

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 398 184**

(51) Int. Cl.:

**C22C 9/04**

(2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2009 E 09174544 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2013 EP 2194150**

(54) Título: **Aleación de latón al silicio de fácil mecanización, libre de plomo y con alto contenido de zinc, y método de producción de la misma**

(30) Prioridad:

**02.12.2008 CN 200810180201  
19.03.2009 US 407720**

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

**14.03.2013**

(73) Titular/es:

**XIAMEN LOTA INTERNATIONAL CO., LTD  
(100.0%)  
61 XING NAN ROAD  
XING LIN INDUSTRIAL DISTRICT JIMEI 361022, CN**

(72) Inventor/es:

**XU, CHUANKAI;  
HU, ZHENQING y  
ZHANG, SIQI**

(74) Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

**ES 2 398 184 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 LATÓN AL SILICIO DE FÁCIL MECANIZACIÓN, LIBRE DE PLOMO Y CON ALTO CONTENIDO DE ZINC, Y MÉTODO DE PRODUCCIÓN DE LA MISMA

5

#### CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere en general a una aleación de latón al silicio de  
10 fácil mecanización libre de plomo, en especial a una aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc y a un método de producción de la misma que se puede aplicar en fundiciones inyectadas a baja presión y forjas.

#### 15 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Actualmente, las aleaciones de latón de fundición ampliamente utilizadas tienen muchas series, como las series Cu-Zn, Cu-Zn-Si y Cu-Zn-Al. Cada serie de aleación incluye además varias aleaciones con contenido de plomo. Las  
20 aleaciones de latón de fundición con contenido de plomo tienen excelentes propiedades de cortabilidad y moldeabilidad y un bajo coste. Sin embargo, estas aleaciones son perjudiciales para el medio ambiente y el cuerpo humano en el proceso de su producción y uso. Además, la soldabilidad de las aleaciones de latón con contenido de plomo es mala.

25

El problema del carácter perjudicial del plomo para el medio ambiente y el cuerpo humano plantea un gran interés. De acuerdo con estadísticas incompletas, durante 15 años se han publicado o concedido muchas patentes de aleaciones de latón de fácil mecanización libres de plomo o con bajo  
30 contenido de plomo en muchos países, como EE.UU., China, Japón, Alemania y Corea. Entre estas patentes de invención hay más de 20 aleaciones de latón al bismuto, más de 10 aleaciones de latón al silicio, 8 aleaciones de latón al

estaño, 1 o 2 aleaciones de latón al antimonio, aleaciones de latón al magnesio, aleaciones de latón al aluminio y aleaciones de latón al telurio. Estas referencias dan a conocer principalmente aleaciones de latón para deformación de fácil mecanización y libres de plomo. En muy pocos casos las referencias indican 5 que las aleaciones de la invención son aplicables en fundiciones. Ninguna referencia indica que las aleaciones de la invención son aplicables en fundición inyectada a baja presión.

Las aleaciones de latón al bismuto para fundición de fácil mecanización y libres 10 de plomo o con bajo contenido de plomo publicadas en la actualidad incluyen U.S C89550 (alto contenido de zinc, libre de plomo), U.S C89837 (bajo contenido de zinc, alto contenido de cobre, libre de plomo), U.S C89510 y U.S C89520 (bajo contenido de zinc, alto contenido de cobre, libre de plomo), FR CuZn39Bi1Al y otras aleaciones de latón al bismuto con bajo contenido de Sn y 15 Se. El contenido del C89550 incluye principalmente un 58,0~64,0% en peso de Cu, un 32,0~38,0% en peso de Zn, un 0,6~1,2% en peso de Bi, un 0,01-0,11% en peso de Se, un 0,1-0,6% en peso de Al, un 0~1,2% en peso de Sn, un 0~1,0% en peso de Ni. El contenido del C89837 incluye principalmente un 84,0~88,0% en peso de Cu, un 6,0~10,0% en peso de Zn, un 0,7-1,2% en peso 20 de Bi, un 3,0~4,0% en peso de Sn, un 0,1-1,0% en peso de elementos de las tierras raras y un 0,5~1,0% en peso de Ni. El contenido del C89510 incluye principalmente un 86,0~88,0% en peso de Cu, un 4,0~6,0% en peso de Zn, un 4,0~6,0% en peso de Sn, un 0,5~1,5% en peso de Bi, un 0,35~0,7% en peso de Se y un 1,0% en peso de Ni. El contenido del C89520 incluye principalmente un 25 85,0~87,0% en peso de Cu, un 4,0~6,0% en peso de Zn, 4,0~6,0% en peso de Sn, un 1,2~2,5% en peso de Bi, un 0,8~1,2% en peso de Se y un 1,0% en peso de Ni. Las aleaciones de latón al bismuto dadas a conocer por otras referencias también añaden Se y Sn, que resultan costosos, y Te e In, que resultan incluso más costosos, para cambiar el estado disperso del Bi en la superficie de 30 contacto entre cristales adyacentes de una forma de película continua a una forma de grano discontinuo con el fin de reducir la fragilidad en caliente y la fragilidad en frío de la aleación de latón al bismuto.

Los metales arriba indicados son muy costosos. De acuerdo con la lista de precios publicada por China metal exchange en agosto de 2008, el precio del Bi era de 156.000 RMB/T, el del Sn era de 155.000 RMB/T, el del Ni nº 1 era de 147.000 RMB/T, el del Se era de 600.000 RMB/T, el del Te era de 1550 RMB/kg y el del In era de 3100 RMB/kg. La moldeabilidad y soldabilidad de las aleaciones de latón al bismuto son malas. Las piezas forjadas hechas de aleación de latón al bismuto mediante fundición inyectada a baja presión tienden a agrietarse, por lo que son de una calidad particularmente baja. Las piezas forjadas hechas de aleación de latón al bismuto mediante procesos de soldadura fuerte también tienden a agrietarse durante la soldadura y en una zona afectada por el calor. Además, el intervalo de temperatura de forja es reducido. Todos estos son los obstáculos principales de la aplicación de aleaciones de latón al bismuto. Ahora muchos clientes necesitan cuerpos de llaves de paso fabricados en serie y hechos de latón de fácil mecanización libre de plomo mediante fundición inyectada a baja presión y moldeo por soldadura y cuerpos de válvula también hechos de latón de fácil mecanización libre de plomo mediante forja y moldeo por soldadura. Mientras el bismuto sea muy escaso y costoso y sea necesario mejorar la técnica de forja y soldadura, la utilización y el potencial de desarrollo de las aleaciones de latón al bismuto estarán limitados.

Las aleaciones de latón al silicio de fundición normalmente contienen Pb, como la serie C87000. La serie C87000 incluye 11 aleaciones de latón al silicio con contenido de plomo. Diez de ellas son aleaciones de latón al silicio con bajo contenido de zinc, que normalmente contienen un 4,0~16,0% en peso de Zn, un 2,5~5,0% en peso de Si y un 0,15~1,0% en peso de Pb. Una de ellas es una aleación de latón al silicio con alto contenido de zinc, C87900. El C87900 contiene un 30,0~36,0% en peso de Zn, un 0,8~1,2% en peso de Si, un 0,25% en peso de Pb, un 0,25% en peso de Sn, un 0,4% en peso de Fe y un 0,15% en peso de Mn. Las series de aleaciones son muy propensas al agrietamiento en caliente durante el proceso de fundición inyectada a baja presión. Mientras el contenido de Pb oscile entre el 0,15~0,25% en peso, la liberación de Pb

- sobrepasará el requisito de la norma NSF61. Las aleaciones de latón con contenido de plomo siguen siendo muy utilizadas en la fabricación de muchos productos debido a su excelente cortabilidad y su bajo coste. Sin embargo, el vapor contaminado con Pb producido mediante el proceso de fundición y moldeo de aleaciones de latón con contenido de plomo y el polvo contaminado con Pb producido en el proceso de corte y rectificado de las aleaciones de latón con contenido de plomo son perjudiciales para el cuerpo humano y el medio ambiente. Si las aleaciones de latón con contenido de plomo se utilizan en instalaciones de agua potables tales como llaves de paso, válvulas y casquillos,
- 5 la contaminación del agua potable con Pb es inevitable. Además, los juguetes producidos con aleaciones de latón con contenido de Pb son más perjudiciales, ya que son tocados con frecuencia, lo que aumenta la exposición potencial al Pb.
- 10 Actualmente, la investigación y desarrollo de aleaciones de latón al silicio de fácil mecanización libres de plomo o con bajo contenido de plomo se basa en aleaciones de latón con bajo contenido de zinc y alto contenido de cobre y utiliza n aumento de la relación relativa de la fase  $\beta$ , que es dura, con respecto a la fase  $\gamma$ , que es frágil, en la aleación para asegurar la facilidad de corte de la
- 15 aleación. Con ello se sacrificará la plasticidad de la aleación y además es malo para el moldeo por soldadura y el moldeo a máquina. Además, dado que el contenido de Cu es alto, el coste de material es alto. Diez o más patentes de aleaciones de latón al silicio describen aleaciones para deformación y el contenido de zinc y cobre de estas aleaciones coincide parcialmente y
- 20 principalmente se trata de aleaciones de latón al silicio con alto contenido de cobre. Las diferencias entre estas patentes consisten en el metal seleccionado y su margen de contenido. No existe ninguna publicación o revelación de la soldabilidad de las aleaciones, en especial información sobre su aplicación en la fundición inyectada a baja presión.
- 25

