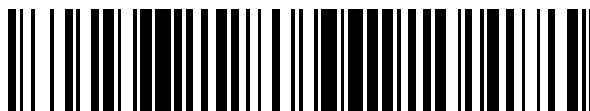


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 948**

51 Int. Cl.:

C22C 21/02 (2006.01)

C22F 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2013** **E 13005757 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019** **EP 2883973**

54 Título: **Proceso de fabricación para obtener productos extruidos de alta resistencia obtenidos a partir de aleaciones de aluminio 6xxx**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.01.2020

73 Titular/es:

CONSTELLIUM VALAIS SA (AG, LTD) (100.0%)
3960 Sierre, CH

72 Inventor/es:

JARRETT, MARTIN y
SKUBICH, ALEXIS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 738 948 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

Proceso de fabricación para obtener productos extruidos de alta resistencia obtenidos a partir de aleaciones de aluminio 6xxx

5 La invención se refiere a un proceso de fabricación para obtener productos extruidos de aleación de aluminio de la serie AA6xxx que tienen propiedades mecánicas particularmente altas, típicamente una resistencia máxima a la tracción superior a 375 MPa, preferiblemente 400 MPa, tanto en forma maciza como hueca sin la necesidad de una operación de tratamiento térmico por solución posterior a la extrusión.

10 A menos que se indique lo contrario, toda la información concerniente a la composición química de las aleaciones se expresa como un porcentaje en peso basado en el peso total de la aleación. "Aleación de aluminio 6xxx" o «aleación 6xxx» designan una aleación de aluminio que tiene magnesio y silicio como elementos de aleación principales. La "aleación de aluminio de la serie AA6xxx" designa cualquier aleación de aluminio 6xxx incluida en "International Alloy Designations and Chemical Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys", publicado por The Aluminum Association, Inc.. A menos que se indique lo contrario, se aplicarán las definiciones de temperados metalúrgicos enumeradas en la norma europea EN 515. Las características mecánicas de tracción estática, en otras palabras, la resistencia a la tracción máxima R_m (o UTS), el límite elástico al 0,2% de deformación plástica $R_{p0,2}$ (o YTS) y la deformación A% (o E%), están determinadas por un ensayo de tracción según NF EN ISO 6892-1.

Los productos extruidos de aleación de aluminio 6xxx de alta resistencia (por ejemplo, AA6082, AA6182, AA6056, AA6061, ...) se producen actualmente mediante un proceso de fabricación, como el siguiente, que comprende:

20 homogeneizar un tocho colado manteniendo el tocho durante varias horas, generalmente entre 3 y 10 horas, a una temperatura entre 0 °C y 75 °C más baja que el solidus, que está cerca de 575 °C-585 °C para tales aleaciones, y enfriar el tocho colado homogeneizado a temperatura ambiente;

calentar el tocho colado homogeneizado a una temperatura de 20 °C a 150 °C más baja que la temperatura de solidus;

25 extruir dicho tocho a través de una matriz para formar al menos un producto extruido macizo o hueco con una velocidad de extrusión tal que la temperatura de la superficie del producto extruido alcance la temperatura de solución sólida, que es más alta que 520 °C pero más baja que la de solidus, que varía comúnmente de 530 °C a 560 °C, para evitar la fusión incipiente debido a la fusión no de equilibrio de los precipitados formados a partir de elementos de soluto (por ejemplo, Mg₂Si, Al₂Cu) en los puntos calientes del perfil, pero aún así permitir que se disuelva parte de las fases mencionadas anteriormente que contribuirán al endurecimiento de la aleación mediante la re-precipitación durante el envejecimiento;

30 templar el producto extruido con un dispositivo de enfriamiento intenso hasta temperatura ambiente;

estirar, típicamente entre 0,5% y 5%, el producto extruido para obtener un perfil recto aliviado de tensiones;

el envejecimiento del producto extruido mediante tratamiento térmico de una o múltiples etapas a temperaturas que oscilan entre 150 y 200 °C durante un período de tiempo preestablecido entre 1 y 100 horas, dependiendo de la(s) propiedad(es) deseada(s), por ejemplo, la resistencia máxima más alta que se puede obtener de esta manera.

35 Los perfiles de sección delgada, típicamente productos que tienen un espesor inferior a 3 mm, que se extruyen con esta ruta de procesado, tienen una estructura parcialmente recristalizada al menos en la mayor parte de su sección transversal, especialmente en la superficie extruida, de modo que su resistencia a la tracción máxima no puede alcanzar un valor máximo superior a aproximadamente 370 MPa en el caso de aleaciones 6xxx sin cobre y 380 MPa para aleaciones 6xxx que contienen cobre.

