central del ala, y en particular en su parte superior (extradós) previamente configurada para resistir la compresión. La figura 1 muestra esquemáticamente una sección del cajón central del ala de un avión civil. Tal cajón central del ala tiene típicamente un largo comprendido entre 10 m y 40 m y un ancho comprendido entre 2 m y 10 m; su altura varía según el lugar en el ala y se sitúa típicamente entre 0,2 m y 2 m. El cajón está constituido por el extradós 1 y el intradós 2. El extradós 1 de un avión civil está constituido por una chapa gruesa de un espesor típico a la entrega comprendido entre 15 mm y 60 mm,

ES 2 338 314 T3

5 y por refuerzos que se pueden fabricar a base de perfiles y fijados en la piel con ayuda de medios de fijación mecánicos (tales como remaches o pernos) o mediante técnicas de soldadura (tales como la soldadura por arco, la soldadura por haz de láser, o la soldadura por fricción). La estructura de extradós (piel - refuerzos) también se puede obtener mediante el ensamblaje de otros semiproductos de aleación de aluminio. Esta también se puede obtener mediante un mecanizado integral de chapas gruesas o perfiles, es decir sin ensamblaje.

10 De forma general, para reducir lo más posible el peso de tal estructura, es deseable reducir el número de medios de fijación (remaches, pernos, etc.) o de juntas de soldadura. Por lo tanto es deseable utilizar chapas o productos extruidos cuyas medidas se parecen lo más posible a las del cajón central del ala acabado. Esta necesidad de utilizar semiproductos de muy gran tamaño, por ejemplo de un ancho comprendido entre 0,5 m y 4 m, de un espesor comprendido entre 10 mm y 60 mm, o incluso 100 mm, y de un largo comprendido entre 6 m y más que 20 m, limita la posibilidad de materiales utilizables. Más particularmente, en el caso de los productos laminados, hay que poder obtener estas chapas gruesas de muy gran tamaño con una fiabilidad industrial suficiente. Para aviones de muy gran tamaño, el largo de las alas de avión puede sobrepasar los 20 m e incluso los 30 m, lo que necesita el uso de chapas o perfiles de un largo superior a los 20 m o 30 m, para minimizar el ensamblaje de los elementos estructurales. La fabricación de chapas o perfiles de tal tamaño de aleaciones Al-Zn-Mg-Cu muy cargadas precisa un excelente control de los procedimientos de colada, laminado y tratamiento térmico y termomecánico y requiere la adaptación de la composición química según la invención.

20 Es de notar que los perfiles de pequeño espesor o ancho se benefician también de un aumento considerable de las características mecánicas estáticas debidas al efecto de prensa bien conocido por el especialista. Este efecto no se observa para perfiles gruesos.

25 Los productos según la invención se pueden utilizar como elementos estructurales en la construcción aeronáutica. Para la aplicación como extradós, se prefiere un estado metalúrgico de tipo T6, T651 por ejemplo. También se puede contemplar la utilización en el estado T7.

30 Se pueden fabricar semiproductos laminados extruidos o forjados que presentan un compromiso de propiedades muy interesante en particular para la construcción aeronáutica: un límite elástico $R_{p0,2}$ (L) superior a los 630 MPa e incluso superior a los 640 MPa, una tenacidad $K_{IC}(L-T)$ superior a los 23 MPa \sqrt{m} e incluso superior a los 25 MPa \sqrt{m} , un alargamiento de rotura A% superior a un 8% e incluso superior a un 10%, a la vez que se conserva la resistencia a la corrosión exfoliante y a la corrosión bajo tensión a un nivel por lo menos comparable al de las aleaciones Al-Zn-Mg-Cu conocidas. Estos productos pueden tener un valor de $K_{app}(L-T)$, medido según ASTM E561 en T/2 en una probeta de ancho $W = 406$ mm, por lo menos igual a 70 MPa \sqrt{m} y preferentemente por lo menos igual a 75 MPa \sqrt{m} .

40 El producto según la invención está particularmente adaptado a una utilización como elemento estructural en un cajón central de ala, en forma de extradós o de refuerzo por ejemplo. Las ventajas de los productos según la invención permiten en particular su utilización como elementos estructurales de aviones de muy gran tamaño, en particular de aviones civiles, y en particular en forma de productos laminados y extruidos. En una aplicación particularmente ventajosa, estos elementos estructurales se fabrican a partir de chapas con un espesor superior a los 60 mm.

