

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 034**

51 Int. Cl.:

C22C 19/05 (2006.01)
C22C 30/00 (2006.01)
C22C 9/01 (2006.01)
C22C 9/04 (2006.01)
C22F 1/08 (2006.01)
F16C 33/12 (2006.01)
F16D 23/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.02.2015 PCT/EP2015/052229**
87 Fecha y número de publicación internacional: **13.08.2015 WO15117972**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.02.2015 E 15705516 (1)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.07.2018 EP 3102713**

54 Título: **Aleación de cobre compatible con lubricantes**

30 Prioridad:

04.02.2014 DE 102014101343

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.10.2018

73 Titular/es:

**OTTO FUCHS - KOMMANDITGESELLSCHAFT -
(100.0%)
Derschlager Straße 26
58540 Meinerzhagen, DE**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 688 034 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 cobre compatible con lubricantes

La invención se refiere a una aleación de cobre compatible con lubricantes, en particular adecuada para la fabricación de piezas componentes de transmisiones sometidas a carga por rozamiento en contacto con lubricantes tales como, por ejemplo, anillos sincrónicos, así como a un procedimiento para fabricar piezas componentes de transmisiones de este tipo y una transmisión con piezas componentes de transmisiones de este tipo.

Para el desarrollo de una aleación de cobre para la fabricación de piezas de trabajo o piezas componentes sometidas a carga por rozamiento, que se encuentran en aceite, por ejemplo anillos sincrónicos, con una estabilidad frente a la corrosión mejorada se ha de tener en cuenta el sistema tribológico en conjunto. Esto afecta, junto a las capas próximas a la superficie de la aleación, a la composición del lubricante, en particular de los aditivos presentes en el mismo, así como al material de la superficie opuesta al rozamiento. Además, la distribución de temperaturas local que se ajusta en el caso de un sometimiento a carga por rozamiento y el comportamiento frente al envejecimiento del lubricante, influye sobre el desgaste corrosivo.

Sobre una pieza de trabajo a base de una aleación de cobre se forma, bajo sometimiento a carga por rozamiento, ya después de un corto tiempo de contacto con el lubricante, una capa de adsorción que se compone, ante todo, de aditivos lubricantes. En el caso de una carga termomecánica se forma, debajo de la capa de adsorción, una capa de reacción a base de componentes de la capa de adsorción que reaccionan entre sí y componentes de la aleación próximos a la superficie. En este caso, la capa de adsorción y la capa de reacción forman una capa límite externa sobre la pieza de trabajo de la aleación de cobre, que se encuentra por debajo de una capa límite interna de varios micrómetros de grosor. En virtud de su proximidad con la capa límite externa, ésta se ve influenciada tanto por la carga mecánica que actúa sobre la superficie como por los procesos de transformación químicos en la capa de reacción. En la zona de la capa límite interna, los procesos de difusión y los procesos de oxidación de la aleación del sustrato pueden influir sobre la formación de la capa de reacción.

Muchos lubricantes contienen aditivos tales como aditivos con contenido en azufre y fósforo, que, en el caso de una carga termomecánica correspondiente, pueden actuar de forma corrosiva por el contacto por rozamiento, lo cual reduce de nuevo de manera nada despreciable la vida útil de una pieza de trabajo. Ya se propusieron aleaciones de cobre con el fin de reducir el efecto corrosivo de componentes de azufre en el lubricante. Del documento JP S 60162742 A se conoce una aleación de cobre para el cojinete de un turbocargador que, referido a las partes en peso, se compone de 57 - 61% de Cu, 2,5 - 3,5% de Pb, pudiendo estar presentes Fe y Zn como impurezas. Sobre la superficie de rozamiento se ha de configurar una capa de CuS estable.

El documento EP 0 872 565 A1 describe que la corrosión por azufre de una aleación de cobre puede ser reducida si, adicionalmente a Cu y Zn, se incorporan en la aleación una proporción de níquel de 10 - 70% en peso, así como componentes oxidables de la aleación (Zn, Mn, Al y Si). Mediante una capa de óxido se ha de suprimir la configuración de una capa de sulfuro de cobre. A partir del documento EP 1 281 838 A2 es conocido que se puede actuar en contra de una corrosión por porciones de azufre en el aceite lubricante mediante una relación elegida de Cu-Zn. Adicionalmente, para mejorar la dureza de la aleación se añaden Mn, Al, Si, formándose ante todo fases duras de silicio de manganeso cristalizadas. Por lo tanto, se emplea preferiblemente una elevada proporción de la aleación en Mn de hasta 7% en el caso de esta aleación previamente conocida. El documento JP S 61117240 A propone una aleación de cobre con porciones en peso de 54 - 64% de Cu, 0,5 - 3% de Si, 0,5 - 2% de Al, 3 - 7% de Mn y el resto Zn, en la que precipitados de fase dura están presentes en forma de siliciuros de manganeso. La aleación reduce la formación de capas de sulfuro de cobre, de modo que éstas, como material de cojinete para un turbocargador en el caso de elevadas temperaturas del gas de escape, muestran una tendencia menor a la corrosión.

Además, a partir del documento DE 41 01 620 C2 se conoce una aleación de cobre con una tendencia reducida a la corrosión frente a aceites lubricantes con contenido en azufre. La composición de la aleación se compone de 11,5 - 25% en peso de Zn, 5 - 18% en peso de Pb, 1 - 3,5% en peso de Mn, 0,3 - 1,5 % en peso de Si. En la estructura que se compone de una fase α pura, la proporción de plomo está repartida uniformemente. Además de ello, los componentes de silicio y manganeso de la aleación se añaden de manera que estos se presenten en una relación estequiométrica para la formación de siliciuros de manganeso, con el fin de evitar una separación por cristalización de silicio libre y, con ello, una fragilidad.