40 Para requisitos de resistencia ultra-alta, se deben añadir elementos de aleación tales como Si, Mg y Cu para formar fases de endurecimiento precipitadas, pero las composiciones de aleación resultantes son significativamente menos fáciles de extruir, debido a la capacidad limitada para disolver las fases precipitadas resultantes de las adiciones de soluto usando prácticas convenciones de calentamiento de tocho y de formación de soluciones por presión y temple como se describe anteriormente (etapas c) y d)). De hecho, la adición de elementos de aleación da como resultado una disminución significativa del intervalo de solidus a solvus, que se convierte en una "ventana" estrecha. En la práctica, la ventana de solidus a solvus es menor que 10 °C-20 °C para aleaciones con alto contenido de Mg₂Si, típicamente está comprendido entre 1,2 y 1,6% y el exceso de Si hasta 0,7% en peso, especialmente si el exceso de Si está entre 0,2 % en peso y 0,7% en peso. El exceso de Si se evalúa mediante $Si - Mg/1,73 - 0,3*(Fe + Mn)$, donde los contenidos de Si, Mg, Fe y Mn están en % en peso. Esta ventana de solidus a solvus es particularmente estrecha (menos de aproximadamente 10 °C) si el contenido de Cu se encuentra entre 0,4 y 1,5% en peso. Una ventana tan estrecha de solidus a solvus compromete la capacidad de extrusión mediante un desgarre en caliente prematuro: si la temperatura de salida es demasiado alta, el material sufre grietas en caliente al salir de la matriz y si es demasiado baja, no se produce la disolución de los precipitados resultantes de las adiciones de soluto, lo cual es necesario para proporcionar la resistencia requerida después del envejecimiento natural o artificial.

55 En tales circunstancias, la aplicación de un tratamiento térmico por solución separado debe aplicarse después de la

extrusión y antes del envejecimiento. Por lo tanto, es esencial un tratamiento térmico por solución posterior a la extrusión para obtener extrusiones duras de aleación de aluminio 6xxx por las razones descritas anteriormente. Por lo general, esto implica la inserción de etapas de proceso adicionales entre las etapas e) - o d), en el caso en que e) no se realizase - y f):

5 e') tratamiento térmico por solución del producto extruido durante un período de tiempo definido, por ejemplo, 15 a 60 minutos para una aleación 6xxx a una temperatura más alta que la temperatura de salida de extrusión (típicamente 530-560 °C), ya que en este momento no hay gradientes de temperatura en el perfil que podrían conducir a una fusión incipiente en puntos calientes.

e") templar el producto extruido tratado térmicamente por solución a temperatura ambiente.

10 Por lo tanto, se aplica un tratamiento térmico por solución posterior a la extrusión al producto extruido, que aumenta la disolución de las fases constituidas por la precipitación de elementos de soluto y presentes en el temperado en estado templado. A continuación se envejece el producto extruido (etapa g) y puede alcanzar un nivel de resistencia más alto que si no se trata térmicamente por solución después de la extrusión. Sin embargo, la ganancia es menor que la esperada, porque la estructura del producto extruido resultante de este tratamiento térmico por solución
15 posterior a la extrusión separado generalmente se recristaliza parcialmente, lo que conduce a una caída más o menos significativa de las propiedades mecánicas, dependiendo entre otros parámetros de la química de la aleación.

Además, para las secciones de perfil AA6xxx que tienen paredes delgadas, por ejemplo secciones que tienen un espesor medio sustancialmente inferior a 3 mm, esta etapa adicional de tratamiento térmico por solución posterior a la extrusión presenta una serie de desventajas importantes, es decir, mayores costes de fabricación, capacidad geométrica deficiente debido a la distorsión del perfil y riesgo de recristalización durante el tratamiento térmico por solución que conduce a una caída significativa de las propiedades mecánicas.