45 En el caso de un perfil, la adición de uno o distintos elementos antirrecristalizantes, tales como el escandio, es particularmente ventajosa; tal efecto también se observa en el caso de chapas gruesas. Cuando el elemento antirrecristalizante añadido es el escandio, una proporción comprendida entre un 0,02 y un 0,50% es ventajosa. La adición de una pequeña cantidad de plata o de otro elemento tal como Cd, Ge, In, Sn (del orden de un 0,05 a un 0,10%) mejora la eficacia del revenido y tiene efectos positivos sobre la resistencia mecánica y la resistencia a la corrosión bajo tensión del producto.

50 Los ejemplos, que sin embargo no tienen ningún aspecto limitativo, permitirán una mayor comprensión de la invención.

Ejemplos

55 Ejemplo 1

60 Se prepararon distintas aleaciones Al-Zn-Mg-Cu mediante colada semicontinua de placas, éstas se sometieron a una gama de transformación clásica que comprende una etapa de homogeneización, seguida de un laminado en caliente, de una etapa de disolución seguida de un temple y de operaciones de destensionado, y por último de un revenido en el estado T651. Se obtuvieron así chapas de 20 mm de espesor en el estado T651 1.

65

ES 2 338 314 T3

Las composiciones de las chapas que componen este ensayo se indican en el cuadro 1.

CUADRO 1

Aleación	Zn	Mg	Cu	Fe	Si	Zr	Ti	Mn	Sc
A	8,40	2,11	1,83	0,09	0,06	0,11	0,017	0	0
B	10,27	3,2	0,71	0,08	0,03	0,11	0,017	0	0
C	10,08	2,69	0,95	0,08	0,03	0,11	0,014	0	0
D	9,97	2,14	1,32	0,09	0,03	0,11	0,017	0	0

La aleación A es una aleación 7449 según el estado de la técnica, las aleaciones B y C son aleaciones con alta proporción de Zn, que no cumplen las características técnicas de la invención, la aleación D es una aleación según la invención.

En probetas tomadas a medio espesor, se determinaron las características mecánicas estáticas en tracción según EN 10002-1, el límite elástico en compresión $R_{p0,2}^c$ (una propiedad dimensionadora para el extradós) según ASTM E9, y la tenacidad K_{IC} en deformaciones planas según ASTM E399. Los resultados se indican en el cuadro 2:

CUADRO 2

Aleación	Tracción dirección Longitudinal			Tracción dirección TL			Compresión dirección L	Tenacidad L-T
	$R_{p0,2}$ MPa	R_m MPa	A %	$R_{p0,2}$ MPa	R_m MPa	A %	$R_{p0,2}^c$ MPa	K_{IC} MPa \sqrt{m}
A	627	665	14,7	566	623	13,6	618	31,9
B	716	726,5	6,5	640	696	5,2	703	21,1
C	700	717	9,2	629	676	8,1	675	21
D	665	685	12,2	608	649	11	656	26,8

Aparece claramente que la aleación según la invención presenta un mejor compromiso características estáticas / tenacidad que la aleación 7449 según el arte anterior ($R_{p0,2}$ en tracción y en compresión más alto y K_{IC} parecida), y que las aleaciones con alta proporción de zinc que no cumplen las características técnicas de la invención son menos eficientes.

Ejemplo 2

Se colaron 2 aleaciones cuya composición química se indica en el cuadro 3, éstas se transformaron gracias a la utilización de una gama parecida a la del ejemplo 1, excepto que las chapas obtenidas son de 6 mm de espesor.

CUADRO 3

Aleación	Zn	Mg	Cu	Fe	Si	Zr	Ti	Mn	Sc
E	8,42	2,09	1,9	0,07	0,02	0,10	0,016	0	0
F	8,34	2,11	1,84	0,07	0,03	0,11	0,018	0	0,083

La aleación E es una aleación 7449 y la aleación F es una aleación según la invención, que contiene la adición de un 0,083% de escandio.

ES 2 338 314 T3

Las características mecánicas estáticas obtenidas en el estado T651 se presentan en el cuadro 4 más abajo. La tenacidad se caracterizó gracias a la utilización del indicador Kahn, bien conocido por el especialista y descrito en particular en el artículo de J. G. Kaufman y A. H. Knoll, "Kahn-Type Tear Tests and Crack Toughness of Aluminum Sheet", publicado en Materials Research & Standards, pp. 151-155, en 1964. El parámetro K_{app} se midió según la norma ASTM E561 en probetas de tipo CT de ancho W igual a 127 mm. El parámetro K_{app} ("K aparente") es el factor de intensidad de tensión calculado gracias a la carga máxima medida durante el ensayo y al largo de fisura inicial (al final de la prefisuración) en las fórmulas indicadas por la norma citada. Dichos indicadores se utilizan clásicamente para medir la tenacidad en tensiones planas. Los resultados de las medidas de tenacidad efectuadas durante este ensayo se presentan en el cuadro 5 a continuación.