Para piezas de trabajo sometidas a carga por rozamiento tales como, por ejemplo, anillos sincrónicos, los depósitos de fase dura refuerzan la dureza de la superficie y, con ello, reducen el grado de desgaste. En el sistema tribológico con el lubricante forman depósitos de fase dura en la zona próxima a la superficie que forman la resistencia más elevada frente a procesos de desgaste y alisamiento, zonas limitadas en el espacio con una elevada carga mecánica en las que pueden manifestarse temperaturas localmente elevadas. En estas zonas de la pieza componente particularmente cargadas mecánica y térmicamente se aceleran procesos de formación y degradación de la capa de reacción, de modo que los depósitos de fase dura no son nada problemáticos en relación con la corrosión. En este caso, se ha de tener en cuenta de que en el caso de incrustaciones de fase dura presentes de grano grueso bajo carga mecánica, pueden desprenderse grandes tramos de la capa límite externa e interna, lo cual refuerza de nuevo

las picaduras por corrosión.

Con el fin de contrarrestar estos procesos, el documento US 6.793.468 B2 propone una aleación de cobre con 54 - 64% en peso de Cu, 0,2 - 3% en peso de Si, 0,2 - 7% en peso de Mn, 0,5 - 3,5% en peso de Al y resto Zn, en la que siliciuros de manganeso cristalinos están presentes en la matriz de aleación de cobre en forma de estructuras alargadas orientadas. Con el fin de alcanzar los objetivos mencionados, la orientación de las fases duras debe estar prevista en la dirección axial en relación con un árbol giratorio a apoyar o bien con el cuerpo antagonista. Para un perfeccionamiento de este concepto, el documento DE 10 2011 004 856 A1 propone acelerar la formación de una película de sulfuro solicitable que, en contacto con el lubricante caliente, impida la picadura de una superficie antagonista deslizante. Para este fin se utiliza una aleación de cobre con 25 - 45% en peso de Zn, 0,3 - 2% en peso de Si, 1,5 - 6% en peso de Mn y el resto cobre, en la que se presentan compuestos de siliciuro de manganeso cristalinos dispuestos de forma orientada. La densidad de los depósitos se elige en este caso de manera que se forma una distancia media entre granos de 5 - 30 μm que, al contacto con lubricante caliente, conduce a una tensión térmica de la estructura que acelera la formación de una película de sulfuro deseada en la superficie de la pieza componente.

En relación con una resistencia a la corrosión mejorada de una pieza componente solicitada por rozamiento, es relevante la influencia de los distintos componentes de la aleación del sustrato sobre la composición y la estructura macroscópica de la capa límite interna que limita en la capa de reacción. Para ello, en el documento EP 0 709 476 B1 se propone una aleación de cobre sinterizada como material de rozamiento en un entorno lubricante que contiene componentes de fósforo y azufre, para la que resultan fases duras intermetálicas elegidas de FeMo, FeCr, FeTi, FeW, FeB y Al_2O_3 . Adicionalmente, se presenta una estructura porosa con un diámetro de poros medio de al menos 30 μm con una proporción en volumen de al menos 20%. La aleación se compone de 5 - 40% en peso de Zn, 5 - 40% en peso de Ni, 1 - 5% en peso de Si, 0,1 - 5% en peso de Al, 0,5 - 3% en peso de Pb y preferiblemente Sn con una proporción de 3-20% en peso, así como el resto cobre. Mediante las elevadas porciones de zinc y níquel se suprime la formación de sulfuro de cobre. Además, se forman siliciuros de níquel que mejoran el coeficiente de rozamiento.

Otras aleaciones de cobre y zinc se conocen de los documentos DE 10 2005 059 391 A1, DE 42 40 157 A1 o del documento CH 223 580. También estas aleaciones sirven para la fabricación de piezas componentes de latón empleadas en un entorno de aceite tales como, por ejemplo, anillos sincrónicos. Estas aleaciones están establecidas para que el silicio contenido en las mismas pase a formar parte por completo de la formación de siliciuros. Dado que el manganeso es un formador de siliciuro preferido, los datos de manganeso mencionados en las aleaciones de los ejemplos son correspondientemente elevados y rebasan por encima, por norma general, considerablemente el 2% en peso. El contenido en silicio está adaptado a las partes del formador de siliciuro y en las aleaciones de ejemplos indicadas en los documentos antes mencionados participan como máximo con 1% en peso.

Reiteradamente se añaden a sustancias lubricantes aditivos con el objetivo de reducir la corrosión sobre una superficie de rozamiento y disminuir el desgaste abrasivo. Un ejemplo de un inhibidor de la corrosión de este tipo (sustancia activa anti-desgaste) lo representa, por ejemplo, dialquilditiofosfato de zinc. En la capa de reacción se forma a partir de este suplemento un vidrio de fosfato que protege la superficie. Para ello, de manera ideal, tiene lugar un intercambio de los ligandos del aditivo con elementos de la aleación, así como un almacenamiento de cationes del sustrato, de modo que se forma una capa de reacción sólida. No obstante, los procesos de reacción que protegen las superficies dependen de la composición de la capa límite interna del material de sustrato. Además de ello, aditivos adicionales influyen sobre el proceso, dado que actúan en la capa de adhesión, bajo determinadas circunstancias, en relación con la adherencia, de forma competitiva con los aditivos que protegen las superficies. Adicionalmente notables son la estructura de la aleación, procesos térmicos de la capa de reacción en relación con el desprendimiento de calor y picos de temperatura locales para procesos de formación y degradación de la capa. Por lo tanto, en función del sistema tribológico que se presente en cada caso, puede producirse, bajo determinadas circunstancias y con participación de inhibidores de la corrosión, incluso un proceso de degradación química indeseado de la capa de rozamiento. Las aleaciones de cobre resistentes a la corrosión hasta ahora conocidas están adaptadas, por lo tanto, en cada caso a un sistema lubricante muy determinado.

