

20



405326

405326

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

por VEINTE años

cuyo privilegio se solicita para España,
sus territorios y plazas de soberanía, a
favor de:

BRITISH ALUMINIUM CO. LTD.

y

T.I. (GROUP SERVICES) LTD.

entidades británicas, domiciliadas respec-
tivamente en Norfolk House, St. James's
Square, London S.W.I., Inglaterra y T.I.
House, Five Ways, Edgbaston, Birmingham,
Inglaterra, relativa a:

"METODO DE PREPARACION DE UN PRODUCTO SEMI
FABRICADO DE ALEACIONES A BASE DE ALUMINIO"

=====

Inventores: Michael James Stowell, Brian Michael Watts
y Edward Frederick Emley

Prioridad: Solicitud de patente en Gran Bretaña de
fechas 20 julio 1971 y 27 junio 1972
(provisional y completa).

405326



Int. Cl.: C22C, C21D

MEMORIA DESCRIPTIVA

Esta invención se refiere a la fabricación de productos semifabricados de aleaciones a base de aluminio y, más particularmente, de aleaciones a base de aluminio superplásticamente deformables y capaces de ser configurados o conformados para constituir objetos por medio de deformación superplástica. ---

5.

Es conocido que ciertas aleaciones bajo ciertas condiciones pueden sufrir grandes deformaciones sin romperse,

10.

siendo conocido el fenómeno como "superplasticidad" y estando caracterizado por un alto índice de sensibilidad al régimen de sollicitación en el material, como resultado de lo cual se suprime la tendencia normal de una muestra estirada a sufrir una deformación local ("estricción") preferente. Dichas grandes de-

15.

formaciones son además posibles con esfuerzos relativamente bajos de forma que la conformación o configuración de las aleaciones superplásticas pueden realizarse de manera más simple y económica de lo que es posible con incluso materiales altamente dúctiles que no presentan este fenómeno. Como criterio numérico conveniente de la presencia de superplasticidad puede consi-

20.

derarse que un material superplástico presentará una sensibilidad al régimen de sollicitación (valor "m") de por lo menos 0,3 y un alargamiento a la tracción uniaxial a temperatura de por lo menos 200%, estando definido el valor "m" por la relación

405326



$\sigma = \eta \dot{\epsilon}^m$ en la cual σ representa el esfuerzo de fluencia, η una constante, $\dot{\epsilon}$ el régimen de sollicitación y m el índice de sensibilidad al régimen de sollicitación. - - - - -

5. Ninguna aleación conocida a base de aluminio, distinta de la composición eutéctica de Al-Cu que contiene 33% de cobre y que no tiene ni la baja densidad ni las características de buena resistencia a la corrosión de las aleaciones de aluminio, puede ser deformada superplásticamente. - - - - -

10. Según la invención se provee un método de preparación de un producto semifabricado de aleaciones a base de aluminio, superplásticamente deformables, a partir de una aleación a base de aluminio superplásticamente deformable, compuesto por una aleación a base de aluminio elegida de las aleaciones a base de aluminio no tratables térmicamente que contienen por lo menos 5% de magnesio o por lo menos 1% de cinc y de las aleaciones a base de aluminio tratables térmicamente que contienen uno o más de los elementos cobre, magnesio, cinc, silicio, litio y manganeso, junto con por lo menos uno de los elementos circonio, niobio, tántalo y níquel en una cantidad total de por lo menos 0,30% substancialmente la totalidad de la cual forma una solución sólida con la aleación a base de aluminio, siendo el resto impurezas normales y elementos concomitantes de incorporación conocida en dichas aleaciones a base de aluminio, caracterizado porque comprende colar la aleación líquida a una temperatura de por lo menos 775°C para producir un tamaño de célula en la aleación colada que no sobrepase 30 μM y someter la aleación colada a trabajado plástico
- 15.
- 20.
- 25.

