

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 466 345**

51 Int. Cl.:

**C22C 21/02** (2006.01)

**C22C 21/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2012 E 12165829 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2014 EP 2657360**

54 Título: **Aleación de colada a presión a base de Al-Si que presenta, en particular, aluminio secundario**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.06.2014**

73 Titular/es:

**AUDI AG (50.0%)  
85045 Ingolstadt, DE y  
AMAG CASTING GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

**HAUCK, JAN;  
HUMMEL, MARC;  
SUPPAN, HELMUT;  
BÖTTCHER, HOLM;  
FRAGNER, WERNER;  
UGGOWITZER, PETER, PROF. DR.;  
BÖSCH, DOMINIK y  
HÖPPEL, HEINZ WERNER**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 466 345 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Aleación de colada a presión a base de Al-Si que presenta, en particular, aluminio secundario

La invención se refiere a una aleación de colada a presión a base de Al-Si que presenta, en particular, aluminio secundario.

5 Se pueden obtener aleaciones económicas de colada a presión, por ejemplo, a partir de chatarras de aluminio, sin embargo, por norma general contienen, de forma desventajosa, impurezas indeseadamente elevadas en forma de partes de aleación de hierro, cobre y cinc (documento EP1111077A1). Esto conduce no solamente a un reducido potencial de ductilidad, sino que puede tener también influencias negativas sobre la resistencia así como la sensibilidad a temple rápido de la aleación de colada a presión. Por el estado de la técnica se conocen las más  
10 diversas medidas para la mutua ponderación de los elementos de la aleación así como diversas propuestas para adiciones por aleación –en particular para compensar con ello las influencias negativas de las impurezas–.

De este modo, por el documento JP9-003610 es conocida una aleación de colada a presión con del 5 al 13 % en peso de Si, con como máximo el 0,5 % en peso de Mg, con del 0,1 al 1,0 % en peso de Mn y con del 0,1 al 2,0 % en peso de Fe. A este respecto, el Mn debe respaldar, por ejemplo, la configuración de cristales aciculares de Al-Fe-Si para evitar una reducción de la resistencia. Además, para obtener las propiedades de colada, el Mg se ha de mantener en un contenido lo más reducido posible de como máximo el 0,5 % en peso. Las impurezas de Cu y Zn, tal como aparecen en aluminio secundario habitualmente en considerables cantidades, no son tenidas en cuenta en la aleación de colada a presión en el documento JP9-00361 0.

El documento DE102004013777B4 propone una aleación de colada con del 5 al 18 % en peso de Si, con del 0,15 al 0,45 % en peso de Mn, con del 0,2 al 0,6 % en peso de Fe, con del 0,3 al 0,5 % en peso de Mg, con eventualmente del 0,1 al 0,5 % en peso de Cu y con del 4 al 5 % en peso de Zn. El contenido de como máximo el 0,5 % en peso de magnesio ha de evitar la generación de fases de Mg-Fe-'pi' para obtener de este modo la dilatabilidad. El Cu ha de mejorar la resistencia térmica de la aleación, habiéndose de limitar el contenido de cinc a del 4 al 5 % en peso para ajustar, de este modo, la resistencia y sensibilidad a temple rápido de la aleación. De forma desventajosa, sin embargo, una composición de este tipo de elementos de aleación, en particular debido al contenido comparativamente elevado de cinc, puede presentar una reducida resistencia a la corrosión, lo que puede conducir a limitaciones en cuanto a la técnica de seguridad de piezas producidas a partir de esto de colada a presión.

Además, por el documento DE102009012073A1 es conocida una aleación de colada a presión con del 9 al 11 % en peso de Si, con como máximo el 0,6 % en peso de Fe, con del 0,2 al 0,6 % en peso de Mn, con del 0,05 al 0,4 % en peso de Cu, con del 0,2 al 0,35 % en peso de Mg y con como máximo el 0,35 % en peso de Zn. Ciertamente, el documento DE102009012073A1 trata de aluminio secundario –por los límites inferiores ajustados de forma comparativamente reducidos de contenidos admisibles de Cu y Zn está comparativamente limitada la diversidad de aluminio secundario que se puede usar–. Además, una composición de este tipo no puede posibilitar una resistencia, ductilidad y colabilidad comparativamente elevadas, ya que Zn como impureza se ha de limitar a un grado reducido. Algo similar se conoce también por el documento DE102005061668A1, de acuerdo con el cual se ha de mantener el contenido de Zn en la aleación de colada a presión por debajo del 0,05 % en peso.

