

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 809**

51 Int. Cl.:

C22C 21/12 (2006.01)

C22C 21/16 (2006.01)

B22D 19/00 (2006.01)

F02F 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.12.2010 PCT/FR2010/000812**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2011 WO11083209**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.12.2010 E 10799072 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.08.2016 EP 2516687**

54 Título: **Pieza moldeada de aleación de aluminio y cobre de alta resistencia mecánica y a la fluencia en caliente**

30 Prioridad:
22.12.2009 FR 0906218

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.02.2017

73 Titular/es:
**RIO TINTO ALCAN INTERNATIONAL LIMITED
(100.0%)
1188 Sherbrooke Street West
Montréal, QC H3A 3G2, CA**

72 Inventor/es:
**GARAT, MICHEL;
MAJOR, JAMES FREDERICK y
JEAN, DANNY**

74 Agente/Representante:
MIR PLAJA, Mireia

ES 2 601 809 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

Pieza moldeada de aleación de aluminio y cobre de alta resistencia mecánica y a la fluencia en caliente.

5 **Ámbito de la invención**

La invención se refiere a las piezas moldeadas de aleación de aluminio y cobre sometidas a altas tensiones mecánicas y que trabajan, en determinadas de sus zonas por lo menos, a altas temperaturas, en particular a culatas de motores diésel o de gasolina sobrealimentados.

10

Estado de la técnica

Salvo indicación contraria, todos los valores relativos a la composición química de las aleaciones se expresan en porcentaje en peso.

15

Las aleaciones que se suelen utilizar para las culatas de vehículos de grandes series automóviles son esencialmente aleaciones con silicio (por lo general, de entre un 5 y un 10 % de Si) que suelen contener cobre y magnesio, con el fin de aumentar sus características mecánicas, en particular en caliente. Los principales tipos utilizados son los siguientes: AlSi7Mg, AlSi7CuMg, AlSi (5 a 8) Cu3Mg, AlSi10Mg, AlSi10CuMg. Estas aleaciones se utilizan con diferentes modalidades de tratamientos térmicos: a veces en el estado F sin ningún tratamiento, a veces en el estado T5 con un simple revenido, a veces en el estado T6 con una disolución, un temple y un revenido, hasta el punto máximo de endurecimiento o justo por debajo, y a menudo en el estado T7 con una disolución, un temple y un sobrerrevenido o una estabilización.

20

La razón por la que se usan aleaciones de aluminio y silicio es la superioridad de sus propiedades de fundición, especialmente por la ausencia de agrietabilidad, su alta colabilidad y buen poder de alimentación del rechupe. Estas aleaciones, cuyo porcentaje de silicio es superior o igual a un 5 %, son las únicas que se prestan bien al moldeo en coquilla, por gravedad o baja presión, procedimiento dominante en la fabricación de culatas automóviles en gran serie.

30

Para la fabricación en pequeña serie generalmente realizada por fundición en molde de arena, tal como para culatas de vehículos de alto rendimiento o piezas que trabajan en caliente y se destinan al armamento y la aeronáutica, también se pueden utilizar aleaciones de cobre de tipo AlCu5, con adición de elementos que favorecen la resistencia en caliente tales como Ni, Co, Ti, V y Zr: en esta categoría en particular, son notables AlCu5NiCoZr y AlCu4NiTi. Estas aleaciones son muy resistentes en caliente, en particular a 300 °C donde superan claramente las aleaciones de aluminio y silicio más arriba mencionadas, pero presentan dos graves fragilidades: su alta agrietabilidad, asociada a una mala resistencia al rechupe, que las hace muy difíciles de colar en coquilla en gran serie, y también la mediocridad de sus características mecánicas a temperatura ambiente: presentan especialmente un muy pequeño alargamiento, que las hace frágiles y poco resistentes a la fatiga mecánica. El cuadro 1 recopila las características a temperatura ambiente de estas dos aleaciones coladas en molde de arena y tratadas térmicamente en el estado T7 (Rp 0,2 (ó 0,2 % TYS) siendo el límite elástico en MPa; Rm (o UTS) siendo la resistencia a la rotura en MPa; y A (o E) siendo el alargamiento de rotura en %):

40

Cuadro 1

Aleación	Rp 0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A (%)
AlCu4NiTi	No medible	343	0,11
AlCu5NiCoZr	270	295	1

45

También existe una aleación que la Aluminum Association (denominada "AA" a continuación, para mayor comodidad) ha normalizado, en el pasado, con el número 224 y que es de tipo AlCu5MnVZr. Fue declarada "inactiva" por esta misma asociación que la suprimió, hace años, de su documento periódicamente puesto al día "Designations and Chemical Composition Limits for Aluminum Alloys in the Form of Castings and Ingot". Esta aleación 224 no contiene magnesio (este elemento entra en la categoría de las impurezas, con un máximo a 0,03 % cada una, 0,10 % en total), y antiguos resultados de caracterización obtenidos con placas coladas en molde de arena mostraron las características en el estado T7, que se describen en el cuadro 2:

50

Cuadro 2

Aleación	Rp 0,2 (MPa)	Rm (MPa)	A (%)
224	280	360	4,8

55

Problema planteado

Ya que en los futuros motores diésel alimentados por rampa común o de gasolina sobrealimentados, las cámaras de combustión de las culatas y, en particular, los puentes de acoplamiento entre válvulas, alcanzarán, incluso sobrepasarán, los 300 °C y estarán sometidos a presiones más elevadas que los de las generaciones anteriores de

60

motores todavía en servicio, el uso de aleaciones de aluminio y cobre constituye una solución que rompe con los progresos incrementales obtenidos gracias a la optimización de las aleaciones de aluminio y silicio.

Pero queda por encontrar una aleación de esta familia que combine:

- 5
- altas propiedades mecánicas a temperatura ambiente,
 - altas propiedades mecánicas en el campo 250 – 300 °C,
- 10
- y alta resistencia a la fluencia a 300 °C, temperatura característica, en particular, de los puentes de acoplamiento entre válvulas, elementos particularmente sometidos a tensiones termomecánicas.

15 Las aleaciones AlCu5Mg clásicas tales como la AlCu5MgTi (denominada 204 por la AA), y las A206 y B206 (según la AA), destinadas a piezas que trabajan a temperatura ambiente o moderada, no responden a estas exigencias, especialmente a 300 °C.

En cuanto a las aleaciones AlCu4NiTi y AlCu5NiCoZr (203, según la AA) más arriba mencionadas, son demasiado frágiles a temperatura ambiente.

20 La AlCu5MnVZr (antigua 224, según la AA), destinada a las piezas que trabajan en caliente, presenta una combinación de propiedades más interesante pero aun falta de límite elástico a temperatura ambiente con respecto a las propiedades mejoradas deseadas: en el estado T7, da un límite elástico $R_p 0,2 = 280$ MPa, que se tiene que comparar con los 275 MPa para la AlSi7Cu0,5Mg0,3 T7 y los 311 MPa para la AlSi5Cu3Mg T7 (valores medidos por la solicitante y publicadas respectivamente en los artículos "Alliages d'aluminium améliorés pour culasses Diesel" (Hommes et fonderie- février 2008- N° 382) y "Aluminium Casting Alloys for Highly Stressed Diesel Cylinder Heads", (3. internationales Symposium Aluminium + Automobile); Düsseldorf; FRG; 3-4 Feb. 1988, pp. 154 – 159, 1988).

25

30 Por lo tanto, se procuró obtener un progreso considerable con respecto a la antigua 224 en términos de límite elástico y de resistencia límite de la temperatura ambiente hasta los 250 – 300 °C. Asimismo, se procuró mejorar la resistencia a la fluencia a 300 °C de esta antigua aleación.

Objeto de la invención

35 Así, la invención tiene por objeto una pieza moldeada de alta resistencia mecánica estática a la temperatura ambiente y en caliente y alta resistencia a la fluencia en caliente, en particular a 300 °C y más, colada, de aleación de aluminio, que tiene la siguiente composición química expresada en porcentaje en peso:

40 Si: 0,02 – 0,50 %, preferentemente 0,02 – 0,20 % y más preferentemente 0,02 – 0,06 %,
 Fe: 0,02 – 0,30 %, preferentemente 0,02 – 0,20 %, más preferentemente 0,02 – 0,12 % y aún más preferentemente 0,02 – 0,06 %,
 Cu: 3,5 – 4,9 %, preferentemente 3,8 – 4,9 % y más preferentemente 4,0 – 4,8 %,
 Mn: < 0,70 %, preferentemente 0,20 – 0,50 %,
 Mg: 0,05 – 0,20 %, preferentemente 0,07 – 0,20 %, más preferentemente 0,08 – 0,20 % y aún más preferentemente 0,09 – 0,13 %,
 45 Zn: < 0,30 %, preferentemente < 0,10 % y más preferentemente < 0,03 %,
 Ni: < 0,30 %, preferentemente < 0,10 % y más preferentemente < 0,03 %,
 V: 0,05 – 0,30 %, preferentemente 0,08 – 0,25 % y más preferentemente 0,10 – 0,20 %,
 Zr: 0,05 – 0,25 %, preferentemente 0,08 – 0,20 %,
 Ti: 0,01 – 0,35 %, preferentemente 0,05 – 0,25 % y más preferentemente 0,10 – 0,20 %,
 50 otros elementos en total < 0,15 % y 0,05 % cada uno,
 resto aluminio.

Descripción de las figuras

55 La figura 1 representa una serie de cuatro probetas coladas en coquilla, de la empresa Rio Tinto Alcan, de ¼" de diámetro (6,35 mm).

