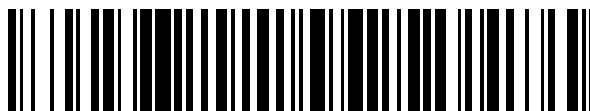


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 429 844**

51 Int. Cl.:

C22C 9/02 (2006.01)

C22C 1/02 (2006.01)

C22F 1/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2011** **E 11009890 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013** **EP 2465956**

54 Título: **Bronce multimaterial de cobre-estaño con contenido en fases duras, procedimiento de producción y uso**

30 Prioridad:

17.12.2010 DE 102010055055

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

18.11.2013

73 Titular/es:

WIELAND-WERKE AG (100.0%)
Graf-Arco-Strasse 36
89079 Ulm, DE

72 Inventor/es:

WEBER, KAI, DR.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 429 844 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

Bronce multimaterial de cobre-estaño con contenido en fases duras, procedimiento de producción y uso

La invención se refiere a una aleación de cobre a base de un bronce multimaterial de cobre-estaño, un procedimiento de producción y el uso.

- 5 Debido a las muy crecientes exigencias mecánicas, térmicas y corrosivas sobre los componentes sometidos a desgaste en construcciones, máquinas, motores y equipos modernos, son mayores los requisitos sobre las propiedades de las aleaciones adecuadas para el uso.

10 Por esta razón, existe el objetivo de continuar desarrollando las propiedades de funcionamiento de los materiales resistentes al desgaste. Esto incluye, por un lado, aumentar la dureza, las propiedades de resistencia, la resistencia de la estructura a la temperatura y la resistencia compleja al desgaste, presentando al mismo tiempo propiedades de tenacidad suficiente. Por otro lado, aparece la necesidad de una elevada resistencia de la aleación frente a medios con acción corrosiva. Además, el material resistente al desgaste debe poseer propiedades de deslizamiento de emergencia suficientemente satisfactorias, que impidan que los elementos implicados en la situación conflictiva se suelden. Hasta ahora, se han utilizado para este fin, en especial, aleaciones de cobre que contenían plomo.

15 Ya se conocen bronce multimaterial a base de cobre y estaño con otros componentes que determinan propiedades. A partir del documento US 6,699,337 B2 son conocidas aleaciones de cobre que, además de cobre, pueden contener como otros elementos Sn, Ni, P, Zn, Si, Fe, Co, Mg, Ti, Cr, Zr y Al. La suma de todos los elementos no debe superar, como máximo, 30% en peso. Los otros componentes de aleación son indicados de forma general, sin explicar con más detalle la influencia respectiva de estos componentes de aleación. El posible grado de reducción por laminado en un conformado en frío debe derivarse de la respectiva proporción del elemento, estando relacionados entre sí el contenido de estaño y la proporción de los restantes elementos por una relación matemática.

20 Otras aleaciones de cobre-estaño son conocidas a partir del documento DE 10 2006 027 844 A1 del solicitante, con contenidos de estaño por encima de 9% en peso, en las cuales siliciuros de cromo o de níquel originan una mejor resistencia frente al desgaste adhesivo. En particular, la aleación está prevista para uso en elementos de cojinete de deslizamiento o para superficies de cojinete de deslizamiento en componentes de material compuesto.

25 También es conocido, a partir del documento DE 41 26 079 A1, un método por colada con el cual se pueden producir una amplia gama de aleaciones de cobre. Entre otras cosas, con este método también se pueden colar aleaciones de cobre-estaño con 1-11% de estaño, hasta 6% de zinc y los otros elementos hierro, manganeso, níquel, cromo, titanio, magnesio y circonio en menor proporción. En el procedimiento de producción, se ajusta in situ un determinado estado de estructura que permite el inmediato tratamiento ulterior por laminado en frío.

30 Son conocidas además, a partir de los documentos US 2,128,955 y US 2,128,954, aleaciones de cobre-estaño en combinación con los otros elementos Fe, P o en su caso Fe, Mn, P. Se trata aquí de aleaciones que son adecuadas para un conformado en caliente.

35 En los documentos citados se añade también, en la mayoría de los casos, un cierto contenido de fósforo para mejorar la aptitud para la colada. También está previsto un cierto contenido de Pb para mejorar las características de deslizamiento de emergencia, así como para una mejor aptitud para el mecanizado con arranque de viruta.

Tal como muestra el estado de la técnica, gracias a los amplios intervalos de solidificación de aleaciones de cobre-estaño ya existentes en el caso de la aleación binaria, mediante la adición de otros elementos se originan muy prometedoras combinaciones de propiedades para diferentes ámbitos de aplicación en la técnica.

