

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 646 767**

51 Int. Cl.:

**C22C 21/00** (2006.01)

**C22C 1/02** (2006.01)

**C22F 1/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.11.2012 PCT/CA2012/050858**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.06.2013 WO13086628**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.11.2012 E 12857679 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.10.2017 EP 2791378**

54 Título: **Aleación de aluminio para aletas y método de producirla**

30 Prioridad:

**16.12.2011 US 201161576602 P**

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

**15.12.2017**

73 Titular/es:

**NOVELIS, INC. (100.0%)  
191 Evans Avenue  
Toronto, ON M8Z 1J5, CA**

72 Inventor/es:

**HOWELLS, ANDREW D.;  
GATENBY, KEVIN MICHAEL;  
MAROIS, PIERRE HENRI;  
DAVISSON, THOMAS L. y  
PERDRISSET, FRED**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 646 767 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 aluminio para aletas y método de producirla

SECTOR TÉCNICO

5 El presente invento se refiere a productos de aleación de aluminio para usarse como materiales de reserva para aletas dentro de intercambiadores de calor soldados y más particularmente a materiales de reserva para aletas que tienen alta resistencia y alta conductividad después de una soldadura y buena resistencia al pandeo. El invento se refiere también a un método de producir dichos materiales de reserva para aletas.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

10 Se han usado aleaciones de aluminio en la producción de radiadores para automóviles durante muchos años, comprendiendo muchos radiadores típicamente aletas y tubos, conteniendo los tubos un fluido de refrigeración, y uniéndose las aletas y los tubos usualmente en una operación de soldadura fuerte. El material de reserva para aletas se fabrica normalmente a partir de una aleación de aluminio denominada 3XXX series, en donde el elemento aleante principal que se añade a la masa fundida de aluminio es manganeso (véase “designaciones internacionales de aleaciones y límites de composiciones químicas para aluminio forjado y aleaciones de aluminio forjadas”, publicada por The Aluminium Alloys” revisada en Enero de 2001; cuya divulgación se incorpora específicamente a la presente por su referencia).

15 Existe una necesidad continua de mejorados materiales de reserva para aletas con el fin de satisfacer la demanda de reducciones en el peso de los vehículos y de sus componentes. Con el fin de conseguir reducciones en el peso se necesita optimizar diversas propiedades. Principalmente, esto significa mantener o mejorar la resistencia mecánica del material de reserva para aletas después de una soldadura fuerte, sin detrimento para la conductividad térmica ni para la resistencia al pandeo. La resistencia al pandeo es una resistencia a la a la deformación plástica progresiva a alta temperatura durante el ciclo de soldadura fuerte que es la razón principal del colapso de las aletas durante la soldadura fuerte de unidades intercambiadoras de calor. La conductividad térmica, desde luego, tiene un impacto directo sobre el rendimiento térmico de la unidad intercambiadora de calor, siendo esenciales las otras propiedades para la estabilidad estructural de la unidad. Junto a estas propiedades, el material de reserva para aletas debe proporcionar protección sacrificial a los tubos mientras que se evita el deterioro por corrosión. Es práctica común hacer que las aletas sean electronegativas en relación con los tubos, de manera tal que las aletas actúan como ánodos sacrificiales. Existe una necesidad de equilibrar el efecto sacrificial con la necesidad de mantener el rendimiento térmico durante la vida en servicio útil del intercambiador de calor. Si las aletas se corroen demasiado rápidamente se compromete el rendimiento térmico.

20 La Publicación de Patente Europea EP1918394 describe un método de producir una chapa de Al-Mn para su uso como aletas en intercambiadores de calor, en el que se usa una aleación que se encuentra dentro del siguiente intervalo de composiciones (todos los valores de composiciones que se citan seguidamente se expresan en % en peso): 0,3-1,5 Si,  $\leq 0,5$  Fe,  $\leq 0,3$  Cu, 1,0-2,0 Mn,  $\leq 0,5$  Mg,  $\leq 4,0$  Zn,  $\leq 0,3$  de cada uno de los elementos del Grupo IVb, Vb o Vlb de los elementos, siendo  $\leq 0,5$  la suma de estos los elementos, impurezas inevitables y el resto aluminio. La aleación puede ser moldeada por colada con rodillos gemelos, laminada, recocida de modo intermedio, laminada en frío de nuevo, y luego tratada térmicamente para evitar una recristalización de la chapa. Aunque se informa de resistencias mecánicas antes y después de una soldadura, no se señala una conductividad eléctrica.