Si en la sustancia lubricante se modifica la composición del aditivo, se influye con ello, por consiguiente, en todo el sistema tribológico, modificándose las reacciones químicas que interactúan en la superficie de metal de los participantes en el rozamiento. Por lo tanto, también este tipo de aditivos puede influir sobre la formación de la capa de reacción, que se añaden a la sustancia lubricante, no con el objetivo de una modificación de la superficie de rozamiento, sino principalmente para la protección o para la mejora del aceite base. Además de ello, existe la posibilidad de que se influya sobre procesos de envejecimiento del lubricante. En este caso, pueden actuar procesos de oxidación o pueden formarse productos de degradación de sustancias aditivas que, adicionalmente a la captación de partículas de desgaste, influyen en el intercambio con la capa de adsorción sobre la superficie de rozamiento.

Junto a una modificación de la composición aditiva, también un intercambio del aceite base de la sustancia lubricante tiene como consecuencia una modificación fundamental del sistema tribológico. Actualmente, para sustancias lubricantes que se modifican como aceites de transmisiones, se utilizan la mayoría de las veces aceites base en forma de aceites minerales, aceites de hidrocrackeo o aceites sintéticos tales como polialfaolefinas o ésteres. Con el fin de satisfacer el requisito de un lubricante biocompatible, una sustitución del aceite base por

aceites vegetales o grasas animales puede modificar básicamente las propiedades de adhesión, dado que los aceites vegetales presentan típicamente una elevada polaridad y, por consiguiente, se favorece la afinidad por la superficie metálica. Las modificaciones del sistema tribológico condicionadas por un cambio del lubricante, en particular de su aceite base, conducen hasta ahora, la mayoría de las veces, a la necesidad de adaptar la composición de la aleación a los participantes en el rozamiento, con el fin de mantener la protección frente a la corrosión.

El documento US 5.337.872 A da a conocer un anillo sincrónico con un revestimiento a base de polvo atomizado que se produce mediante una llama de plasma. La composición del revestimiento es una aleación de Cu. En este documento no se encuentra divulgación alguna sobre la cantidad de silicio libre y su relación con la proporción de Zn.

El documento US 2009/0092517 A1 da a conocer una pieza componente extrudida a base de un polvo de aleación de Cu. Este estado de la técnica tampoco da a conocer algo sobre la presencia de silicio libre y tampoco proporciona datos con respecto a determinadas porciones de fases.

Partiendo del documento US 5.337.872 A la invención tiene por misión proponer una pieza componente de aleación de cobre compatible con lubricantes a base de una aleación de cobre alternativa que para una gran amplitud de banda de diferentes sustancias lubricantes, en particular diferentes aceites base y una variación de aditivos de sustancias lubricantes, muestren una elevada resistencia a la corrosión.

Este problema se resuelve, de acuerdo con la invención, mediante la pieza componente de aleación de cobre compatible con lubricantes definida en la reivindicación 1. asciende; y

está presenta una proporción de fase $\beta \geq 80\%$ y en la matriz de la aleación no se manifiestan fases y ricas en silicio.

Si en el marco con la explicación de la invención se habla de impurezas inevitables, en este caso se trata de elementos que mediante el uso de material reciclado son incorporados en la masa fundida, no rebasando por encima cada uno de los elementos considerados como impureza una proporción de 0,5% en peso. Se intentará mantener a las impurezas referidas a los elementos y lo más bajas posible en suma.

La pieza componente de aleación de cobre de acuerdo con la invención, es decir, por ejemplo un anillo sincrónico, se distingue por una elevada compatibilidad con el aceite para una gran amplitud de banda de sistemas lubricantes. En este caso, se reconoció que la aleación de acuerdo con la invención forma capas de reacción particularmente estables en diferentes sistemas tribológicos bajo la acción de rozamiento y de carga térmica, estando considerablemente ralentizados procesos de aplanamiento y merma de la capa límite interna. La estabilización de la capa límite resulta a partir de la relación elegida entre los componentes de la aleación Si, Cu y Zn. Ante todo, es importante la relación de la proporción de silicio libre en comparación con la suma de los componentes de la aleación cobre y zinc.

El efecto de la proporción de zinc se considera en una estabilización de la capa de reacción, proporcionando una reactividad suficiente para una rápida formación de la capa y curación. Un efecto en parte opuesto se determina por parte de la proporción de silicio. En este caso, es esencial que silicio libre, no ligado en siliciuros, esté presente disuelto en la matriz o en fases de no siliciuro con contenido en silicio con una proporción en peso de al menos 0,4%. El efecto ventajoso se manifiesta ya cuando el contenido de silicio libre se encuentra por encima del umbral de impurezas individuales de 0,15% en peso. La proporción mínima en peso de 0,4% conduce a una estabilización clara de la capa de reacción. Una proporción todavía mayor de silicio libre de preferiblemente al menos 0,5%, y de manera particularmente preferida de al menos 0,6% potencia el efecto deseado sobre la formación de la capa de reacción, viniendo dado un límite superior por el requisito de la aptitud de tratamiento de la aleación. Se evitan fases y ricas en silicio que conducen a propiedades de la aleación mecánicamente desfavorables. Por lo tanto, la proporción en peso del silicio libre se ha de limitar a lo sumo a 2% y, de manera particularmente preferida, a lo sumo a 1,5%. Con el límite superior elegido para la proporción de silicio absoluta se evitan tensiones en la fundición de la aleación que, bajo determinadas circunstancias, pueden conducir a un desgarre, y se mantiene una dureza a la rotura de la aleación ventajosa.

Además, se prefiere elegir la relación ponderal entre el componente de la aleación zinc y la proporción de silicio absoluta en el intervalo de 10-40 y preferiblemente en el intervalo de 20 - 35. Si se considera el contenido en zinc con relación a la proporción de silicio libre en la matriz de la aleación, el cociente oscila entre 15 y 75, preferiblemente entre 20 y 55. El equilibrio explicado en lo que sigue entre el componente zinc que aumenta la reactividad y el contenido de silicio libre que influye en la velocidad de reacción se ajusta de manera que la formación de la capa de reacción tiene lugar de manera selectiva en relación con los aditivos lubricantes que participan.