La figura 2 representa curvas de análisis entálpico diferencial para las aleaciones AlCu4,7MnVZrTi que tienen una proporción de magnesio de 0 %, 0,09 % y 0,13 %.

60

La figura 3 muestra resultados de ensayos de fluencia a 300 °C en las aleaciones AlCu4,7MnVZrTi tratadas T7 y AlSi7Cu3,5MnVZrTi también tratadas T7 que tienen una proporción de magnesio variable de entre un 0 % y un 0,13 % y de entre un 0,1 % y un 0,15 %, respectivamente.

65 Descripción de la invención

La invención radica en una constatación de la solicitante de que es posible aportar mejoras muy importantes a las características más arriba mencionadas de la antigua aleación 224 (según la AA) y resolver así el problema planteado, y esto, en particular, por adición de una cantidad limitada de magnesio.

5 En efecto, la adición de una pequeña cantidad de magnesio, del orden de entre 0,10 y 0,15 %, permite aumentar considerablemente el límite elástico y la resistencia de la aleación, no sólo a temperatura ambiente sino también en caliente, en particular a 250-300 °C y más.

10 La mayor ganancia relativa se obtiene a temperatura ambiente: tal como se expone en los ejemplos que siguen y los cuadros 6, 7, 8, el límite elástico pasa de unos 190 MPa sin magnesio a unos 340 MPa con sólo un 0,09 % y después a más de 390 MPa con un 0,13 %. Si se considera el promedio de los resultados obtenidos con un 0,09 % y un 0,13 % de magnesio, las ganancias observadas de límite elástico y resistencia a temperatura ambiente son notables: en términos relativos, + 96 % y + 29 %, respectivamente. El alargamiento, en cambio, baja sensiblemente de la mitad pero sigue conservando un grado conveniente de entre un 6 y un 8 %.

15 A alta temperatura, 250 y después 300 °C, las ganancias obtenidas gracias a la adición de magnesio permanecen aunque disminuyen. Las ganancias observadas de límite elástico y resistencia son respectivamente de un 35 y un 13 % en términos relativos a 250 °C, y de un 27 y un 8 % en términos relativos a 300 °C. Contrariamente a lo que se pudiera pensar, la adición de magnesio no perjudica la estabilidad en caliente de las fases endurecedoras y sigue siendo ventajosa, por lo menos hasta los 300 °C y aún más cuando la pérdida de alargamiento disminuye a estas altas temperaturas.

20 Además, la adición de magnesio mejora considerablemente la resistencia a la fluencia en caliente, lo que, por ejemplo, reduce por aproximadamente 2 la deformación observada después de 300 h a 300 °C a una tensión de 30 MPa. La adición de magnesio no perjudica pues la estabilidad en caliente, contrariamente a la filosofía que ha llevado a la definición de las aleaciones AlCu5NiCoZr (203, según la AA) y AlCu5MnVZr (224, según la AA) clásicas exentas de magnesio.

25 Es interesante situar el nivel medio de eficiencia de la aleación según la invención (para mayor sencillez, la media de las características de las aleaciones que tienen un 0,09 % y un 0,13 % de magnesio ha sido atribuida a la aleación denominada "AlCu4,7MnMg_{med}VZrTi") con respecto a algunas aleaciones para culatas a base de aluminio y silicio. El cuadro 3 recopila las características mecánicas.

Cuadro 3

Aleación / tratamiento térmico	T° ambiente			250 °C			300 °C		
	Rp 0,2	Rm	A	Rp 0,2	Rm	A	Rp 0,2	Rm	A
AlCu4,7MnMg _{med} VZrTi T7	369	451	7,4	182	226	9,8	125	158	14,8
AlSi5Cu3Mg F	172	237	2,1	107	133	5,8	60	86	12
AlSi7Mg0,3Ti T7	257	299	9,9	55	61	34,5	40	43	34,5
AlSi7Cu0,5Mg0,3Ti T7	275	327	9,8	66	73	34,5	40	44	34,6
AlSi7Cu3,5Mg0,15MnVZrTi T7	306	392	5,2	101	115	27	60	70	31

35 En lo que se refiere a la resistencia a la fluencia a 300 °C, la aleación según la invención, sometida a un tratamiento T7, puede compararse con la AlSi7Cu3,5Mg0,15MnVZrTi, también sometida a un tratamiento T7 y también elaborada por la solicitante que la considera como la más resistente a la fluencia de la serie de aleaciones de aluminio y silicio del cuadro anterior. La curva de la figura 3 muestra la gran superioridad de la AlCu4,7MnMgVZrTi, que se deforma sensiblemente 4 veces menos en las mismas condiciones.

40 Así, aparece que se alcanza el objetivo de progreso que rompe con las aleaciones existentes gracias a la adición de magnesio a una base de tipo AlCu5MnVZrTi.