CUADRO 4

Aleación	Tracción dirección longitudinal			Tracción dirección TL		
	$R_{p0,2}$ MPa	R_m MPa	A %	$R_{p0,2}$ MPa	R_m MPa	A %
E	615	649	13,7	588	646	13,3
F	648	688	12,5	605	652	15,0

CUADRO 5

Aleación	Indicador Kahn (L-T) MPa	Indicador Kahn (T-L) MPa	K_{app} (L-T) MPa \sqrt{m}	K_{app} (T-L) MPa \sqrt{m}
E	231	212	58	37
F	236	218	57	36

Los resultados de los cuadros 4 y 5 muestran claramente la mejora de las características mecánicas estáticas de la aleación objeto de la invención para una tenacidad parecida, incluso mejor que la de la aleación sin escandio.

Ejemplo 3

Se colaron 2 aleaciones cuya composición química se indica en el cuadro 6, éstas se transformaron gracias a la utilización de una gama parecida a la del ejemplo 1, excepto que las chapas obtenidas son de 25 mm y 10 mm de espesor y que se elaboraron dos estados de revenido: el estado T651 (tratamiento de 48 h a 120°C) definido como el punto máximo de resistencia mecánica en tracción y el estado T7x51 (24 h 120°C + 17 h 150°C).

CUADRO 6

Aleación	Zn	Mg	Cu	Fe	Si	Zr	Ti	Mn	Sc
R	8,3	2,13	1,85	0,030	0,032	0,11	0,017	0	0
S	8,6	2,1	1,9	0,07	0,03	0,11	0,017	0	0,078

La aleación R es una aleación 7449 y la aleación S es una aleación según la invención, que contiene la adición de un 0,078% de escandio.

ES 2 338 314 T3

Las características mecánicas estáticas obtenidas en los estados T651 y T7951 y medidas a medio espesor se presentan en el cuadro 7 más abajo.

La tenacidad en deformaciones planas K_{IC} se determinó según la norma ASTM E399, a medio espesor. La tenacidad en tensiones planas se caracterizó a medio espesor gracias a la utilización del parámetro K_{app} , medido según la norma ASTM E561 en probetas de tipo CCT de ancho W igual a 406 mm. Los resultados de las medidas de tenacidad efectuadas durante este ensayo se presentan en el cuadro 8 a continuación.

10

CUADRO 7

Aleación Espesor	Estado	Tracción dirección Longitudinal			Tracción dirección TL		
		$R_{p0,2}$ MPa	R_m MPa	A %	$R_{p0,2}$ MPa	R_m MPa	A %
S-10 mm	T651	632	655	7,9	612	649	9,6
	T7x51	598	619	8,6	601	622	7,5
S-25 mm	T651	647	681	12,8	606	649	13,2
	T7x51	611	644	12,4	588	622	11,9
R-25 mm	T651	601	637	10,4	584	620	10,2
	T7x51	584	622	10,9	565	597	10,8

30

CUADRO 8

Aleación Espesor	Estado	K_{ic} (L-T) MPa \sqrt{m}	K_{ic} (T-L) MPa \sqrt{m}	K_{app} (L-T) MPa \sqrt{m}
S-10 mm	T651	No medida		72,8
	T7x51			73,7
S-25 mm	T651	24	24	81,6
	T7x51	25	22	72,6
R-25 mm	T651	231	212	56,1
	T7x51	236	218	84,4

50

En la figura 2 se representó el compromiso resistencia mecánica - tolerancia a los daños en un diagrama $R_{p0,2}$ - K_{app} para las aleaciones del ejemplo 3. Se nota que la aleación de referencia "R" presenta el compromiso habitual (la tenacidad disminuye al aumentarse la resistencia mecánica). Al contrario, y de manera asombrosa, la aleación según la invención "S" presenta un decrecimiento muy bajo (espesor 10 mm) incluso un aumento claro (espesor 25 mm) de la tenacidad al aumentarse la resistencia mecánica. Además, la aleación según la invención presenta niveles de resistencia mecánica claramente superiores a los de la aleación de referencia y una tenacidad comparable incluso superior.

55

Ejemplo 4

60

Se colaron distintas aleaciones cuya composición se indica en el cuadro 9, con una proporción de Si aproximadamente igual a un 0,04% para todas las aleaciones.