En forma libre, el silicio actúa como inhibidor frente a la oxidación de otros componentes de la aleación, en particular, se reduce la tendencia a la oxidación de zinc, de modo que solo se forman en pequeña medida capas de óxido de zinc y, en su lugar, está presente zinc en forma elemental para la incorporación en la capa de reacción. Adicionalmente, se supone que el silicio libre en el latón especial reduce la velocidad de difusión de terceros elementos y, al mismo tiempo, disminuye la transferencia de calor dentro de la aleación. Esto influye sobre la

- cinética de la formación de la capa de reacción, en el sentido de que los procesos de constitución se ralentizan y, al mismo tiempo, discurren de manera más selectiva. En lugar de la configuración de una capa de óxido con elevadas proporciones de óxido de zinc, resulta una capa de reacción de lento crecimiento y estable en la que el zinc elemental que se encuentra a disposición como participante en la reacción, reacciona selectivamente con aditivos de aceites lubricantes individuales, mientras que la adsorción de la mayoría de los aditivos de aceite actualmente conocidos en la etapa de reacción tiene lugar solo en una pequeña medida. Con ello, no se suprime por completo la reactividad mediante la proporción de zinc y el efecto inhibidor del silicio libre disuelto en la matriz o en fases con contenido en silicio.
- Esta interacción tiene como consecuencia de que solo muy determinados aditivos lubricantes con efecto modificador de la superficie influyen en la constitución de la capa de reacción. Con ello se explica la amplitud de banda de la resistencia a la corrosión de las piezas de trabajo fabricadas a partir de la aleación de acuerdo con la invención, por ejemplo de anillos sincrónicos fabricados a partir de ella, dado que la mayoría de los aditivos de aceite se emplean sin un efecto desventajoso sobre el proceso de formación de la capa y pueden ser intercambiados. En este sentido, el sistema tribológico permanece invariable o bien casi invariable para piezas de trabajo a base de la aleación de acuerdo con la invención, por ejemplo anillos sincrónicos, en relación con la capa de reacción para una pluralidad de variantes de lubricantes. Para el empleo en diferentes entornos lubricantes se ha de tener únicamente en cuenta que no se han de utilizar muy determinados aditivos o composiciones de aditivos mediante los cuales podría verse influenciado de manera desventajosa el sistema tribológico. Mientras que en el caso de piezas de trabajo de aleaciones previamente conocidas únicamente podrían emplearse siempre lubricantes muy específicos, en el caso de piezas de trabajo a base de la aleación reivindicada son solo lubricantes individuales o bien composiciones de lubricantes con los que no se pueden alcanzar los éxitos de acuerdo con el uso pretendido. Por lo tanto, las piezas de trabajo fabricadas a partir de la aleación reivindicada son compatibles dentro de una amplia banda con el aceite.
- Para piezas de trabajo a base de la aleación reivindicada, para la configuración de la capa de reacción se acepta de manera muy intencionada un desgaste de la capa más externa, mecánicamente solicitada, con el fin de que se forme la capa de reacción estable. Esto se encuentra en contradicción con el modo de proceder habitual, de evitar el desgaste, también el desgaste inicial. En el caso de investigaciones que han conducido a la invención reivindicada, se comprobó que con el fin de obtener una capa de reacción estable no solo es necesario un control del crecimiento de la capa, incluido el grosor de la capa, así como de la composición de la capa. De manera importante en relación con una configuración estable de la capa de reacción de la pieza componente es también la estabilización de la capa límite interna que limita en la capa de reacción. Mediante la adición de silicio se observa una estabilidad mecánica mejorada de las capas límite que aumenta, en particular, la resistencia frente a un desgaste por picadura. Este efecto se refuerza adicionalmente mediante la secreción de fases duras intermetálicas, pudiendo presentarse para la aleación de acuerdo con la invención una mezcla a base de siliciuros y aluminuros en la que, junto a silicio o bien aluminio, están recogidos los componentes de la aleación manganeso, hierro y níquel, así como el elemento opcional cromo. En este caso, la proporción de aluminio elegida en la aleación conduce a que principalmente el aluminio forme fases intermetálicas y, de esta forma, capte los elementos por lo demás necesarios para la formación de siliciuros. Como consecuencia, queda una proporción de silicio como exceso y puede disolverse en forma de silicio libre en la matriz de la aleación. Con ello, para una realización preferida de la invención, la relación ponderal de las porciones de la aleación se ajusta de manera que la proporción de aluminio rebase por encima la relación estequiométrica a la suma de las porciones de hierro, manganeso, níquel y cromo.
- La proporción mínima requerida de 0,4%, preferiblemente de al menos 0,5% y de manera particularmente preferida de al menos 0,6% de silicio libre resulta para el presente sistema de múltiples sustancias no solo por una proporción de aluminio suficientemente elevada, de modo que se forman aluminuros en competencia con siliciuros. Otro factor de influencia sobre la solubilidad del silicio lo proporciona el ajuste de la estructura de la aleación que puede ser controlada mediante la proporción de zinc absoluta. Si exclusivamente o de forma predominante está presente un latón β , existe una buena solubilidad para el silicio en la matriz de la aleación. Dentro de los límites de la aleación predeterminados son posibles combinaciones de porciones para las que por debajo de 600°C la fase α es termodinámicamente estable, en la que ciertamente el silicio libre se disuelve, pero en menor medida que en la fase β . De igual manera, la proporción mínima requerida de 0,4%, preferiblemente de al menos 0,5% y de manera particularmente preferida de al menos 0,6% del silicio libre se puede ajustar debido a que mediante las condiciones de enfriamiento elegidas después de la masa fundida de la aleación y eventualmente de otras etapas de conformación en caliente y de calcinación, se congela una proporción de fase β .
- Otra posibilidad de control para la solubilidad de silicio en la matriz de la aleación resulta, además, en el caso de un ajuste de la estructura para la que se forma una fase kappa en forma de un cristal mixto de Cu-Zn-Al-Si, que se presenta en forma de secreciones finas de fase. Mediante esta medida puede captarse silicio a partir de un cristal mixto ($\alpha+\beta$). Para influir sobre la formación de la fase kappa puede realizarse una calcinación posterior con un enfriamiento controlado. Adicionalmente, el elemento opcional cromo influye en el equilibrio de fases, de modo que para una ejecución preferida de la aleación, ésta contiene cromo solo como impureza inevitable.
- El cobalto puede participar en la aleación con como máximo 1,5% en peso. Sin embargo, se prefiere una ejecución en la que el contenido en cobalto sea $< 0,7\%$ en peso, o la aleación esté exenta de cobalto o casi exenta de cobalto.