35 La Publicación de Patente Europea EP1693475 describe una aleación para aletas de aluminio con 1,4-1,8 Fe, 0,8-1,0 Si y 0,6-0,9 Mn, en donde la estructura superficial de granos se controla de manera tal que se recristaliza más de un 80% de los granos. Esta aleación se moldeó por colada continua con rodillos gemelos. Aunque eran buenas la resistencia al pandeo y la conductividad eléctrica, la resistencia mecánica después de una soldadura fuerte estaba por debajo de 140 MPa. La microestructura está caracterizada por partículas intermetálicas de Al-Fe-Mn-Si.

40 La Publicación de Patente Europea EP2048252 describe una aleación de aluminio para aletas con la siguiente composición: Si 0,7-1,4, Fe 0,5-1,4, Mn 0,7-1,4, Zn 0,5-2,5, otros elementos  $\leq 0,05$ , el resto aluminio en donde el producto de chapa tiene una Resistencia a la Tracción Final, en inglés Ultimate Tensile Strength (con el acrónimo UTS) después de una soldadura  $\geq 130$  Mpa y un Límite Elástico, en inglés Yield Strength (con el acrónimo YS)  $\geq 45$  MPa 500  $\mu\text{m}$  y una conductividad eléctrica  $\geq 47$  IACS. Este producto se produce a partir de un fleje moldeado por colada con correas gemelas, estando situado el espesor del fleje moldeado por colada entre 5 y 10 mm.

50 La Publicación de Patente de los EE.UU US-A-2005/0106410 describe un material de reserva para aletas revestido en donde el material de núcleo se compone de una aleación que contiene 0,10-1,50 Si, 0,10-0,60 Fe, hasta 1,00 Cu, 0,70-1,80 Mn, hasta 0,40 Mg, 0,10-3,00 Zn, hasta 0,30 Ti, hasta 0,30 Zr, el resto Al e impurezas y la capa de revestimiento es una aleación basada en Al-Si. No se informan datos de conductividad térmica. La resistencia

mecánica informada después de una soldadura fuerte era de 136 o 146 MPa pero no se señalan las aleaciones reales que proporcionan estos valores.

5 La Publicación de Patente de los EE.UU US-A-6.620.265 describe el moldeo por colada con rodillos gemelos de una aleación de aluminio con los siguientes elementos aleantes principales: 0,6-1,8 Mn, 1,2-2,0 Fe y 0,6-1,2 Si, en donde la carga de colada está controlada, y que incluye por lo menos dos etapas de recocido intermedio durante la laminación en frío y de tal manera que se evita una completa recristalización. La resistencia al pandeo y la conductividad eran buenas pero la resistencia mecánica después de la la soldadura fuerte estaba por debajo de 140 MPa.

10 La Publicación de Patente de los EE.UU US-A-2005/0150642 describe un material de reserva para aletas de aluminio que comprende la siguiente composición: aproximadamente 0,7-1,2 Si, 1,9-2,4 Fe, 0,6-1,0 Mn, hasta aproximadamente 0,5 Mg, hasta aproximadamente 2,5 Zn, hasta aproximadamente 0,10 Ti, hasta aproximadamente 0,03 In, el resto aluminio e impurezas. Este material de reserva para aletas, que se puede moldear por colada continua, proporciona una conductividad >48 % IACS y una resistencia mecánica después de una soldadura fuerte >120 MPa. Después de un ciclo de soldadura fuerte comercial que implica una velocidad de enfriamiento de  
15 alrededor de 70°C/minuto desde la temperatura de pico hasta por debajo de 500°C, la resistencia mecánica después de una soldadura fuerte era de 130 o 131 MPa.

20 La publicación de patente de los EE.UU US-A-7.018.722 describe un material de reserva para aletas revestido que comprende un núcleo y dos capas de revestimiento, siendo seleccionada la composición de núcleo entre una amplia gama y siendo seleccionadas las capas de revestimiento a partir de una aleación de Al-Si. El invento concierne a controlar el contenido de Si en la capa de núcleo de manera tal que haya una diferencia entre la concentración de Si en la superficie (de 0,8 o más) y en el centro del núcleo (de 0,7 o menos). No se informan datos de propiedades mecánicas ni datos de conductividad eléctrica.