El documento JPH73409 describe un proceso de fabricación para obtener productos extruidos obtenidos de una aleación de aluminio, cuya composición se define con amplios intervalos de contenido de manera que abarca aleaciones de aluminio de alta resistencia habituales, tales como AA6082, AA6182, AA6061, AA6056, etc. Este proceso consiste en el tratamiento térmico del tocho 1-30 h a una temperatura entre 150 °C y 300 °C antes de la etapa de homogeneización (5 horas a una temperatura de inmersión de 560 °C), siendo la velocidad de calentamiento inferior a 300 °C/h antes de cada etapa y a continuación enfriamiento a temperatura ambiente con una velocidad de enfriamiento inferior 150 °C/h. De acuerdo con esta solicitud de patente, se pueden obtener resistencias a la tracción máximas ligeramente más altas cuando se lleva a cabo, lo que incluye obligatoriamente una operación de tratamiento de solución de posterior a la extrusión separada. Sin embargo, las resistencias a la tracción máximas así obtenidas son inferiores a 390 MPa para aleaciones sin cobre y 410 MPa para aleaciones que contienen cobre. El documento US 3990922 describe un método de tratamiento térmico de aleaciones de aluminio del tipo de aluminio magnesio-silicio para mejorar la procesabilidad por extrusión, que comprende homogeneizar inicialmente las aleaciones a una temperatura elevada por debajo de la temperatura de equilibrio de solidus de la aleación durante 2 a 12 horas, homogeneizar adicionalmente dichas aleaciones a una temperatura elevada por debajo de la temperatura de homogeneización inicial y por debajo de la temperatura de solvus de la aleación durante 2 a 12 horas y enfriar lentamente dichas aleaciones a al menos 800 °F a una velocidad de menos de 100 °F por hora. Sin embargo, solo se puede obtener una resistencia a la tracción máxima inferior a 390 MPa. El documento US 20040084119 describe un método para fabricar un producto extruido de aleación de aluminio de alta resistencia, el método incluye extruir un tocho de una aleación de aluminio que comprende 0,5% a 1,5% de Si, 0,9% a 1,6% de Mg, 0,8% a 2,5% de Cu, mientras se satisfacen las siguientes ecuaciones $3\leq\text{Si}\%+\text{Mg}\%+\text{Cu}\%\leq$, $\text{Mg}\%<1,7\times\text{Si}\%$, $\text{Mg}\%+\text{Si}\%\geq 2,7$ y $\text{Cu}\%/2\leq\text{Mg}\%\leq(\text{Cu}\%/2)+0,6$ y que además comprende 0,5% a 1,2% de Mn, siendo el resto Al e impurezas inevitables, en un producto macizo utilizando una matriz maciza, o en un producto hueco utilizando una matriz de portillo o una matriz de puente, obteniendo así el producto macizo o el producto hueco en el que una estructura fibrosa representa el 60% o más en la fracción de área de la estructura de la sección transversal del producto. Para aumentar la resistencia del producto, el documento US 20040084119 propone utilizar una longitud L de cojinete adaptada al espesor T de la sección maciza de acuerdo con la siguiente relación $L\leq 5T$.

La solicitante decidió desarrollar un método para fabricar productos extruidos de aleación AA6xxx de resistencia ultra-alta, que se obtienen con una velocidad de extrusión aceptable tanto en forma maciza como hueca y tienen una resistencia a la tracción máxima superior a 380 MPa para aleaciones AA6xxx sin cobre y 400 MPa para aleaciones AA6xxx que contienen cobre, sin la necesidad de una operación adicional de tratamiento de solución posterior a la extrusión, incluso si el espesor de su pared es inferior a 3 mm.

Un primer objeto de la invención es un proceso de fabricación que comprende los siguientes etapas:

- a) homogeneizar un tocho colado de una aleación de aluminio 6xxx;
- 55 b1) tratar térmicamente por solución dicho tocho colado homogeneizado a una temperatura entre $T_s-15\text{ °C}$ y T_s , en donde T_s es la temperatura de solidus de dicha aleación;
- b2) enfriar hasta que la temperatura del tocho alcance de 400 °C a 480 °C, asegurando que la superficie del tocho nunca descienda por debajo de 400 °C para evitar la precipitación de partículas constituyentes, como las

partículas de Mg₂Si o Al₂Cu;

5 extruir inmediatamente, es decir, unas pocas decenas de segundos después de la operación de enfriamiento, dicho tocho a través de una matriz para formar al menos un producto extruido macizo o hueco con una velocidad de extrusión tal que la temperatura de la superficie del producto extruido sea superior a 460 °C y más baja que el solidus, que varía habitualmente entre 500 °C y 560 °C;

templar el producto extruido hasta temperatura ambiente;

estirar opcionalmente el producto extruido para obtener una deformación plástica típicamente entre 0,5% y 5%;

envejecer el producto extruido sin aplicar previamente sobre el producto extruido ningún tratamiento térmico por solución separado después de la extrusión.