Un contenido en plomo de máx. 0,8% en peso se considera básicamente como impureza. Se pudo comprobar, sorprendentemente, que la compatibilidad particular con el aceite de la aleación descrita también se ajusta cuando ésta está exenta de Pb. Esto era sorprendente ante los antecedentes, dado que aleaciones del estado de la técnica no podían renunciar a una determinada proporción de Pb para conseguir una compatibilidad con el aceite. Exentas de Pb son en el marco de estas realizaciones aquellas aleaciones de acuerdo con la invención, cuya proporción de Pb es < 0,1% en peso.

Sorprendentemente, se comprobó que en las piezas componentes producidas con la aleación de acuerdo con la invención, a pesar del bajo contenido en manganeso, en comparación con aleaciones previamente conocidas del tipo en cuestión, se habían formado suficientes siliciuros como para conferir a la pieza componente la resistencia a la abrasión necesaria. Esta comprobación fue sorprendente, dado que el manganeso es un elemento formador de siliciuro preferido y respondía a la opinión reinante de que para obtener las porciones de siliciuro deseadas, el contenido en manganeso debía ser correspondientemente elevado en virtud de su afinidad por la formación de siliciuros. Con la aleación de acuerdo con la invención se ha conseguido incorporar en la formación del siliciuro también otros elementos tales como, por ejemplo, níquel y/o hierro, los cuales, sin embargo, con respecto a manganeso, tienen una afinidad claramente menor por una formación de siliciuros. Ante los antecedentes de que la aleación reivindicada presenta también aluminio como componente de la aleación, se pueden configurar también aluminuros con los elementos hierro y/o níquel, predominando sin embargo la afinidad por una formación de siliciuros.

En este sentido, con esta aleación se ha conseguido, de manera sorprendente, bajo un aprovechamiento hábil de las diferentes afinidades de los elementos por silicio no solo garantizar el que en la pieza componente producida estén contenidos suficientes siliciuros, sino también el silicio libre deseado. Investigaciones han demostrado que éste solo se ajusta en el intervalo reivindicado si se recurre a procedimientos de fabricación habituales.

Piezas de trabajo producidas a partir de la composición de la aleación de acuerdo con la invención garantizan, en cooperación con el lubricante, la constitución de una capa límite interna que, junto a una elevada estabilidad térmica y mecánica, posibilite una buena adherencia de capas de reacción. Se supone que esta propiedad inesperada es la consecuencia de una capacidad de difusión adaptada que repercute, por una parte, sobre el crecimiento de la capa de reacción y, por otra, abre la posibilidad de emplear como capa anticorrosiva adicional un componente autolubricante. Para este fin sirve la adición de estaño a la composición de la aleación de acuerdo con la invención que accede mediante difusión a la superficie de rozamiento y actúa allí de forma autolubricante.

Para la preparación de la aleación de acuerdo con la invención, después de la unión de los componentes de la aleación se realiza una conformación y un tratamiento térmico, de modo que se forma una fase β con una proporción de matriz superior a 80%. Adicionalmente a la solubilidad mejorada de silicio en la matriz de la aleación, resultan una elevada dureza de la pieza de trabajo y una elevada resistencia frente al desgaste abrasivo, de modo que para muchas aplicaciones resulta superfluo un endurecimiento subsiguiente del depósito. En este caso, el componente opcional cobalto puede estar reducido en la aleación. Preferiblemente, se puede renunciar por completo al cobalto, a excepción de una impureza inevitable. A este respecto, se encontró, sorprendentemente, que para una proporción en peso de cobalto inferior a 0,7%, la amplitud de banda de la compatibilidad con el aceite de la composición de la aleación requerida está adicionalmente mejorada. Por lo tanto, se supone que en el presente sistema de múltiples sustancias existe una interacción entre las porciones de cobalto y hierro, así como también con cromo, que repercute indirectamente sobre la proporción de silicio libre.

Un aumento de las propiedades positivas de la aleación antes mencionada puede alcanzarse con una aleación de cobre preferida con las siguientes proporciones en peso:

54 - 65%	de cobre
3,0 - 5,0%	de aluminio
1,0 - 3,0%	de silicio
2,0 - 4,0%	de níquel
0,5 - 1,5%	de hierro
$\leq 1,5\%$	de manganeso
$\leq 0,7\%$	de estaño
$\leq 1,5\%$	de cromo
$\leq 0,8\%$	de plomo
resto	zinc junto con otras impurezas inevitables,

estando presente silicio con al menos 0,4%, preferiblemente al menos 0,5% y de manera particularmente preferida al

ES 2 688 034 T3

menos 0,6% en la matriz de la aleación o en fases no siliciuro con contenido en silicio.

Otra mejora de las propiedades positivas de la aleación antes mencionada puede alcanzarse con una aleación de cobre preferida con las siguientes proporciones en peso:

	56 - 60%	de cobre
5	3,0 - 4,0%	de aluminio
	1,3 - 2,5%	de silicio
	3,0 - 4,0%	de níquel
	0,5 - 1,5%	de hierro
	0,1 - 1,5%	de manganeso
10	0,3 - 0,7%	de estaño
	$\leq 0,7\%$	de cromo
	$\leq 0,8\%$	de plomo
	resto	zinc junto con impurezas inevitables,

15 estando presente silicio con al menos 0,4%, preferiblemente al menos 0,5% y de manera particularmente preferida al menos 0,6% en la matriz de la aleación o en fases no siliciuro con contenido en silicio.