40 La invención tiene por objeto proporcionar un bronce multimaterial de cobre-estaño con conformabilidad en frío mejorada, elevada resistencia, dureza, ductilidad, resistencia a la temperatura y a la corrosión, así como con una resistencia mejorada frente a los mecanismos de desgaste abrasión, adhesión, reacción triboquímica y desintegración superficial.

45 La invención se describe en lo referente a un bronce multimaterial de cobre-estaño a través de las características de la reivindicación 1, en lo referente a un procedimiento de producción a través las características de la reivindicación 9, y en lo referente a un uso a través de las características de las reivindicaciones 15 a 17. Las demás reivindicaciones subordinadas se refieren a realizaciones y desarrollos ventajosos de la invención.

La invención comprende un bronce multimaterial de cobre-estaño, compuesto de (en % en peso):

- 50 de 0,5 a 14,0% de Sn,
de 0,01 a 7,0% de Zn,
de 0,05 a 2,0% de Al,
de 0,01 a 2,0% de Si,
de 0,1 a 2,0% de Fe,
opcionalmente también de 0,2 a 4,0% de Mn,

opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de P y
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de S,
el resto cobre e impurezas inevitables, siendo en la aleación el contenido de estaño mayor que el de zinc.

La invención parte en este caso de la consideración de poner a disposición un bronce multimaterial de cobre-estaño que tiene incluidos monosiliciuros o siliciuros mixtos que contienen Fe y que contienen Al, partículas de Fe, y eventualmente fases del sistema Fe-Al, que puede ser producido por medio del procedimiento de colada en coquilla o bien con ayuda del procedimiento de colada por extrusión continuo o semi-continuo. Debido a la precipitación de monosiliciuros y siliciuros mixtos, de partículas de Fe y eventualmente de fases del sistema Fe/Al, el bronce multimaterial de cobre-estaño presenta un alta proporción de fases duras, lo que contribuye a una mejora de la resistencia del material frente al desgaste abrasivo. Además, la proporción de siliciuros origina, gracias a una baja tendencia a la soldadura, una mejor resistencia frente al desgaste adhesivo. En particular, debe manifestarse que la aleación, salvo eventuales contaminaciones, no tiene ninguna proporción de níquel ni de plomo.

Los diferentes tipos de siliciuros tienen, dependiendo de su forma y tamaño, ya durante el proceso de colada, y en el tratamiento ulterior del estado colado que se origina, una importante función para la formación de estructura. Durante al menos un recocido posterior se facilita o se refuerza o se acelera, gracias a la misma, una recristalización de la estructura. Con esto se puede lograr, mediante una estructura suficientemente de grano fino, la combinación de alta resistencia/dureza y buenas propiedades de tenacidad. El elemento hierro forma en este caso los puntos de nucleación para los siliciuros. Mediante la adición del elemento manganeso se favorece aún más la formación de siliciuro, formándose entonces siliciuros de mayor tamaño que mejoran la aleación en cuanto a dureza y desgaste. Por medio de una adición de manganeso se forman bronce multimaterial que tienen incluidos siliciuros mixtos que contienen Fe-Al-Mn.

El contenido de estaño y de otros elementos con una elevada afinidad hacia el oxígeno establece especiales requisitos para la ejecución práctica de la colada de aleaciones de cobre-estaño. Así, en la práctica, y para garantizar en especial un proceso continuo de colada y además para la desoxidación de la masa fundida, es habitual y está ampliamente extendida la adición de un mayor contenido de fósforo. Sin embargo, el elemento de aleación fósforo incrementa en la aleación de acuerdo con la invención la porción de estructura solidificada dendriticamente, a consecuencia de lo cual se podrían deteriorar las propiedades de tenacidad de las formas coladas. En consecuencia no se añade fósforo a la aleación, o bien se añade sólo en una proporción muy pequeña de, como máximo, 0,08% en peso.

Por lo tanto, una idea básica de la invención consiste en el establecimiento de una relación equilibrada de elementos formadores de precipitado y por lo tanto promotores de la segregación de Sn tales como, por ejemplo, Mn, Fe, Al, Si, y elementos inhibidores de la segregación de Sn tales como, por ejemplo, Zn, en un material basado en cobre-estaño. Al mismo tiempo, especialmente los elementos de aleación Al y Zn son útiles para garantizar un proceso de colada continuo. El zinc asume adicionalmente la desoxidación forzada de la masa fundida, de manera que el contenido de fósforo se puede al menos reducir o incluso omitir por completo. De esta manera, el contenido de estaño en la aleación es mayor que el de zinc. La relación de Sn/Zn preferida se sitúa en 1,2 a 1,5. De esta manera se pueden producir formas coladas con una estructura muy uniforme, heterogénea y pobre en dendritas o incluso exenta de dendritas.