45 Aunque la adición de magnesio baje progresivamente la temperatura de quemado no equilibrada, sigue posible disolver la aleación a 525 °C o 528 °C, tal como se hace, por ejemplo, de manera bastante clásica con las aleaciones A206 y B206. Un tratamiento por etapas permite tratar la aleación eventualmente a una temperatura final un poco más alta, pero este tratamiento por etapas no es imprescindible, habida cuenta de los resultados muy elevados obtenidos con un tratamiento isotérmico por debajo de la temperatura de quemado.

50 La proporción de magnesio se puede aumentar más allá del ámbito ya experimentado en los ejemplos. En caso de buscar únicamente una resistencia y una dureza muy elevadas, con una exigencia de ductilidad reducida, se puede contemplar un grado máximo de un 0,38 %, habida cuenta de que la temperatura de quemado resulta más baja y que el tratamiento térmico tiene que adaptarse. La proporción mínima para obtener un efecto endurecedor

significativo es del orden de un 0,05 %. Un ámbito más restringido es de entre un 0,07 % y un 0,30 % y el ámbito preferente, que corresponde a los compromisos resistencia – ductilidad – fluencia, cuantificado en los ejemplos y que tiene un ancho industrialmente aceptable, es de entre un 0,08 y un 0,20 %, incluso un 0,09 y un 0,13 %.

- 5 Por lo que se refiere a los otros elementos que componen el tipo de aleación según la invención, sus proporciones se justifican por medio de las siguientes consideraciones:

10 Silicio: Suele ser perjudicial para la ductilidad y puede bajar la temperatura de quemado. En cambio, mejora las propiedades de fundición y, en particular, es susceptible de reducir la agrietabilidad, incluso en pequeña proporción, tal como se describe en el ASM Handbook, volumen 15, edición 2008. Se necesita una proporción mínima de un 0,02 %. Se puede contemplar una proporción máxima de un 0,50 % para piezas muy rápidamente solidificadas o que no necesiten un alargamiento, pero suele ser preferente menos de un 0,20 %, incluso de un 0,06 %.

15 Hierro: Es perjudicial para la ductilidad pero en cambio disminuye la agrietabilidad, tal como se describe también en el ASM Handbook, volumen 15, edición 2008. Además, limitarlo a una proporción muy baja aumenta evidentemente el coste de la pieza. Es ventajosa pues una proporción mínima de un 0,02 %. Se puede contemplar una proporción máxima de un 0,30 % para piezas muy rápidamente solidificadas o que no necesiten un alargamiento, pero suele ser preferente menos de un 0,20 % para grandes series automóviles, incluso menos de un 0,12 % y hasta menos de un 0,06 % para piezas extremadamente solicitadas.

20 Cobre: Endurece la aleación mientras aumenta el límite elástico y la resistencia y disminuye el alargamiento. La horquilla de la antigua aleación 224 era de un 4,5 a un 5,5 %. La experiencia adquirida por la solicitante con la B206 indica que es ventajoso limitar el cobre a un máximo de 4,9 % porque, más allá, es muy difícil volver a disolver el cobre. Ya que los presentes resultados, obtenidos con un cobre de entre un 4,7 y un 4,8 %, muestran que la resistencia a temperatura ambiente obtenida con adición de magnesio es muy elevada pero que el alargamiento ha bajado con respecto a la antigua aleación 224 sin magnesio, es lógico prever la posibilidad de reducir el cobre por debajo de un 4,5 % y más especialmente hasta un 3,5 %. La solicitante efectuó trabajos sobre la aleación B206 cuyos resultados, que considera aplicables a la aleación según la invención, muestran que una reducción de cobre de entre un 5,0 % y un 4,0 % permite una ganancia de alargamiento notable a pesar de una pérdida de resistencia que aún queda superior a los 400 MPa. En determinados casos de culatas, es posible aceptar una reducción de la resistencia incluso un poco más importante para privilegiar el alargamiento y reducir el cobre hasta un 3,5 %. Se pueden elegir subcategorías entre un 3,5 % y un 4,9 %, según el compromiso de características deseado para la pieza específica. De forma general, subcategorías centradas en un 4,3 % o un 4,4 % tales como un 3,8 – 4,9 % y más bien un 4,0 – 4,8 % llevan a un compromiso bastante equilibrado.

35 Manganeso: Este elemento no tiene que exceder un 0,70 % para no exponerse a la formación de fases intermetálicas gruesas. Ya que suele mejorar las propiedades mecánicas, especialmente en caliente, es preferente un ámbito de un 0,20 – 0,50 % análogo a aquello de las aleaciones de tipo 206.