65

Las aleaciones G1, G2, G3 y G4 están fuera de la presente invención, así como las aleaciones B y C que se describen en el ejemplo 1. La aleación D es una aleación según la invención descrita en el ejemplo 1. Durante los ensayos, todas estas aleaciones presentaron una colabilidad satisfactoria, es decir que no se observaron grietas o fisuras durante los ensayos de colada a escala industrial.

ES 2 338 314 T3

Las aleaciones G5, G6, G7, G8 están fuera de la presente invención y la aleación G9 es una aleación 7060 según el estado de la técnica; estas aleaciones presentaron grietas durante los ensayos de colada.

Las dificultades que aparecen durante la colada de estas aleaciones no hacen necesariamente que los productos modelados obtenidos a partir de estas placas no sean aptos para su utilización, pero éstas originan excesos de costes porque la puesta por obra (es decir la cantidad de metal vendible con respecto a la cantidad de metal cargada en el horno, un parámetro directamente relacionado con la cantidad de placas repulsadas) será más importante que para las aleaciones que corresponden al ámbito preferente de la invención. Además, la propensión de estas aleaciones a la formación de grietas durante su solidificación hace muy difícil la fiabilización del procedimiento de colada en el marco de un programa de garantía de la calidad mediante el control estadístico de los procedimientos.

Se observa que todas las aleaciones 7xxx que presentan una propensión muy marcada a la formación de grietas o fisuras durante la colada tienen una proporción de magnesio inferior a la proporción crítica de magnesio; este valor crítico se obtuvo gracias al cálculo del valor límite de Mg definido mediante el criterio de colabilidad.

CUADRO 9

Alea- ción	Zn (%)	Mg (%)	Cu (%)	Aptitud a la fisuración observada	Proporción crítica en Mg (%)	Mg > Mg crítico
01	7,5	3	3	Baja	2,54	Sí
G2	8,5	3	2,3	Baja	2,35	Sí
G3	7,5	3	1,6	Baja	1,84	Sí
G4	6,5	3	2,3	Baja	2,03	Sí
B	10,27	3,2	0,71	Baja	1,82	Sí
C	10,08	2,69	0,95	Baja	1,91	Sí
D	9,97	2,14	1,32	Baja	2,08	Sí
G5	8,5	2,3	3	Alta	2,7	No
G6	6,5	2,3	3	Alta	2,38	No
G7	8,5	1,6	2,3	Alta	2,35	No
G8	7,5	1,6	1,6	Alta	1,84	No
G9	7	1,65	2,1	Alta	2,01	No

Ejemplo 5

Se elaboraron placas de laminado mediante un procedimiento parecido al que se describe en el ejemplo 1. La composición química se indica en el cuadro 10. Mediante un procedimiento parecido al que se describe en el ejemplo 1, se prepararon chapas de 25 mm de espesor mediante laminado en caliente. Estas se disolvieron durante 2 horas a una temperatura comprendida entre 472 y 480°C (estas temperaturas se determinan mediante ensayos preliminares de calorimetría en las chapas en estado bruto de laminado, procedimiento clásico para el especialista), se templaron por aspersion y se traccionaron con un alargamiento permanente comprendido entre un 1,5 y un 2%. Las chapas se sometieron después a un tratamiento de revenido a una temperatura de 135°C.

CUADRO 10

Alea- ción	Zn	Mg	Cu	Fe	Si	Zr	Ti	Mn	Sc	Mg/Cu
M	9,94	3,02	0,78	0,04	0,03	0,10	0,063	0	0	3,87
N	10,00	2,72	0,77	0,06	0,04	0,10	0,055	0	0,10	3,53
K	9,90	2,03	1,55	0,03	0,03	0,10	0,05	0	0,10	1,31

Se midieron a medio espesor las características mecánicas estáticas en tracción y en compresión así como la tenacidad K_{app} tal como se especifica en los ejemplos anteriores.

ES 2 338 314 T3

CUADRO 11

Aleación	Duración del revenido h	R _{p0,2} MPa	R _m MPa	A %	R _{p0,2} ^c MPa	K _{app} (L-T) MPa√m
		Tracción dirección L			Compresión dirección L	
N	14,5	692	699	9,7	669	52,7
N	35	657	672	11,2	634	61,9
M	14,5	676	690	10,0	658	33,4
M	35	648	658	9,9	635	47,0
K	12,5	No medida			645	79,4
K	14,5	671	689	11,7	649	76,2
K	35	659	672	11,4	648	84,8
K	120	No medida			567	115,0

Se verificó que para las chapas N, M y K, el revenido de 14,5 h conduce al estado T651. Para revenidos significativamente más largos, los parámetros R_{p0,2}, R_{p0,2}^c y R_m se degradan mientras que la tenacidad en tensiones planas K_{app} aumenta.