30

Dos patentes de aleaciones de latón al antimonio emitidas a nombre de Zhang y colaboradores describen aleaciones en las que el Sb es uno de los elementos

principales. Se diferencian en los elementos seleccionados y en su margen de contenido. Dichas patentes no indican nada sobre la soldabilidad de la aleación, en especial la soldabilidad aplicada a la función inyectada a baja presión. Además, la liberación de Sb de estas aleaciones en el agua tiende a sobrepasar 5 la norma y por lo tanto las aleaciones no se pueden utilizar en partes destinadas al uso en el sistema de suministro de agua potable.

Las llaves de paso pueden parecer simples, pero la construcción interna de sus cuerpos es muy compleja. Los cuerpos de las llaves de paso consisten 10 normalmente en piezas fundidas huecas con paredes delgadas cuyo espesor debe variar dentro de amplios márgenes. Su intensidad de enfriamiento para moldes de fundición inyectada a baja presión es grande. Es necesario que la aleación tenga una excelente moldeabilidad, en especial un excelente rendimiento de relleno de molde y resistencia al agrietamiento en caliente. 15 Las piezas fundidas de este tipo también han de ser sometidas a procesos de corte incluyendo aserrado, enlistonado, fresado, perforación y pulido. Todos estos procesos requieren que la aleación tenga una excelente cortabilidad. Actualmente el mercado internacional necesita llaves de paso producidas en serie fabricadas mediante fundición y moldeo por soldadura y válvulas 20 fabricadas mediante forja y moldeo por soldadura. Para ello, las aleaciones han de tener una excelente soldabilidad. Las normas de referencia para el agua potable imponen una restricción estricta de la cantidad liberada de elementos tales como Sb, Pb, Cd, As en el agua. Por ejemplo, en el caso de la norma NSF/ANSI61-2007 la cantidad de liberación máxima del Sb es de 0,6 ug/l y la 25 del Pb es de 1,5 ug/l. Si el contenido de Sb en la aleación de latón es superior al 0,2% en peso, la cantidad de Sb liberado en el agua sobrepasará los 0,6 ug/l. Éste es el reto para las aleaciones de latón de antimonio utilizadas en piezas de repuesto de llaves de paso en el sistema de agua potable.

### 30 **SUMARIO DE LA INVENCIÓN**

En una realización de la invención, ésta consiste en una aleación de latón al silicio de fácil mecanización, libre de plomo y con alto contenido de zinc, que comprende: del 35,0 al 42,0% en peso de Zn, del 0,1 al 1,5% en peso de Si, del 0,03 al 0,4% en peso de Al, del 0,01 al 0,36% en peso de P, del 0,001 al 0,05%

5 en peso de elementos de las tierras raras, del 0,05 al 0,5% en peso de Sn y/o del 0,05 al 0,2% en peso de Ni, y que opcionalmente comprende del 0,01 al 0,1% en peso de Ti y opcionalmente comprende del 0,05 al 0,4% en peso de Mg, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.

10 Opcionalmente, la aleación de latón al silicio de fácil mecanización, libre de plomo y con alto contenido de zinc comprende: del 35,0 al 42,0% en peso de Zn, del 0,1 al 1,5% en peso de Si, del 0,03 al 0,4% en peso de Al, del 0,01 al 0,36% en peso de P, del 0,01 al 0,1% en peso de Ti, del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras, del 0,05 al 0,5% en peso de Sn y/o del 0,05 al 15 0,2% en peso de Ni, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.

Opcionalmente, la aleación de latón al silicio de fácil mecanización, libre de plomo y con alto contenido de zinc comprende: del 39,00 al 42,00% en peso de Zn, del 0,1 al 1,5% en peso de Si, del 0,1 al 0,3% en peso de P, del 0,03 al 0,3% 20 en peso de Al, del 0,05 al 0,2% en peso de Ni, del 0,01 al 0,1% en peso de Ti, del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.

Opcionalmente, la aleación de latón al silicio de fácil mecanización, libre de 25 plomo y con alto contenido de zinc comprende: del 39,00 al 42,00% en peso de Zn, del 0,1 al 0,2% en peso de Si, del 0,03 al 0,3% en peso de Al, del 0,15 al 0,3% en peso de P, del 0,05 al 0,1% en peso de Sn, del 0,05 al 0,1% en peso de Ni, del 0,05 al 0,1% en peso de Ti, del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.

30

Opcionalmente, la aleación de latón al silicio de fácil mecanización, libre de plomo y con alto contenido de zinc comprende: del 39,00 al 42,00% en peso de

Zn, del 0,1 al 0,5% en peso de Si, del 0,03 al 0,3% en peso de Al, del 0,15 al 0,25% en peso de P, del 0,05 al 0,2% en peso de Sn, del 0,05 al 0,2% en peso de Ni, del 0,05 al 0,4% en peso de Mg, del 0,01 al 0,1% en peso de Ti, del 0,001 al 0,01% en peso de elementos de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu 5 e impurezas inevitables.

Opcionalmente, la aleación de latón al silicio de fácil mecanización, libre de plomo y con alto contenido de zinc comprende: del 40,00 al 42,00% en peso de Zn, del 0,1 al 0,2% en peso de Si, del 0,03 al 0,3% en peso de Al, del 0,05 al 10 0,3% en peso de Mg, del 0,01 al 0,3% en peso de P, del 0,1 al 0,3% en peso de Sn, del 0,05 al 0,1% en peso de Ni, del 0,01 al 0,1% en peso de Ti, del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.

15 Opcionalmente, la aleación de latón al silicio de fácil mecanización, libre de plomo y con alto contenido de zinc comprende: del 40,00 al 42,00% en peso de Zn, del 0,2 al 0,5% en peso de Si, del 0,03 al 0,3% en peso de Al, del 0,01 al 0,1% en peso de P, del 0,1 al 0,25% en peso de Mg, del 0,1 al 0,3% en peso de Sn, del 0,05 al 0,15% en peso de Ni, del 0,001 al 0,04% en peso de elementos 20 de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.

Preferentemente, las aleaciones de la invención comprenden aluminio en una cantidad del 0,03 al 0,35% en peso de Al, más preferentemente del 0,03 al 0,34% en peso de Al, de forma especialmente preferente del 0,03 al 0,31% en peso y de forma todavía más preferente del 0,03 al 0,3% en peso de Al. 25

Preferentemente, las aleaciones de la invención comprenden elementos de las tierras raras seleccionados entre el grupo consistente en La y Ce.

30 Opcionalmente, las aleaciones de la invención comprenden una o más de las siguientes características, y preferentemente todas ellas: el alargamiento de

fundición es mayor del 10%; la rigidez HRB oscila entre 55 y 75; y el ángulo de plegado de bandas de muestra es mayor de 55°.

Otra realización de la invención comprende un método para producir las  
5 aleaciones de latón al silicio de fácil mecanización, libres de plomo y con alto contenido de zinc de la invención, comprendiendo el método procedimientos de fundición y consistiendo la fundición en fundición inyectada a baja presión; produciéndose las piezas de forja mediante lingotes continuos horizontales más que mediante barras extrudidas; y oscilando la temperatura en el proceso de  
10 fundición inyectada a baja presión entre 970 y 1000 °C y la temperatura en el proceso de forja entre 600 y 720 °C.