40 Zinc: Este elemento es una impureza que, en gran proporción, puede disminuir las propiedades mecánicas y hacer que el baño líquido sea más oxidable. Para facilitar el uso de metal reciclado, es posible considerar una tolerancia de hasta un 0,30 % pero preferentemente menos de un 0,10 % y hasta menos de un 0,03 % para piezas de alta eficiencia.

45 Níquel: Suele contribuir a la resistencia mecánica en caliente pero reduce considerablemente el alargamiento. Ya que la resistencia en caliente se obtiene, en la invención, por adición de otros elementos tales como cobre, magnesio, vanadio y circonio, el níquel se considera como una impureza que se limita a un 0,30 % como máximo, para facilitar el uso de metal reciclado, preferentemente a un 0,10 % y más preferentemente a un 0,03 % para piezas de alta eficiencia.

50 Vanadio: Este elemento peritético mejora, en particular, la resistencia a la fluencia en caliente. La solicitante observó, en otra base de aleación que contiene silicio, que se mejora mucho la resistencia a la fluencia entre un 0 y un 0,05 %, que luego se mejora más progresivamente entre un 0,05 % y un 0,17 % y que es estable, en una excelente proporción, más allá de un 0,17 %. Así, no parece ser deseable limitar la proporción máxima de vanadio a un 0,15 % tal como en la antigua 224. En la aleación según la invención, se prevé una proporción de entre un 0,05 y un 0,30 %, que podrá reducirse a subcategorías más estrechas de entre un 0,08 y un 0,25 % y preferentemente de entre un 0,10 y un 0,20 %.

60 Circonio: Este elemento peritético también mejora, en particular, la resistencia a la fluencia en caliente y su efecto es aditivo al del vanadio. Se elige una proporción de entre un 0,05 y un 0,25 % y preferentemente de entre un 0,08 y un 0,20 %.

65 Titanio: Este elemento peritético tiene dos efectos distintos: por una parte, suele usarse como elemento afinador del grano, muchas veces en combinación con la adición de una aleación madre o de sal, por adición de titanio y boro. Sin embargo, existen otras prácticas de afino que consisten en adicionar sólo productos conteniendo titanio y boro, incluso boro solo, y, en este último caso, la presencia de titanio no es favorable. Por otra parte, el titanio contribuye a

la correcta resistencia a la fluencia en caliente, aunque menos que el vanadio y el circonio, tal como lo observó la solicitante. Ha sido elegido una proporción máxima de un 0,35 %, preferentemente una adición de entre un 0,05 y un 0,25 % y más preferentemente de entre un 0,10 y un 0,20 %.

5 Los otros elementos se tienen que considerar como impurezas. Para facilitar el reciclaje, se puede tolerar, para ciertas piezas, una proporción total máxima de un 0,50 % pero, para las piezas solicitadas, se eligen preferentemente proporciones máximas de 0,15 % en total y 0,05 % cada una.

Ejemplos

10 En un horno eléctrico de 35 kg, se elaboró una serie de tres composiciones de aleaciones que se describen en el cuadro 4 y cuyos elementos se expresaron en porcentaje ponderal.

Cuadro 4

Referencia	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	V	Zr
0 Mg	0,09	0,14	4,83	0,34	0	0,18	0,21	0,14
0,09 Mg	0,08	0,14	4,74	0,33	0,09	0,22	0,17	0,13
0,13 Mg	0,09	0,14	4,81	0,33	0,13	0,2	0,17	0,13

15 Estas aleaciones se afinaron por adición de AlTi5B (se añadieron así 30 ppm de titanio) y se desgasificaron por medio de un tratamiento de 10 minutos realizado con un rotor de grafito que giraba a 300 revoluciones por minuto con un caudal de argón de 5 litros por minuto, debajo de un flujo de lavado MgCl₂ 60 % - KCl 40 %.

20 Después, se colaron probetas en coquilla de ¼” de diámetro (6,5 mm) del tipo de la empresa Rio Tinto Alcan, representadas en la figura 1 y destinadas a los ensayos de tracción, así como probetas en coquilla ASTM B108 de ½” de diámetro (12,7 mm) destinadas a servir de pieza en bruto para las probetas de fluencia de 4 mm de diámetro. La figura 1 representa más especialmente una serie 10 de 4 probetas 11 de la empresa Rio Tinto Alcan, coladas en coquilla y que tienen una sección de ¼” de diámetro (6,35 mm). Esta serie 10 emplea, a escala 1/2, el diseño de la probeta ASTM B108.

25 En un primer tiempo, se determinó la temperatura de quemado de las diferentes composiciones, por medio de análisis entálpicos diferenciales (AED) realizados en discos mecanizados en las probetas coladas. La velocidad de subida de la temperatura fue de 20 °C/minuto. Las curvas de AED se representan en la figura 2. Claro está que las temperaturas de quemado observadas, que corresponden a los picos de fusión, dependen de la proporción de magnesio, tal como se indica en el cuadro 5:

Cuadro 5

Proporción de Mg (%)	Temperatura de quemado (°C)
0	542,7
0,09	538,2
0,13	533,9

35 La temperatura de quemado se desplaza progresivamente hacia las temperaturas más bajas conforme va aumentando la proporción de Mg de un 0 % a un 0,09 % y después a un 0,13 %.