20 Ante los antecedentes de las ventajas precedentemente descritas de la aleación de cobre de acuerdo con la invención o bien de las piezas de trabajo producidas a partir de la misma resulta evidente que ésta se adecua particularmente para la fabricación de piezas componentes empleadas en el entorno de aceite tales como, por ejemplo, anillos sincrónicos, partes de cojinetes o similares. Esto significa que las propiedades positivas de los productos fabricados a partir de esta aleación no solo se ajustan si en el caso del producto se trata de un participante en el rozamiento de un emparejamiento de rozamiento tal como, por ejemplo, un anillo sincrónico, sino también de otras piezas componentes previstas en un emparejamiento, por ejemplo el de un cojinete (cojinete axial o también cojinete radial). A estas aplicaciones adicionales pertenecen también casquillos que se emplean como partes de cojinete. En este caso, se entiende que las propiedades particulares de las piezas de trabajo producidas a partir de una aleación de este tipo se ajustan, ante todo, cuando éstas son expuestas en su entorno de aceite, al menos temporalmente, a una lubricación deficiente.

30 Aun cuando las propiedades positivas antes descritas se ajustan en la amplitud de banda global reivindicada, en virtud de criterios de resistencia para piezas de cojinete se emplean preferiblemente aleaciones de la siguiente composición, ante todo cuando las piezas componentes producidas con ello están expuestas a elevadas cargas mecánicas (datos en % en peso):

	59 - 61%	de cobre
35	3,5 - 4,2%	de aluminio
	1,1 - 1,7%	de silicio
	2,6 - 3,8%	de níquel
	0,6 - 1,1%	de hierro
	0,5 - 1,0%	de manganeso
	0,1 - 0,3%	de estaño
	máx. 0,8%	de plomo
	resto	zinc junto con impurezas inevitables,

40 estando presente silicio con al menos 0,4%, preferiblemente al menos 0,5% y de manera particularmente preferida al menos 0,6% en la matriz de la aleación o en fases no siliciuro con contenido en silicio.

Los ensayos expuestos en lo que sigue se realizaron con productos semiacabados con las siguientes proporciones de la aleación (datos en % en peso):

- 60% de cobre
- 4,0% de aluminio
- 1,6% de silicio
- 3,2% de níquel
- 5 0,9% de hierro
- 0,9% de manganeso
- 0,2% de estaño
- 0,8% de plomo
- resto zinc junto con impurezas inevitables,

10 Los productos semiacabados prensados por extrusión examinados con la anterior composición de la aleación presentan una elevada tenacidad, un elevado alargamiento de rotura y una suficiente resistencia mecánica. En este caso, se pueden alcanzar piezas de trabajo o bien productos semiacabados con una dureza HB 2,5/62,5 en el intervalo de 250 - 270. Dado que esta resistencia mecánica es suficiente para muchos casos de aplicación, las piezas de trabajo producidas a partir de esta aleación no requieren un endurecimiento posterior. En el caso de
15 piezas de trabajo a base de las aleaciones previamente conocidas se puede alcanzar una dureza de este tipo solo con la etapa adicional de un endurecimiento. Ensayos de tracción muestran un límite de dilatación de 0,2% en el intervalo de 650 - 750 MPa. Además de ello, la aleación de acuerdo con la invención presenta un valor de rozamiento de deslizamiento $\geq 0,1$. Esto se explica con ayuda de la **Figura 1**, en la que A designa ensayos en el lubricante titanio EG 52512, B designa ensayos en el lubricante BOT 350 M3 y C designa mediciones con BOT 402 como sustancias lubricantes.
20

La proporción del silicio libre, no unido en forma de siliciuro, se determinó mediante microscopía electrónica de barrido (REM) en un producto semiacabado fabricado a partir de la aleación de acuerdo con la invención. La **Figura 2** muestra una fotografía con puntos de medición marcados para el análisis mediante espectroscopía de fotoelectrones de rayos X (EDX). En la siguiente tabla se reproduce la proporción determinada en esta
25 composición de silicio libre para puntos de medición/superficies de medición elegidos que pueden ser asociados a la matriz de la aleación y, con ello, se encuentran fuera de las fases duras intermetálicas:

Punto de medición	Si
2	0,74
3	0,78
4	0,79
7	0,95
12	0,80
13	0,68

Además, se llevaron a cabo exámenes por microscopía de electrones de transmisión no representados en particular que, de manera correspondiente a las mediciones REM-EDX confirmaron, a lo largo de todo el intervalo de la
30 composición de la aleación elegida, la existencia de silicio libre. En este caso, se midió una proporción de silicio libre con al menos 0,6% por ciento en peso.

La **Figura 3** muestra los resultados de experimentos de desgaste con la aleación de ensayo en las sustancias lubricantes A (titanio EG 52512), B (BOT 350 M3) y C (BOT 402) precedentemente mencionadas, que muestran la compatibilidad con el aceite de amplia banda. En todos los sistemas de sustancias lubricantes se determinó la
35 estructura de una capa de reacción estable, realizándose los ensayos a una temperatura del aceite de 80°C, una presión superficial de 50 MPa y una velocidad de deslizamiento de 1 m/s. Tras un camino de rozamiento recorrido superior a 100 km, las resistencias al desgaste se encuentran en un intervalo relativamente estrecho de 140 - 170 km/g. Sorprendentemente, se comprobó que en el caso de los experimentos de desgaste previamente descritos, la pieza de muestra no solo indica una compatibilidad con el aceite de amplia banda particular, sino que también la
40 resistencia al desgaste respectiva es elevada y, a pesar del empleo de diferentes tipos de aceite, la anchura de banda de las resistencias de desgaste determinadas es ciertamente estrecha.

ES 2 688 034 T3

Resultados equiparables pueden alcanzarse también en variantes exentas de Pb. Aleaciones de las variantes exentas de Pb se adecuan en última instancia para la fabricación de productos semiacabados o piezas componentes para los mismos fines de empleo que las variantes de la aleación con contenido en Pb previamente descritas, pero tienen la ventaja de que éstas están exentas de Pb. En ocasiones, esto se exige ante todo por motivos de compatibilidad con el medio ambiente.