25 La publicación de patente PCT WO07/013380 describe una aleación de aluminio para usarse como material de reserva para aletas que comprende la siguiente composición: 0,8-1,4 Si, 0,15-0,7 Fe, 1,5-3,0 Mn, 0,5-2,5 Zn, el resto impurezas y aluminio. Esta aleación se produce por moldeo por colada con correas gemelas. Aunque los niveles de resistencia mecánica después de una soldadura fuerte son buenos, la conductividad es relativamente baja con un valor máximo informado de 45,8 % IACS.

30 La Publicación de Patente de los EE.UU US-A-6.592.688 describe una aleación moldeada por colada continua que contiene 1,2-1,8 Fe, 0,7-0,95 Si, 0,3-0,5 Mn, 0,3-1,2 Zn, el resto Al. La conductividad después de una soldadura fuerte era de >49,8 % de IACS y la resistencia mecánica después de una soldadura fuerte era >127 MPa. Ninguno de los ejemplos puso de manifiesto una resistencia mecánica después de una soldadura fuerte situada por encima de 140 MPa.

35 La Publicación de Patente de los EE.UU US-A-6.165.291 describe un procedimiento para producir un material de reserva para aletas, en donde el procedimiento es aplicable a unas aleaciones situadas dentro del siguiente intervalo de composiciones 1,2-2,4 Fe, 0,5-1,1 Si, 0,3-0,6 Mn, hasta 1,0 Zn, otros elementos <0,05 y el resto Al.. El procedimiento implica un moldeo por colada con rodillos gemelos para proporcionar unas muy altas velocidades de enfriamiento durante la colada conjuntamente con un control de la laminación en frío y de las condiciones de recocido intermedio. Se informa que el resultante material de reserva para aletas tiene una conductividad mayor que 49 % IACS con una resistencia mecánica después de una soldadura fuerte >127 MPa.

40 La Publicación de Patente de los EE.UU US-A-6.238.497 describe un método para producir un material de reserva para aletas de aluminio que comprende moldear por colada continua un fleje, opcionalmente laminar en caliente y luego laminar en frío, recocer de modo intermedio y adicionalmente laminar en frío. El método se aplica a una aleación que tiene la composición: 1,6-2,4 Fe, 0,7-1,1 Si, 0,3-0,6 Mn, 0,3-2,0 Zn, otros elementos <0,05 y el resto Al.. Se informa que el resultante material de reserva para aletas tiene una conductividad mayor que 49 % IACS con una  
45 resistencia mecánica después de una soldadura fuerte >127 MPa.

El resto de propiedades varía de una referencia a otra. Ocasionalmente se puede conseguir una alta conductividad térmica pero esto se hace a expensas de la resistencia mecánica después de una soldadura fuerte. En otros casos la situación se invierte.

50 Sería deseable proporcionar un material de reserva para aletas que tenga una alta resistencia mecánica y una alta conductividad después de una soldadura fuerte, con suficiente rendimiento de corrosión para asegurar que haya una protección sacrificial para los tubos del intercambiador de calor al mismo tiempo que se evite un rápido deterioro de las aletas.

SUMARIO DEL INVENTO

Una forma de realización de este invento proporciona un material de reserva para aletas de aluminio que consiste en la siguiente composición (todos los valores están en % en peso).

Fe	0,8-1,25;
Si	0,8-1,25;
Mn	0,7-1,5;
Cu	0,05-0,5;
Zn	opcional, hasta 2,5;

otros elementos, si están presentes en absoluto, <0,05 de cada uno y <0,15 en total; y

5 aluminio constituyendo el resto.

El término "otros elementos" incluye impurezas y elementos traza y se pretende también que incluya pequeñas cantidades de adiciones refinadoras del grano (por ejemplo Ti y B) que pueden estar presentes como un resultado de una práctica deliberada típica dentro de la industria.

10 Los elementos de composición se seleccionan por las siguientes razones. La aleación se ha diseñado para proporcionar una alta resistencia mecánica después de una soldadura fuerte sin la adición de excesivas cantidades de elementos reforzadores de soluciones sólidas. Con un apropiado control del procedimiento y de la composición de las adiciones aleantes principales Fe, Si, Mn y Cu, la microestructura resultante en el calibre final exhibe una alta densidad numérica de partículas intermetálicas finas, en el estado acabado de moldear por colada. El tamaño de estas partículas es tal que, aunque ellas son relativamente finas si se las comparase con el tamaño que se observaría si la aleación fuese moldeada por colada con enfriamiento brusco directo (DC = acrónimo de direct chill), ellas permanecen suficientemente grandes para que ellas no se disuelvan por entero ni se transformen en una solución sólida durante el ciclo de soldadura fuerte. Esto proporciona una adicional resistencia mecánica después de una soldadura fuerte mediante un fortalecimiento de las partículas sin comprometer a la conductividad eléctrica.