40 Luego, estas 3 aleaciones se sometieron a un tratamiento térmico por medio de una disolución, con una etapa preliminar de 2 h a 495 °C y después una etapa principal de 12 h a 528 °C, seguida de un temple en agua a 65 °C y un revenido de 4 h a 200 °C. Se obtiene así una aleación en el estado T7.

45 Previamente a este tratamiento térmico, las piezas en bruto destinadas a los ensayos de fluencia se sometieron a una compactación isostática en caliente a 1000 bar y 485 °C durante 2 h, para eliminar todas las microporosidades que pudieran perjudicar seriamente los ensayos, habida cuenta del pequeño diámetro de la probeta.

Las características mecánicas estáticas se midieron a temperatura ambiente, a 250 °C y 300 °C. En estos dos últimos casos, se precalentaron las probetas durante 100 h a la temperatura considerada antes de su tracción.

50 Los resultados figuran en los cuadros 6, 7 y 8:

Cuadro 6: Características mecánicas a temperatura ambiente

Aleación	Rp 0,2	Rm	A
Mg (%)	MPa	MPa	%
0	187,8	349,3	15,3

0,09	344,5	435	8,2
0,13	393,4	466,4	6,6

Cuadro 7: Características mecánicas a 250 °C

Aleación	Rp 0,2	Rm	A
Mg (%)	MPa	MPa	%
0	134,7	199,5	10,7
0,09	172,2	223,7	7,3
0,13	191,4	228,8	12,2

Cuadro 8: Características mecánicas a 300 °C

Aleación	Rp 0,2	Rm	A
Mg (%)	MPa	MPa	%
0	98,3	147,1	14,5
0,09	130,2	167,2	11,2
0,13	120	149,4	18,3

5

Se realizaron ensayos de fluencia a 300 °C en las siguientes condiciones:

10 Las probetas de 4 mm de diámetro en la zona útil, mecanizadas en las piezas en bruto de 12,7 mm de diámetro, se precalentaron durante 100 h a 300°C en un horno separado, se colocaron después en la máquina de fluencia y se estabilizaron de nuevo durante ½ h a 300 °C antes de ponerlas bajo una carga constante de 30 MPa. Entonces, se registra continuamente la deformación en porcentaje durante un tiempo de 300 h a 300 °C. El principal criterio utilizado para la interpretación de los ensayos es la deformación obtenida al cabo de 300 h.

15

El cuadro 9 recopila los resultados:

Cuadro 9: Fluencia a 300 °C bajo 30 MPa

Proporción de magnesio (%)	Deformación (en %) al cabo de 300 h
0	0,26
0,09	0,13
0,13	0,14

20

Estos resultados se recopilan en la figura 3 en la que aparecen también, a modo de referencia, los resultados obtenidos por la solicitante con una serie de aleaciones de tipo AISi7Cu3,5MnVZrTi con distintas proporciones de Mg.

25

Entonces, es posible moldear una pieza a partir de la aleación ventajosa más arriba definida, esta pieza puede ser, en particular, una culata o un inserto de culata o de otra pieza que necesita una alta resistencia mecánica estática a la temperatura ambiente y en caliente y una alta resistencia a la fluencia en caliente, en particular a 300 °C.

Ventajosamente, la pieza se somete a un tratamiento T7, aunque pueda considerarse también un tratamiento T6.

30

Así, recientemente, un nuevo procedimiento de fundición llamado "moldeo por ablación" ha sido introducido en América del Norte. Este procedimiento ha sido descrito en el artículo "Ablación Casting" de J. Grassi, J. Campbell, M. Hartlieb y F. Major presentado ante el TMS 2008. Este procedimiento consiste en colar la pieza en un molde de arena con un ligante bastante aislante y, cuando ésta ha alcanzado por lo menos localmente una fracción sólida suficiente, en regar el molde con uno o varios chorros de agua para disolver instantáneamente el ligante de la arena y provocar la destrucción del molde. Entonces, la pieza en curso de solidificación se expone directamente al impacto del agua que saca muy rápidamente las calorías (de manera análoga a lo que se observa, por ejemplo, en la colada continua vertical de lingotes de aluminio). Esto lleva a una solidificación muy rápida de la aleación y a la obtención de estructuras finas que tienen características mecánicas elevadas, iguales e incluso superiores a las que se obtienen con la colada en coquilla en molde metálico.