405326



a una temperatura que no sobrepase substancialmente de 550°C. -

Por "tamaño de célula" se indica el espaciado de los brazos de dendrita secundaria. - - - - -

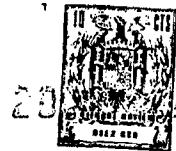
5. En esta memoria todos los porcentajes de elementos se dan como porcentajes en peso. - - - - -

10. Por "aleaciones tratables térmicamente" se designan aquellas clases de aleaciones en las cuales pueden mejorarse las propiedades mecánicas por tratamientos de endurecido con precipitación o solubilización, por ejemplo aleaciones de los sistemas Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Mg-Si y Al-Zn-Mg. - - - - -

15. Por "aleaciones no tratables térmicamente" se designan aquellas clases de aleaciones en las cuales las propiedades mecánicas no se mejoran notoriamente por tratamientos de endurecido con precipitación, por ejemplo aleaciones de los sistemas Al-Mn, Al-Mg y Al-Zn. - - - - -

20. De los elementos Zr, Nb, Ta y Ni se prefiere, según la invención, utilizar el circonio (Zr) en la aleación puesto que el niobio (Nb), el tántalo (Ta) y el níquel (Ni) han demostrado ser menos eficaces que el circonio para provocar el comportamiento superplástico de la aleación. Estos cuatro elementos tienen un bajo coeficiente de solubilidad a alta temperatura y se difunden sólo muy lentamente en el aluminio incluso a temperaturas tan elevadas como 500°C. Cuando sólo se utiliza circonio en la aleación se usa en una cantidad de por lo menos

405326



0,30% y preferentemente de por lo menos 0,40%. - - - - -

5. Se supone que las aleaciones utilizadas según la invención deben sus propiedades superplásticas a la presencia de una solución sólida supersaturada de uno o más de los elementos Zr, Nb, Ta y Ni en una cantidad físicamente suficiente para impedir el crecimiento del grano de aluminio por dar lugar a las temperaturas empleadas para la conformación en caliente a un precipitado subóptico fino capaz de impedir los movimientos de límite de los granos. La formación de dicho precipitado subóptico fino ha sido verificada en aleaciones que contienen cada uno de los elementos Zr, Nb, Ta o Ni y no lo ha sido con Cr o Mn. - - - - -

10.

15. El circonio es ya conocido para conferir a ciertas aleaciones a base de aluminio un refinado del grano de las aleaciones coladas y para impedir el engrosamiento del grano de las aleaciones trabajadas. Sin embargo, la máxima solubilidad en líquido del circonio en aluminio a la temperatura peritética es de aproximadamente 0,11% y las adiciones de circonio a las aleaciones de aluminio no sobrepasan normalmente del

20. 0,20%. - - - - -

25. Los ensayos realizados en aleaciones producidas a partir de grados puros de aluminio con adiciones de 0,2% y 0,5% de circonio no dieron resultados en el comportamiento superplástico a ninguna temperatura de ensayo en la gama de 350°C a 500°C. Los ensayos han demostrado que una aleación de aluminio-manganeso tampoco se deforma superplásticamente después de la

405326



adición de circonio. Estos ensayos indicaron que para una aleación a base de aluminio sea superplásticamente deformable es necesario no sólo proveer un elemento de difusión lenta, tal como el circonio, que precipite en forma de partículas de segunda fase finamente dispersadas y relativamente estables de

5. una solución supersaturada durante la conformación en caliente, sino proporcionar también uno o más elementos adicionales que inhiban los procesos de recuperación y que permitan que la aleación cristalice con una estructura de grano ultrafino, por ejemplo por descenso de la elevada energía de defecto de apilamiento del aluminio, haciendo así posible que tenga lugar una recristalización dinámica durante o antes de la conformación en caliente. - - - - -

10.

Estos elementos adicionales incluyen Cu, Mg, Zn, Li y Si en combinaciones tales y en cantidades tales como se utilizan comúnmente en aleaciones de aluminio tratables térmicamente y Mg y Cu en combinaciones y en cantidades tales que pueden utilizarse para producir aleaciones no tratables térmicamente de sistemas Al-Mg o Al-Zn que contienen por lo menos 5%

15. de Mg o por lo menos 1% de Zn respectivamente. - - - - -

20.