10 El proceso de acuerdo con la invención consiste en reemplazar el calentamiento convencional de los tochos de aleación AA6xxx con sobrecalentamiento y temple de los mismos desde la temperatura muy alta del tratamiento térmico por solución hasta la temperatura de extrusión. De acuerdo con la presente invención, las siguientes etapas (extrusión, temple por presión y envejecimiento para lograr la propiedad deseada, en particular una resistencia máxima ultra-alta) no comprenden necesariamente un tratamiento térmico separado por solución posterior a la extrusión ya
15 que, como resultado de etapas b1) y b2), la mayor parte de los elementos de aleación que contribuyen a la formación de partículas de endurecimiento están en solución sólida en la celdilla del producto extruido.

Por lo tanto, la presente invención proporciona un proceso para extruir un intervalo de aleaciones 6xxx con propiedades mecánicas superiores, especialmente si se aplica a un AA 6182 suficientemente dopado con cobre, con niveles de resistencia por encima de 400 MPa, hasta el momento no logrado mediante una ruta convencional de "temple por presión". Además, se mantiene una buena capacidad de extrusión porque la limitación con la velocidad de extrusión debida al agrietamiento por velocidad prematuro resultante de la fusión incipiente se minimiza debido a un mayor nivel de solución de fases constituidas por la precipitación de elementos solutos antes de la extrusión.
20

De acuerdo con la invención, se proporciona un tocho resultante del moldeo de una aleación de aluminio 6xxx, es decir, una aleación de aluminio que tiene magnesio y silicio como elementos de aleación principales. Preferiblemente, esta aleación de aluminio es una aleación de aluminio 6xxx de alta resistencia, tal como AA6082, AA6182, AA6056, AA6061 o cualquier aleación dopada con cobre y/o dopada con zinc derivada de dichas aleaciones de aluminio AA6xxx. Típicamente, la composición de la aleación comprende: Si: 0,3-1,7% en peso; Mg: 0,1-1,4% en peso; Mn: 0,1-1,4% en peso; y, preferiblemente, al menos uno de Cu: 0,01-1,5% en peso y Zn: 0,01-0,7% en peso, siendo el resto de aluminio e impurezas inevitables.
25

30 Esta aleación tiene preferiblemente un alto contenido de Cu, típicamente entre 0,4 y 1,5% en peso, más preferiblemente entre 0,4 y 1,2% en peso, incluso más preferiblemente entre 0,4 y 0,7% en peso. Se añade ventajosamente al menos un elemento dispersoide, tal como Mn 0,15-1% en peso, Cr 0,05-0,4% en peso Zr 0,05-0,25 % en peso - para controlar la recristalización y maximizar la retención de la estructura fibrosa del producto extruido.

35 El tocho colado es homogenizado. El tratamiento de homogeneización puede seguir una ruta convencional, es decir, entre 3 y 10 horas a una temperatura entre 0 °C y 75 °C más baja que el solidus. Sin embargo, debido a la etapa b1) de tratamiento térmico por solución de acuerdo con la invención, la temperatura de homogeneización está ventajosamente entre 50 °C y 150 °C, preferiblemente entre 80 °C y 150 °C más baja que el solidus, típicamente en el intervalo de 450 °C -500 °C para aleaciones AA6xxx. El tocho homogenizado se enfría a temperatura ambiente.

40 El tocho colado homogeneizado que se va a extruir se calienta a una temperatura de remojo ligeramente por debajo de la temperatura de solidus T_s para ser tratado térmicamente por solución. De acuerdo con la invención, la temperatura de remojo del tratamiento térmico por solución está entre T_s-15 °C y T_s . Por ejemplo, la temperatura de solidus está cerca de 575 °C para las aleaciones AA6082 y AA6182 y cerca de 582 °C para AA6061. Los tochos se calientan preferiblemente en hornos de inducción y se mantienen a la temperatura de remojo durante diez segundos a varios minutos, típicamente entre 80 y 120 segundos.
45