20 Se requiere un estrecho control de los contenidos de Fe y Si para producir partículas beta monoclinicas durante el moldeo por colada. Estas partículas de Al-Fe-Si ternarias no permiten la sustitución de Fe por Mn debido a su estequiometría y a su estructura de retículos cristalinos. Como resultado, durante el moldeo por colada el Mn permanece ampliamente en solución sólida, mientras que una pequeña cantidad se precipita durante la laminación en caliente y el recocido intermedio como dispersoides finos. El efecto de esta microestructura es tal que, cuando el material se calienta a 600°C como en una operación de soldadura fuerte, el material retiene resistencia mecánica debido a los efectos de fortalecimiento de soluciones sólidas del Mn.

30 Como resultado, el efecto de fortalecimiento es más alto que lo que se hubiera podido esperar con este nivel relativamente bajo de Mn en situaciones en las que el Mn se incorpora en otras aleaciones intermetálicas de Al-Fe-Si. Con otras palabras, si los contenidos de Fe y Si están en un nivel tal que las partículas acabadas de moldear por colada son predominantemente Al-Fe-Si alfa cúbicas, lo que permite que el Mn sustituya a átomos de Fe, entonces la resistencia mecánica resultante después de una soldadura fuerte sería más baja, incluso aunque los niveles de Mn en la aleación sean los mismos. Unas partículas alfa cúbicas, debido a su tamaño relativamente grande, son incapaces de redisolverse y ser admitidas en solución durante el ciclo relativamente corto de soldadura dura.

35 De esta manera la adición de Mn se optimiza para proporcionar un equilibrio útil de propiedades. Se añade suficiente cantidad de Mn, (opcionalmente en combinación con Cu), para proporcionar resistencia mecánica pero no de tanta magnitud que afecte desfavorablemente a las conductividades eléctrica y térmica.

40 Ambos contenidos de Fe y Si se seleccionan para que sean de 0,8 a 1,25 % en peso. Por debajo de 0,8 % en peso, se consigue una inadecuada resistencia mecánica a causa de que son demasiado bajos el número y el tamaño de las partículas intermetálicas. Por encima de 1,25 % en peso, la conductividad del material de reserva para aletas es demasiado baja. Idealmente hay una estrecha coincidencia entre los contenidos de Fe y Si para asegurar la formación de la fase beta, y se prefiere que sean aproximadamente iguales en el contenido. Se usa el término aproximadamente igual puesto que, como una persona experta conoce bien, es imposible, cuando se moldea por colada un metal, controlar con exactitud la composición moldeada por colada en cada y cualquier momento. Preferiblemente, el contenido tanto de Fe como de Si está situado entre 0,9 y 1,1 % en peso e incluso más  
45 preferiblemente ambos son de aproximadamente 1,0 % en peso.

El contenido de Mn se selecciona para que esté entre 0,7 y 1,5 % en peso. Un contenido situado por debajo de 0,7 % en peso conduce a una insuficiente resistencia mecánica. Un contenido situado por encima de 1,5 % en peso conduce a caídas en la conductividad. No hay ningún cambio significativo en la resistencia mecánica desde un contenido de 0,7 % en peso hasta uno de 1,5 % en peso mientras que la conductividad es más alta en el más bajo contenido de Mn. Por lo tanto un intervalo preferido para el Mn es de 0,7-1,0 % en peso.

Una pequeña adición de Cu aumenta la resistencia mecánica después de una soldadura fuerte y puede contribuir a la formación de los grandes granos de torta, lo que mejora las propiedades de resistencia al pandeo. Una proporción de Cu situada por encima de 0,5 % en peso puede conducir a problemas por corrosión. Por estas razones el contenido de Cu se ajusta entre 0,05 y 0,5 % en peso.