Por lo tanto, el objetivo de la invención es crear, partiendo del estado de la técnica que se ha explicado al principio, una aleación de colada a presión a base de Al-Si que, a pesar del uso de aluminio secundario, pueda posibilitar piezas de colada a presión con elevadas exigencias en relación con resistencia, ductilidad y resistencia a reacción química, en particular resistencia a la corrosión. Además, esta aleación de colada a presión debe poder asegurar, en cuanto a la técnica de colada a presión, tanto una deformación compleja como una facilidad excelente de desmoldeo y ofrecer, en las piezas constructivas producidas a partir de la misma, una mecanizabilidad excelente.

La invención resuelve el objetivo planteado al presentar la aleación de colada a presión

- del 6 al 12 % en peso de silicio (Si),
- al menos el 0,3 % en peso de hierro (Fe),
- al menos el 0,25 % en peso de manganeso (Mn),
- al menos el 0,1 % en peso de cobre (Cu),
- del 0,24 al 0,8 % en peso de magnesio (Mg) y

## ES 2 466 345 T3

del 0,40 al 1,5 % en peso de cinc (Zn)

y la aleación de colada a presión

de 50 a 300 ppm de estroncio (Sr) y/o

de 20 a 250 ppm de sodio (Na) y/o

de 20 a 350 ppm de antimonio (Sb),

así como al menos uno de los siguientes constituyentes en

como máximo el 0,2 % en peso de titanio (Ti);

como máximo el 0,3 % en peso de zirconio;

como máximo el 0,3 % en peso de vanadio (V);

5 y como resto aluminio así como impurezas inevitables debido a la producción, siendo la parte total de Fe y Mn en la aleación de colada a presión conjuntamente como máximo el 1,5 % en peso, el cociente de los porcentajes en peso de Fe y Mn de 0,35 a 1,5 y el cociente de los porcentajes en peso de Cu y Mg de 0,2 a 0,8.

10 Al admitir un % en peso comparativamente elevado de impurezas, tal como se propone también de acuerdo con la invención para hierro, cobre y cinc, se puede poner a disposición una aleación de colada a presión económica a base de Al-Si, debido a que esencialmente la parte de aluminio primario se reduce o incluso se prescinde del mismo por completo y, por tanto, el aluminio secundario se puede emplear en mayor medida para la generación de piezas de colada. No obstante, esto no es posible hasta que los constituyentes de aleación de la aleación de colada de acuerdo con la invención se fuerzan a límites particulares de contenido para aproximarse, con ello, a los parámetros conocidos del aluminio primario (por ejemplo: valores de resistencia, valores de ductilidad, resistencia a reacción química, mecanizabilidad y/o colabilidad).

Fe, Mn:

15 De este modo, un cociente de los porcentajes en peso de Fe y Mn de 0,35 a 1,5 puede conducir a que, a pesar de un contenido de hierro comparativamente elevado, se pueda reducir claramente la formación de la fase  $\beta$  (por ejemplo:  $Al_5FeSiAl_{8,9}Fe_2Si_2$ ) en la estructura, que se deposita en forma de agujas finas. Se puede contar con una aparición aumentada de la fase  $\alpha$  que puede estar presente a causa del contenido de manganeso de acuerdo con la invención del al menos el 0,25 % en peso como  $Al_{15}(FeMn)_3Si_2$ . Esta fase  $\alpha$  cristaliza en forma globulítica y debido a su estructura compacta puede tener una influencia claramente más favorable sobre la ductilidad de lo que es conocido por las fases  $\beta$  aciculares. De este modo se puede asegurar una aleación de colada a presión con una ductilidad comparativamente alta. En general se menciona además que debido a esta proporción de Fe/Mn en combinación con elevadas velocidades de enfriamiento (por ejemplo: debido a una refrigeración acelerada) sus fases y, por tanto, su influencia sobre la estructura se pueden mantener comparativamente reducidas. Si adicionalmente se limita la parte total de Fe y Mn en la aleación de colada a presión a como máximo el 1,5 % en peso, se puede reducir adicionalmente también la configuración de fases  $\alpha$  gruesas incluso aunque se apliquen las velocidades de enfriamiento altas efectuadas habitualmente en procedimientos de colada a presión. Las especificaciones de concentración para Fe y Mn, por tanto, pueden favorecer en particular la ductilidad de la aleación de colada a presión.