## **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

15 Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar una aleación de latón al silicio de fácil mecanización con alto contenido de zinc, con excelentes propiedades de moldeabilidad, rendimiento de forja, cortabilidad, soldabilidad, propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión y electrochapabilidad, y cuyo coste sea bastante bajo, en especial una aleación de latón al silicio de fácil  
20 mecanización y soldable que sea aplicable en la fundición inyectada a baja presión y en la forja. Una aleación de este tipo resolverá las limitaciones de las aleaciones de latón convencionales arriba descritas, en especial el problema de la contaminación con plomo.  
25 El objeto de la invención se logra mediante una elección razonable de los elementos de la aleación y el diseño optimizado de sus contenidos.

Las ideas básicas para la elección de elementos y el diseño de los contenidos consisten en el uso de la interacción mutua de múltiples elementos de aleación  
30 con bajo contenido para formar muchos tipos de granos compuestos intermetálicos múltiples para mejorar la cortabilidad de las aleaciones y asegurar

una excelente moldeabilidad, soldabilidad, cortabilidad y resistencia a la corrosión de las aleaciones.

Las aleaciones de la presente invención comprenden: del 35,0 al 42,0% en peso de Zn, del 0,1 al 1,5% en peso de Si, del 0,03 al 0,4% en peso de Al, del 0,01 al 0,36% en peso de P, del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras, del 0,05 al 0,5% en peso de Sn y/o del 0,05 al 0,2% en peso de Ni, y opcionalmente comprenden del 0,01 al 0,1% en peso de Ti y opcionalmente comprenden del 0,05 al 0,4% en peso de Mg, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables. Preferentemente, las aleaciones de la invención comprenden aluminio en una cantidad del 0,03 al 0,35% en peso de Al, más preferentemente del 0,03 al 0,34% en peso de Al, de forma especialmente preferente del 0,03 al 0,31% en peso y de forma todavía más preferente del 0,03 al 0,3% en peso de Al. Preferentemente, las aleaciones de la invención comprenden elementos de las tierras raras seleccionados entre el grupo consistente en La y Ce. Opcionalmente, las aleaciones de la invención comprenden una o más de las siguientes características, y preferentemente todas ellas: el alargamiento de la aleación de fundición es mayor del 10%; la rigidez HRB oscila entre 55 y 75; y el ángulo de plegado de bandas de muestra es mayor de 55°.

Las aleaciones de la presente invención no comprenden antimonio, a no ser que esté presente como una impureza inevitable. Si está presente como una impureza inevitable, las aleaciones de la presente invención comprenderán menos de un 0,3% en peso de antimonio, de forma especialmente preferente menos de un 0,2% en peso de antimonio y de forma totalmente preferente menos de un 0,02% en peso de antimonio.

Las aleaciones de la presente invención no comprenden manganeso, a no ser que esté presente como una impureza inevitable. Si está presente como una impureza inevitable, las aleaciones de la presente invención comprenderán

menos de un 0,2% en peso de manganeso, y preferentemente no más de un 0,0005% en peso de manganeso.

Las aleaciones de la presente invención no comprenden bismuto, a no ser que  
5 esté presente como una impureza inevitable. Si está presente como una impureza inevitable, las aleaciones de la presente invención comprenderán menos de un 0,16% en peso de bismuto, y preferentemente no más de un 0,0005% en peso de bismuto.

10 Las aleaciones de la presente invención no comprenden circonio, a no ser que esté presente como una impureza inevitable. Si está presente como una impureza inevitable, las aleaciones de la presente invención comprenderán menos de un 0,0005% en peso de circonio, y preferentemente menos de un 0,0003% en peso de circonio.

15 Las aleaciones de la presente invención no comprenden carbono, a no ser que esté presente como una impureza inevitable. Si está presente como una impureza inevitable, las aleaciones de la presente invención comprenderán menos de un 0,0015% en peso de carbono, y preferentemente menos de un 20 0,0010% en peso de carbono.

Las aleaciones de la presente invención no comprenden arsénico, a no ser que esté presente como una impureza inevitable. Si está presente como una impureza inevitable, las aleaciones de la presente invención comprenderán 25 menos de un 0,01% en peso de arsénico, y preferentemente menos de un 0,004% en peso de arsénico.

En la aleación de la presente invención, el Si es el elemento principal excepto por el Zn. Le siguen Al, Mg, Sn y P.

30 El efecto del Si como uno de los elementos principales consiste fundamentalmente en la desoxidación para mejorar la moldeabilidad,

soldabilidad, resistencia a la corrosión, en especial para mejorar la resistencia a la corrosión por descincación, aumentar la fase  $\beta$  y formar una fase  $\gamma$  pequeña, y mejorar la cortabilidad de las aleaciones. La presente invención demuestra que el elemento Si tiene el efecto de refinar el grano de fase  $\alpha$  y resulta beneficioso para mejorar la intensidad, el coeficiente de alargamiento y la resistencia al agrietamiento de las aleaciones. Los compuestos intermetálicos se dispersarán adicionalmente en la superficie de contacto entre cristales adyacentes, el contorno de fase y el interior del cristal mediante refinado de grano. También resultará beneficioso para las propiedades mecánicas y la cortabilidad. Para las piezas de fundición de construcción compleja y gran espesor de sección transversal, y que son aplicables en la fundición inyectada a baja presión, el contenido de Si es limitado cuando no aparece ninguna fase dura y frágil  $\gamma$ , la aleación está en fase  $\beta$  a alta temperatura y en fase  $(\alpha+\beta')$  a una temperatura inferior a 450 °C. La fase  $\beta$  consiste en los compuestos intermetálicos con estructura cristalina de cuerpo centrado. Su plasticidad a alta temperatura es mejor que en la fase  $\alpha$ , de modo que es beneficiosa para la resistencia al agrietamiento en caliente de la aleación. La fase  $\beta'$  consiste en compuestos intermetálicos con estructura cristalina de cuerpo centrado y constituyentes ordenados. Es más dura y frágil que la fase  $\beta$  de modo que resulta beneficiosa para la cortabilidad. Sin embargo, cuando la aleación está en la fase  $\beta'$  a temperatura ambiente, la fragilidad de la aleación aumenta de modo que tiende al agrietamiento en frío y la rigidez HRB es superior a 80. Por último, es malo para la cortabilidad. Se ha de controlar un contenido total de Zn, Al y Si menor del 45% en peso. Por ejemplo, si el contenido de Zn en la aleación es del 40% en peso, y el de Al es del 0,2%, el contenido de Si no puede ser mayor del 0,4% en peso. Dado que la extracción radial en caliente de los lingotes de fundición continuos para la forja en molde es homogénea y la solidificación axial es correcta, no hay tendencia al agrietamiento en caliente. Preferentemente, el contenido de Si oscila entre el 0,6 y el 2,0% en peso. En el caso de los productos de construcción simple mediante fundición inyectada a baja presión, el contenido de Si oscila preferentemente entre el 0,5 y el 1,5% en peso para

que en la aleación se forme una fase  $\gamma$  pequeña con el fin de mejorar la cortabilidad.

Los efectos del Al como uno de los elementos principales consisten en reforzar la solución sólida, mejorar la resistencia a la corrosión, mejorar la resistencia al agrietamiento en caliente y producir una desoxidación. El contenido de Al oscila preferentemente entre el 0,03 y el 0,4% en peso, de forma especialmente preferente entre el 0,03 y el 0,3% en peso. Si el contenido de Al es menor del 0,03% en peso, el efecto no se hace patente. Si el contenido de Al es mayor del 0,3% en peso, o va más allá del 0,4% en peso, el Al tiende a desoxidarse y producir escoria, lo que disminuye la fluidez de la aleación y resulta negativo para la moldeabilidad y soldabilidad. Además, el Al hace más grueso el grano de la aleación de latón al silicio y reduce la condensabilidad de la fundición y la organización de lingotes.

15

El P es uno de los elementos de elección de la aleación de la invención. La solubilidad sólida del Mg en la matriz de cobre se reducirá rápidamente a medida que disminuye la temperatura. La solubilidad sólida será equivalente a cero cuando la temperatura sea equivalente a la temperatura ambiente, el P precipitado con Cu formará compuestos intermetálicos frágiles  $Cu_3P$ . En el proceso de corte, estos compuestos intermetálicos son propensos a agrietarse de tal modo que las virutas de corte tienden a romperse y finalmente hacen que la aleación adquiera una excelente cortabilidad. En las aleaciones de latón comunes normalmente se añade entre el 0,003 y el 0,006% en peso de P para la desoxidación. Cuando el contenido de P sobrepase el 0,05% en peso, se formarán los compuestos intermetálicos  $Cu_3P$ . En las aleaciones de la invención, el contenido de P se controla dentro del intervalo del 0,01 al 0,4% en peso. Su desoxidación mejorará la moldeabilidad y soldabilidad de la aleación y disminuirá la pérdida por oxidación de otros elementos útiles, y el  $Cu_3P$  formado mejorará adicionalmente la cortabilidad de las aleaciones. En la presente invención, el P es el elemento de la aleación que resulta beneficioso para la

cortabilidad, moldeabilidad y soldabilidad. Un contenido pequeño de P también tiene un efecto de refinado de grano.