40

El moldeo por ablación conviene particularmente para el moldeo de las aleaciones con alta agrietabilidad. Inicialmente, se trata de un moldeo en un molde de arena que impide muy poco la contracción y después, tras la ablación del molde, el final de la solidificación se efectúa sin ningún molde rígido. Además de garantizar una alta velocidad de solidificación, el procedimiento lleva a elevados gradientes de temperatura porque la aspersion suele ser progresiva, empezando en determinadas zonas seleccionadas y progresando hacia los puntos de fin de solidificación donde es posible fijar los contrapesos. Esto también favorece ventajosamente el uso de aleaciones que tienen una baja capacidad de alimentación del rechupe, tales como las aleaciones de aluminio y cobre, entre las que la aleación según la invención.

45

Así, la invención también tiene por objeto un procedimiento para moldear una pieza a partir de la aleación según la invención, en particular un inserto o una culata, cuyas etapas consisten en:

- 5
- suministrar un molde formado a partir de un agregado y un ligante hidrosoluble;
 - colar la aleación en el molde;
 - proyectar agua sobre el molde de manera que se disgregue el molde y se enfríe el inserto o la culata para acelerar la solidificación de la aleación.
- 10

Ventajosamente, la realización de este procedimiento permite la producción en gran serie de piezas moldeadas con la aleación según la invención, cuyas propiedades mecánicas en caliente son mucho más elevadas que las de las aleaciones de aluminio y silicio.

15 Sin embargo, las perspectivas de empleo de aleaciones de aluminio y cobre de alta resistencia en caliente no se limitan al procedimiento por ablación: existen otros modos, entre los que la fundición en molde de arena clásica, eventualmente combinada con enfriadores metálicos, y el moldeo en molde metálico en coquilla, eventualmente con modificación de las marcas de las piezas, lo que permite aceptar propiedades de fundición inferiores para esta familia de aleaciones.

20

REIVINDICACIONES

1. Pieza moldeada de alta resistencia mecánica estática a la temperatura ambiente y en caliente y alta resistencia a la fluencia en caliente, en particular a 300 °C y más, colada, de aleación de aluminio, que tiene la siguiente composición química expresada en porcentaje en peso:
 5 Si: 0,02 – 0,50 %
 Fe: 0,02 – 0,30 %
 Cu: 3,5 – 4,9 %
 Mn: < 0,70 %
 10 Mg: 0,05 – 0,20 %
 Zn: < 0,30 %
 Ni: < 0,30 %
 V: 0,05 – 0,30 %
 Zr: 0,05 – 0,25 %
 15 Ti: 0,01 – 0,35 %
 otros elementos en total < 0,15 % e inferior a un 0,05 % cada uno, resto aluminio.
2. Pieza moldeada según la reivindicación 1, caracterizada por lo que la proporción de magnesio está comprendida entre un 0,07 y un 0,20 %.
3. Pieza moldeada según una de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizada por lo que la proporción de magnesio está comprendida entre un 0,08 y un 0,20 % y preferentemente entre un 0,09 y un 0,13 %.
- 25 4. Pieza moldeada según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por lo que la proporción de cobre está comprendida entre un 3,8 y un 4,9 % y preferentemente entre un 4,0 y un 4,8 %.
5. Pieza moldeada según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por lo que la proporción de vanadio está comprendida entre un 0,08 y un 0,25 % y preferentemente entre un 0,10 y un 0,20 %.
- 30 6. Pieza moldeada según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por lo que la proporción de circonio está comprendida entre un 0,08 y un 0,20 %.
7. Pieza moldeada según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por lo que la proporción de titanio está comprendida entre un 0,05 y un 0,25 % y preferentemente entre un 0,10 y un 0,20 %.
- 35 8. Pieza moldeada según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por lo que la proporción de silicio está comprendida entre un 0,02 y un 0,20 % y preferentemente entre un 0,02 y un 0,06 %.
- 40 9. Pieza moldeada según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por lo que la proporción de hierro está comprendida entre un 0,02 y un 0,20 %, preferentemente entre un 0,02 y un 0,12 % y más preferentemente entre un 0,02 y un 0,06 %.
- 45 10. Pieza moldeada según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por lo que la proporción de manganeso está comprendida entre un 0,20 y un 0,50 %.
11. Pieza moldeada según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por lo que la proporción de zinc es inferior a un 0,10 % y preferentemente inferior a un 0,03 %.
- 50 12. Pieza moldeada según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizada por lo que la proporción de níquel es inferior a un 0,10 % y preferentemente inferior a un 0,03 %.
13. Pieza moldeada según una de las anteriores reivindicaciones, que ha sido sometida a un tratamiento térmico de tipo T7 o T6.
- 55 14. Inserto que comprende una pieza moldeada según una de las reivindicaciones 1 a 13.
15. Inserto según la reivindicación 14, caracterizado por lo que el correspondiente inserto está constituido principalmente por la pieza moldeada.
- 60 16. Culata que comprende una pieza moldeada según una de las reivindicaciones 1 a 13 o un inserto según una cualquiera de las reivindicaciones 14 y 15.
- 65 17. Procedimiento para moldear un inserto según una cualquiera de las reivindicaciones 14 y 15 o una culata según la reivindicación 16, que comprende las etapas que consisten en:

ES 2 601 809 T3

- suministrar un molde formado a partir de un agregado y un ligante hidrosoluble;
 - colar la aleación en el molde;
- 5
- proyectar agua sobre el molde de manera que se desagregue el molde y se enfríe el inserto o la culata.