A continuación, el tocho se enfría hasta que su temperatura alcanza 400 °C a 480 °C, al tiempo que se garantiza que la superficie del tocho nunca descienda por debajo de los 400 °C para evitar la precipitación de partículas constituyentes, en particular partículas de endurecimiento como Mg₂Si o Al₂Cu. En otras palabras, según la invención, la temperatura media del tocho debería controlarse, lo que implica que la etapa de enfriamiento debe seguir una ruta operativa, que debería estar predefinida, por ejemplo, mediante experimentación o mediante simulación numérica en la que como mínimo, se tengan en cuenta la geometría del tocho, la conductividad térmica de la aleación a diferentes temperaturas y el coeficiente de transferencia de calor asociado con los medios de enfriamiento.
50

La simulación por FEM del enfriamiento de un tocho de Ø 254 mm de diámetro con un coeficiente de transferencia de calor de 1 kW/m²/°K muestra que el enfriamiento debería detenerse después de aproximadamente 40 s para evitar que la superficie del billete esté por debajo de 400 °C. En ese momento, la temperatura del núcleo del tocho todavía está cerca de 530 °C pero 40 segundos después, la temperatura es de nuevo casi homogénea en el tocho, es decir,
55

aproximadamente 480 °C en el núcleo y cerca de la superficie, debido a la alta conductividad térmica de la aleación de aluminio.

5 Para tochos que tienen diámetros mayores, los medios de enfriamiento deberían tener mayor potencia de enfriamiento o, si se usan los mismos medios de enfriamiento, el enfriamiento se debe realizar en varias etapas, que incluyen enfriamiento intenso, para el enfriamiento cuando la temperatura de la superficie está cerca de los 400 °C, mantener el tocho unos pocos segundos de manera que las temperaturas del núcleo y la superficie estén cerca entre sí y comenzar una nueva etapa de enfriamiento similar siempre que la temperatura media del tocho sea superior a 480 °C.

10 Para palanquillas que tienen diámetros más pequeños, se pueden usar medios de enfriamiento que tengan una menor potencia de enfriamiento o, si se usan los mismos medios de enfriamiento, se debería detener el enfriamiento después de un tiempo más corto, que se puede estimar mediante una simulación numérica apropiada.

15 Tan pronto como la temperatura del tocho alcance una temperatura entre 400 °C y 480 °C, es decir, unas pocas decenas de segundos después de que se detiene la operación de enfriamiento, el tocho se introduce en la prensa de extrusión y se extruye a través de una matriz para formar uno o varios productos extruidos o extrudados macizos o huecos. La velocidad de extrusión se controla para que tenga una temperatura de salida de la superficie del producto extruido superior a 460 °C pero inferior a la temperatura de solidus Ts. La temperatura de salida puede ser bastante baja, porque, como resultado de las etapas b1) y b2), los elementos de aleación que forman precipitados de endurecimiento aún están en solución en la celdilla de aluminio. La temperatura de salida debería ser lo suficientemente alta como para simplemente evitar la precipitación. En la práctica, la temperatura de la superficie del producto extruido objetivo suele oscilar entre 530 °C y 560 °C, para tener una velocidad de extrusión compatible con una productividad satisfactoria.

20

25 El producto extruido se temple a la salida de la prensa de extrusión, es decir, en un área ubicada entre 500 mm y 5 m de la salida de la matriz. Se enfría a temperatura ambiente con un dispositivo de enfriamiento intenso, por ejemplo, un dispositivo que proyecta agua pulverizada sobre los productos extruidos. A continuación, los materiales extruidos se estiran opcionalmente para obtener una deformación plástica típicamente entre 0,5% y 5%, para tener perfiles rectos de alivio de tensiones.

30 A continuación, los perfiles se envejecen sin ningún tratamiento térmico por solución previo posterior a la extrusión, mediante un tratamiento térmico de una o múltiples etapas a temperatura(s) que oscila(n) entre 150 y 200 °C durante un período de tiempo prescrito, entre 1 y 100 horas, dependiendo de las propiedades deseadas. El proceso de acuerdo con la invención es particularmente adecuado para obtener temperado T6 o T66, que corresponde al valor más alto posible de la resistencia máxima de la aleación, posiblemente mayor que la resistencia máxima más alta obtenida calentando convencionalmente el tocho y sometiendo el producto extruido a un tratamiento térmico por solución posterior a la extrusión.