Las combinaciones particulares adecuadas de elementos incluyen: - - - - -

- a. Cu 1,75 a 10 %
- Mg 0 a 2 %
- 25. Si 0 a 1,5 %

405326



- b. Cu 2,5 a 7 %
Mg 0 a 0,5 %
- c. Cu 3,5 a 5,5 %
Mg 0,25 a 1,25%
5. Si 0,25 a 1 %
Mn 0,25 a 1 %
- d. Zn 2 a 8 %
Mg 0,75 a 4 %
Cu 0 a 2 %
10. e. Zn 3 a 5,5 %
Mg 1 a 2 %
Cu 0 a 0,3 %
- f. Zn 4 a 7,5 %
Mg 2 a 3 %
15. Cu 1 a 2 %
- g. Si 0,4 a 0,9 %
Mg 0,5 a 1, %
- h. Zn 1 a 15 %, preferentemente 2 - 12%
Mg 0 a 0,5 %
20. Cu 0 a 0,5 %
- i. Mg 5 a 10 %, preferentemente al menos 6%
Cu 0 a 0,5 %

Se observará de lo que se ha indicado anteriormente



405326

que los elementos adicionales de h o de i, cuando se alean con aluminio, dan una aleación no tratable térmicamente mientras que los elementos adicionales de cualquiera de las combinaciones restantes, cuando se alean con aluminio dan una aleación tratable térmicamente. Las aleaciones que contienen los elementos adicionales h pueden precisar de una gama de temperatura de conformación más alta para resultados óptimos, por ejemplo hasta 550°C. - - - - -

Debe sobreentenderse que la aleación utilizada según la invención puede contener las impurezas que se hallan normalmente en las aleaciones a base de aluminio tratables y no tratables térmicamente y uno o más de los elementos concomitantes de incorporación conocida en tales aleaciones a base de aluminio. Estos elementos concomitantes incluyen en porcentajes de peso: - - - - -

- 15. Ti 0 a 0,2
- B 0 a 0,05
- Be 0 a 0,01
- Cr 0 a 0,2
- Ge 0 a 0,5
- 20. Cd 0 a 0,25
- Ag 0 a 0,6
- Pb 0 a 0,6
- Bi 0 a 0,6

Metales de tierras raras 0 a 0,25

25. y Mn 0 a 0,4 cuando no está presente como constituyente especificado.

405326



- La cantidad total de los elementos de aleación de las combinaciones a a i no sobrepasará preferentemente el 10%. Pueden incluirse pequeñas cantidades de elementos concomitantes tales como Ti, Cr y Mn en las cantidades anteriormente indicadas para controlar la estructura de colado o suprimir la recristalización durante el tratamiento térmico final, no sobrepasando la cantidad total de estos elementos concomitantes opcionales, con exclusión del Pb y del Bi, el 0,75%. Para mejorar la capacidad de mecanización de las aleaciones pueden realizarse pequeñas adiciones de Pb y/o Bi en cantidades de hasta 0,6% de cada uno y hasta 1% en total. Cuando hay presentes Pb y/o Bi en la aleación, la cantidad total de elementos concomitantes, incluyendo Pb y/o Bi, no sobrepasará el 1,25%.-
- 5.
 - 10.

- Las aleaciones utilizadas según la invención pueden deformarse en algunos casos superplásticamente bajo condiciones isotérmicas después de un normalizado prolongado a la temperatura de conformación superplástica, pero se ha hallado ven tajoso calentar rápidamente la aleación a la temperatura de conformación superplástica y/o dejar que la temperatura ascien da mientras progresa la deformación. Bajo las últimas condicio nes se obtuvieron valores de alargamiento de 800% a 1200% en aleaciones de Al-6%Cu-0,5%Zr que habían presentado anteriormen te valores de alargamiento de 500% a 700% después del normaliza do a la temperatura de conformación plástica y la deformación isotérmica. La siguiente tabla ilustra las diferencias en los resultados obtenidos por las dos técnicas de conformación en otras cuatro composiciones de aleación junto con datos de iso termia en otras dos composiciones. - - - - -
- 15.
 - 20.
 - 25.

