



405327

405327

=====

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:

"PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE UNA
ALEACION SUPERPLASTICAMENTE DEFORMABLE 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).



Int. Cl.: C22C, B29B

MEMORIA DESCRIPTIVA

5. Esta invención se refiere a la fabricación de aleaciones a base de aluminio y, más particularmente, a aleaciones a base de aluminio capaces de ser configuradas o conformadas para constituir objetos por medio de deformación superplástica. - - - - -

10. Es conocido que ciertas aleaciones bajo ciertas condiciones pueden sufrir grandes deformaciones sin romperse, 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 deformaciones son además posibles con esfuerzos
15. 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
20. superplasticidad puede considerarse 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%, estan-

405327

20



do definido el valor "m" por la relación $\sigma = \eta \dot{\epsilon}^m$ 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 un primer aspecto de la presente invención se provee un procedimiento para la producción de una aleación superplásticamente deformable a base de aluminio, caracterizado porque comprende formar una colada de los constituyentes de 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
- 15. aleaciones a base de aluminio y dejar que la colada se solidifique. - - - - -
- 20.
- 25.

405327



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

5. 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. - -

10. 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. - - - - -

15. 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 0,30% y preferentemente de por lo menos 0,40%. - - - - -

25. Se supone que las aleaciones obtenidas según la invención deben sus propiedades superplásticas a la presencia

405327

20



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. - - - - -

5.

10.

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 el 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 0,20%. - - - - -

15.

20.

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 adición de circonio. Estos ensayos indicaron que para que 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

25.

405327

20



forma de partículas de segunda fase finamente dispersadas y relativamente estables de 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. - - - -

5.

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

15.

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

- a. Cu 1,75 a 10 %
- 20. Mg 0 a 2 %
- Si 0 a 1,5 %
- b. Cu 2,5 a 7 %
- Mg 0 a 0,5 %
- c. Cu 3,5 a 5,5 %
- 25. Mg 0,25 a 1,25%

405327

20



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

20. Se observará de lo que se ha indicado anteriormente 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

405327



contienen los elementos adicionales h pueden precisar de una gama de temperatura de conformación más alta para resultados óptimos, por ejemplo hasta 550°C. - - - - -

5. Debe sobreentenderse que la aleación obtenida 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
10. porcentajes de peso: - - - - -

	Ti	0	a	0,2	
	B	0	a	0,05	
	Be	0	a	0,01	
	Cr	0	a	0,2	
15.	Ge	0	a	0,5	
	Cd	0	a	0,25	
	Ag	0	a	0,6	
	Pb	0	a	0,6	
	Bi	0	a	0,6	
20.	Metales de tierras raras	0	a	0,25	
	y Mn	0	a	0,4	cuando no está presente como constituyente especificado

25. 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 anterior-

405327



mente indicadas para controlar la estructura de colado o su-
 primir la recristalización durante el tratamiento térmico fi-
 nal, no sobrepasando la cantidad total de estos elementos
 concomitantes opcionales, con exclusión del Pb y del Bi, el
 5. 0,75%. Para mejorar la capacidad de mecanización de las alea-
 ciones 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
 10. sobrepasará el 1,25%. - - - - -

Las aleaciones obtenidas según la invención pueden
 deformarse en algunos casos superplásticamente bajo condicio-
 nes isotérmicas después de un normalizado prolongado a la
 temperatura de conformación superplástica, pero se ha halla-
 15. do ventajoso calentar rápidamente la aleación a la temperatu-
 ra de conformación superplástica y/o dejar que la temperatu-
 ra ascienda mientras progresa la deformación. Bajo las últi-
 mas condiciones se obtuvieron valores de alargamiento de
 800% a 1200% en aleaciones de Al-6%Cu-0,5%Zr que habían pre-
 20. sentado anteriormente valores de alargamiento de 500% a
 700% después del normalizado a la temperatura de conforma-
 ción plástica y la deformación isotérmica. La siguiente ta-
 bla ilustra las diferencias en los resultados obtenidos por
 las dos técnicas de conformación en otras cuatro composicio-
 25. nes de aleación junto con datos de isoterma en otras dos
 composiciones. - - - - -

405327



TABLA A			
Tipo de aleación	Composición aproximada*	% 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	-

*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.

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

10. 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 adecuado por colado a partir de temperaturas mucho más

405327

25



- 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 cuela 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.
- 5.
10. 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. - - - - -
- 15.
- 20.

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 . - - -

25.

405327



1972

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% (por ejemplo 99,3%) ha dado resultados aceptables. - - - - -
- 20.

- 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 igua

405327

20 JS



les. Así se obtienen resultados tan buenos a partir de alumi
 nio al 99,8% con hierro y silicio atómicamente equilibrados
 como a partir de aluminio al 99,9% con una relación atómica
 Fe:Si de 1:2 ó 2:1. Una relación atómica de 1:1 corresponde
 5. 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. - - - - -

Preferentemente, el contenido de cobre se halla
 dentro de los límites de 2,5% a 7% y particularmente dentro
 10. 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 bue-
 nas propiedades de laminación, puede utilizarse un contenido
 de cobre de 5,75% a 6,25%. Puede tolerarse un contenido de
 15. 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%. - - - - -

Pueden tolerarse o añadirse pequeñas cantidades de
 algunos elementos con vistas a conferir ciertas propiedades
 20. a la aleación resultante. Puede añadirse magnesio en cantida-
 des de hasta aproximadamente 0,5%; el manganeso y el cadmio
 pueden añadirse cada uno en cantidades que no sobrepasen pre-
 ferentemente el 0,25%, mientras que pueden añadirse pequeñas
 cantidades, del orden de 0 a 0,2%, de uno o más elementos de
 25. 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 compor