El efecto del Mg en la aleación de latón es similar al del P. Tiene un efecto de desoxidación y refinado de grano. Además, los compuestos intermetálicos Cu<sub>2</sub>Mg formados por Mg y Cu también resultan beneficiosos para mejorar la cortabilidad de la aleación. Sin embargo, el Cu<sub>2</sub>Mg no es duro y frágil como el Cu<sub>3</sub>P y obviamente es negativo para la plasticidad de las aleaciones. El Mg también formará Mg<sub>2</sub>Si con Si. Mediante observación con microscopio electrónico de barrido se ha comprobado que las partículas de Mg-Si están dispersadas uniformemente de forma granular en el interior y los contornos de grano  $\alpha$  y en el contorno de fase  $\alpha$ . En el interior de granos  $\beta$  no se encuentran partículas de Mg-Si. El Mg también forma un compuesto intermetálico complejo que está dispersado de forma granular en el interior de granos con elementos Sb, Cu y Zn. Estos granos de compuestos intermetálicos múltiples no solo son beneficiosos para mejorar la cortabilidad de las aleaciones, sino que también resultan ventajosos para reducir la pérdida de Mg en el proceso de fundición. Si las aleaciones de la invención incluyen Mg, el contenido de éste oscilará entre el 0,05 y el 0,4% en peso. Se utiliza para la desoxidación, para refinar el grano y para mejorar la moldeabilidad de las aleaciones. Si el contenido está situado en el medio del intervalo o más arriba, también es beneficioso para la cortabilidad. El Mg es mejor que el P en cuanto al efecto de mejora de la moldeabilidad de las aleaciones. El Mg podría mejorar obviamente la resistencia al agrietamiento en caliente de la aleación y eliminar eficazmente el agrietamiento de las piezas fundidas.

El Ti y los elementos de tierras raras son el agente de refinado de grano efectivo de las aleaciones y también tienen un efecto de desoxidación. Los elementos de tierras raras también tienen un efecto de purificación del contorno de grano. Los elementos de tierras raras forman compuestos intermetálicos de alto punto de ebullición con impurezas de bajo punto de ebullición en el contorno de grano y disminuyen la fragilidad en caliente de las aleaciones o forman compuestos

intermetálicos con otras impurezas perjudiciales en el contorno de grano y disminuyen su nocividad. Los elementos de tierras raras también pueden tener un efecto mutuo con la mayoría de los elementos de la aleación y formar compuestos intermetálicos más estables. Por ello, en la mayoría de aleaciones 5 de latón de fácil mecanización libres de plomo se incorporan elementos de las tierras raras que son los elementos tales como Ti. Sin embargo, los elementos de las tierras raras tienen tendencia a oxidarse. Si se añade incluso una cantidad pequeña, la plasticidad de las aleaciones evidentemente disminuirá. En las aleaciones de la invención se incluye selectivamente entre un 0,001 y un 10 00,5% en peso de elementos de las tierras raras. Éstos mejoran el rendimiento mecánico, pero influyen negativamente en la moldeabilidad. Esto se plasma en muestras de contracción de volumen, en las que la superficie de la cavidad de contracción de concentración no es lisa y aparece una pequeña porosidad de contracción visible en el fondo de la contracción de concentración.

15

El Ni añadido selectivamente está destinado a reforzar la solución sólida, mejorar la resistencia a la corrosión y en especial mejorar la resistencia a la corrosión por tensión. Sin embargo, si también se añade Al a las aleaciones, el 20 Ni junto con el Al forma compuestos intermetálicos de alto punto de ebullición duros y frágiles, lo que disminuye la plasticidad. El Sn añadido selectivamente está destinado principalmente a mejorar la resistencia a la corrosión de las aleaciones, en especial la resistencia a la corrosión por descincación de las aleaciones. El Sn también podría formar compuestos intermetálicos con Sb. Cuanto mayor es la adición de Sn, menor es la liberación de Sb en el agua. 25 Cuando el contenido de Sb es mayor del 0,2% en peso, aunque se incremente el contenido de Sn, la cantidad de Sb liberado en el agua sobrepasará la norma y se producirá un engrosamiento del grano. La resistencia al agrietamiento, la intensidad y el coeficiente de alargamiento disminuirán. El efecto del Sn de reducción de la cantidad de Sb liberado en el agua es muy limitado. Lo más 30 importante es que el Ni y el Sn son muy caros. Es mejor mantener el contenido de los mismos en el límite inferior.

El Fe es una de las impurezas más comunes en el cobre y las aleaciones de cobre. Tiene el efecto de refinar el grano de fase  $\alpha$  en el cobre y el latón. La solución sólida de Fe a temperatura ambiente es muy baja. El Fe que no esté en solución o el Fe precipitado disminuirá la plasticidad y la resistencia a la 5 corrosión de las aleaciones y forma puntos duros y frágiles duros con Al, Si y B. Los puntos duros están situados en la superficie de las piezas fundidas y piezas de forja e influyen en la calidad superficial de los productos electrochapados. Esto se plasma en la aparición de discrepancias de puntos en la consistencia 10 del brillo superficial de los productos. Los productos de gama alta no pueden aceptar discrepancias de puntos, por lo que el contenido de Fe ha de ser igual o menor del 0,1% en peso.

El contenido de Pb debería ser inferior al 0,2% en peso. Es beneficioso para la cortabilidad y la cantidad liberada en el agua no sobrepasará la norma 15 NSF.ANSI61-2007 (1,5 ug/l).

El Sb puede ser una impureza y su contenido debe ser inferior al 0,08% en peso. La cantidad liberada en el agua no sobrepasará la norma NSF.ANSI61-2007 (0,6 ug/l) y es beneficioso para la resistencia a la corrosión por 20 descincación.

Para obtener aleaciones tanto moldeables como cortables, la elección de los elementos de la aleación arriba indicados y su diseño de contenido deben cumplir los siguientes requisitos: el estado de fundición del alargamiento de la 25 aleación ha de ser mayor del 5%, la rigidez (HRB) oscila entre 55 y 75 y el ángulo de plegado de bandas de muestra preferiblemente es mayor de 55°.

Las ventajas de la aleación de la invención son las siguientes: mediante una baja aleación múltiple, en especial mediante el ajuste del contenido de los 30 elementos de aleación Si, Al, Mg y P se asegura la excelente moldeabilidad y soldabilidad de las aleaciones para satisfacer los altos requisitos normativos de las propiedades de procesamiento, como fundición, forja, soldadura, aserrado,

enlistonado, fresado, perforación, pulido y electrochapado, y del rendimiento de uso como la corrosión por tensión, corrosión por niebla salina, corrosión por descincación, cantidad de Pb liberado, cantidad de Sb liberado, fuga de agua, rendimiento mecánico y rigidez, etc., para los cuerpos de llaves de paso. Las

- 5 aleaciones de la invención tienen un excelente rendimiento de forja. Los márgenes de la temperatura de forja son amplios. Se podrían forjar lingotes, más que barras extrudidas, en moldes desechables para formar piezas de repuesto con estructura compleja. Resulta beneficioso para el uso circular de materiales antiguos de materiales de latón al Pb, aleaciones de latón al fósforo, 10 aleaciones de latón al magnesio, aleaciones de latón al antimonio, aleaciones de latón al silicio y aleaciones de latón comunes. El coste de los materiales metálicos y el coste de producción total son bastante más bajos. Se trata de un nuevo tipo de aleación de latón al silicio con alto contenido de zinc y respetuoso con el medio ambiente.

15

El proceso de producción de la aleación de la invención es el siguiente: Dosificación de los materiales ---- Fundición en el horno eléctrico de inducción de frecuencia intermedia ---- Colada de lingotes ---- Refundición ---- Fundición inyectada a baja presión o barra de fundición continua horizontal ----

- 20 Descortezado ---- Forja. La temperatura para la fundición inyectada a baja presión oscila entre 970 °C y 1000 °C. La temperatura para la fundición continua horizontal oscila entre 990 °C y 1030 °C. La temperatura para la forja oscila entre 600 °C y 720 °C.