405326

20



<u>TABLA A</u>		
Tipo de aleación	Composición aproximada ^{*E}	% alargamiento a la temperatura de conformación
		Ensayo isotérmico después de normalizado a la temperatura
		Temperatura de calentamiento rápido y/o de ascenso durante el ensayo
BA 733	Al; 4,5%Zn; 0,8Mg	150 330
BS L88	Al; 6%Zn; 3%Mg; 1,5%Cu	540 -
BS 2L70	Al; 5%Cu; 0,9%Si; 0,8%Mn; 0,4%Mg	170 300
AA 2219	Al; 6,5%Cu; 0,3%Mn; 0,1%V	140 540
BS M20	Al; 0,7%Mg; 0,6%Si; 0,25%Cu	200 288
BS M20	Al; 7%Mg	250 -
-	Al; 10%Zn	600 -
-	Al; 3%Zn	360 -

*E Con exclusión del circonio a aproximadamente un nivel de 0,5% excepto para la aleación Al; 7%Mg en que estaba presente un 0,8% de circonio.

Todas las aleaciones se colaron rápidamente de temperaturas por encima de 850°C. - - - - -

Los intentos para determinar el contenido de circonio disuelto en aleaciones obtenidas según la invención por medio de procesos químicos en húmedo no han demostrado aún ser totalmente satisfactorios pero puede asegurarse un contenido adecua-

5.

405326



do por colado a partir de temperaturas mucho más altas de las que son usuales en la producción de productos forjados semifabricados de aluminio junto con el uso de una solidificación más rápida de la aleación líquida. Así, mientras las temperaturas de colado para las aleaciones forjadas conocidas de aluminio se hallan en los límites de 665°C a 725°C, la aleación obtenida según la presente invención se cuele a temperaturas del orden de 775°C a 925°C y preferentemente superiores a 800°C. Para los resultados óptimos se prefiere una temperatura de colado del orden de 825°C a 900°C. De manera similar, mientras las velocidades normales de solidificación que se obtienen en un colado directo y semicontinuo en coquilla originan un tamaño medio de células o un espaciado de los brazos dendríticos secundarios de 40 a 70 μM , las velocidades de solidificación de las aleaciones obtenidas según la invención se proveen de forma que sean tales que el tamaño medio de célula no sobrepase 30 μM , y preferentemente no sobrepase de 25 μM . De esta forma, el contenido mínimo requerido de circonio disuelto, que se considera que es de 0,25%, representa un 0,2% en exceso de la solubilidad de equilibrio del circonio a 500°C. - - - - -

Si se desea la proporción aproximada de circonio disuelto en una aleación de contenido total conocido de circonio puede determinarse por medio de análisis de micromuestras; alternativamente puede utilizarse un microscopio óptico para proporcionar un rápido control en cuanto a si hay o no una proporción substancial del circonio que no esté en solución, pudiéndose reconocer fácilmente la fase ZrAl_3 . - - - - -

405326



Cuando la aleación contiene Nb o Ta en vez de Zr, se requiere una elevada temperatura de colado y un fino tamaño de célula; con Ni en vez de Zr no es esencial una alta temperatura de colado. - - - - -

5. Para ayudar a mantener un alto nivel de circonio supersaturado, las aleaciones obtenidas según la presente invención pueden prepararse por medio de colado con refrigeración por salpicado o por medio de colado por pulverización de manera conocida o por medio de compactación de polvo soplado. - -

10. Para ilustrar la invención se describen ahora a título de ejemplo aleaciones a base de aluminio que contienen cobre como elemento esencial de aleación pero que contienen otros elementos opcionales de aleación como se mencionará. - -

15. Puede utilizarse aluminio ordinario comercial de una pureza mínima del 99,5% para preparar la aleación, pero los mejores resultados se obtienen limitando el contenido de hierro y sílice, por ejemplo por preparación de la aleación a partir de aluminio de alta pureza de una pureza de aproximadamente 99,85%. Sin embargo el metal con una pureza inferior a 99,5%
20. (por ejemplo 99,3%) ha dado resultados aceptables. - - - - -