Igual que en el ejemplo 3, se representó el compromiso resistencia mecánica - tolerancia a los daños en un diagrama R_{p0,2} - K_{app}. Este diagrama se indica en la figura 3 para las aleaciones del ejemplo 5.

A proporciones de zinc iguales y proporciones de escandio iguales, la chapa K con una relación Mg/Cu más baja muestra valores de tenacidad significativamente mejores que la chapa N.

Ejemplo 6

Se prepararon lingotes de extrusión de 291 mm de diámetro mediante colada vertical, con una aleación según la invención cuya composición se indica en el cuadro 12.

CUADRO 12

Aleación	Zn	Mg	Cu	Cr	Mn	Si	Fe	Zr	Ti	Mg/Cu
T	9,43	1,96	1,67	-	0,01	0,05	0,07	0,12	0,03	1,17

Los lingotes homogeneizados (7 h 460°C + 23 h 466°C) y descortezados se sometieron a una extrusión, la temperatura del contenedor y de la herramienta siendo superior a los 400°C y la velocidad de extrusión inferior a los 0,50 m/min. La geometría de los perfiles comprende una placa de apoyo (espesor 15 mm, ancho 152 mm), una nervadura (espesor 15 mm, altura 38 mm) y un refuerzo (espesor 23 mm, ancho 76 mm).

Tras disolución (etapas de 4 h 472°C), temple y tracción controlada, los perfiles se sometieron a un tratamiento de revenido T7A511 (6 h 120°C + 7 h 135°C) y T7B511 (6 h 120°C + 28 h 135°C); las letras A y B simbolizan aquí estas distintas condiciones de revenido.

Perfiles con una geometría parecida de aleación 7449, cuya composición exacta no corresponde a la presente invención, también se elaboraron a modo de referencia en el estado T79511.

Los resultados de la caracterización de estos perfiles se indican en el cuadro 13 más abajo (la letra X indica que no se determinó la característica para este producto).

ES 2 338 314 T3

CUADRO 13

	Aleación (Posición)	Estado	Características Estáticas Dirección L			Tenacidad		
			Tracción			compresión	K _{IC} (L-T)	K _{IC} (T-L)
			R _{p0,2}	R _m	A			
			MPa	Mpa	%	R _{p0,2C} MPa	MPa√m	MPa√m
5	7449 (Refuerzo)	T79511	625	650	13,0	645	30	20
10	T (Refuerzo)	T7A511	694	707	11,5	712	46,8	20,4
15	T (Placa de apoyo)		669	689	12,3	665	34,2	22,1
20	T (Nervadura)		664	678	11,6	659	X	X
25	T (Refuerzo)	T7B511	681	685	10,6	707	37,0	20,3
30	T (Placa de apoyo)		663	670	11,0	676	29,0	22,8
	T (Nervadura)		661	666	10,2	666	X	X

35 Aparece claramente que la aleación "T" según la invención presenta un compromiso resistencia mecánica - tenacidad mucho mejor.

40

45

50

55

60

65

ES 2 338 314 T3

REIVINDICACIONES

1. Producto laminado, extruido o forjado de aleación Al-Zn-Mg-Cu, **caracterizado** por lo que contiene (en porcentajes máxicos):

a) Zn 8,3-14,0 Cu 0,3-4,0 Mg 0,5-4,5

Zr 0,03-0,015 Fe + Si < 0,25

b) por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende Se, Hf, La, Ti, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Y, Yb, donde la proporción de cada uno de los correspondientes elementos, de ser seleccionado, está comprendida entre un 0,02 y un 0,7%,

c) el resto aluminio e impurezas inevitables,

y por lo que cumple las condiciones

d) Mg/Cu < 2,4 y

e) $(7,7 - 0,4 \text{ Zn}) > (\text{Cu} + \text{Mg}) > (6,4 - 0,4 \text{ Zn})$.

2. Producto según la reivindicación 1, **caracterizado** por lo que su proporción máxima de los siguientes elementos es de (en porcentajes máxicos):

Sc 0,50; Hf 0,60; La 0,3 5 y preferentemente 0,30; Ti 0,15; Ce 0,35 y preferentemente 0,30; Nd 0,35 y preferentemente 0,30; Eu 0,35 y preferentemente 0,30; Gd 0,35; Tb 0,35; Dy 0,40; Ho 0,40; Er 0,40; Yb 0,40; Y 0,20.

