

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 512**

51 Int. Cl.:

**C22C 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.04.2014** E 14163339 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016** EP 2927335

54 Título: **Aleación de bronce de aluminio, procedimiento de producción y producto de bronce de aluminio**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.01.2017**

73 Titular/es:

**OTTO FUCHS KG (100.0%)  
Derschlager Strasse 26  
58540 Meinerzhagen, DE**

72 Inventor/es:

**DR. BJÖRN REETZ;  
PLETT, THOMAS y  
GUMMERT, HERMANN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 596 512 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 bronce de aluminio, procedimiento de producción y producto de bronce de aluminio

5 La invención se refiere a una aleación de bronce de aluminio, así como a un procedimiento de producción de una aleación de bronce de aluminio. Además, la invención trata de un producto de un bronce de aluminio de este tipo.

10 Las exigencias a las aleaciones para aplicaciones de fricción, como se presentan por ejemplo para bujes de pistón o cojinetes axiales de un turbocargador, son múltiples. Una aleación adecuada tiene que tener un índice de fricción bajo para minimizar las pérdidas de rendimiento condicionadas por la fricción y reducir el desarrollo de calor en la zona del contacto de fricción. Además, hay que tener en cuenta que en el caso de aplicaciones típicas los participantes de la fricción se encuentran en un entorno lubricante, en el que se exige fundamentalmente una buena capacidad de adherencia del lubricante sobre la aleación. Además, en el contacto con el lubricante bajo una sollicitación de fricción se debe formar una capa tribológica estable, la cual, igualmente que la matriz de base de la aleación que se encuentra debajo, debe presentar una elevada estabilidad térmica y una buena conductividad térmica. Además, se pide un amplio espectro de capacidad de tolerancia al aceite, de modo que resulte una amplia insensibilidad de la aleación y de las capas tribológicas frente a modificaciones del lubricante.

20 Además, el objetivo consiste en dar a conocer una aleación que pueda soportar altas sollicitaciones mecánicas, la cual presente un límite de alargamiento del 0,2% suficientemente elevado como para mantener bajas las conformaciones plásticas bajo carga. Además, tiene que presentar una alta resistencia a la tracción y elevada dureza, de modo que la aleación soporte esfuerzos de abrasión y de adherencia. La capacidad de soportar esfuerzos dinámicos también debería ser tan elevada como para que presente una buena tenacidad frente a sollicitaciones por golpe. Además, una tenacidad frente a la fractura lo más elevada posible ralentiza la velocidad de crecimiento de grietas que parten de microdefectos, de forma que en lo que respecta al crecimiento de defectos, se exige una aleación que esté lo más exenta posible de tensiones internas.

30 Los latones especiales son con frecuencia aleaciones adecuadas para piezas sometidas a sollicitaciones por fricción, los cuales contienen como componentes principales junto a cobre y cinc una aleación adicional de alguno de los elementos níquel, hierro, manganeso, aluminio, silicio, titanio o cromo. En este caso, en particular los latones al silicio satisfacen las exigencias anteriormente mencionadas, representando la aleación CuZn31Si1 una aleación estándar para aplicaciones con fricción, por ejemplo para bujes de pistón.

35 Por otra parte, es conocido utilizar los bronce de estaño, que junto a estaño y cobre presentan además níquel, cinc, hierro y manganeso, en aplicaciones con fricción o en aplicaciones para la minería. Otra clase de aleación interesante para piezas sometidas a fricción está formada por los bronce de aluminio, que junto a cobre y aluminio pueden presentar aditivos de aleación seleccionados del grupo níquel, hierro, manganeso, aluminio, silicio, estaño y cinc. En este caso, para componentes en movimiento rápido sometidos a esfuerzos de fricción, con el empleo de bronce de aluminio resulta la ventaja adicional de una reducción de peso a causa del ligero elemento aluminio. En cuanto a piezas de latón o latón cobrizo como componentes sometidos a esfuerzos de fricción, las piezas construidas en los ya conocidos bronce de aluminio únicamente son adecuadas para componentes sometidos a fricción que sólo se muevan relativamente despacio.

45 A partir del documento DE 101 59 949 C1 se conoce una utilización de una aleación de cobre-aluminio con una capa de cubrición de óxido de aluminio para su aplicación como material para cojinetes para la producción de un cojinete de fricción. Se da a conocer una proporción de aluminio de 0,01 a 20% en peso, así como la utilización de otros elementos de selección del grupo hierro, cobalto, manganeso, níquel, silicio, estaño hasta un total de máximo de 20% y, además, a elección, hasta 45% de cinc. Otras composiciones de aleación de ancha banda para bronce de silicio se describen en los documentos US 6,699,337 B2, JP 04221033 A y DE 22 39 467 A, así como JP 10298678 A.