- 25 El presente método de producción tiene las siguientes ventajas: Tiene una gran operabilidad. Los equipos de producción, herramientas y moldes universales actuales, e incluso los moldes de fundición inyectada a baja presión y los machos de arena para fundición continua de latón, fundición inyectada a baja presión y forja no han de ser rediseñados ni revisados.

30

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

Para una mejor comprensión de la presente invención, ésta se describe a continuación por medio de un ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 La FIGURA 1 muestra la característica de muestras de contracción de volumen formadas en el Ejemplo 1.
- La FIGURA 2 muestra la característica de muestras de contracción de volumen formadas en el Ejemplo 14.
- La FIGURA 3 muestra la forma de las virutas de corte formadas en el Ejemplo 1.
- La FIGURA 4 muestra la forma de las virutas de corte formadas en el Ejemplo 6.
- 10 La FIGURA 5 muestra la forma de las virutas de corte formadas en el Ejemplo 14.
- La FIGURA 6 muestra la forma de las virutas de corte formadas cortando aleación de latón con contenido de plomo C36000 como comparación.

## EJEMPLOS

La Tabla 1 muestra la composición de la aleación de los ejemplos. Las materias primas utilizadas en la aleación de acuerdo con la invención incluyen: Cu nº 1, 5 Zn nº 1, Al Aoo, Ni nº 1, Sn nº 1, aleación madre Cu-Si, aleación madre Cu-P, aleación madre Cu-Ti, *mischmetal*, aleaciones de magnesio, lingotes de Pb nº 1 o materiales antiguos C36000, agentes de recubrimiento y agentes de refinado.

En primer lugar se introducen en el horno el Cu nº 1, aleaciones maestras de 10 Cu-Si, Ni nº 1 y un agente de recubrimiento que mejora la eficiencia de eliminación de escorias. Estos materiales se calientan hasta que se funde formando una mezcla fundida, y después se agitan. A continuación se añade el Zn nº 1 a la mezcla fundida, se funde y se agita. La escoria se retira de la masa fundida y se recubre. Después se lleva a cabo un proceso de lanzallamas. A 15 continuación se añaden aleaciones maestras de Cu-P y aleaciones de magnesio y se agitan. Luego se añade barra de fundición continua horizontal de metal de compensación. A continuación se lleva a cabo la forja en caliente a una temperatura entre 600 y 720 °C. Estos materiales se calientan de nuevo hasta que se funden, y a continuación se agitan. Luego se añade el agente de refinado 20 y se deja reposar hasta que se forman los lingotes. Después se lleva a cabo la fundición inyectada a baja presión a una temperatura entre 970 y 1000 °C o se realiza la fundición continua horizontal una vez refundidos los lingotes. Por último se lleva a cabo la forja.

Tabla 1 - Composición de ejemplos de aleaciones (% en peso)

Ejemplo	Cu	Si	Al	P	Sn	Ni	Mg	Ti	Elementos de las tierras raras	Pb+Fe	Zn
1	59,79	0,34	0,20	0,10	0,09	0,104	-	-	0,003	< 0,3	Compens.
2	60,15	0,34	0,18	0,16	0,09	0,106	0,25	-	-	< 0,3	Compens.
3	60,20	0,38	0,24	0,12	0,15	0,11	-	-	0,004	< 0,3	Compens.
4	59,83	0,36	0,26	0,15	0,08	-	0,10	-	0,001	< 0,3	Compens.
5	59,61	0,39	0,34	0,14	0,14	-	-	0,05	-	< 0,3	Compens.
6	61,11	0,12	0,06	0,28	0,12	0,11	0,12	-	0,002	< 0,3	Compens.
7	59,86	0,14	0,23	0,31	0,15	-	-	-	0,005	< 0,3	Compens.
8	59,34	0,15	0,25	0,29	0,18	-	-	0,013	-	< 0,3	Compens.
9	60,20	0,12	0,09	0,27	-	-	0,10	-	-	< 0,3	Compens.
10	60,37	0,15	0,31	0,31	-	0,13	-	0,03	-	< 0,3	Compens.
11	60,55	0,20	0,34	0,36	-	-	0,13	-	0,002	< 0,3	Compens.
12	61,04	0,18	0,25	0,06	-	-	0,28	-	-	< 0,3	Compens.
13	60,69	0,21	0,28	0,05	0,11	-	0,30	-	-	< 0,3	Compens.
14	60,31	0,25	0,24	0,08	0,09	0,14	0,35	-	-	< 0,3	Compens.

En los Ejemplos 1, 6 y 15 se han intentado hacer 3 tipos diferentes de cuerpos  
5 de llave de paso mediante fundición inyectada a baja presión y conformación por  
soldadura. La formabilidad es excelente.

La temperatura para la fundición inyectada a baja presión de la aleación del  
ejemplo oscila entre 970 y 1000 °C. La temperatura de colada para ensayar la  
10 moldeabilidad es de 1000 °C. La aleación de latón libre de plomo de la presente  
invención ha sido ensayada con los siguientes resultados:

#### Ensayo de moldeabilidad

15 Para medir la moldeabilidad de la aleación se utilizaron cuatro tipos de muestras  
de aleación de fundición estándar. Las muestras de contracción de volumen son  
para evaluar las características de contracción por concentración, contracción

dispersa y porosidad. Las muestras espirales son para medir la longitud de flujo de la mezcla fundida de aleación. Las bandas de muestra son para medir la tasa de contracción lineal y el ángulo de plegado de la aleación. Las muestras cilíndricas con diferentes espesores de pared son para medir la resistencia al agrietamiento por contracción de la aleación. En las muestras de contracción de volumen, como se puede ver en la Tabla 2, si la superficie de la cavidad de contracción de concentración es lisa y no hay porosidad por contracción visible en el fondo de la cavidad de contracción de concentración ni contracción dispersa visible en la sección de las muestras, ello indica que la moldeabilidad es excelente y se mostrará como “0” en la Tabla 2. Si la superficie de la cavidad de contracción de concentración es lisa pero la altura de la porosidad por contracción visible en el fondo de la cavidad de contracción de concentración es menor de 5 mm y no hay contracción dispersa visible en la sección de las muestras, ello indica que la moldeabilidad es buena, y se mostrará como “□” en la Tabla 2. Si la superficie de la cavidad de contracción de concentración no es lisa y la altura de la porosidad por contracción visible en el fondo de la cavidad de contracción de concentración es mayor de 5 mm, independientemente de que haya o no hay contracción dispersa visible en la sección de las muestras, ello indica que la moldeabilidad es mala, y se mostrará como “x” en la Tabla 2.

En el caso de las muestras cilíndricas, como se puede ver en la Tabla 2, si no hay ninguna fisura visible en la superficie de la pieza fundida o después del pulido, ello indica que la moldeabilidad es excelente y se mostrará como “0” en la Tabla 2. Si existen fisuras visibles, ello indica que la moldeabilidad es mala y se mostrará como “x” en la Tabla 2.

Tabla 2 - Moldeabilidad de los ejemplos de aleación de la invención

Ejemplos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	C36000
Contracción de concentración	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	□	0
Longitud de flujo / mm	410 ~ 470				410 ~ 460				400 ~ 430				400		
Tasa de contracción lineal / %	1,4 ~ 1,7														2,1
Ángulos de plegado / °	>90	50	75	75	60	80	70	60 ~ 65			50 ~ 55				
Espesor de pared	2,0 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	0	x	0
	3,5 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	4,0 mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HRB		60	76	70	63 ~ 70	69	62 ~ 71				65 ~ 73			44	

Cortabilidad:

5

Para evaluar la cortabilidad se pueden utilizar muchas medidas. El modo usual consiste en determinar la tasa de corte relativa de la aleación de la invención midiendo la resistencia al corte y suponiendo que la tasa de corte relativa de la aleación de latón con contenido de plomo, como C36000, es del 100%. La tasa de corte relativa del presente ejemplo se representa de la siguiente manera:

$$\text{Tasa de corte relativa} = \frac{\text{Resistencia al corte de la aleación C36000}}{\text{Resist. al corte de la aleación de la invención}} \times 100$$

15

Las muestras para probar la cortabilidad se seleccionan partir de la rebaba del ensayo de tracción. La cantidad de alimentación es de 0,5 mm. Otros parámetros de corte son iguales. La Tabla 3 muestra los resultados.

20

Propiedades mecánicas

La Tabla 3 muestra los resultados de ensayo.