30 Cu, Mg:

35 Mediante la inclusión y/o ajuste de un exceso de magnesio, al ser el cociente de los porcentajes en peso de Cu y Mg de 0,2 a 0,8, y teniendo en cuenta que se prevé al menos el 0,1 % en peso de Cu y del 0,24 al 0,8 % en peso de Mg, se puede unir esencialmente el cobre presente en la fase Q ( $Al_5Cu_2Mg_8Si_6$ ) que se forma preferentemente. Esta especificación de concentración, por tanto, puede evitar la formación de fases vulnerables a la corrosión tales como, por ejemplo, la fase tao ( $Al_5Cu_4Zn$ ) o la fase theta ( $Al_2Cu$ ), de tal manera que a pesar de porcentajes en peso comparativamente elevados de Cu, lo que se aprovecha de acuerdo con la invención para mejorar el termoendurecimiento de la aleación de colada a presión, se puede conservar también una elevada resistencia a la corrosión. Además, gracias a este exceso de magnesio se puede mejorar el mecanismo de endurecimiento de la aleación, ya que se une una parte del Mg en la fase Q ( $Al_5Cu_2Mg_8Si_6$ ) y, por tanto, a este respecto se pueden superar límites conocidos que se ajustan debido a una deposición excesiva de prefases de  $Mg_2Si$ . Las especificaciones de concentración en relación con Cu y Mg, por tanto, pueden satisfacer exigencias particularmente elevadas de la aleación de colada a presión en relación con resistencia y resistencia a reacción química. Además,

gracias a la proporción de concentración propuesta de Cu y Mg se ha podido conseguir una mecanizabilidad mejorada, por ejemplo, en relación con la soldabilidad y remachabilidad de piezas constructivas de esta aleación de colada a presión.

Mg, Fe, Mn:

5 Además se ha podido constatar que la introducción y/o el ajuste del exceso de magnesio que se ha mencionado anteriormente frente a Cu también se puede aprovechar para unir el contenido aumentado de Fe de la aleación de colada a presión en una fase pi ( $Al_8FeMg_3Si_6$ ). De este modo se puede reducir, por un lado, la fase  $\beta$  (por ejemplo:  $Al_5FeSi/Al_{8,9}Fe_2Si_2$ ) que perjudica la ductilidad, debido a que está disponible menos Fe para la formación de esta fase  $\beta$ , pero en particular con ello, por otro lado, también se ha podido reducir el contenido de Mn en la aleación de colada a presión, debido a que la fase pi (por ejemplo:  $Al_8FeMg_3Si_6$ ) se puede usar para recoger el Fe. De este modo se pueden reducir los problemas de colada a presión que la mayoría de las veces se tienen que asumir a causa de un contenido aumentado de Mn para la compensación de efectos de Fe. Una deformación compleja y también una facilidad excelente de desmoldeo se pueden asegurar gracias a los límites particulares de contenidos de Mg, Fe, Mn junto con sus especificaciones de concentración.

15 Zn:

La resistencia de la aleación, por ejemplo, debido a una interacción de las prefases de  $Mg_2Si$  y la fase Q ( $Al_5Cu_2Mg_8Si_6$ ) se puede continuar mejorando debido a endurecimiento de cristales mixtos con ayuda de una inclusión de cinc. Para esto se ha de ajustar el cinc en los límites de contenido del 0,40 al 1,5 % en peso. Además, esto puede favorecer la ductilidad de la aleación de colada a presión. En la aleación de colada a presión con ello se puede reducir una posible influencia negativa de un contenido comparativamente alto de Mg sobre su ductilidad. Además, los límites de contenido de acuerdo con la invención de Zn se pueden caracterizar por la mejora de la colabilidad de la aleación de colada a presión, por lo que las alteraciones a este respecto a causa de los límites propuestos de contenido de Mn en la aleación de colada a presión se pueden compensar sustancialmente.

25 La aleación de colada a presión equilibrada en los constituyentes de aleación Fe, Mn, Cu, Mg y Zn a base de Al-Si, por tanto, puede combinar entre sí una ductilidad comparativamente elevada, resistencia a la corrosión, resistencia, colabilidad y mecanizabilidad y, de este modo, superar los límites de parámetros conocidos por el estado de la técnica, incluso aunque la aleación de colada a presión presente aluminio secundario y/o se añada a la misma o por ello conduzca a contenidos comparativamente elevados de impurezas.

30 Con el fin del refinado permanente, la aleación de colada a presión puede presentar de 50 a 300 ppm de estroncio (Sr) y/o de 20 a 250 ppm de sodio (Na) y/o de 20 a 350 ppm de antimonio (Sb). Opcionalmente, para afinar el grano de la aleación de colada a presión puede resultar ventajoso como máximo el 0,2 % en peso de titanio (Ti) y/o como máximo el 0,3 % en peso de zirconio y/o como máximo el 0,3 % en peso de vanadio (V). La aleación de colada a presión puede complementarse, respectivamente, hasta el 100 % en peso con Al, pudiendo conducir esta aleación de colada a presión también a impurezas inevitables debido a la producción. En general se menciona que la aleación de colada a presión puede presentar impurezas con, respectivamente, como máximo el 0,1 % en peso y en total como mucho el 1 % en peso.