405327

20 JU



tamiento con el envejecido. - - - - -

Para lograr la superplasticidad demuestra ser necesario que la aleación, cuando se cuele, contenga un nivel mínimo de circonio en solución sólida supersaturada de forma

- 5. 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 $15 \mu\text{M}$ similar al observado en otros materiales superplásticos. Este contenido mínimo de circonio disuelto no
- 10. 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%. - - - - -

- 15.
- 20. 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. - - - - -

- 25. 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 considera-

405327

20 JUN



ble 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 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%. - - - - -

405327



Si se preparan utilizando aluminio de alta pureza, las aleaciones pueden brillantarse 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 puro, para mejorar su resistencia a la corrosión. -

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

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 del 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 $6,7 \times 10^{-5} \text{seg}^{-1}$

405327

20 JUN



a $2,3 \times 10^{-2} \text{seg}^{-1}$ a fin de determinar los valores \underline{m} después de lo cual la muestra se solicitó a esfuerzos a 0,1 pulgadas (aprox., 2,54 mm)/min hasta la rotura. Los resultados obtenidos se dan en la Tabla B. - - - - -

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

5. 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

10. 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

405327

20 JUL



un soplado de aire a presión a través de una matriz circular abierta de modo que formara una abolladura sin soportar como se ilustra por medio de los resultados de la Tabla C. - - -

<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).
- 5.
- 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 so-
- 15.

20 JUN 1971



405327

bre 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. - - - -

<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 (12,3)	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 obtenida según

5. 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. - - - - -

10.

Otra ventaja de las aleaciones de Al-Cu de las que se habla es que el comportamiento superplástico no está limi



405327

tado a unos límites estrechos de temperatura. Los resultados típicos de dos coladas de aleación se ilustran en la Tabla E. - - - - -

TABLA E				
Cola-da Nº	Composición	Temperatura de conformación °C	Valor máximo \underline{m}	% alargamiento
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

5. 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 10. 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 subópti-

405327 20



co 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,

5. sus territorios y plazas de soberanía, las siguientes: - - -

R E I V I N D I C A C I O N E S

- 10. 1.- Procedimiento para la producción de una aleación superplásticamente deformable a base de aluminio, caracterizado porque comprende formar una colada de los constituyentes de 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 y dejar que la colada se solidifique. - - - - -
- 15.
- 20.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque todos los constituyentes de la aleación a ba

405327 20 JUL.



se de aluminio y por lo menos uno de dichos elementos se ca-
lientan conjuntamente para formar el caldo. - - - - -

5. 3.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, ca-
racterizado porque se actúa de forma que el contenido de co-
bre de la aleación superplástica a base de aluminio sea de
1,75 a 10, el contenido de magnesio sea de 0 a 2 y el conte-
nido de silicio sea de 0 a 1,5 en porcentajes de peso. - - -

10. 4.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,
caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de
cobre de la aleación superplástica a base de aluminio sea de
2,5 a 7 y el contenido de magnesio de 0 a 0,5 en porcentajes
de peso. - - - - -

15. 5.- Procedimiento según la reivindicación 4, carac-
terizado porque las impurezas normales incluyen hierro y si-
licio, siendo el contenido de hierro de 1,5 a 2,5 veces el
peso del contenido de silicio. - - - - -

20. 6.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,
caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de
cobre de la aleación superplástica a base de aluminio sea de
3,5 a 5,5, el contenido de magnesio de 0,25 a 1,25, el conte-
nido de silicio de 0,25 a 1 y el contenido de manganeso de
0,25 a 1 en porcentajes de peso. - - - - -

25. 7.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,
caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de
cinc de la aleación superplástica a base de aluminio sea de

405327

20 J



2 a 8, el contenido de magnesio de 0,75 a 4 y el contenido de cobre de 0 a 2 en porcentajes de peso. - - - - -

5. 8.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de cinc de la aleación superplástica a base de aluminio sea de 3 a 5,5, el contenido de magnesio de 1 a 2 y el contenido de cobre de 0 a 0,3 en porcentajes de peso. - - - - -

10. 9.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de cinc de la aleación superplástica a base de aluminio sea de 4 a 7,5, el contenido de magnesio de 2 a 3 y el contenido de cobre de 1 a 2 en porcentajes de peso. - - - - -

15. 10.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de silicio de la aleación superplástica a base de aluminio sea de 0,4 a 0,9 y el contenido de magnesio de 0,5 a 1 en porcentajes de peso. - - - - -

20. 11.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de cinc de la aleación superplástica a base de aluminio sea de 1 a 15, el contenido de magnesio de 0 a 0,5 y el contenido de cobre de 0 a 0,5 en porcentajes de peso. - - - - -

25. 12.- Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de magnesio de la aleación superplástica a base de aluminio sea

Handwritten signature or initials.

40532720J



de 5 a 10 y el contenido de cobre de 0 a 0,5 en porcentajes de peso. - - - - -

5. 13.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de circonio de la aleación superplástica a base de aluminio sea de por lo menos de 0,30%. - - - - -

10. 14.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se actúa de forma que el contenido de circonio de la aleación superplástica a base de aluminio sea por lo menos de 0,40%. - - - - -

15. 15.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se actúa de forma que la aleación superplástica a base de aluminio contenga 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
20. no está presente como constituyente especificado. - - - - -

25. 16.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se actúa de forma que la aleación superplástica a base de aluminio contenga hierro y silicio como impurezas normales y en cantidades tales que su contenido total no exceda del 0,20 por ciento. - -

Be

405327



17.- "PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE UNA ALEA
CION SUPERPLASTICAMENTE DEFORMABLE A BASE DE ALUMINIO". - -

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

BARCELONA, 20 JUL. 1972

P. A. M. CURELL SUÑOL

Man. L. de n

By

maf.