3. Producto según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado** por lo que la concentración máxica de los elementos Se, Hf, La, Ti, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Y, Yb, Cr, Mn, no sobrepasa un 1,5% en total.

4. Producto laminado, extruido o forjado de aleación Al-Zn-Mg-Cu, **caracterizado** por lo que contiene (en porcentajes máxicos):

a) Zn 9,5-14,0 Cu 0,3-4,0 Mg 0,5-4,5

Fe + Si < 0,25

b) por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende Zr, Sc, Hf, La, Ti, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Y, Yb, Cr, Mn, donde la proporción de cada uno de los correspondientes elementos, de ser seleccionado, está comprendida entre un 0,02 y un 0,7%,

c) el resto aluminio e impurezas inevitables,

y por lo que cumple las condiciones

d) Mg/Cu < 2,4 y

e) $(7,7 - 0,4 \text{ Zn}) > (\text{Cu} + \text{Mg}) > (6,4 - 0,4 \text{ Zn})$.

5. Producto según la reivindicación 4, **caracterizado** por lo que su proporción máxima de los elementos siguientes es de (en porcentajes máxicos):

Sc 0,50; Hf 0,60; La 0,3 5 y preferentemente 0,30; Ti 0,15; Ce 0,35 y preferentemente 0,30; Nd 0,35 y preferentemente 0,30; Eu 0,35 y preferentemente 0,30; Gd 0,35; Tb 0,35; Dy 0,40; Ho 0,40; Er 0,40; Yb 0,40; Y 0,20; Cr 0,40; Mn 0,60.

6. Producto según la reivindicación 4 o 5, **caracterizado** por lo que la concentración máxica de los elementos Zr, Sc, Hf, La, Ti, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Y, Yb, Cr, Mn, no sobrepasa un 1,5% en total.

7. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** por lo que la relación Mg/Cu es inferior a 2,0 y preferentemente inferior a 1,7.

8. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado** por lo que Zn > 9,0% y preferentemente Zn > 9,5%.

9. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado** por lo que la proporción de Cu y/o la proporción de Mn no sobrepasan un 3,0% cada uno.

ES 2 338 314 T3

10. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones la 9, **caracterizado** por lo que la proporción de Zn está comprendida entre un 9,0 y un 11,0%.

5 11. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** por lo que su proporción de magnesio, cobre, zinc y silicio se elige de manera que

$$\text{Mg} > 1,95 + 0,5 (\text{Cu} - 2,3) + 0,16 (\text{Zn} - 6) + 1,9 (\text{Si} - 0,04).$$

10 12. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** por lo que contiene además por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende Cd, Ge, In, Sn, Ag, a razón de un 0,05 a 0,15% y preferentemente un 0,05 a un 0,10%, para cada elemento seleccionado.

15 13. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** por lo que el límite elástico $R_{p0,2}(L) > 630$ MPa y preferentemente > 640 MPa.

14. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** por lo que $K_{IC}(L-T) > 23$ MPa $\sqrt{\text{m}}$.

20 15. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado** por lo que $K_{app(L-T)}$ medida según ASTM E561 a medio espesor en una probeta de ancho $W = 406$ mm es por lo menos igual a 70 Mpa $\sqrt{\text{m}}$ y preferentemente por lo menos igual a 75 Mpa $\sqrt{\text{m}}$.

16. Producto según la reivindicación 15, **caracterizado** por lo que $K_{IC}(L-T) > 25$ MPa $\sqrt{\text{m}}$.

25 17. Producto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado** por lo que el alargamiento de rotura $A\%(L) > 8\%$.

30 18. Elemento estructural para construcción aeronáutica, que integra por lo menos un producto laminado o extruido de aleación Al-Zn-Mg-Cu, **caracterizado** por lo que el correspondiente producto laminado o extruido contiene (en porcentaje másico):

a) Zn 8,3-14,0 Cu 0,3-4,0 y preferentemente 0,3-3,0

Mg 0,5-4,5 y preferentemente 0,5-3,0

35 Zr 0,03-0,15 Fe + Si $< 0,15$

b) por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende Sc, Hf, La, Ti, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Y, Yb, donde la proporción de cada uno de los correspondientes elementos, de ser seleccionado, está comprendida entre un 0,02 y un 0,7%,

c) el resto aluminio e impurezas inevitables,

y por lo que el correspondiente producto laminado o extruido cumple las condiciones

45 d) $\text{Mg}/\text{Cu} < 2,4$ y preferentemente $< 1,7$; y

e) $(7,7 - 0,4 \text{ Zn}) > (\text{Cu} + \text{Mg}) > (6,4 - 0,4 \text{ Zn})$.