50 Otra composición de aleación se conoce a partir del documento US 3 923 500.

55 Partiendo del estado actual de la técnica, descrito anteriormente a grandes rasgos, la invención tiene por objeto poner a disposición una aleación de bronce de aluminio y un producto de una aleación de bronce de aluminio, que se caractericen por propiedades mecánicas mejoradas y especialmente por una buena capacidad de ajuste de los parámetros del material a la sollicitación estática y dinámica presentes. Adicionalmente, deben darse una elevada estabilidad frente a la corrosión, una buena tolerancia al aceite y una elevada estabilidad térmica, así como una suficiente conductividad térmica, al mismo tiempo que un reducido peso. Además, han de indicarse un procedimiento para la producción de una aleación de bronce de aluminio y un producto a partir de una aleación de bronce de aluminio.

60 El presente problema se soluciona mediante una aleación de bronce de aluminio con

65 7,0 a 10,0 % en peso de Al;  
3,0 a 6,0 % en peso de Fe;

## ES 2 596 512 T3

3,0 a 5,0% en peso de Zn;  
3,0 a 5,0 % en peso de Ni;  
0,5 a 1,5% en peso de Sn;  
≤ 0,2% en peso de Si;  
≤ 0,1% en peso de Pb;

5

y el resto Cu.

Una mejora de las propiedades deseadas se puede alcanzar también si la aleación de bronce de aluminio presenta la siguiente composición:

10

7,0 a 9,0 % en peso, especialmente 7,0 a 7,8% en peso de Al;  
4,0 a 5,0% en peso de Fe;  
3,8 a 4,8 % en peso de Zn;  
3,8 a 4,1 % en peso de Ni;  
0,8 a 1,3% en peso de Sn;  
≤ 0,2% en peso de Si;  
≤ 0,1% en peso de Pb;

15

20 y el resto Cu.

En todas las composiciones de aleación que se describen en el marco de estas exposiciones descritas, pueden estar contenidas las inevitables impurezas de cada elemento de 0,05% en peso, no debiendo sobrepasar la cantidad total de las impurezas el 1,5% en peso. Sin embargo, es preferible mantener las impurezas lo más bajo posible y no sobrepasar una proporción de 0,02% en peso de cada elemento de una cantidad total de 0,8% en peso.

25

Para una forma de ejecución particularmente ventajosa la relación entre aluminio y cinc, referida a las proporciones en peso en la aleación de bronce de aluminio, se ajusta a un intervalo de 1,4 a 3,0 y, de modo particularmente preferido, entre 1,5 y 2,0.

30

El contenido de plomo de la aleación es preferentemente menor a 0,05% en peso. La aleación por lo tanto, hasta impurezas inevitables, está exenta de plomo.

35

La aleación está igualmente, hasta impurezas inevitables, exenta de manganeso. El hecho de que esta aleación presenta las propiedades particulares descritas a continuación, era también sorprendente ante la panorámica anterior de que las aleaciones de cobre poco aleadas con cinc, conocidas con anterioridad, contienen regularmente manganeso como elemento de aleación obligatorio para alcanzar las propiedades de resistencia deseadas.

40

Esencial en la aleación reivindicada es la combinación de los elementos de aleación aluminio, níquel, estaño y cinc en las proporciones descritas. Particularmente preferida es una forma de ejecución en la cual la suma de estos elementos no es menor de 15% en peso y no superior a 17,5% en peso.

45

La composición de la aleación de bronce de aluminio conforme a la invención, en el caso de una conformación en caliente subsiguiente a la fusión de la aleación y a un posterior enfriamiento por debajo de 750° C, lleva a una matriz de la aleación con una fase- $\alpha$  dominante. Este estado se define a continuación como estado de prensado por extrusión. En este caso, la composición química de la aleación de bronce de aluminio se ajusta de tal modo, que en el estado de prensado por extrusión la proporción de la fase- $\beta$  en la matriz de aleación se sitúa por debajo de 1% en volumen. Esta aleación solidifica a partir de la masa fundida casi directamente en el intervalo bifásico  $\alpha$ - $\beta$ . Esto, en la conformación en caliente, lleva preferentemente a un prensado por extrusión indirecto, para la fase- $\alpha$  a una recristalización dinámica seguida de una recristalización estática, que permite la aparición de una fina estructura de aleación. Para la proporción de fase- $\beta$  el proceso de recristalización transcurre en la conformación en caliente a través de un reestablecimiento dinámico seguido de una recristalización estática. Aparecen además fases- $k_{II}$  y/o fases- $k_{IV}$  con aluminuros de hierro y/o de níquel.