Por medio de la relación equilibrada de los mencionados elementos formadores de precipitado y por ello promotores de la segregación de Sn y elementos inhibidores de segregación de Sn en la aleación de acuerdo con la invención, se reduce además significativamente su intervalo de solidificación. La baja porosidad formada por esta causa contribuye significativamente al aumento de la resistencia a la compresión y a la mejora de la resistencia al desgaste compleja de la capa de protección contra el desgaste.

Mediante la composición de aleación de acuerdo con la invención se puede contrarrestar la causa originadora de una porosidad en la aleación que la afecta negativamente. Sin esta medida, tendría que producirse una disminución del contenido de Sn en la aleación. Sin embargo, el que sea alto el contenido de Sn en el material de la capa de protección contra el desgaste es importante por varias razones:

- El estaño como elemento de aleación en una aleación de cobre contribuye significativamente a la disminución de la temperatura de fusión. Esto facilita, por ejemplo, la fusión de la aleación sobre un cuerpo base de acero para aplicaciones de deslizamiento.
- Además de disminuir la temperatura de fusión, la proporción de aleación del elemento estaño origina un incremento de la resistencia y la dureza del material causados por la solidificación de cristales mixtos, que se intensifica aún más en el caso de contenidos más elevados de estaño como consecuencia de la formación de la fase δ rica en Sn.
- El elemento de aleación estaño produce una tendencia reducida de la aleación de cobre a absorber gas durante el proceso de colada o de fusión. De este modo se impide, en particular durante la aplicación por fusión de la aleación sobre un cuerpo base de acero, la formación de una porosidad abierta en la capa de protección contra el desgaste, con lo que se incrementa la resistencia a la compresión del componente.

En el curso del esfuerzo de desgaste adhesivo sobre el componente, o en su caso sobre la capa de protección

contra el desgaste, a base del bronce muticomponente de cobre-estaño de acuerdo con la invención, el elemento de aleación estaño contribuye en una medida considerable a la formación de una denominada tribocapa entre los participantes en el deslizamiento. Este mecanismo es especialmente importante en condiciones de fricción mixta, cuando las propiedades de emergencia de un material pasan al primer plano. La tribocapa conduce a la disminución del área de contacto puramente metálica entre los participantes en el deslizamiento, con lo que se evita una soldadura o agarrotamiento de los elementos del sistema. Por lo tanto, el elemento de aleación estaño presta una significativa contribución a la sustitución del elemento plomo que de no ser así hubiera sido utilizado, y que debe ser reemplazado en futuros desarrollos con el propósito de proteger el medio ambiente.

Ya durante el proceso de colada o fusión de la aleación de acuerdo con la invención se produce en su estructura el mecanismo de la segregación parcial de Sn en las partículas precipitadas, siliciuros y otras fases intermetálicas. Esta película de Sn, especialmente sobre los monosiliciuros y siliciuros mixtos, que de todos modos actúan como soportes de desgaste en la aleación, produce durante el empleo sujeto a desgaste, por medio de una formación de tribocapa, una mejora adicional en las propiedades de deslizamiento de los siliciuros y con ello un incremento adicional en la resistencia del material frente al desgaste adhesivo.

Al elemento de aleación aluminio se atribuyen los siguientes efectos en el bronce multimaterial de cobre-estaño:

- El aluminio puede ser importante para la precipitación de los diferentes siliciuros en el material y con ello para el incremento de la resistencia del componente, en particular frente al mecanismo de desgaste adhesivo. La consecuencia de una precipitación más intensa de siliciuro en el bronce multimaterial de cobre-estaño es un empobrecimiento de la matriz en diversos elementos de aleación, con lo cual se mejoran las propiedades de tenacidad del material.
- Debido a la elevada afinidad del aluminio hacia el oxígeno se puede formar muy rápidamente, sobre la superficie de los componentes hechos del bronce multimaterial de cobre-estaño que contiene estaño, de acuerdo con la invención, una gruesa capa de óxidos de Al.

En primer lugar, los óxidos de Al asumen la función de una capa cubriente, que protege al componente contra diversos medios corrosivos.

En segundo lugar, los óxidos de Al refuerzan la denominada tribocapa sobre la superficie del componente sujeta a desgaste, que de todos modos ya está formada por los óxidos de Sn y de Zn. Por tanto, los óxidos de Al contribuyen adicionalmente a aumentar la resistencia de la aleación frente al desgaste adhesivo.