Se sabe que el Zn afecta al potencial anódico de una aleación basada en aluminio. Unas adiciones de Zn darán lugar a que una aleación de aluminio se vuelva más electronegativa (sacrificial). Es preferible en unidades intercambiadoras de calor que el material de reserva para aletas sea sacrificial para el material para tubos y que dependa de la composición del propio material para tubos. En la práctica esto significará que algunos fabricantes requieren una aleación para aletas sin ninguna adición de Zn, siempre y cuando que el potencial de la aleta sea más electronegativo que el del tubo. Por otra parte, si el potencial de corrosión libre del material para tubos ya es electronegativo, entonces se puede necesitar añadir Zn a la aleta para aumentar su electronegatividad y hacerla sacrificial. Si el contenido de Zn es demasiado alto, p.ej. >2,5 % en peso, la corrosión propia del material de reserva para aletas se deteriora y la eficiencia térmica de la unidad intercambiadora de calor disminuye rápidamente. Por estas razones, el Zn es un elemento opcional pero puede estar presente en unas proporciones hasta de 2,5 % en peso. La conductividad eléctrica de la aleación mejora aún más mediante la adición de Zn y, en situaciones en las que se desea una aleación con conductividad más alta, (>48 % IACS), se puede añadir Zn en una proporción de 0,25-2,5 % en peso.

El control de la composición y del procedimiento asegura que el material, incluso cuando se lamina a unos calibres situados por debajo de 0,07 mm, tenga una alta resistencia al pandeo. Cuando un intercambiador de calor montado ha sido sometido a una soldadura fuerte con atmósfera controlada, el material de reserva para aletas, el material de reserva para tubos y el material de reserva para cabeceros son sometidos a unas temperaturas situadas en el intervalo de 595-610°C. A estas temperaturas los componentes de aluminio comenzarán a deformarse plásticamente de modo progresivo. Aunque la duración de una soldadura fuerte es corta, el delgado calibre de los materiales usados y las muy altas temperaturas hacen que la deformación plástica progresiva sea un problema particular para un material de reserva para aletas de automóviles. Esta deformación plástica progresiva a alta temperatura es referida también como resistencia al pandeo. Puesto que el calibre del material de reserva para aletas es reducido, la capacidad del material de reserva para aletas para resistir al pandeo durante la operación de soldadura fuerte se vuelve más importante. Los materiales de reserva para aletas con estructuras de granos equiaxiales son altamente propensos a la deformación plástica progresiva mientras que los que tienen una estructura de granos de torta muestran una mayor resistencia al pandeo. El contenido de Mn de este invento retarda la recristalización de la estructura de granos, reduciendo de esta manera la tendencia a formar granos equiaxiales. La fina distribución de materiales de reserva intermetálicos presentes después de una colada continua y una laminación hasta calibre final impide que los granos crezcan a lo largo del espesor de las chapas aunque ellos permiten el crecimiento de los granos en el plano de la laminación. El retraso de la recristalización y la promoción del crecimiento de los granos en la dirección de laminación permiten que la aleación de este invento desarrolle una estructura de granos de torta y una satisfactoria resistencia al pandeo.

Otra característica de este invento consiste en que el resto de las propiedades se obtiene en un material de reserva para aletas tan delgado como de 0,05 mm. Normalmente los materiales de reserva para aletas se suministran en unos calibres de alrededor de 0,07 mm. Aunque la diferencia es pequeña, en términos porcentuales una pérdida de 0,02 mm es importante y proporcionará significativos ahorros de peso. La aleación y el procedimiento de este invento proporcionarán resultados deseables en los calibres más altos pero el calibre del material de reserva para aletas de acuerdo con el invento puede estar por debajo de 0,07 mm, alternativamente <0,06 mm y alternativamente <0,055 mm.

Como resultado del hecho de controlar la composición y la microestructura de esta manera se ha desarrollado un producto que exhibe el siguiente equilibrio de propiedades. La resistencia a la tracción final (UTS) es  $\geq 140$  Mpa y la conductividad eléctrica es  $\geq 46\%$  IACS después de una soldadura fuerte a 600°C.

De acuerdo con otra forma de realización ilustrativa del invento, se proporciona un método para producir el material de reserva para aletas. El método comprende las etapas de moldear por colada continua la aleación del invento para formar un fleje con un espesor de 4-10 mm, opcionalmente laminar en caliente el fleje acabado de moldear por colada para dar una chapa con 1-5 mm de espesor, laminar en frío el fleje acabado de moldear por colada o la chapa laminada en caliente para dar una lámina con un espesor de 0,07-0,20 mm, recocer la chapa intermedia a 340-450°C durante 1-6 horas, y laminar en frío la chapa intermedia para dar el calibre final (0,05-0,10 mm).

Si se lleva a cabo la laminación en caliente, se prefiere que el fleje acabado de moldear por colada entre en el proceso de laminación en caliente a una temperatura entre aproximadamente 400 y 550°C. La magnitud de laminación en frío en la etapa de laminación final se puede ajustar para dar un tamaño medio de granos después de una soldadura fuerte >110 µm, preferiblemente >240 µm. Para un material de reserva para aletas con un espesor de 0,05 mm, hay usualmente 3 granos de tal tamaño a través del espesor de la chapa. El beneficio de tales granos de "torta" es evidente en cuanto a la resistencia a la deformación plástica progresiva (o pandeo).