Para ello se adecua una composición de la aleación con los siguientes elementos, indicados en porcentaje en peso:

5	59 - 62%	de cobre
	3,5 - 4,5%	de aluminio
	1,2 - 1,8%	de silicio
10	2,5 - 3,9%	de níquel
	0,7 - 1,1%	de hierro
	0,7 - 1,0%	de manganeso
	0,05 - 0,5%	de estaño
	≤ 1,5%	de cromo
15	≤ 0,1	de plomo
	resto	zinc junto con otras impurezas inevitables,

estando presente silicio con al menos 0,4%, preferiblemente al menos 0,5% y de manera particularmente preferida al menos 0,6% en la matriz de la aleación o en fases no siliciuro con contenido en silicio.

Se llevaron a cabo exámenes de compatibilidad con el aceite de este grupo de aleaciones con ayuda de dos tipos de aleaciones diferentes que se distinguen entre sí en relación con su proporción de níquel y aluminio. De manera interesante, los ensayos de compatibilidad con el aceite alcanzados con estas aleaciones muestran que, a pesar de la ausencia de plomo como componente de la aleación, la compatibilidad con el aceite corresponde a la que se representa con respecto a la aleación con contenido en Pb precedentemente descrita. En este caso, se trata de los siguientes tipos de aleación (datos en % en peso) presentándose en cada caso silicio libre con al menos 0,4%, preferiblemente al menos 0,5% y de manera particularmente preferida al menos 0,6% en la matriz de la aleación o en fases no siliciuro, con contenido en silicio:

Tipo de aleación 1		
30	59,5 - 61,5%	de cobre
	3,6 - 4,2%	de aluminio
	1,2 - 1,8%	de silicio
	2,8 - 3,3%	de níquel
	0,7 - 1,1%	de hierro
	0,6 - 1,2%	de manganeso
	≤ 0,28%	de estaño
35	< 0,1%	de plomo
	resto	zinc junto con impurezas inevitables

Tipo de aleación 2		
40	58,5 - 61,0%	de cobre
	3,9 - 4,4%	de aluminio
	1,2 - 1,8%	de silicio
	3,3 - 4,0%	de níquel
	0,7 - 1,1%	de hierro

ES 2 688 034 T3

0,6 - 1,2%	de manganeso
≤ 0,28%	de estaño
< 0,1%	de plomo
resto	zinc junto con impurezas inevitables

5 Una muestra examinada concretamente del tipo de aleación 1 en relación con su compatibilidad con el aceite, presentaba la siguiente composición (datos en % en peso):

	60%	de cobre
	4,0%	de aluminio
	1,6%	de silicio
10	3,2%	de níquel
	0,9%	de hierro
	0,9%	de manganeso
	0,2%	de estaño
	0,02%	de plomo
15	resto	zinc junto con impurezas inevitables

La composición de la muestra examinada del tipo de aleación 2 presentaba la siguiente composición (datos en % en peso):

	60%	de cobre
	4,2%	de aluminio
20	1,6%	de silicio
	3,7%	de níquel
	0,9%	de hierro
	0,9%	de manganeso
	0,2%	de estaño
25	0,02%	de plomo
	resto	zinc junto con impurezas inevitables

Casquillos como partes de cojinete pueden fabricarse a partir de una aleación de este tipo con las etapas de proceso en sí conocidas. Este proceso comprende las siguientes etapas:

- prensado del material de partida de tubo
- 30 - recocido blando del material de partida de tubo prensado
- embutición en frío del material de partida de tubo precocido blando en como máximo 5%, preferiblemente en 2 a 3%
- alivio térmico del producto semiacabado embutido en frío.

REIVINDICACIONES

1. Pieza componente de aleación de cobre compatible con lubricantes, que comprende, en porcentaje en peso:

	54 - 65%	de cobre
	2,5 - 5,0%	de aluminio
5	1,0 - 3,0%	de silicio
	2,0 - 4,0%	de níquel
	0,1 - 1,5%	de hierro
	≤ 1,5%	de manganeso
	≤ 1,5%	de estaño
10	≤ 1,5%	de cromo
	≤ 1,5%	de cobalto
	≤ 0,8%	de plomo
	resto	zinc junto con otras impurezas inevitables,

15 estando presente silicio con una proporción en peso de al menos 0,4% y a lo sumo de 2% en la matriz de la aleación o en fases no siliciuro con contenido en silicio, y

la relación ponderal entre zinc y silicio libre asciende a 15 -75, y

está presente una proporción de fase β mayor que 80% y en la matriz de la aleación no aparecen fases y ricas en silicio.

20 2. Pieza componente de aleación de cobre según la reivindicación 1, con 3,0 - 5,0% de aluminio, 0,5 - 1,5% de hierro y ≤ 0,7% de estaño en porcentaje en peso.

3. Pieza componente de aleación de cobre según la reivindicación 2, con 56 - 60% de cobre, 3,0 - 4,0% de aluminio, 1,3 - 2,5% de silicio, 3,0 - 4,0% de níquel, 0,5 - 1,5% de hierro, 0,1 - 1,5% de manganeso y 0,3 - 0,7% de estaño en porcentaje en peso.

25 4. Pieza componente de aleación de cobre según la reivindicación 1 o 2, con 59 - 62% de cobre, 3,5 - 4,5% de aluminio, 1,2 - 1,8% de silicio, 2,5 - 3,9% de níquel, 0,7 - 1,1% de hierro, 0,7 - 1,0% de manganeso y 0,05 - 0,5% de estaño y ≤ 0,1% de plomo.

5. Pieza componente de aleación de cobre según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que la proporción de silicio libre asciende al menos a 0,65% por ciento en peso.

30 6. Pieza componente de aleación de cobre según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que la relación ponderal entre zinc y silicio libre se elige en el intervalo de 20 - 55.

7. Pieza componente de aleación de cobre según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la proporción de aluminio rebasa por encima la relación estequiométrica a la suma de las proporciones de hierro, manganeso, níquel y cromo.