25. A un nivel dado de pureza los efectos adversos del hierro y del silicio se minimizan si estos elementos se hallan presentes en proporciones atómicas aproximadamente iguales. Así se obtienen resultados tan buenos a partir de aluminio al 99,8% con hierro y silicio atómicamente equilibrados como a partir de

405326

20



aluminio al 99,9% con una relación atómica Fe:Si de 1:2 ó 2:1. Una relación atómica de 1:1 corresponde casi exactamente a una relación Fe:Si de 2:1 en peso, por lo cual la relación Fe:Si quedará preferentemente entre 1,5:1 y 2,5:1 en peso. - - - - -

- 5. Preferentemente, el contenido de cobre se halla dentro de los límites de 2,5% a 7% particularmente dentro de los límites de 3,5% a 6,5%. Para altas propiedades de tracción en el objeto configurado o conformado después de un completo tratamiento térmico, posterior, combinadas con buenas propiedades de laminación, puede utilizarse un contenido de cobre de 5,75% a 6,25%. Puede tolerarse un contenido de cobre substancialmente más alto que el 7% cuando la aleación debe extruirse en vez de laminarse o puede extruirse antes de la laminación, por ejemplo hasta 10%. - - - - -
- 10.
- 15. Pueden tolerarse o añadirse pequeñas cantidades de algunos elementos con vistas a conferir ciertas propiedades a la aleación resultante. Puede añadirse magnesio en cantidades de hasta aproximadamente 0,5%; el manganeso y el cadmio pueden añadirse cada uno en cantidades que no sobrepasen preferentemente el 0,25%, mientras que pueden añadirse pequeñas cantidades, del orden de 0 a 0,2%, de uno o más elementos de refinación del grano como Ti, Ta y Sc, para ayudar a obtener una estructura colada de grano fino. Puede también añadirse germanio en cantidades de hasta 0,5% para controlar el comportamiento con el envejecido. - - - - -
- 20.
- 25.

Para lograr la superplasticidad demuestra ser neces-

405326

20



rio que la aleación, cuando se cuele, contenga un nivel mínimo de circonio en solución sólida supersaturada de forma que el circonio quede luego disponible para precipitar de una manera tal durante la operación de conformación en caliente que ayude a la producción o al mantenimiento de una estructura de grano muy fino, de un tamaño medio de grano inferior a 15 μ M similar al observado en otros materiales superplásticos. Este contenido mínimo de circonio disuelto no se logrará a menos que el contenido total de circonio del metal sea por lo menos de 0,30% y preferentemente por lo menos de 0,40%. - - - - -

Para obtener un comportamiento superplástico el contenido de cobre debe sobrepasar deseablemente el nivel de solubilidad de sólidos a la temperatura de conformación en caliente. Así, para conformar a una temperatura de 400-425°C el contenido mínimo de cobre es deseablemente de aproximadamente 2%. -

La conformación en caliente se realizará en general dentro de los límites de temperatura de 300-500°C y preferentemente dentro de los límites de 350-475°C. - - - - -

Aunque la lenta velocidad de difusión del circonio en el aluminio permite que la aleación colada sea trabajada en caliente por laminado o extrusión en un grado considerable sin una precipitación excesiva, a partir de la aleación, del circonio en exceso de saturación (dependiendo de la presencia de circonio en exceso la capacidad para la conformación superplástica subsiguiente) es claramente deseable evitar un precalentamiento excesivo de la aleación antes del trabajado en caliente y

405326



realizar las operaciones de trabajado a temperaturas por debajo de aquellas en que es rápida la precipitación del circonio, por ejemplo del orden de 300°C a 500°C. Si se desea, el metal colado puede mantenerse durante algún tiempo a temperaturas del orden de 300°C a 400°C antes del trabajado en caliente sin perjuicio y a veces con beneficio de las propiedades finales de conformación superplástica. - - - - -

Los objetos conformados en caliente pueden ser tratados térmicamente para desarrollar propiedades máximas de tracción; por ejemplo, los componentes pueden ser tratados térmicamente en solución durante 40 min a 535°C, enfriados rápidamente y luego envejecidos artificialmente (tratamiento térmico de precipitación) durante 6 h a 170°C. Alternativamente, aunque con cierto sacrificio de sus propiedades finales, los objetos pueden enfriarse rápidamente después de la conformación en caliente y luego envejecerse artificialmente. - - - - -