50

55

En este caso, la estructura que se presenta en estado de prensado por extrusión no solo se determina por la elección del contenido de aluminio, sino que también por los demás elementos aleados. Para el hierro cabe suponer un efecto de afinado del grano. El estaño actúa de forma estabilizante de la fase- $\beta$  antes de alcanzar el estado de prensado por extrusión con la estructura determinada esencialmente por la fase- $\alpha$  próxima a la zona límite a la fase mixta- $\alpha$ - $\beta$ . En este caso, la relación elegida de aluminio a cinc ha resultado relevante para el estado de prensado por extrusión y para la capacidad de ajuste de las propiedades mecánicas por los subsiguientes pasos de tratamiento de conformación en frío y tratamiento térmico, que de ello resultan.

60

65

Frente a una aleación convencional empleada para piezas sometidas a sollicitaciones de fricción, de tipo CuAl10Ni5Fe4, resulta ventajoso para la aleación reivindicada, que a igual conducción de la temperatura en un tratamiento térmico por encima del umbral de recristalización, ésta presenta después del enfriamiento proporciones de fase- $\beta$  claramente inferiores. Por consiguiente, un producto fabricado a partir de una aleación de este tipo es

claramente más estable a la corrosión que un producto fabricado a partir de la aleación conocida, anteriormente citada. Precisamente para tales aplicaciones, el contenido de cinc relativamente elevado resulta positivamente notorio, puesto que éste permite velocidades de deslizamiento más elevadas.

5 Las investigaciones han demostrado que las particulares propiedades de la aleación de bronce de aluminio reivindicada, ya no se cumplen más, si los intervalos estrechamente reivindicados en uno o en varios de los elementos obligatorios no se alcanzan o también si se sobrepasan. Como resultado de estas investigaciones, la particular matriz de la aleación anteriormente descrita con la fase- $\alpha$  muy dominante y una fase- $\beta$  volumétricamente presente de forma subordinada, si es que existe, solo se establece sorprendentemente en el intervalo reivindicado.

10 Además de esto, se ha demostrado que partiendo del estado de prensado por extrusión es posible una elevada solidificación en frío de un producto de la aleación de bronce de aluminio conforme a la invención, que lleve a un incremento esencial del límite de alargamiento del 0,2%  $R_{p0,2}$  y de la resistencia a la tracción  $R_m$ . Por esta amplia solidificación en el caso de la conformación en frío se reduce la reserva de aleación para conformaciones plásticas. La disminución del alargamiento de rotura, asociada a ello, puede ser incrementada para la aleación conforme a la invención por un recocido final en un intervalo de temperaturas de 300 a aproximadamente 500° C con un ajuste de la temperatura por debajo de la temperatura del recocido de disolución. En este caso, en el recocido final no se produce una reducción del límite de alargamiento de 0,2% y de la resistencia a la tracción, en lugar de ello tiene lugar, en contra de la esperado, un ulterior incremento de la resistencia.

15 Para los pasos de tratamiento térmico, que después de alcanzar el estado de presión por extrusión se realizan de manera que las temperaturas empleadas se sitúan por debajo del umbral de recristalización y dentro del intervalo de disolución de la fase- $\alpha$ , no tiene lugar ninguna modificación en la composición de la matriz del estado de prensado por extrusión. A pesar de ello, para un tratamiento térmico en este intervalo de temperaturas se mantiene una capacidad de ajuste de los parámetros mecánicos sorprendentemente amplia, de modo que se produce un producto de la aleación de bronce y aluminio conforme a la invención altamente solicitable y adaptable, con un límite de alargamiento de 0,2  $R_{p0,2}$  en el intervalo de 650 a 1000 MPa, una resistencia a la tracción  $R_m$  en el intervalo de 850 a 1050 MPa y un alargamiento de rotura  $A_5$  en el intervalo de 2 a 8% y preferentemente en el intervalo de 4 a 7%. Después de la conformación en caliente y en frío y después del subsiguiente recocido final resulta preferentemente un estado de aleación que presenta, además, una relación del límite de estiramiento SV en el intervalo de 85 a 95% y una dureza Brinell de 250 a 300 HB 2,5/62,5.

20 El producto de la aleación de bronce de aluminio conforme a la invención forma en contacto con una ancha banda de lubricantes bajo sollicitación de fricción capas tribológicas estables, en las cuales junto a óxido de aluminio se encuentra incorporado cinc en combinación con componentes del lubricante, y en las cuales se difunde estaño que garantiza una suficiente capacidad de fricción en situación de emergencia. Además, se presentan segregaciones de fase dura en forma de fases- $k_{II}$  y/o fases- $k_{IV}$  intermetálicas con aluminuros de hierro y/o níquel, los cuales representan puntos de apoyo altamente solicitables de la capa de fricción en una matriz de base más dúctil.