Por motivo de completitud se menciona que por aluminio secundario se puede entender aluminio o una aleación de aluminio obtenida de chatarra de aluminio.

40 La resistencia, ductilidad, mecanizabilidad y resistencia a reacción química de la aleación de colada a presión se pueden continuar mejorando si la misma presenta del 0,3 al 1,0 % en peso de hierro (Fe), del 0,25 al 1,0 % en peso de manganeso (Mn) y del 0,1 al 0,6 % en peso de cobre (Cu).

Si la aleación de colada a presión en su composición cumple la relación de orden

$$\% \text{ en peso de Mg} > 0,2 + 0,12 \times (\% \text{ en peso de Fe} / \% \text{ en peso de Mn})$$

45 se puede dar una especificación sencilla de procedimiento para aumentar la parte de fase pi (por ejemplo:  $Al_8FeMg_3Si_6$ ) en la estructura de la aleación de colada a presión. De este modo se pueden compensar partes elevadas de Fe, por lo que con una parte reducida de Mn se puede conservar la mejor colabilidad de la aleación de colada a presión. Además, esta fase pi se puede transformar con un recocido de disolución en una fase  $\alpha$  inocua para las propiedades requeridas de la aleación de colada a presión.

50 La aleación de colada a presión se puede continuar mejorando en relación con sus resistencias de ductilidad, resistencia y resistencia a la corrosión que se pueden conseguir cuando la parte total de Fe y Mn en la aleación de colada a presión conjuntamente es como máximo el 1,2 % en peso, el cociente de los porcentajes en peso de Fe y Mn de 0,5 a 1,25 y el cociente de los porcentajes en peso de Cu y Mg de 0,2 a 0,5.

5 Si la aleación de colada a presión presenta del 9,5 al 11,5 % en peso de silicio (Si) y/o del 0,35 al 0,6 % en peso de hierro (Fe) y/o del 0,3 al 0,75 % en peso de manganeso (Mn) y/o del 0,1 al 0,4 % en peso de cobre (Cu) y/o del 0,24 al 0,5 % en peso de manganeso (Mg) y/o de 0,40 al 1,0 de cinc (Zn) resultan intervalos de límites más estrechos para una aleación de colada a presión a base de Al-Si mejorada en su resistencia mecánica y/o química. En general se menciona que gracias al contenido propuesto de Si se mejoran las propiedades de flujo de la masa fundida y se pueden evitar fases frágiles de silicio primario. Por ello también puede ser posible colar a presión incluso piezas constructivas de pared comparativamente delgada. Para esto puede resultar particularmente ventajoso del 9,5 al 11,5 % en peso de silicio (Si).

A continuación se explica con más detalle la invención, por ejemplo, mediante ejemplos de realización:

10 Para la comprobación de los efectos conseguidos se produjeron, a partir de distintas aleaciones de colada a presión, piezas constructivas coladas de pared delgada en el procedimiento de colada a presión. Las composiciones de las aleaciones examinadas están indicadas en la Tabla 1.

Tabla 1: visión general de las aleaciones examinadas

Aleación N°	Composición	Fe/Mn	Cu/Mg
1	AlSi10Mn0,5Fe0,1Mg0,4	0,2	0
2	AlSi10Mn0,5Fe0,5Mg0,4Cu0,25Zn0,75	1	0,63

15 En el caso de la aleación 1 se trata de una aleación de colada a presión de aluminio primario con un reducido grado de impurezas. Por el contrario, la aleación 2 muestra un considerable grado de impurezas de partes de aleación de hierro y cobre que se pueden introducir, por ejemplo, por aluminio secundario.

20 Las aleaciones o las piezas de colada a presión o probetas producidas a partir de las mismas se sometieron a un tratamiento térmico T7 con una hora a 460 °C de recocido de disolución, un temple rápido con agua y una maduración térmica de dos horas a 220 °C. Las probetas terminadas se examinaron finalmente en relación con sus propiedades mecánicas. Para esto se determinaron la resistencia a la tracción  $R_m$ , el límite de estiramiento  $R_{p0,2}$  y el alargamiento a la rotura  $A_5$  en el ensayo de tracción. En la Tabla 2 están resumidos los valores de medición obtenidos.