Las aleaciones pueden soldarse con fusión en tanto tengan un contenido de magnesio que no exceda notoriamente de aproximadamente 0,25%. - - - - -

Si se preparan utilizando aluminio de alta pureza, las aleaciones pueden abrillantarse y anodizarse químicamente o someterse a otras formas de tratamiento de anodizado decorativo. Para el anodizado brillante el contenido de cobre puede ser, útilmente, de aproximadamente 2,5% y el contenido combinado de hierro y sílice no debe sobrepasar 0,2%. Alternativamente, las aleaciones pueden chaparse, por ejemplo con aluminio

405326



puro, para mejorar su resistencia a la corrosión. - - - - -

5. Debido a su comportamiento superplástico las aleaciones pueden conformarse con formas complejas y con ángulos agudos por aplicación de presión de aire durante algunos minutos a la aleación calentada a una temperatura del orden de 300°C a 500°C. - - - - -

Se hace referencia ahora a los siguientes Ejemplos y experimentos más específicos. - - - - -

Ejemplo I

10. Para demostrar el efecto del circonio sobre las propiedades superplásticas de las aleaciones Al-6%Cu-Zr, se prepararon coladas o caldos con contenido variable de circonio como se ilustra en la Tabla B y se colaron en moldes de desbastado. La aleación colada se laminó entonces a aproximadamente 300°C, se normalizó a 450°C y se sometió a sollicitación a esta temperatura para simular un proceso de conformación. Se midieron los valores de esfuerzo de fluencia con diferentes regímenes de sollicitación del orden de $6,7 \times 10^{-5} \text{ seg}^{-1}$ a $2,3 \times 10^{-2} \text{ seg}^{-1}$ a fin de determinar los valores m después de lo cual la muestra se sollicitó a esfuerzos a 0,1 pulgadas (aprox., 2,54 mm)/min hasta la rotura. Los resultados obtenidos se dan en la Tabla B. - - - - -

405326



TABLA B		
Contenido total de Zr (% peso)	Máximo valor \underline{m}	% Alargamiento
Ninguno	0,21	127
0,20	0,13	88
0,26	0,26	154
0,33	0,40	438
0,42	0,38	612
0,52	0,42	315
Criterios para el comportamiento superplástico	0,30 min	200 min

Se observará de la Tabla B que para el comportamiento superplástico se requiere un contenido mínimo total de circonio de aproximadamente 0,3%. -----

Ejemplo II

5. En una serie de experimentos de ensayo de abollado algunas planchas de un espesor de 0,030 pulgadas (aprox., 0,76 mm) que tenían la composición Al-6%Cu-0,4%Zr se sometieron a ensayos de abollado a 440°C y 455°C. La plancha recibió un soplado de aire a presión a través de una matriz circular abierta de modo
10. que formara una abolladura sin soportar como se ilustra por medio de los resultados de la Tabla C. -----

405326

20



<u>TABLA C</u>			
Temperatura de conformación (°C)	Presión aplicada (p.s.i.) (aprox., kg/cm ²)	Relación altura/diámetro de la abolladura	Toma de tiempo (min)
440	72,5 (5)	0,515	7,3
455	72,5 (5)	0,515	3,7

En otros experimentos se conformaron superplásticamente planchas de aleación, según la presente invención, para formar cuerpos con aristas agudas y complejas utilizando presión de aire para forzar la plancha en una matriz hembra de la forma deseada. Con componentes grandes la presión de aire requerida es menor; por ejemplo, componentes provistos de concavidades de aproximadamente 2 pies cuadrados (aprox., 0,18 m²) de área proyectada, fueron trabajados por soplado con presiones tan bajas como 20 p.s.i. (aprox., 1,4 kg/cm²). - - - - -