25 Los aluminuros se forman preferentemente en los límites de grano de la matriz- $\alpha$  de la aleación, siendo el tamaño medio de grano de la matriz- $\alpha$   $\leq 50 \mu m$  en el estado final de la aleación. Las fases-  $k_{II}$  y/o las fases- $k_I$  intermetálicas asumen en virtud de la formación de la aleación una estructura alargada con una longitud media de  $\leq 10 \mu m$  y un volumen medio de  $\leq 1,5 \mu m^2$ , teniendo lugar en el caso de una conformación en caliente por prensado de extrusión indirecto una orientación en dirección del estiramiento, la cual apenas es influenciada por la subsiguiente conformación en frío. Además, se observa una segregación adicional de aluminuros, la cual da lugar a las fases intermetálicas de forma redondeada, con una escaso tamaño medio de  $\leq 0,2 \mu m$  en el estado final de la aleación, después del recocido final.

30 El procedimiento conforme a la invención parte de la composición de la aleación conforme a la invención, anteriormente citada, y utiliza un procedimiento de conformación en caliente, preferentemente un prensado por extrusión indirecto después de la fusión de los componentes de la aleación. La subsiguiente conformación en frío se realiza conforme a una ejecución ventajosa en forma de estiramiento en frío con un grado de conformación en el intervalo de 5 a 30%.

35 De forma particular, se prefiere una composición de la aleación, que lleve a un estado de prensado por extrusión, el cual después de un enfriamiento haga posible una conformación en frío directa, sin otro tratamiento térmico ulterior. Con ello, el estado final de la aleación de un producto de aleación de bronce de aluminio y, de modo particularmente preferido, ya del estado de prensado por extrusión, presenta una matriz- $\alpha$  con una proporción máxima de fase- $\beta$  de 1% en volumen. Si la proporción de fase- $\beta$  en el estado de prensado por extrusión es superior, puede tener lugar alternativamente un recocido de ablandamiento en un intervalo de temperaturas de 450 a 550° C entre la conformación en caliente y la conformación en frío.

40 El recocido final después del paso de la conformación en frío se elige en referencia a la temperatura de tal modo, que la aleación se atempera bajo la temperatura del recocido de disolución en el intervalo de 300 a aproximadamente 500° C. Sin embargo, se prefiere una forma de ejecución en la cual este tratamiento térmico se lleva a cabo solo hasta una temperatura de máximo 400° C. Como resultado, se establece un límite de alargamiento

de 0,2% en el intervalo de 650 a 1000 MPa, una resistencia a tracción  $R_m$  en el intervalo de 850 a 1050 MPa y un alargamiento de rotura  $A_5$  en el intervalo de 2 a 8% y, preferentemente, en el intervalo de 4 a 7%, sin utilizar un enfriamiento controlado por la temperatura. En este caso, el recocido final influye, sobre todo, sobre el alargamiento de rotura  $A_5$ , de manera que éste se puede ajustar selectivamente y en forma de una amplia banda. El límite de alargamiento de 0,2% y la resistencia a la tracción  $R_m$ , partiendo de un estado de prensado por extrusión definido, se eligen especialmente por la selección del grado de conformación en el estiramiento en frío.

La aleación conforme a la invención es adecuada para solicitaciones de fricción temporalmente constantes, así como en virtud de sus propiedades particulares también sobre todo para la producción de una pieza, sobre la que actúa una solicitación de fricción temporalmente variable tal como, por ejemplo, un buje de cojinete para un cojinete de un eje de pistón, un patín o una rueda helicoidal altamente solicitada por fricción. Otra posible utilización para una pieza fabricada en la aleación está representada por un cojinete axial de un turbocargador. Una solicitación por fricción temporalmente variable puede llevar también a una lubricación deficiente, siendo el contenido de estaño contenido en la aleación el que cuida de que la pieza sometida a tal solicitación cumpla también las exigencias referidas.

A continuación se va a ilustrar la invención con ayuda de un ejemplo de ejecución preferido tomando como referencia las figuras. Éstas muestran:

La Figura 1: una fotografía tomada por microscopía electrónica de rastreo de la aleación de bronce de aluminio conforme a la invención con 3000 aumentos.

La Figura 2: una fotografía tomada por microscopía electrónica de rastreo de la aleación de bronce de aluminio conforme a la invención con 6000 aumentos.

La Figura 3: una fotografía tomada por microscopía electrónica de rastreo de la aleación de bronce de aluminio conforme a la invención con 9000 aumentos.