Tabla 3 - Propiedades mecánicas y tasa de corte relativa de los ejemplos de aleaciones de la invención

		1	2	3 4	5	6	7 8	9 10 11	12	13 14	C36000	Observaciones
Resistencia a la tracción / MPa	Fundición manual	400	-	450	460	370	420	410	-	430	340	Prueba de tracción para la fundición manual y la fundición inyectada a baja presión sin mecanización.
	Fundición continua horizontal	430	450	-	-	410	-	-	440	-	-	
	Fundición inyectada a baja presión	465	-	-	-	385	-	-	-	-	-	
Alargamiento / %	Fundición manual	13	-	9	10	12	8	6	-	8	-	Prueba de tracción para la fundición continua horizontal a partir de barras de fundición de Ø40 mm y mecanizadas para obtener muestras de Ø10
	Fundición continua horizontal	26	15	-	-	40	-	-	13	-	-	
	Fundición inyectada a baja presión	8,5	-	-	-	9	-	-	-	-	37	
Tasa de corte relativa %		$\geq 80$		-		$\geq 80$		-		$\geq 85$		100

5

#### Resistencia a la corrosión:

- Las muestras para probar la resistencia a la corrosión están en estado de fundición. Las muestras de los ejemplos 1, 6 y 15 son de cuerpos de llaves de paso realizados mediante fundición inyectada a baja presión. Las muestras de otros ejemplos son muestras circulares para medir la moldeabilidad, ya que son muestras representativas que no se pueden contraer libremente en el proceso de solidificación y enfriamiento y cuya tensión interna es relativamente grande.
- 10 Las muestras para la corrosión por niebla salina y la corrosión por tensión
- 15 Las muestras para la corrosión por tensión

consisten en productos de electrochapado. El ensayo de corrosión por tensión se lleva a cabo de acuerdo con la norma GSO481.1.013-2005 (fumigación con amoníaco). El ensayo de corrosión por niebla salina se lleva a cabo de acuerdo con la norma ASTMB368-97(R2003)<sup>E1</sup>. El ensayo de corrosión por descincación 5 se lleva a cabo de acuerdo con la norma GB10119-1988. El ensayo de solubilización de antimonio en agua de obturación se lleva a cabo de acuerdo con la norma NSF/ANSI61-2007. La Tabla 4 muestra los resultados de ensayo.

Tabla 4 - Resultados de corrosión de los ejemplos de aleaciones de la invención

Ejemplos	Corrosión por tensión	Corrosión por niebla salina	Profundidad de capa de descincación / mm		Cantidad disolución metal Q Valor / µg/l
			Piezas fundidas	Lingotes de aleación	
1	Apto	Apto	0,24	0,26	Sb < 0,6 Pb < 1,5 As < 1,0 Cd < 0,5 Hg < 0,2 Apto
2	Apto	Apto		0,28	
3	Apto	Apto			
4	Apto	Apto			
5	Apto	Apto			
6	Apto	Apto	0,25	0,28	
7	Apto	Apto			
8	Apto	Apto			
9	Apto	Apto			
10	Apto	Apto			
11	Apto	Apto			
12	Apto	Apto	0,26		
13	Apto	Apto			
14	Apto	Apto			
C36000	Apto	Apto		0,40	Pb < 0,5, otros aptos

## REIVINDICACIONES

1. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc que comprende: del 35,0 al 42,0% en peso de Zn; del 0,1 al 5 1,5% en peso de Si; del 0,03 al 0,4% en peso de Al; del 0,01 al 0,36% en peso de P; del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras; al menos un componente del grupo consistente en el 0,05 al 0,5% en peso de Sn y del 0,05 al 0,2% en peso de Ni; que opcionalmente comprende del 0,01 al 0,1% en peso de Ti; que opcionalmente comprende del 0,05 al 0,4% en peso de Mg; 10 consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables, pudiendo comprender dicha aleación Fe en una cantidad igual o menor del 0,1% en peso y pudiendo comprender dicha aleación además Pb en una cantidad menor del 0,2% en peso.
- 15 2. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc según la reivindicación 1, comprendiendo dicha aleación: del 35,0 al 42,0% en peso de Zn; del 0,1 al 1,5% en peso de Si; del 0,03 al 0,4% en peso de Al; del 0,01 al 0,36% en peso de P; del 0,01 al 0,1% en peso de Ti; del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras; al menos un 20 componente del grupo consistente en el 0,05 al 0,5% en peso de Sn y del 0,05 al 0,2% en peso de Ni, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.
- 25 3. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, comprendiendo dicha aleación: del 39,00 al 42,00% en peso de Zn, del 0,1 al 1,5% en peso de Si, del 0,1 al 0,3% en peso de P, del 0,03 al 0,4% en peso de Al, del 0,05 al 0,2% en peso de Ni, del 0,01 al 0,1% en peso de Ti, del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.
- 30 4. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, comprendiendo

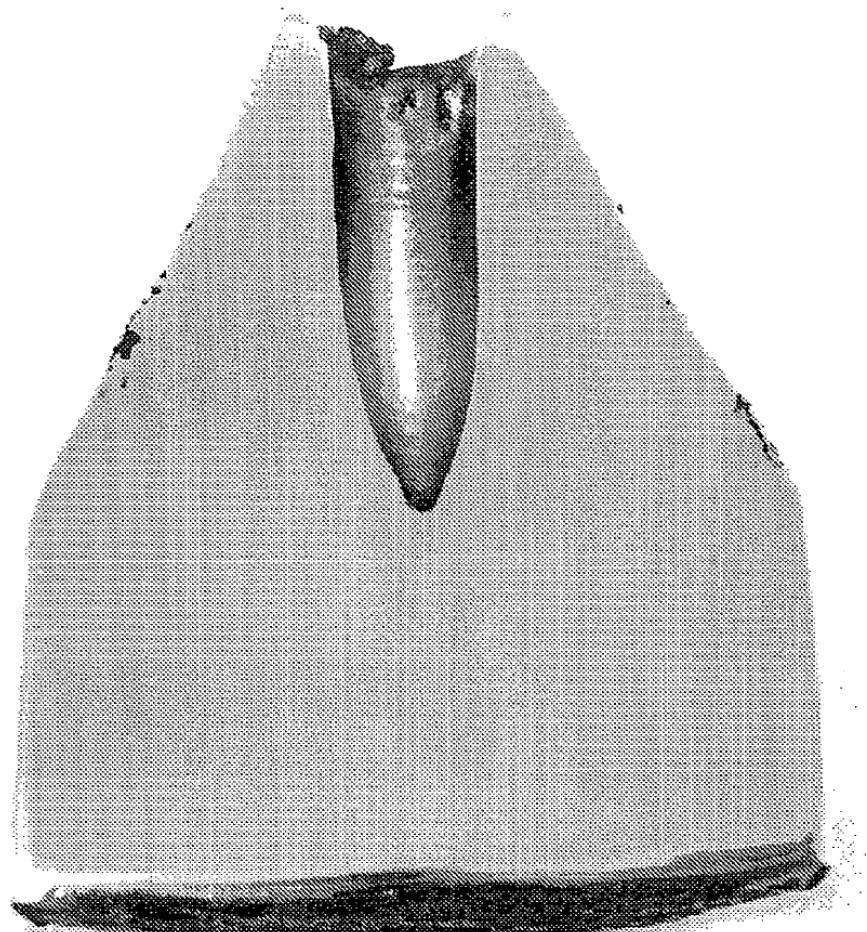
dicha aleación: del 39,00 al 42,00% en peso de Zn, del 0,1 al 0,2% en peso de Si, del 0,03 al 0,4% en peso de Al, del 0,15 al 0,3% en peso de P, del 0,05 al 0,1% en peso de Sn, del 0,05 al 0,1% en peso de Ni, del 0,05 al 0,1% en peso de Ti, del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.

5. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc según la reivindicación 1, comprendiendo dicha aleación: del 39,00 al 42,00% en peso de Zn, del 0,1 al 0,5% en peso de Si, del 0,03 al 0,4% en peso de Al, del 0,15 al 0,25% en peso de P, del 0,05 al 0,2% en peso de Sn, del 0,05 al 0,2% en peso de Ni, del 0,05 al 0,4% en peso de Mg, del 0,01 al 0,1% en peso de Ti, del 0,001 al 0,01% en peso de elementos de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.
10. 6. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc según la reivindicación 1, comprendiendo dicha aleación: del 40,00 al 42,00% en peso de Zn, del 0,1 al 0,2% en peso de Si, del 0,03 al 0,4% en peso de Al, del 0,05 al 0,3% en peso de Mg, del 0,01 al 0,3% en peso de P, del 0,1 al 0,3% en peso de Sn, del 0,05 al 0,1% en peso de Ni, del 0,01 al 0,1% en peso de Ti, del 0,001 al 0,05% en peso de elementos de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.
15. 7. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc según la reivindicación 1, comprendiendo dicha aleación: del 40,00 al 42,00% en peso de Zn, del 0,2 al 0,5% en peso de Si, del 0,03 al 0,4% en peso de Al, del 0,01 al 0,1% en peso de P, del 0,1 al 0,25% en peso de Mg, del 0,1 al 0,3% en peso de Sn, del 0,05 al 0,15% en peso de Ni, del 0,001 al 0,04% en peso de elementos de las tierras raras, consistiendo el resto en Cu e impurezas inevitables.

8. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, comprendiendo dicha aleación del 0,03 al 0,3% en peso de Al.
  - 5 9. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, seleccionándose los elementos de las tierras raras seleccionados entre el grupo consistente en La y Ce.
  - 10 10. Aleación de latón al silicio de fácil mecanización libre de plomo y con alto contenido de zinc según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, siendo el alargamiento de fundición de dicha aleación mayor del 10%, oscilando la rigidez HRB de dicha aleación entre 55 y 75; y siendo el ángulo de plegado de bandas de muestra de dicha aleación mayor de 55°.
- 15
11. Método para producir la aleación de latón al silicio de fácil mecanización, libres de plomo y con alto contenido de zinc según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, comprendiendo dicho método procedimientos de fundición y consistiendo dicha fundición en fundición inyectada a baja presión;
  - 20 produciéndose las piezas de forja mediante lingotes continuos horizontales más que mediante barras extrudidas; y oscilando la temperatura en el proceso de fundición inyectada a baja presión entre 970 y 1000 °C y la temperatura en el proceso de forja entre 600 y 720 °C.