10. Ejemplo III

En otros experimentos una aleación de la composición Al-6%Cu-0,5%Zr se laminó y se sometió a una deformación isotérmica de 200° a 400°C a una velocidad de 0,05 pulgadas (aprox., 1,27 mm)/min. Se realizaron ensayos de tracción sobre las muestras tomadas de la aleación deformada y también después del tratamiento térmico completo en la aleación deformada con los resultados ilustrados en la Tabla D. - - - - -

405326



<u>TABLA D</u>				
Condición	Propiedades de tracción a temperatura ambiente			
	Esfuerzo de prueba 0,1% MNm-2 (tsI)	U.T.S. MNm-2 (tsI)	% alargamiento (en 50 mm g.l.)	Dureza HV
Según se deformó	99 (6,4)	190	16	62
Completamente tratado térmicamente 40 min a 535°C templado al agua 6 h a 170°C	304 (19,7)	437 (28,3)	12	140

Se verá por ello que una aleación utilizada según la presente invención es capaz de ser deformada superplásticamente y tratada luego térmicamente para dar unas propiedades muy interesantes de tracción. Modificando el ciclo de envejecido pueden obtenerse propiedades de tracción aún mayores, con cierto sacrificio del alargamiento. La aleación tiene además una alta resistencia tanto a la fluencia como a la fatiga. - - - -

5.

Otra ventaja de las aleaciones de Al- Cu de las que se habla es que el comportamiento superplástico no está limitado a unos límites estrechos de temperatura. Los resultados típicos de dos coladas de aleación se ilustran en la Tabla E. -

20.

405326



<u>TABLA E</u>				
Cola- da Nº	Composición	Temperatu- ra de con- formación °C	Valor máximo m	% alarga- miento
1	Al-6%Cu-0,52%Zr	400	0,45	210
		425	0,45	300
		450	0,42	320
2	Al-6%Cu-0,50%Zr	400	0,41	410
		425	0,41	300
		450	0,40	250

Se ha investigado el efecto de las adiciones de titanio o cromo en vez de circonio a una aleación Al-6%Cu pero aún con varias décimas por ciento de Cr y/o Ti presentes ha sido sólo posible provocar como máximo un grado marginal de superplasticidad en el metal laminado. Resulta por ello que un aditivo que refine el grano de la estructura de colado o que impida el crecimiento del grano después del trabajado en caliente no es suficiente y que el logro de ambas funciones por medio de dos aditivos no es suficiente para que se desarrolle superplasticidad en ausencia del precipitado subóptico fino del género producido con Zr, Nb, Ta y Ni pero no por Cr y Mn. - - - - -

N O T A

Se declaran de novedad y propiedad para España, sus te-



territorios y plazas de soberanía, las siguientes: - - - - -

REIVINDICACIONES

- 1.- Método de preparación de un producto semifabricado de aleaciones a base de aluminio, superplásticamente deformables, a partir de una aleación a base de aluminio superplásticamente deformable, compuesta por una aleación a base de aluminio elegida de las aleaciones a base de aluminio no tratables térmicamente que contienen por lo menos 5% de magnesio o por lo menos 1% de cinc y de las aleaciones a base de aluminio tratables térmicamente que contienen uno o más de los elementos cobre, magnesio, cinc, silicio, litio y manganeso, junto con por lo menos uno de los elementos circonio, niobio, tántalo y níquel en una cantidad total de por lo menos 0,30% substancialmente la totalidad de la cual está presente en solución sólida, siendo el resto impurezas normales y elementos concomitantes de incorporación conocida en dichas aleaciones a base de aluminio, caracterizado porque comprende colar la aleación líquida a una temperatura de por lo menos 775°C para producir un tamaño de célula en la aleación colada que no sobrepase 30 μM y someter la aleación colada a trabajado plástico a una temperatura que no sobrepase substancialmente 550°C. - - - - -
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.