50 19. Cajón central del ala, en el que el extradós se fabrica a partir de una chapa en aleación Al-Zn-Mg-Cu, **caracterizado** por lo que la correspondiente chapa (en porcentaje másico):

a) Zn 8,3-14,0 Cu 0,3-4,0 y preferentemente 0,3-3,0

55 Mg 0,5-4,5 y preferentemente 0,5-3,0

Zr 0,03-0,15 Fe + Si $< 0,15$

60 b) por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende Sc, Hf, La, Ti, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Y, Yb, donde la proporción de cada uno de los correspondientes elementos, de ser seleccionado, está comprendida entre un 0,02 y un 0,7%,

c) el resto aluminio e impurezas inevitables,

65 y por lo que la correspondiente chapa cumple las condiciones

d) $\text{Mg}/\text{Cu} < 2,4$ y preferentemente $< 1,7$; y

ES 2 338 314 T3

e) $(7,7 - 0,4 \text{ Zn}) > (\text{Cu} + \text{Mg}) > (6,4 - 0,4 \text{ Zn})$.

20. Cajón central del ala según la reivindicación 19, **caracterizado** por lo que el correspondiente extradós se fabrica mediante mecanizado integral a partir de una chapa con un espesor superior a los 60 mm.

5

21. Cajón central del ala según una de las reivindicaciones 19 o 20, **caracterizado** por lo que la correspondiente chapa contiene de entre un 0,02 y un 0,50% de escandio.

22. Cajón central del ala, en el que por lo menos uno de los refuerzos se fabrica a partir de un producto extruido de aleación Al-Zn-Mg-Cu, **caracterizado** por lo que el correspondiente producto extruido contiene (en porcentajes máxicos):

10

a) Zn 8,3-14,0 Cu 0,3-4,0 y preferentemente 0,3-3,0

15

Mg 0,5-4,5 y preferentemente 0,5-3,0

Zr 0,03-0,15 Fe + Si < 0,15

b) por lo menos un elemento seleccionado dentro del grupo que comprende Sc, Hf, La, Ti, Ce, Nd, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Y, Yb, donde la proporción de cada uno de los correspondientes elementos, de ser seleccionado, está comprendida entre un 0,02 y un 0,7%,

20

c) el resto aluminio e impurezas inevitables,

25

y por lo que la correspondiente chapa cumple las condiciones

d) $\text{Mg}/\text{Cu} < 2,4$

e) $(7,7 - 0,4 \text{ Zn}) > (\text{Cu} + \text{Mg}) > (6,4 - 0,4 \text{ Zn})$.

30

23. Cajón central del ala según la reivindicación 22, **caracterizado** por lo que el correspondiente producto extruido contiene de entre un 0,02 y un 0,50% de escandio.

24. Cajón central del ala según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 24, **caracterizado** por lo que la correspondiente chapa o el correspondiente perfil se utiliza en el estado metalúrgico T6 o T651.

35

25. Cajón central del ala según una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 24, **caracterizado** por lo que la correspondiente chapa o el correspondiente perfil se utiliza en el estado metalúrgico T7.