Para un ejemplo de ejecución de la invención, la composición de la aleación se fundió y, mediante una colada continua vertical a una temperatura de colada de 1170° C y una velocidad de colada de 60 mm/min, a una temperatura de prensado de 900° C, se conformó en caliente.

La aleación referida tiene la siguiente composición:

Cu	Zn	Pb	Sn	Fe	Mn	Ni	Al
Resto	4,64	0,01	1,01	4,08	0,03	3,90	7,30

La aleación de ensayo que después del enfriamiento se presenta en estado de prensado por extrusión se caracterizó mediante fotografías por microscopía electrónica de rastreo y análisis de energías dispersas (EXD), presentándose después del enfriamiento el estado del material que se muestra en las figuras 1 y 2. Las fotografías representadas en las figuras 1 y 2 con contraste electrónico secundario en las ampliaciones de 3000 y 6000 aumentos muestran una fase- $\alpha$ , que forma la matriz de la aleación, y segregaciones de fase dura en forma de fases- $k_{II}$  y fases- $k_{IV}$ , constituidas por aluminuros de hierro y níquel y que se depositan sobre todo en los límites de grano. Además, la fotografía que se muestra en la figura 3 con 9000 aumentos documenta que, además, existen segregaciones de fase dura con un tamaño medio de  $\leq 0,2 \mu m$ .

Para la fase- $\alpha$  las mediciones EDX dieron por término medio una composición química con 84,2% en peso de Cu, 5,0% en peso de Zn, 4,4% en peso de Fe, 3,4% en peso de Ni, 2,8% en peso de Al y 0,1% en peso de Si. Para las fases- $k_{II}$  examinadas se encontró en el estado de prensado por extrusión la composición media de 15,2% en peso de Cu, 2,4% en peso de Zn, 67,6% en peso de Fe, 9,4% en peso de Ni, 4,7% en peso de Al y 0,7% en peso de Si. Además se midió la proporción de las fases intermetálicas con 7% en volumen, mientras que la proporción de fase- $\beta$  en estado de prensado por extrusión se situaba por debajo de 1% en volumen. Las mediciones de los estados del material resultante después de los pasos de conformación en frío y de tratamiento térmico representados a continuación no dieron como resultado variación alguna de la composición de las fases.

Para el ajuste de las propiedades mecánicas partiendo del estado de prensado por extrusión determinado esencialmente por la composición química de la aleación de bronce de aluminio, se efectuó un recocido de ablandamiento a 550° C y a continuación una conformación en frío en forma de un estiramiento. Para ello, los productos intermedios sometidos al recocido de ablandamiento se prepararon para el estiramiento en frío en un baño de jabón a 50° C. Como parámetros de proceso se eligieron para el estiramiento diferentes disminuciones de sección (QM) de 8 a 25%. En un paso de tratamiento final se efectuó un recocido final de los productos de bronce de aluminio conformados a 380° C durante 5 horas, resultando por término medio las propiedades mecánicas recopiladas en la Tabla 1 para el límite de alargamiento de 0,2%  $R_{p0,2}$ , la resistencia a la tracción  $R_m$ , el alargamiento de rotura  $A_5$ , la dureza Brinell HB y la relación de límite elástico:

## ES 2 596 512 T3

<b>Estado</b>	<b>R<sub>P0,2</sub></b> [MPa]	<b>R<sub>m</sub></b> [MPa]	<b>A<sub>5</sub></b> [%]	<b>HB</b> 2,5/62,5	<b>SV</b> [%]
Estado de prensado por extrusión	360	690	26	176	48,8
Conformación en frío 8% QM	700	810	9,6	211	85,7
Conformación en frío 15% QM	840	840	6,1	225	86,9
Conformación en frío 20% QM	850	930	5,5	233	91,2
Conformación en frío 25% QM	830	950	3,9	242	87,0
Recocido final 380° C/5h (después de 8% QM)	830	870	5,9	250	95,1
Recocido final 380° C/5h (después de 15% QM)	810	900	6,5	260	90,3
Recocido final 380° C/5h (después de 20% QM)	850	930	5,5	275	91,2
Recocido final 380° C/5h (después de 25% QM)	940	1000	2,5	291	94,1

5 El recocido final para establecer el estado final de aleación de los productos en bronce de aluminio se siguió llevando a cabo para varias series de mediciones por debajo de la temperatura del recocido de ablandamiento o de disolución. Para los ensayos se eligieron preferentemente temperaturas para el recocido final en el intervalo de 300 a 400° C, lo cual en combinación con una variación de los grados de estiramiento de la conformación en frío precedente, se puede ajustar una banda de gran amplitud para las propiedades mecánicas del estado final de la aleación, sin aplicar medidas complejas para el enfriamiento controlado por la temperatura.