35 El proceso de acuerdo con la invención permite obtener productos extruidos templados por presión fabricados a partir de aleaciones 6xxx dopadas con Cu, que hasta ahora eran muy difíciles, incluso casi imposibles de extruir debido a su muy estrecha ventana de temperatura solvus-solidus. Este proceso es particularmente adecuado para aleaciones con un contenido de Mg₂Si comprendido entre 1,2% en peso y 1,6% en peso, Si en exceso hasta 0,7%, particularmente si está comprendido entre 0,2 % en peso y 0,7% en peso, y especialmente si el contenido de cobre se encuentra entre 0,4 peso y 1,5% en peso, lo que proporciona un intervalo de temperatura de solvus a solidus aproximadamente igual o incluso inferior a 10 °C, y hace que dicha aleación sea casi imposible de extruir.

40 Si esta aleación comprende adicionalmente un elemento dispersoide como el circonio, típicamente entre 0,05 y 0,25% en peso, las microestructuras de los productos extruidos muestran una fuerte retención fibrosa que proporciona una contribución adicional de resistencia, considerada importante para alcanzar valores tan altos de propiedades mecánicas. Después de haber aplicado el proceso de acuerdo con la invención a las aleaciones de aluminio AA6182 dopadas con Cu, la solicitante fue capaz de obtener productos extruidos de 3 mm de espesor con una resistencia a la tracción máxima de temperado T6 superior a 410 MPa, incluso superior a 425 MPa.

45

50 Otro objeto de la invención es un producto extruido a partir de una aleación de aluminio 6xxx, en particular un perfil extruido hueco, que tiene un espesor inferior a 6 mm, preferiblemente inferior a 3 mm, que varía típicamente de 1,5 mm a 3 mm, que está envejecido a un temperado T6 para obtener una resistencia a la tracción máxima superior a 380 MPa, preferiblemente superior a 400 MPa, más preferiblemente superior a 420 MPa. La aleación de aluminio 6xxx puede ser AA6056, AA6156, AA6056 dopada con Cu (normalmente hasta 1,5% en peso), AA6156 dopada con Cu (típicamente hasta 1,5% en peso), AA6082 dopada con Cu (generalmente hasta 1,5% en peso), preferiblemente hasta 1,2% en peso, más preferiblemente hasta 0,7% en peso. %) o AA6182 dopada con Cu (generalmente hasta 1,5% en peso), preferiblemente hasta 1,2% en peso, más preferiblemente hasta 0,7% en peso).

55 Por lo tanto, al aplicar el método de acuerdo con la invención a un intervalo definido de aleaciones 6xxx, se ha demostrado que se pueden lograr propiedades mecánicas por encima de 425 MPa sin la necesidad de un tratamiento térmico separado por solución posterior a la extrusión. Esto proporciona un enfoque novedoso para la producción de componentes estructurales de automoción de aleación 6xxx de resistencia ultra-alta, incluidos los parachoques, donde la producción de extrusión convencional limita las propiedades mecánicas (UTS) a un máximo de 340 MPa.

El contenido mínimo de soluto se define, para un proceso de fabricación determinado, como el % en peso mínimo de elementos constituyentes que permite garantizar un nivel de resistencia dado. Bajo condiciones de fabricación convencionales, se tiene en cuenta el hecho de que la etapa de solución es generalmente parcial: típicamente, 60-90% de los elementos constituyentes están en solución sólida después de temple de acuerdo con las condiciones de extrusión, es decir, la velocidad de extrusión, la temperatura de salida de la extrusión, etc. En las condiciones del proceso de fabricación de acuerdo con la invención, debido al aumento del nivel de solución (típicamente 85-95%) y de su repetibilidad, el % peso mínimo de elementos constituyentes para garantizar un nivel de resistencia dado puede reducirse fuertemente en comparación con las condiciones de fabricación convencionales sin un tratamiento térmico separado por solución posterior a la extrusión y, por lo tanto, el contenido mínimo de soluto con el proceso de acuerdo con la invención es menor.

El uso de contenido de soluto mínimo y retención de fibra máxima proporciona además la oportunidad de reducir el espesor de la pared de la sección, lo que proporciona una relación mejorada entre la resistencia y el peso para la producción de piezas de componentes de automóviles.

EJEMPLO

Perfiles obtenidos de seis aleaciones de aluminio 6xxx (A, B, C, D, E y F) se extruyeron siguiendo dos rutas de proceso diferentes: la ruta actual de la técnica anterior y la ruta según la invención. Las composiciones químicas de estas aleaciones se muestran en la Tabla I. La aleación A es una aleación AA6182. Las aleaciones B y F son aleaciones AA6082. La aleación C es una aleación AA6056. Las aleaciones D y E son aleaciones AA6182 dopadas con Cu.