35 8. Pieza componente de aleación de cobre según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que la relación de la suma de los elementos Ni + Fe + Mn a Si es ≤ 3,45, preferiblemente ≤ 3,25.

9. Pieza componente de aleación de cobre según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que plomo como impureza participa con máx. 0,8% en peso en la estructura de la aleación.

40 10. Procedimiento para producir una pieza de trabajo a partir de una aleación de cobre según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que al menos una etapa de tratamiento térmico con subsiguiente enfriamiento se lleva a cabo de manera que la proporción de silicio libre en la matriz o en fases no siliciuro, con contenido en silicio, corresponde al menos a 0,4%.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que la realización del proceso de la etapa de tratamiento térmico y el subsiguiente enfriamiento controlado generan la proporción de fase β de al menos 80%.

45 12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que a partir de la aleación de cobre se fabrica un anillo sincrónico para una transmisión.

- 5 13. Transmisión con al menos una pieza componente de aleación de cobre sometida a carga, por ejemplo un anillo sincrónico según una de las reivindicaciones 1 a 9, transmisión que comprende una carcasa de la transmisión en la que la pieza componente producida a partir de la aleación de cobre está dispuesta en un entorno de aceite de la transmisión, pieza componente de la transmisión que presenta en su superficie sometida a carga una capa de reacción con aditivos contenidos en el aceite de la transmisión y silicio libre, que se encuentra en la matriz o en fases no siliciuro con contenido en silicio como elemento de reacción o sus productos de reacción y/o de descomposición.

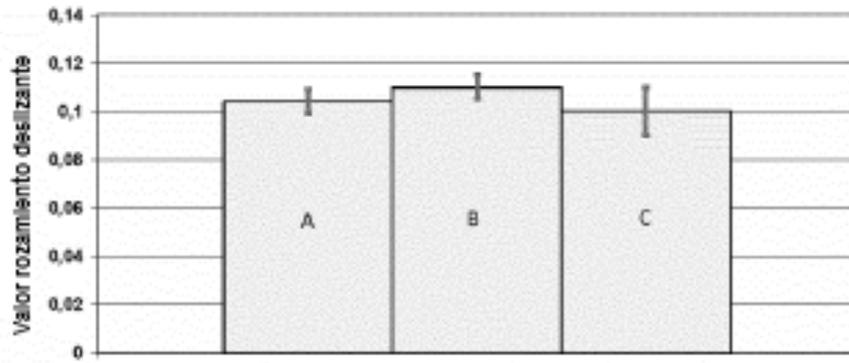


Fig. 1

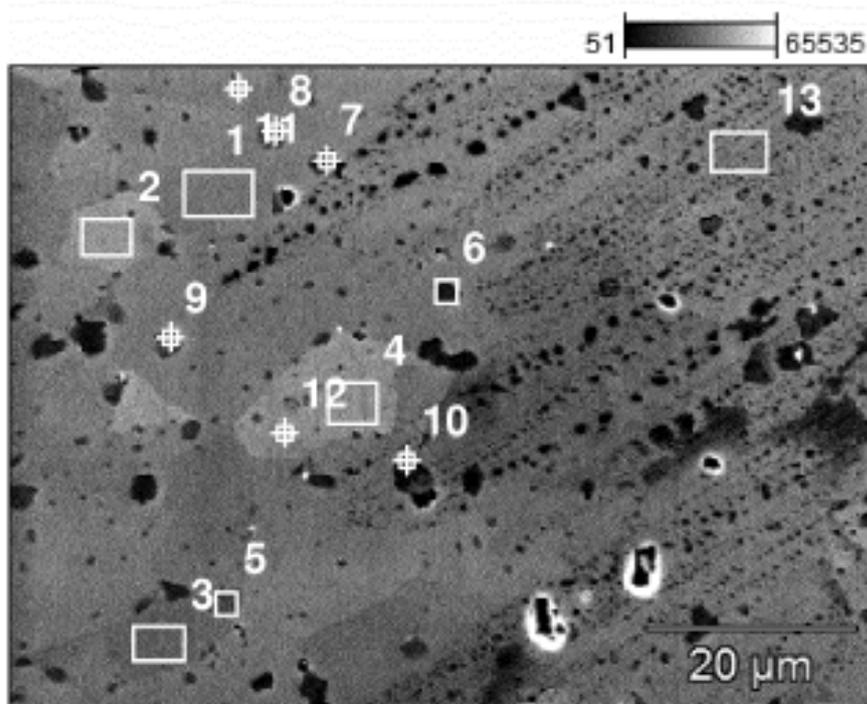


Fig. 2

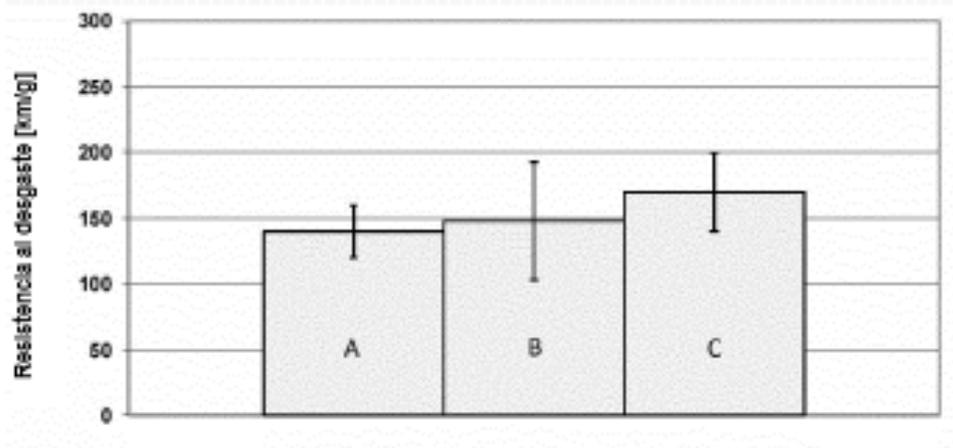


Fig. 3