En el proceso de moldeo por colada, si la velocidad de enfriamiento media es demasiado lenta, las partículas intermetálicas formadas durante el moldeo por colada serán demasiado grandes, lo cual causará problemas de laminación. Las partículas intermetálicas serán también de la variedad alfa cúbica que, como se ha descrito más arriba, es incapaz de ser redisuelta durante el ciclo de soldadura fuerte. Una baja velocidad de enfriamiento implicará generalmente un moldeo por colada con DC y una subsiguiente homogeneización. Con el fin de obtener una velocidad de enfriamiento más alta durante el moldeo por colada, se debería usar un procedimiento de moldeo por colada continua de fleje. Existe una diversidad de procedimientos alternativos que incluyen el moldeo por colada con rodillos gemelos, el moldeo por colada con correas y el moldeo por colada en bloque. Para el moldeo por colada de rodillos gemelos la velocidad media de enfriamiento no deberá superar aproximadamente los 1.500°C/s. El moldeo por colada con correas y el moldeo por colada en bloque trabajan ambos con unas velocidades de enfriamiento medias máximas de 250°C/s, o más corrientemente por debajo de 200°C/s. El procedimiento de colada continua crea un mayor número de partículas intermetálicas finas y cuanto más rápida es la velocidad de enfriamiento, más finas son las partículas intermetálicas. Con el fin de controlar más eficazmente el tamaño de las partículas intermetálicas, una alternativa preferida es usar un moldeo por colada con rodillos gemelos en donde la velocidad de enfriamiento es preferiblemente mayor que 200°C/s.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

Los siguientes Ejemplos se proporcionan como ilustración adicional de las formas de realización ejemplares. En lo que sigue, se hace referencia al dibujo anejo en el que la Fig. 1 es un gráfico que muestra el efecto de Fe, Si y Cu sobre la resistencia a la tracción final (UTS) de las aleaciones del Ejemplo 3 después de una soldadura fuerte.

#### EJEMPLO 1

Unas aleaciones con unas composiciones mostradas en la Tabla 1, (todos los valores están en % en peso), se moldearon por colada con rodillos gemelos hasta un calibre de 6,0 mm y luego se laminaron en frío en un cierto número de etapas de laminación hasta un calibre de 0,78 mm. La chapa intermedia con un calibre de 0,78 mm se recoció con una temperatura de pico del horno de 420°C durante un período de tiempo de ciclo total de 35 h. Después de este recocido intermedio, el calibre de la chapa se redujo adicionalmente al de un material de reserva para aletas por laminación en frío en etapas hasta llegar a un calibre final de 0,052 mm con el fin de proporcionar un temple H18. Se prepararon cuatro aleaciones.

Tabla 1:

# de muestra	Fe	Si	Mn	Cu
A	0,99	0,96	0,73	0,17
B	1,01	0,97	1,30	0,15
C	0,71	0,65	0,71	0,16
D	0,70	0,65	1,33	0,17

En cada caso otros elementos presentes como impurezas y elementos traza estaban en unas proporciones de <0,05 y el resto era Al.

Las muestras A y B son aleaciones de acuerdo con el invento, las muestras C y D son aleaciones fuera del alcance del invento.

El material de reserva para aletas con el calibre final se sometió luego a un ciclo de soldadura pensado para simular unas típicas condiciones de soldadura fuerte industriales en atmósfera controlada. El ciclo de soldadura fuerte implicaba colocar muestras en un horno de atmósfera controlada previamente calentado a 570°C, la temperatura se aumentó luego a 600°C en aproximadamente 12 minutos y se mantuvo en 600°C durante 3 minutos, después de lo cual se permitió que el horno se enfriase a 400°C a razón de 50°C/min, después de cuyo punto las muestras se retiraron y se dejaron enfriar a la temperatura ambiente.

Las propiedades de tracción se midieron de una manera normal para un material de este calibre y la conductividad después de soldadura se midió de acuerdo con la norma JIS-N0505. Los resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2:

Muestra	UTS después de soldadura fuerte MPa	Conductividad eléctrica % IACS
A	143,1	48,5
B	149	46,0
C	126	47,7
D	134	43,2

Las aleaciones de acuerdo con el invento, A y B, combinaban una alta resistencia mecánica después de una soldadura fuerte (por encima de 140 MPa), y una alta conductividad eléctrica (por encima de 46% IACS).