Figura 1

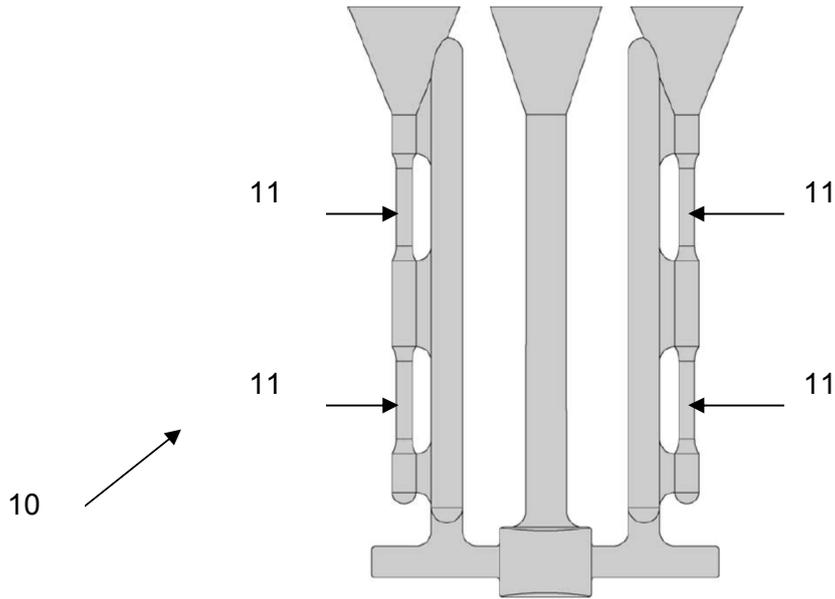


Figura 2

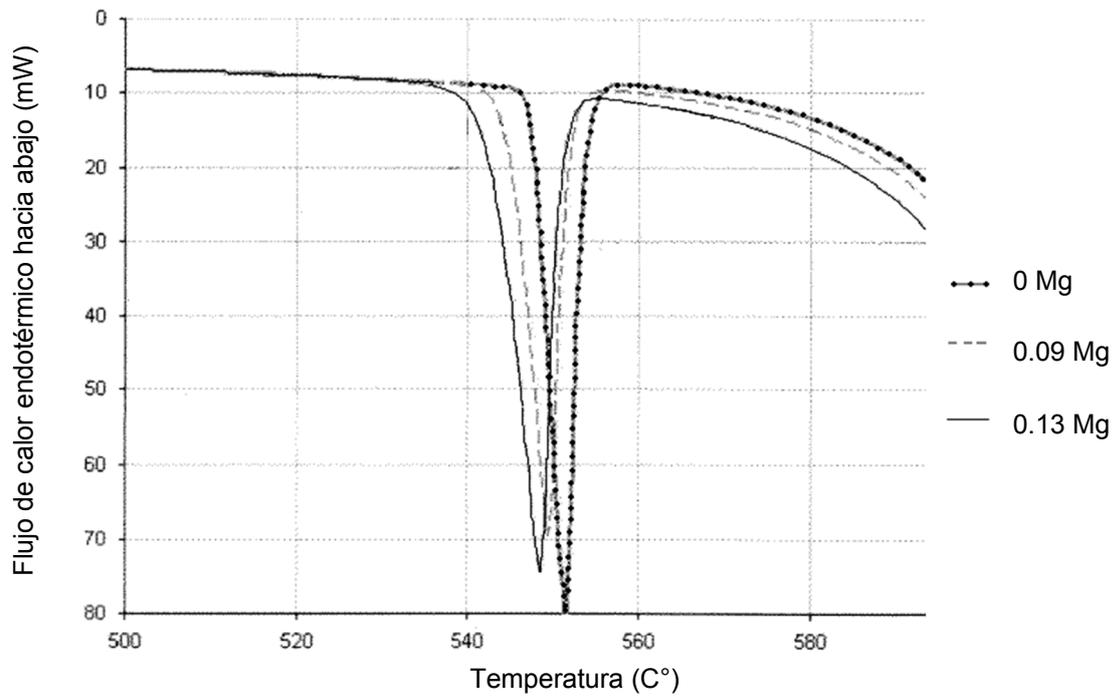


Figura 3