10 La descripción de la invención, también con ayuda del ejemplo de ejecución concreto, pone claramente de manifiesto que las particulares propiedades positivas de la invención reivindicada, ante el panorama de las publicaciones del estado de la técnica, no eran de esperar en el estrecho intervalo de los elementos que participan en la aleación. Por lo tanto, fue sorprendente para el inventor comprobar que por el ajuste de los parámetros de la aleación en el intervalo reivindicado hayan mejorado de tal manera, frente a los datos conocidos a partir de las aleaciones conocidas con anterioridad. Esto también es válido en lo referente a la capacidad de elaboración sorprendentemente buena de esta aleación para ajustar las deseadas propiedades de resistencia.

15

REIVINDICACIONES

1. Aleación de bronce de aluminio con
- 5            7,0 a 10,0 % en peso de Al;  
              3,0 a 6,0 % en peso de Fe;  
              3,0 a 5,0% en peso de Zn;  
              3,0 a 5,0 % en peso de Ni;  
              0,5 a 1,5% en peso de Si;  
 10           ≤ 0,2% en peso de Si;  
              ≤ 0,1% en peso de Pb;  
              y el resto Cu junto con las impurezas inevitables.
2. Aleación de bronce de aluminio según la reivindicación 1 con
- 15            7,0 a 7,8% en peso de Al;  
              4,0 a 5,0% en peso de Fe;  
              3,8 a 4,8 % en peso de Zn;  
              3,8 a 4,1 % en peso de Ni;  
 20           0,8 a 1,3% en peso de Sn;  
              ≤ 0,2% en peso de Si;  
              ≤ 0,1% en peso de Pb;  
              y el resto Cu junto con las impurezas inevitables.
- 25           3. Aleación de bronce de aluminio según una de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizada por que** la relación entre aluminio y cinc referida a las proporciones en peso de la aleación de bronce de aluminio se sitúa en un intervalo de 1,4 a 3,0 y, de modo particularmente preferido, entre 1,5 y 2,0.
- 30           4. Producto de bronce de aluminio con una composición de la aleación según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el producto, por un recocido final subsiguiente a una conformación en frío por debajo de la temperatura de disolución en un intervalo de 300 a 500° C, lleva a un estado de aleación que se ajusta de tal modo que el límite de alargamiento de 0,2%  $R_{P0,2}$  se sitúa en el intervalo de 650 a 1000 MPa, la resistencia a tracción  $R_m$  se sitúa en el intervalo de 850 a 1050 MPa y la rotura de alargamiento se sitúa en el intervalo de 2 a 8 % y preferentemente en el intervalo de 4 a 7%.
- 35           5. Producto de bronce de aluminio según la reivindicación 4, **caracterizado por que** en estado de aleación la relación del límite elástico SV se sitúa en el intervalo de 85 a 97%.
- 40           6. Producto de bronce de aluminio según una de las reivindicaciones 4 ó 5, **caracterizado por que** en estado de aleación la dureza se sitúa en el intervalo de 250 a 300 HB 2,5/62,5.
- 45           7. Producto de bronce de aluminio según una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado por que** en estado de aleación se presenta una matriz- $\alpha$  con una proporción máxima de fase- $\beta$  de 1% en volumen.
- 50           8. Producto de bronce de aluminio según la reivindicación 7, **caracterizado por que** en estado de aleación el tamaño medio de grano de la matriz- $\alpha$  es  $\leq 50 \mu\text{m}$ .
- 55           9. Producto de bronce de aluminio según una de las reivindicaciones 4 a 8, **caracterizado por que** en estado de aleación existen fases- $k_{II}$  y/o fases- $k_{IV}$  intermetálicas con aluminuros de hierro y/o níquel.
- 60           10. Producto de bronce de aluminio según la reivindicación 7, **caracterizado por que** en estado de aleación las fases- $k_{II}$  y/o fases- $k_{IV}$  intermetálicas presentan una forma alargada con una longitud media de  $\leq 10 \mu\text{m}$  y un volumen medio de  $\leq 1,5 \mu\text{m}^2$ .
- 65           11. Producto de bronce de aluminio según una de las reivindicaciones 4 a 10, **caracterizado por que** en estado de aleación se presenta adicionalmente una segregación de aluminido con una forma redondeada y con un tamaño medio de  $\leq 0,2 \mu\text{m}$ .
12. Producto de bronce de aluminio según una de las reivindicaciones 4 a 11, **caracterizado por que** el producto es una pieza expuesta a una sollicitación de fricción temporalmente variable, especialmente un buje de cojinete, un patín, una rueda helicoidal o un eje axial para un turbocargador.
13. Procedimiento para la producción de un producto a partir de un bronce de aluminio con los pasos:
- preparación de una pieza bruta de moldeo a partir de un material en fusión con los componentes de aleación