40

45

50

55

60

65

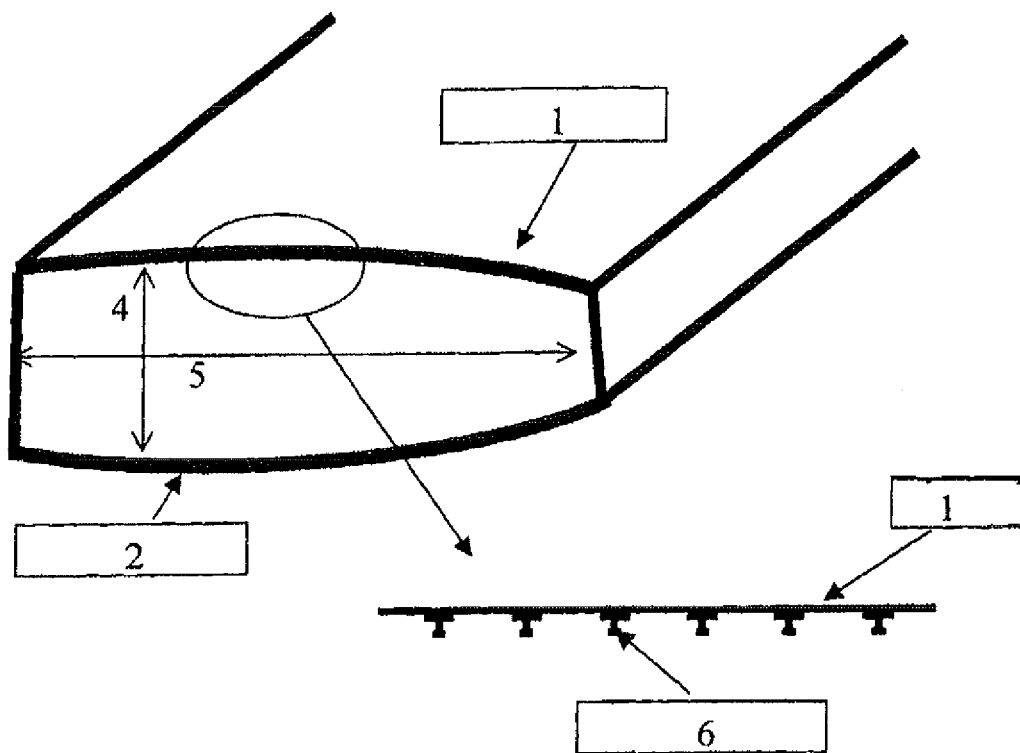


Figura 1

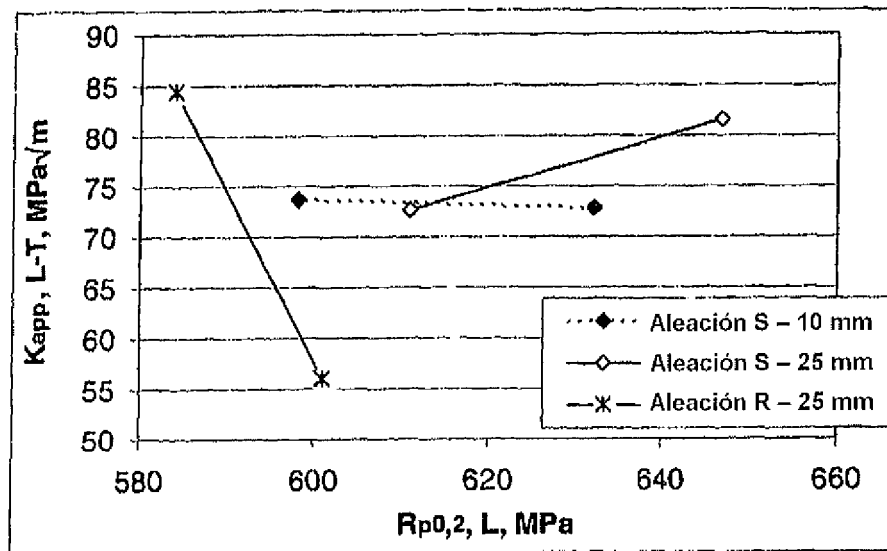


Figura 2

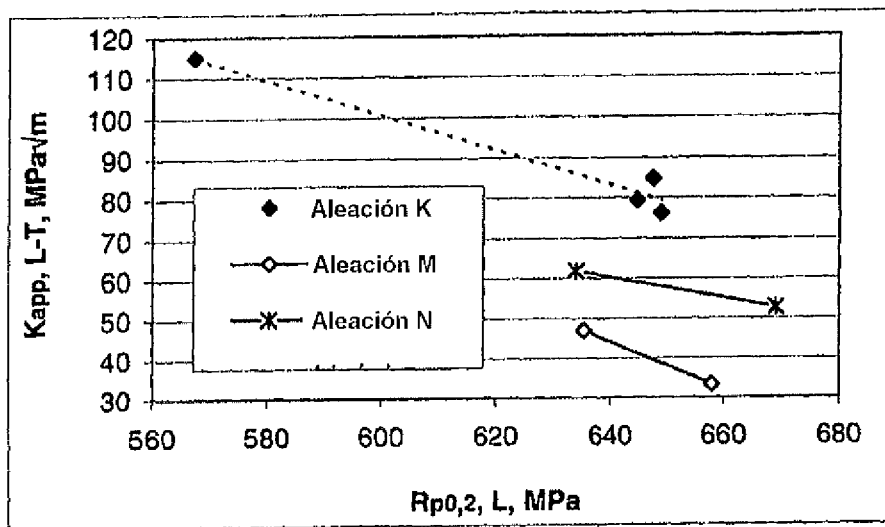


Figura 3