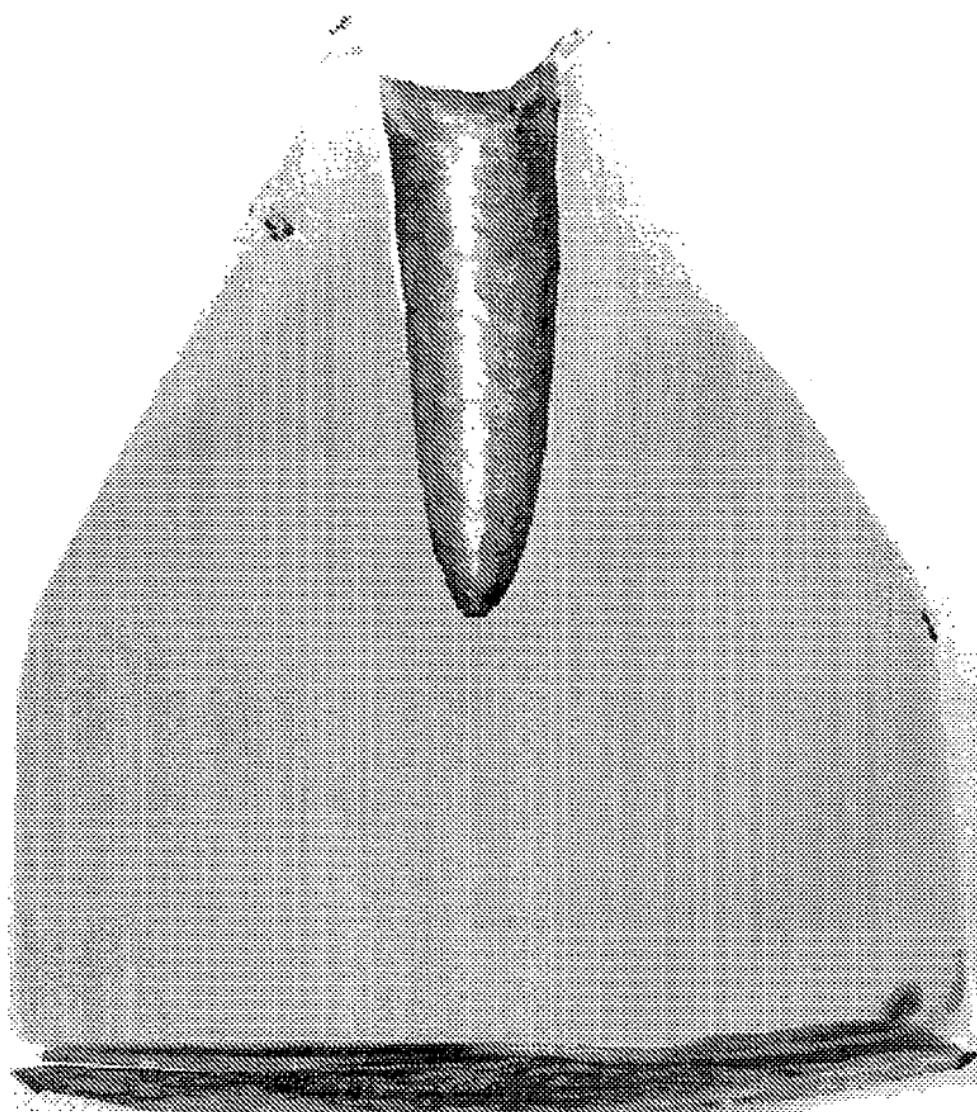
25

ES 2 398 184 T3

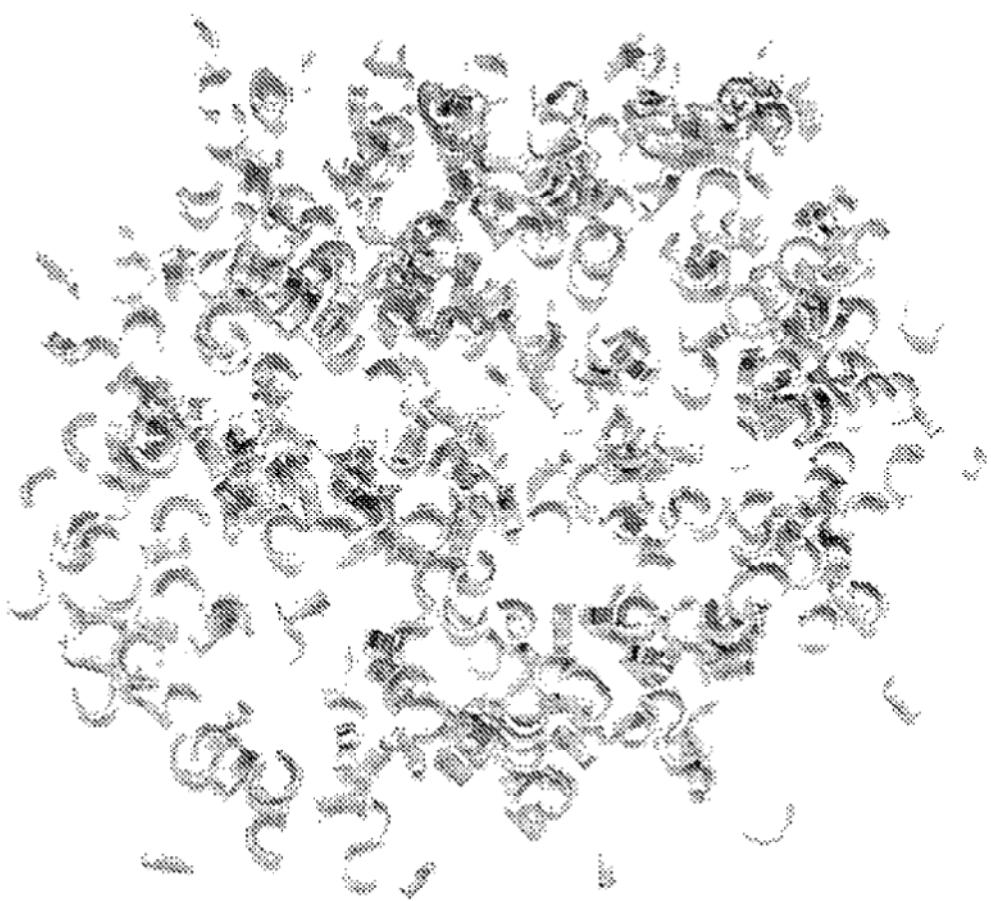


**FIGURA 1**

ES 2 398 184 T3

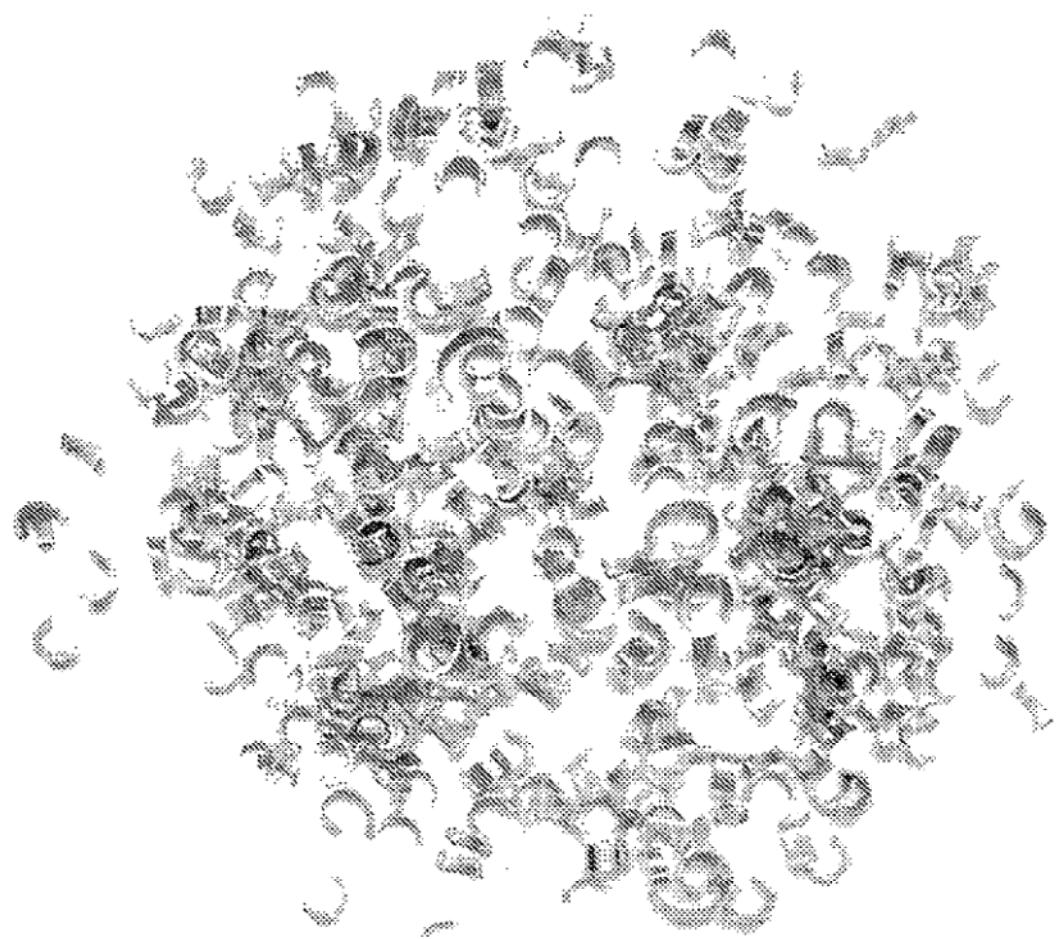


**FIGURA 2**



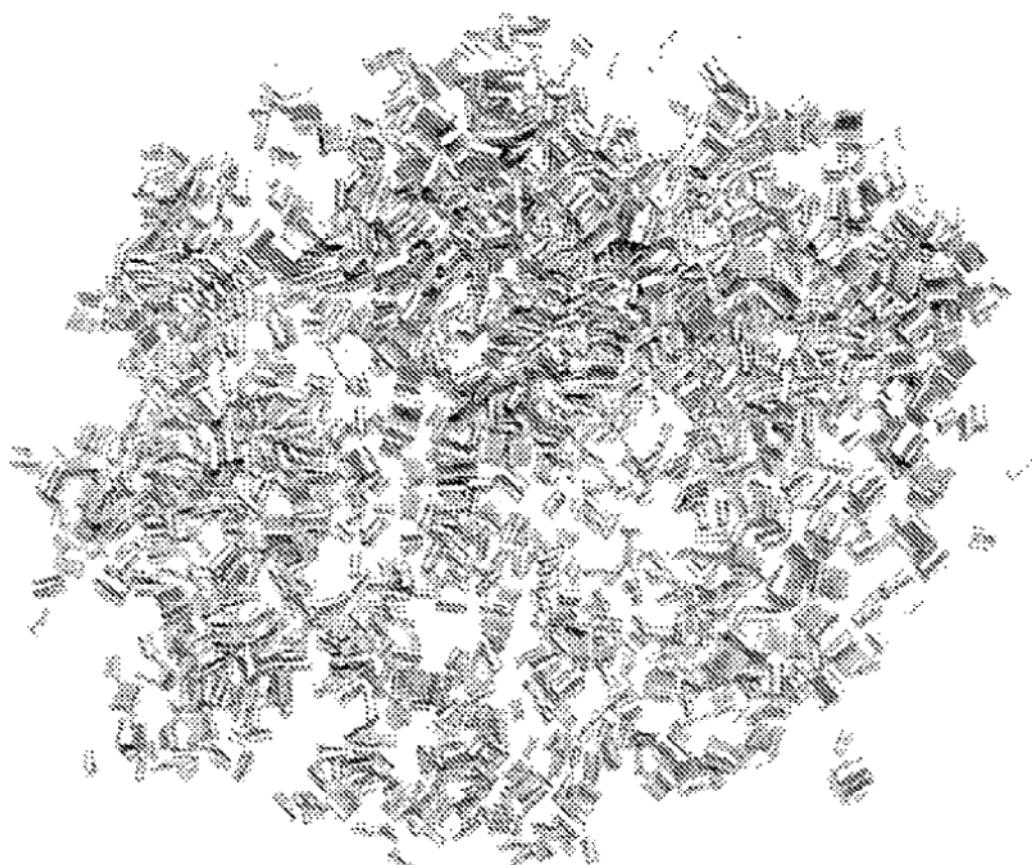
**FIGURA 3**

ES 2 398 184 T3



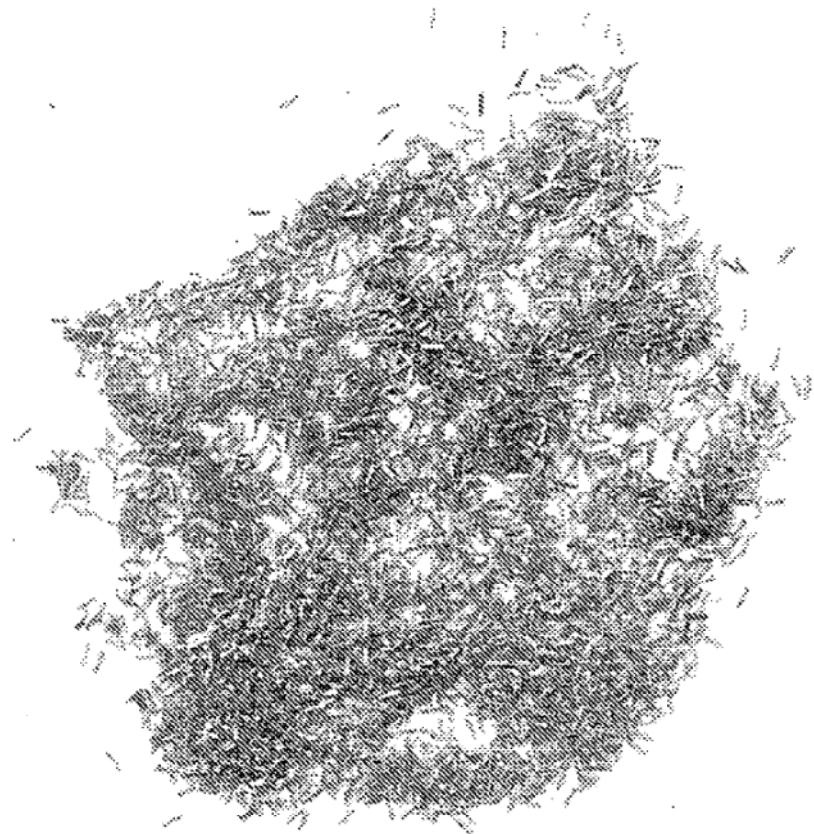
**FIGURA 4**

ES 2 398 184 T3



**FIGURA 5**

ES 2 398 184 T3



**FIGURA 6**