5  
7,0 a 10,0 % en peso de Al;  
3,0 a 6,0 % en peso de Fe;  
3,0 a 5,0% en peso de Zn;  
3,0 a 5,0 % en peso de Ni;  
≤ 0,2% en peso de Si;  
≤ 0,1% en peso de Pb;  
y el resto Cu junto con las impurezas inevitables;

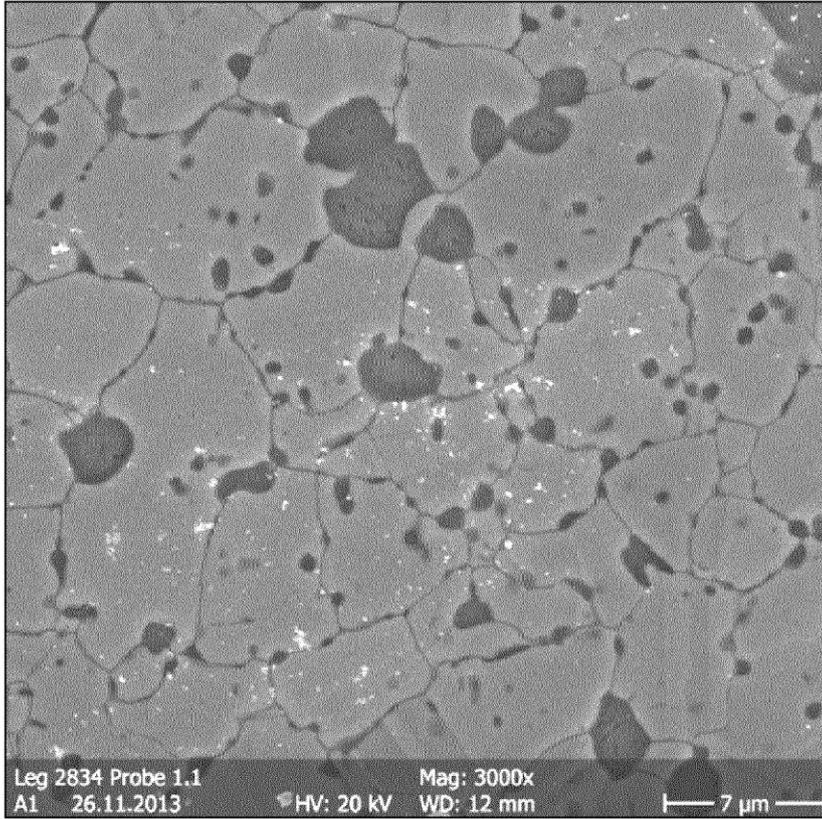
10  
- conformación en caliente de la pieza bruta de moldeo para dar un producto intermedio;  
conformación en frío del producto intermedio, y  
- recocido final del producto por debajo de la temperatura de disolución en un intervalo de temperaturas de 300 a 500° C, por lo que después del recocido final el límite de alargamiento de 0,2% R<sub>P0,2</sub> se sitúa en el intervalo de 650 a 1000 MPa, la resistencia a tracción R<sub>m</sub> se sitúa en el intervalo de 850 a 1050 MPa y la rotura de alargamiento se sitúa en el intervalo de 2 a 8 % y, preferentemente, en el intervalo de 4 a 7%.

15  
14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado por que** el material fundido para la preparación de la pieza bruta de moldeo presenta la siguiente composición:

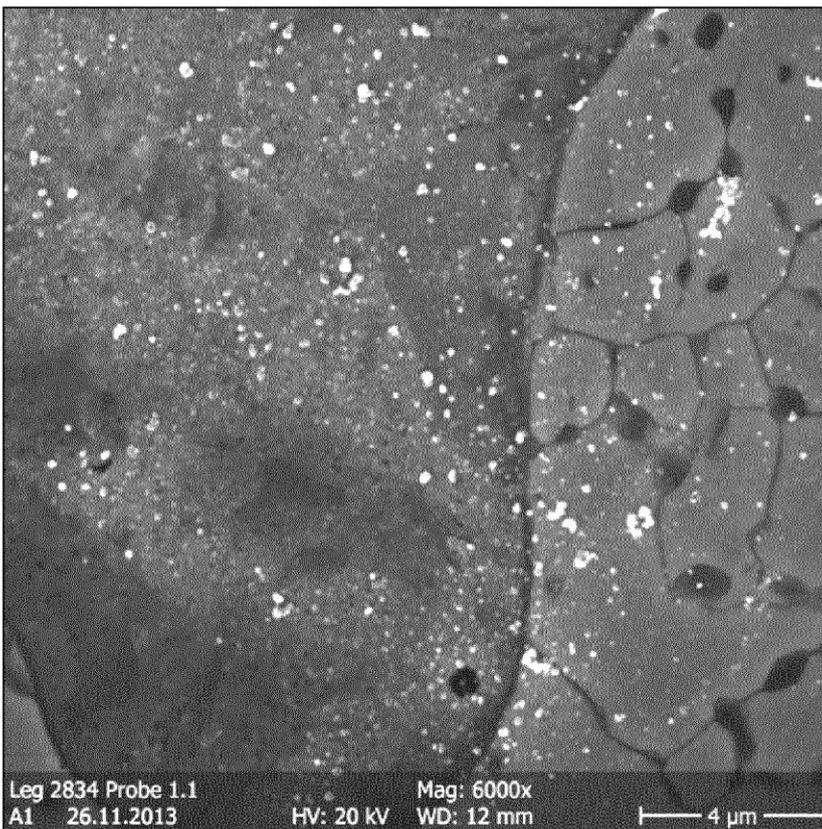
20  
7,0 a 7,8% en peso de Al;  
4,0 a 5,0% en peso de Fe;  
3,8 a 4,8 % en peso de Zn;  
3,8 a 4,1 % en peso de Ni;  
0,8 a 1,3% en peso de Sn;  
25  
≤ 0,2% en peso de Si;  
≤ 0,1% en peso de Pb;  
y el resto Cu junto con las impurezas inevitables.

30  
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 ó 14, **caracterizado por que** la conformación en caliente se efectúa como prensado por extrusión indirecto.

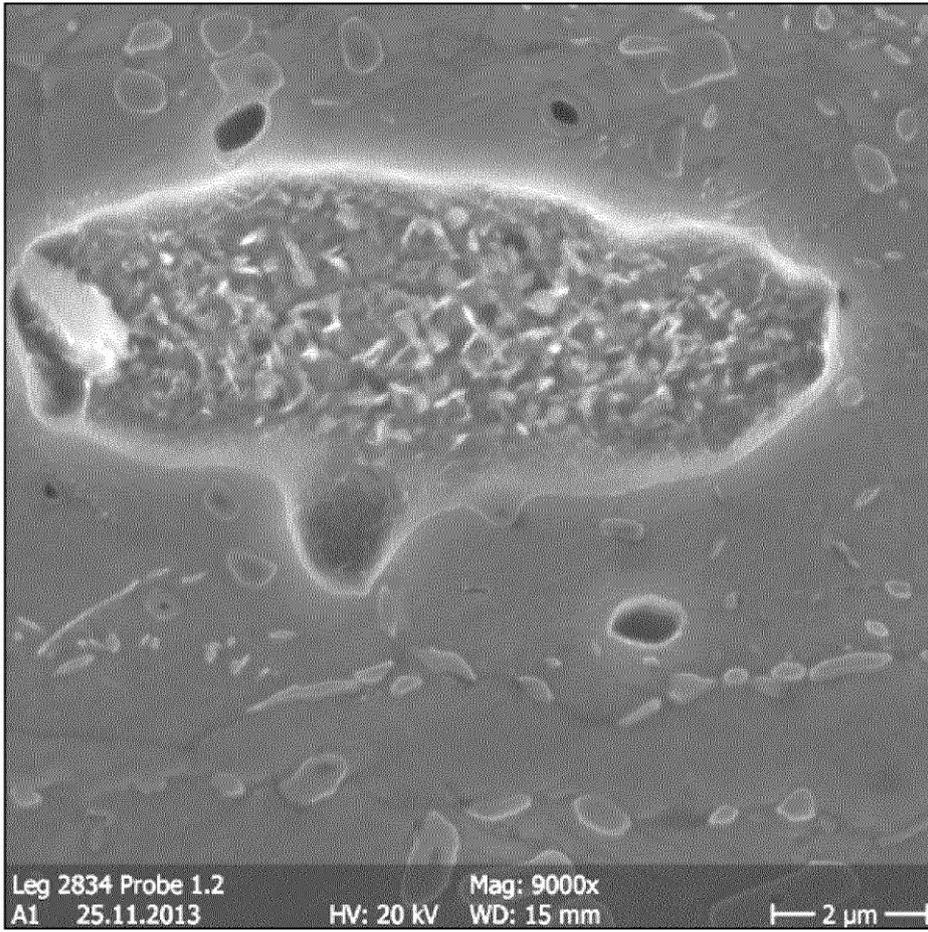
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 15, **caracterizado por que** la conformación en frío se efectúa en forma de estiramiento en frío con un grado de conformación de 5 a 30%.



**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**