- 5 EJEMPLO 2  
Se ensayaron otras 2 composiciones de aleaciones que incorporaban adiciones de Zn. Las composiciones de las aleaciones se muestran en la Tabla 3, (todos los valores están en % en peso).

Tabla 3:

# de muestra	Fe	Si	Mn	Cu	Zn
E	0,90	0,89	0,78	0,20	0,34
F	0,96	0,93	0,95	0,18	0,47

- 10 En cada caso la proporción de los otros elementos presentes como impurezas y elementos traza eran de <0,05 y el resto era Al.

- 15 Unas aleaciones de acuerdo con cada muestra se moldearon por colada con rodillos gemelos hasta un calibre de 6,0 mm. La muestra E se recoció de modo intermedio después de la laminación en caliente hasta un calibre intermedio de 0,78 mm con una temperatura de pico del horno de 420°C durante un tiempo de ciclo total de 35 h y luego se laminaron en frío hasta un calibre final de 0,052 mm para proporcionar material en un temple H18.

La muestra F fue proporcionada también en un temple H18 pero realizándose el recocido intermedio después de una laminación en caliente hasta un calibre de 0,38 mm con la misma temperatura de recocido intermedio y la misma duración que la muestra E.

- 20 El material de reserva para aletas con el calibre final se sometió luego al mismo ciclo de soldadura fuerte que se ha descrito en el Ejemplo 1.

Se midieron las propiedades de tracción de la manera normal para un material de este calibre y se midió la conductividad después de una soldadura fuerte de acuerdo con la norma JIS-N0505. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

25 Tabla 4:

Muestra	UTS después de soldadura fuerte MPa	Conductividad eléctrica % IACS
E	143	49,4
F	148	49,0

La adición de Zn mejoraba la conductividad eléctrica pero no causaba ningún deterioro en la resistencia mecánica.

EJEMPLO 3

- 30 Las aleaciones descritas en la Tabla 5 se moldearon por colada en unos tamaños de "molde de libro", 25 mm x 150 mm x 200 mm. Los lingotes moldeados por colada se calentaron previamente desde la temperatura ambiente hasta 525°C a lo largo de 9 h y se dejaron empapar durante 5,5 h. Ellos fueron luego laminados en caliente hasta un calibre 5,8 mm seguido por una laminación en frío hasta un calibre de 0,1 mm.

Tabla 5:

# de muestra	Fe	Si	Mn	Cu	Fe + Si
G	1,01	1,00	1,01	0,11	2,01
H	1,01	1,01	1,00	0,28	2,02
J	0,81	0,79	1,00	0,11	1,60

## ES 2 646 767 T3

# de muestra	Fe	Si	Mn	Cu	Fe + Si
K	0,82	0,80	1,01	0,29	1,62
L	1,21	1,19	1,01	0,11	2,40
M	1,20	1,18	1,00	0,29	2,38

En cada caso las proporciones de otros elementos presentes como impurezas y elementos traza fueron  $<0,05$  y el resto era Al.

Ellos se sometieron luego al mismo ciclo de soldadura en atmósfera controlada que se ha descrito en los Ejemplos 1 y 2 y se ensayaron por tracción para determinar la UTS después de una soldadura fuerte. Las propiedades se muestran en la Tabla 6.

5

Tabla 6:

# de muestra	UTS (MPa)
G	155,0
H	164,0
J	145,8
K	153,5
L	163,5
M	170,6

La Fig. 1, ilustra que según va aumentando el contenido de Fe + Si, también lo hace la UTS después de una soldadura fuerte y que el hecho de aumentar el contenido de Cu para el mismo contenido de Fe + Si también aumenta la UTS después de una soldadura fuerte.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Un material de reserva para aletas de aleación de aluminio que consiste en la siguiente composición en % en peso:
- 5            Fe 0,8-1,25;  
             Si 0,8-1,25;  
             Mn 0,7-1,5;  
             Cu 0,05-0,5;  
             Zn hasta 2,5;  
             otros elementos menos que o igual a 0,05 y menos que o igual que 0,15 en total; y  
10            el resto aluminio.
2. Un producto de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el contenido de Si es de 0,9-1,1 % en peso.
3. Un producto de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, caracterizado por que el contenido de Mn es de 0,9-1,1 % en peso.
4. Un producto de acuerdo con la reivindicación 1, la reivindicación 2 o la reivindicación 3, caracterizado por que el contenido de Zn es de 0,25-2,5 % en peso.
- 15
5. Un producto de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el material de reserva para aletas de aleación de aluminio posee una UTS longitudinal  $\geq 140$  MPa y una conductividad  $\geq 46$  % IACS después de una soldadura fuerte a 600°C.
6. Un método para producir un material de reserva para aletas de aluminio que comprende las siguientes etapas:
- 20            a) moldear por colada continua una masa fundida de aleación de aluminio que consiste en la siguiente composición en % en peso:  
             Fe 0,8-1,25;  
             Si 0,8-1,25;  
             Mn 0,7-1,50;  
25            Cu 0,05-0,5;  
             Zn hasta 2,5;  
             otros elementos menos que o igual a 0,05 y menos que o igual que 0,15 en total; y  
             el resto aluminio.  
             b) laminar en caliente la chapa moldeada por colada continua;
- 30            c) recocer de modo intermedio la chapa laminada en caliente, y  
             d) laminar en frío la chapa hasta un calibre de chapa.
7. Un método como se reivindica en la reivindicación 6, caracterizado por que la etapa a) de colada continua es un proceso de colada con rodillos gemelos.
8. Un método como se reivindica en la reivindicación 6 o la reivindicación 7, caracterizado por que el calibre de la chapa es  $< 0,07$  mm.
- 35
9. Un método como se reivindica en la reivindicación 6 o la reivindicación 7, caracterizado por que el calibre de la chapa es  $< 0,06$  mm.
10. Un método como se reivindica en la reivindicación 6 o en la reivindicación 7, caracterizado por que el calibre de la chapa es de  $< 0,055$  mm.
- 40

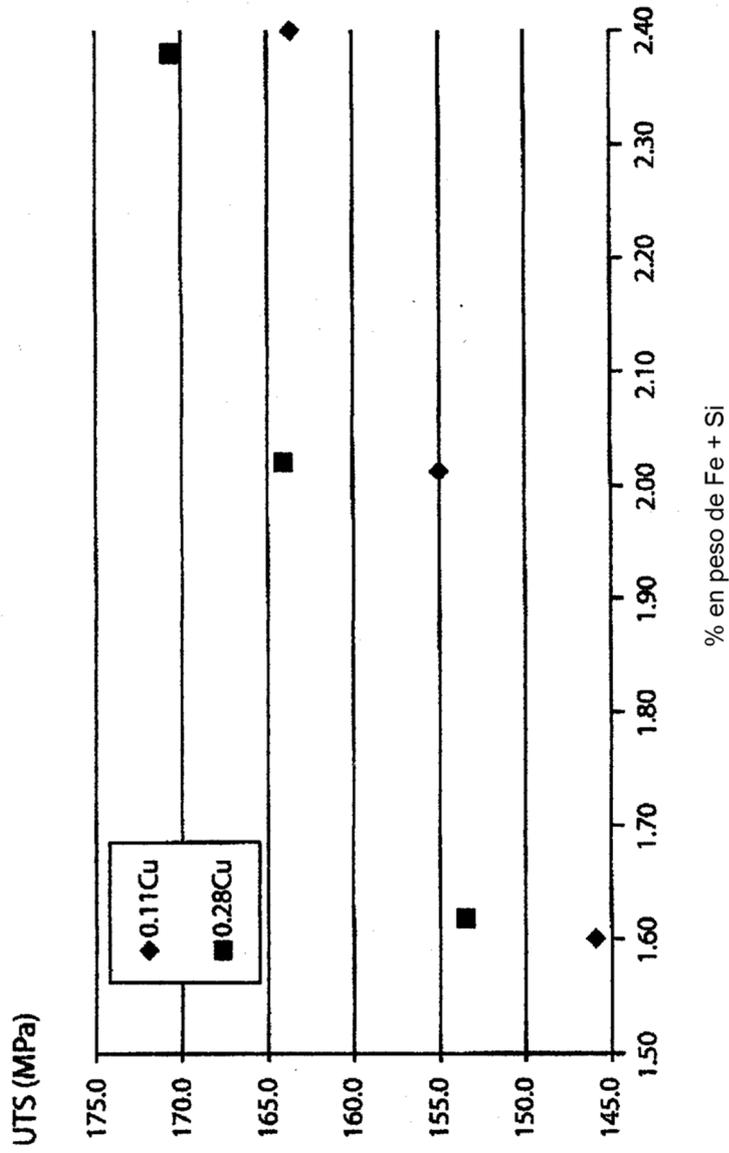


Fig. 1