Tabla 2: parámetros mecánicos de las aleaciones examinadas

Aleación N°	$R_{p0,2}$ [MPa]	$R_m$ [MPa]	$A_5$ [%]
1	155	230	14,3
2	160	240	13,8

25 Los exámenes en la aleación de colada a presión N° 2 mostraron que debido a la parte de hierro ajustada y el contenido de manganeso se pudo evitar la formación de una fase beta indeseada durante la solidificación. También la parte de cobre por una parte de magnesio se puede unir por completo en la fase Q, por lo que se consigue una resistencia a la corrosión comparativamente alta. A causa de estas combinaciones de elementos, a pesar de un contenido de hierro del 0,5 % en peso se pueden conseguir una mayor resistencia y alargamiento a la rotura del 13,8 %. El contenido de cinc comparativamente alto conduce a un aumento de la resistencia sin influir negativamente en las propiedades mecánicas.

30 Como se puede ver ahora en la comparación de las dos aleaciones de colada a presión 1 y 2 en la Tabla 2, estas dos aleaciones mostraron propiedades mecánicas similares, a pesar de que la aleación 2 presenta un contenido claramente mayor de hierro y cobre frente a la aleación 1.

35 De este modo se muestra que las proporciones de concentraciones propuestas de acuerdo con la invención para una aleación de colada a presión permiten asegurar una ductilidad, resistencia a la corrosión, resistencia, colabilidad y mecanizabilidad comparativamente altas.

**REIVINDICACIONES**

1. Aleación de colada a presión a base de Al-Si que presenta, en particular, aluminio secundario, **caracterizada por que** la aleación de colada a presión presenta

- del 6 al 12 % en peso de silicio (Si),
- al menos el 0,3 % en peso de hierro (Fe),
- al menos el 0,25 % en peso de manganeso (Mn),
- al menos el 0,1 % en peso de cobre (Cu),
- del 0,24 al 0,8 % en peso de magnesio (Mg) y
- del 0,40 al 1,5 % en peso de cinc (Zn) y por que

la aleación de colada a presión presenta

- de 50 a 300 ppm de estroncio (Sr) y/o
- de 20 a 250 ppm de sodio (Na) y/o
- de 20 a 350 ppm de antimonio (Sb)

5 así como al menos uno de los siguientes constituyentes en

- como máximo el 0,2 % en peso de titanio (Ti);
- como máximo el 0,3 % en peso de zirconio;
- como máximo el 0,3 % en peso de vanadio (V);

y como resto aluminio así como impurezas inevitables debido a la producción, siendo la parte total de Fe y Mn en la aleación de colada a presión conjuntamente como máximo el 1,5 % en peso, el cociente de los porcentajes en peso de Fe y Mn de 0,35 a 1,5 y el cociente de los porcentajes en peso de Cu y Mg de 0,2 a 0,8.

10 2. Aleación de colada a presión de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** la aleación de colada a presión presenta

- del 0,3 al 1,0 % en peso de hierro (Fe),
- del 0,25 al 1,0 % en peso de manganeso (Mn) y
- del 0,1 al 0,6 % en peso de cobre (Cu).

3. Aleación de colada a presión de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** la aleación de colada a presión cumple en su composición la relación de orden

$$\% \text{ en peso de Mg} > 0,2 + 0,12 \times (\% \text{ en peso de Fe} / \% \text{ en peso de Mn}).$$

15 4. Aleación de colada a presión de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, **caracterizada por que** la parte total de Fe y Mn en la aleación de colada a presión conjuntamente es como máximo el 1,2 % en peso, el cociente de los porcentajes en peso de Fe y Mn de 0,5 a 1,25 y el cociente de los porcentajes en peso de Cu y Mg de 0,2 a 0,5.

5. Aleación de colada a presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada por que** la aleación de colada a presión presenta del 9,5 al 11,5 % en peso de silicio (Si).

20 6. Aleación de colada a presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada por que** la aleación de colada a presión presenta del 0,35 al 0,6 % en peso de hierro (Fe).

7. Aleación de colada a presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** la aleación de colada a presión presenta del 0,3 al 0,75 % en peso de manganeso (Mn).
8. Aleación de colada a presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada por que** la aleación de colada a presión presenta del 0,1 al 0,4 % en peso de cobre (Cu).
- 5 9. Aleación de colada a presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada por que** la aleación de colada a presión presenta del 0,24 al 0,5 % en peso de magnesio (Mg).
10. Aleación de colada a presión de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada por que** la aleación de colada a presión presenta del 0,40 al 1,0 % en peso de cinc (Zn).