2.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la aleación se cuele a una temperatura de 775°C a 925°C.-

3.- Método según la reivindicación 2, caracterizado porque la aleación se cuele a una temperatura superior a 800°C.-

123

405326



4.- Método según la reivindicación 2, caracterizado porque la aleación se cuele a una temperatura del orden de 825°C a 900°C. - - - - -

5. 5.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la aleación colada se somete a trabajado plástico a una temperatura del orden de 300°C a 500°C. -

6.- Método según la reivindicación 5, caracterizado porque la aleación colada se somete a trabajado plástico a una temperatura del orden de 350°C a 475°C. - - - - -

10. 7.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque la aleación colada tiene una microestructura compuesta por granos equiáxicos con un diámetro medio menor de 15 μ m. - - - - -

215. 8.- Método según la reivindicación 7, caracterizado porque la aleación colada tiene un valor de esfuerzo de prueba de 0,2% a por lo menos quince toneladas inglesas (aprox., 15,2 Tm) por pulgada cuadrada (aprox., 6,45 cm²) y un esfuerzo de tracción final de por lo menos veinte toneladas inglesas (aprox. 20,32 Tm) por pulgada cuadrada (aprox., 6,45 cm²). - - - - -

20. 9.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque todos los constituyentes de la aleación a base de aluminio y por lo menos uno de dichos elementos se calientan conjuntamente para formar el caldo. - - - - -

10.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1

Ri

405326



a 9, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene de 1,75 a 10 de cobre, de 0 a 2 de magnesio y de 0 a 1,5 de silicio, en porcentaje de peso. - - - - -

5. 11.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene de 2,5 a 7 de cobre y de 0 a 0,5 de magnesio, en porcentajes de peso. - - - - -

10. 12.- Método según la reivindicación 11, caracterizado porque las impurezas normales incluyen hierro y silicio, siendo el contenido de hierro de 1,5 a 2,5 veces el peso del contenido de silicio. - - - - -

15. 13.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene de 3,5 a 5,5 de cobre, de 0,25 a 1,25 de magnesio, de 0,25 a 1 de silicio y de 0,25 a 1 de manganeso, en porcentajes de peso. - - - - -

20. 14.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene de 2 a 8 de cinc, de 0,75 a 4 de magnesio y de 0 a 2 de cobre, en porcentajes de peso. - - - - -

15.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene de 3 a 5,5 de cinc, de 1 a 2 de magnesio y de 0 a 0,3 de cobre, en porcentajes de peso. - - - - -

139

405326



16.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene de 4 a 7,5 de cinc, de 2 a 3 de magnesio y de 1 a 2 de cobre, en porcentajes de peso. - - - - -

5. 17.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene de 0,4 a 0,9 de silicio y de 0,5 a 1 de magnesio, en porcentajes de peso. - - - - -

10. 18.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene de 1 a 15 de cinc, de 0 a 0,5 de magnesio y de 0 a 0,5 de cobre, en porcentajes de peso. - - - - -

15. 19.- Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene de 5 a 10 de magnesio y de 0 a 0,5 de cobre, en porcentajes de peso. - - - - -

20. 20.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene por lo menos 0,30 por ciento de circonio. - - - - -

21.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene por lo menos 0,40 por ciento de circonio. - - - - -

R

405328



22.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene uno o más de los siguientes elementos concomitantes en una cantidad total que no excede del 1,25 por ciento en peso: titanio de 0 a 0,2, boro de 0 a 0,05, berilio de 0 a 0,01, cromo de 0 a 0,2, germanio de 0 a 0,5, cadmio de 0 a 0,25, plata de 0 a 0,6, plomo de 0 a 0,6, bismuto de 0 a 0,6, metales de tierras raras de 0 a 0,25 y manganeso de 0 a 0,4 cuando no está presente como constituyente especificado. -

10. 23.- Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la aleación superplástica a base de aluminio contiene hierro y silicio como impurezas normales en cantidades tales que su contenido total no exceda de 0,20 por ciento. - - - - -

15. 24.- "METODO DE PREPARACION DE UN PRODUCTO SEMIFABRICADO DE ALEACIONES A BASE DE ALUMINIO". - - - - -

Todo ello conforme se describe y reivindica en la presente memoria que consta de veinticinco hojas, foliadas y mecanografiadas por una sola de sus caras.

BARCELONA, 20 JU' 1973

P. A. M. CURELL SUÑOL

M. Curell Suñol

3

mts.