Tabla I

Aleación	Si	Mg	Mn	Fe	Zr	Cu
A	1,29	0,87	0,55	0,19	0,14	0,004
B	1,25	0,86	0,77	0,18	-	0,06
C	0,87	0,79	0,46	0,19	-	0,42
D	1,13	0,89	0,55	0,19	0,14	0,53
E	1,13	0,87	0,55	0,19	0,15	0,74
F	1,03	0,60	0,44	0,21	-	-

Se calentaron tochos colados homogeneizadas que tenían un diámetro de 72,5 mm y una longitud de 120 mm, se introdujeron en una prensa de extrusión y se prensaron para formar barras planas de 35*3.

Los tochos homogeneizados A-1, A-2, B-1, B-2, C-1, C-2, F-1 y F-2 se calentaron siguiendo la ruta actual, a una temperatura que oscila entre 480 °C y 500 °C y después se introdujeron en el contenedor de la prensa de extrusión. Todos los tochos se presionaron contra la misma matriz para obtener varillas extruidas de 3 mm de diámetro. La velocidad de extrusión se controló de modo que la temperatura de salida de la superficie fuera superior a 530 °C y menor que la temperatura de solidus. Los productos extruidos se templaron a temperatura ambiente con un dispositivo de refrigeración pulverizando agua sobre los perfiles que salen de la prensa de extrusión. Después se estiraron al 2% y se envejecieron a 170 °C. Los productos extruidos obtenidos a partir de palanquillas A-2, B-2, C-2 y F-2 se sometieron a un tratamiento térmico separado por solución posterior a la extrusión.

La Tabla 2 muestra la comparación entre las resistencias a la tracción máximas Mr de las barras planas así obtenidas. Podemos observar que la resistencia a la tracción máxima aumentó en un 10-15% para las aleaciones A, B y C, pero disminuyó significativamente para la aleación F, debido a la recristalización de la mayor parte de la sección transversal de la barra plana. Ninguno de estos perfiles tiene una resistencia superior a 400 MPa, incluso si se somete a un tratamiento térmico por solución posterior a la extrusión. Además, los productos extruidos de aleación C que contenían cobre se obtuvieron con una velocidad de extrusión desfavorablemente baja y tenían un acabado superficial deficiente.

Tabla 2

aleación	A		B		C		F	
producto extruido	A-1	A-2	B-1	B-2	C-1	C-2	F-1	F-2
Rm (MPa)	350	385	360	395	345	385	350	275

Los tochos homogeneizados A-3, D y E se trataron térmicamente por solución siguiendo la ruta según la invención, 100 segundos a una temperatura de remojo cercana a 570 °C. Después se enfriaron con un dispositivo de enfriamiento

5 por agua que proporcionaba un flujo de transferencia de calor de aproximadamente 1 kW/m²/°C hasta que la temperatura de la superficie del tocho alcanzó 440 °C. Pocos segundos después, gracias a la alta conductividad térmica del aluminio, la temperatura es casi homogénea en el tocho y es inferior a 480 °C. Los tochos se introdujeron en el contenedor de la prensa de extrusión y se extruyeron como se describe anteriormente para obtener barras planas de 35*3 mm.

La Tabla 3 muestra la comparación entre las resistencias a la tracción máximas Rm de los perfiles obtenidos de las aleaciones A, D y E obtenidas por el proceso de acuerdo con la invención.

Tabla 3

	A-3	D	E
Rm	381 Mpa	416 MPa	426 MPa

10 En lo que respecta a la aleación A sin cobre, el proceso de acuerdo con la invención permite obtener productos extruidos que tienen una resistencia máxima tan alta como si se hubieran obtenido después de un tratamiento térmico por solución posterior a la extrusión. De acuerdo con la invención, la aleación A puede extruirse en mejores condiciones, ya que son posibles mayores velocidades de extrusión y no es necesario llevar a cabo un tratamiento térmico adicional de solución separado para tener propiedades mecánicas satisfactorias.

15 En lo que respecta a las aleaciones D y E, la combinación de alto contenido de Mg₂Si, alto contenido en exceso de Si y la adición de hasta 0,7% de Cu, proporciona un intervalo de temperatura de solvus a solidus muy estrecho (aproximadamente 10 °C), lo que hace que estas aleaciones sean casi imposibles de extruir con una ruta convencional. De acuerdo con el proceso de la invención, las aleaciones de aluminio 6xxx que tienen un mayor contenido de elementos de aleación de endurecimiento pueden extruirse, proporcionando productos extruidos con valores de propiedades mecánicas muy altos, que no se habían alcanzado hasta ahora para las aleaciones 6xxx. Las microestructuras muestran una fuerte retención fibrosa que proporciona una contribución de resistencia adicional, que se considera importante para alcanzar valores tan altos de propiedad mecánica.

20 Los resultados obtenidos en aleaciones D y E muestran que las propiedades mecánicas logradas en el temperado T6 después de la fabricación de acuerdo con la invención fueron más altas que las obtenidas con una etapa de solución separada. En el caso de adiciones de cobre superiores al 0,5%, como resultado del efecto combinado de la solución y la retención de la fibra, se encontró que la resistencia a la tracción final era superior a 410 MPa.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso de fabricación para obtener productos extruidos obtenidos de una aleación de aluminio 6xxx, en donde dicho proceso de fabricación comprende los siguientes etapas:
- 5 a) homogeneizar un tocho colado de dicha aleación de aluminio;
- b) calentar dicho tocho colado homogeneizado;
- c) extruir dicho tocho a través de una matriz para formar al menos un producto extruido macizo o hueco;
- d) templar el producto extruido a temperatura ambiente;
- e) opcionalmente estirar el producto extruido para obtener una deformación plástica típicamente entre 0,5% y 5%;
- 10 f) envejecer el producto extruido sin aplicar sobre el producto extruido ningún tratamiento térmico por separado de solución posterior a la extrusión;
- caracterizado por que :
- i) la etapa de calentamiento b) es un tratamiento térmico por solución donde:
- 15 b1) el tocho colado se calienta a una temperatura entre $T_s - 15\text{ °C}$ y T_s , en donde T_s es la temperatura de solidus de dicha aleación de aluminio;
- b2) el tocho se enfría hasta que la temperatura media del tocho alcanza un valor entre 400 °C y 480 °C , al tiempo que se garantiza que la superficie del tocho nunca baja por debajo de 400 °C para evitar la precipitación de partículas constituyentes, tales como las partículas de Mg_2Si o Al_2Cu ;
- 20 ii) el tocho así enfriado se extruye inmediatamente (etapa c) después del final de la etapa b2).
2. Un proceso de fabricación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el tratamiento de envejecimiento es un tratamiento térmico de una o múltiples etapas a una temperatura entre 150 °C y 200 °C durante un período de tiempo prescrito, definido para obtener la máxima resistencia máxima.
3. Un proceso de fabricación de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** dicho tocho colado se homogeneiza en la etapa a) a una temperatura entre 80 °C y 150 °C más baja que la de solidus, típicamente entre 450 °C y 500 °C .
- 25 4. Un proceso de fabricación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** dicha aleación de aluminio 6xxx es una aleación de aluminio 6xxx de alta resistencia, tal como AA6082, AA6182, AA6056, AA6061 o cualquier aleación dopada con cobre y/o dopada con zinc derivada de dichas aleaciones de aluminio AA6xxx.
- 30 5. Un proceso de fabricación de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** dicha aleación de aluminio 6xxx comprende Si: 0,3-1,7% en peso; Mg: 0,1-1,4 en peso; Mn: 0,1-1,4% y, preferiblemente, al menos uno de Cu: 0,01-1,5% en peso y Zn: 0,01-0,7%, siendo el resto es aluminio e impurezas inevitables.
6. Un proceso de fabricación de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque** el contenido de Cu está entre 0,4 y 1,5% en peso.
- 35 7. Un proceso de fabricación de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, **caracterizado porque**
- $$1,2\% \text{ en peso} \leq Mg_2S \leq 1,6\% \text{ en peso y}$$
- $$0,2\% \text{ en peso} \leq Si - Mg/1,73 - (Fe + Mn)/3 \leq 0,7\% \text{ en peso.}$$
8. Un proceso de fabricación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, **caracterizado porque** dicha aleación de aluminio de la serie 6xxx también comprende al menos un elemento dispersoide, tal como Mn (0,15-1% en peso), Cr (0,05-0,4% en peso) o Zr (0,05-0,25% en peso).
- 40 9. Un proceso de fabricación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, **caracterizado porque** dicha aleación de aluminio de la serie 6xxx, es una de las siguientes aleaciones: AA6056, AA6156, AA6056 dopada con Cu, AA6156 dopada con Cu, AA6082 dopada con Cu o preferiblemente, AA6182 dopada con Cu.