El elemento de aleación hierro puede desempeñar en el bronce multimaterial de cobre-estaño varias funciones:

- Fe y/o siliciuros que contienen Fe contribuyen sustancialmente a la formación de estructura heterogénea en la aleación de acuerdo con la invención.
- El hierro forma con Si siliciuros de Fe, o en su caso siliciuros de Fe que contienen Al, muy finos, los cuales refuerzan la matriz, que de lo contrario sería dúctil, del bronce multimaterial de cobre-estaño, con respecto a un incremento de la resistencia frente al desgaste abrasivo. Además, el contenido de siliciuros de Fe y eventualmente de siliciuros de Fe que contienen Al produce un aumento de la resistencia y de la dureza de la estructura del bronce multimaterial de cobre-estaño, así como una mayor resistencia de la misma a la temperatura.
- La aleación simultánea de Fe y Al conduce a la formación de fases del sistema Fe-Al, que contribuyen sustancialmente a incrementar la resistencia y la dureza del bronce multimaterial de cobre-estaño.
- Por último, el elemento de aleación hierro, en forma de precipitado metálico en la estructura del bronce multimaterial de cobre-estaño, adopta el papel de un refinador de grano. De esta manera, el Fe refuerza el ajuste, particularmente necesario en el caso de grandes cargas dinámicas sobre el componente, de una combinación de elevada resistencia y suficiente tenacidad.

Debido a los procesos de precipitación y segregación durante el proceso de colada o en su caso fusión de la aleación de acuerdo con la invención, ésta posee ya en el estado colado o en su caso fundido un alto grado de ductilidad, de lo que resulta una buena conformabilidad en frío. Además, gracias a la fracción de fase dura, la aleación presenta valores elevados de resistencia y dureza, así como una gran resistencia frente al desgaste abrasivo y adhesivo. Con esta combinación de propiedades, el objeto de la invención ya es particularmente adecuado en el estado colado como capa de protección contra el desgaste, que es fundida, por ejemplo, sobre un cuerpo base de acero. Además, con la colada de la aleación de acuerdo con la invención se pueden fabricar elementos de cojinetes de deslizamiento para motores, transmisiones, sistemas de postratamiento de gases de escape, sistemas de palancas y articulaciones, grupos hidráulicos, o para máquinas y equipos dentro de la construcción de maquinaria en general.

En una forma de realización ventajosa de la invención, el bronce multimaterial de cobre-estaño puede estar compuesto de (en % en peso):

de 3,0 a 8,0% de Sn,
de 1,5 a 5,5% de Zn,
de 0,05 a 1,2% de Al,

5 de 0,01 a 1,2% de Si,
de 0,1 a 2,0% de Fe,
opcionalmente también de 0,2 a 3,0% de Mn,
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de P y
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de S,
el resto cobre e impurezas inevitables.

En otra forma de realización ventajosa de la invención, el bronce multimaterial de cobre-estaño puede estar compuesto de (en % en peso):

10 de 0,5 a 14,0% de Sn,
de 0,01 a 7,0% de Zn,
de 0,2 a 4,0% de Mn,
de 0,1 a 2,0% de Fe,
de 0,05 a 2,0% de Al,
de 0,01 a 2,0% de Si,
15 opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de P y
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de S,
el resto cobre e impurezas inevitables.

En otra forma de realización especialmente ventajosa de la invención, el bronce multimaterial de cobre-estaño puede estar compuesto de (en % en peso):

20 de 4,0 a 5,0% de Sn,
de 2,0 a 3,0% de Zn,
de 1,0 a 2,5% de Mn,
de 0,3 a 1,5% de Fe,
de 0,3 a 1,2% de Al,
25 de 0,3 a 1,0% de Si,
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de P y
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de S,
el resto cobre e impurezas inevitables.

30 La matriz de la estructura uniforme de esta ejecución se compone de fase α dúctil y, dependiendo del contenido de Sn de la aleación, de porciones de la fase δ . La fase δ , que puede presentarse en forma de dendritas, conduce, gracias a su elevada resistencia y dureza, a una gran resistencia de la aleación frente al desgaste abrasivo. Además, la fase δ , debido a su alto contenido de Sn, del cual deriva su tendencia a formar una tribocapa, incrementa la resistencia del material frente al desgaste adhesivo. En la matriz están incluidos monosiliciuros y siliciuros mixtos que contienen Mn o en su caso que contienen Fe y que contienen Al, partículas de Fe y también, eventualmente, 35 fases del sistema Fe-Al. Esta estructura heterogénea, compuesta de matriz dúctil con precipitados de gran dureza, confiere al material una excelente combinación de propiedades.

40 Se mencionarán a este respecto: elevados valores de resistencia y dureza, al tiempo que muy buena tenacidad, suficientemente buena conformabilidad en caliente y en frío, gran resistencia de la estructura a la temperatura, gran resistencia a la corrosión, gran resistencia frente a los mecanismos de desgaste por abrasión, adhesión y desintegración superficial.

En una ejecución preferida de la invención, la aleación está, salvo posibles impurezas inevitables, exenta de níquel y plomo.

45 En una forma de realización ventajosa de la invención, en la matriz de cristales mixtos de cobre-estaño pueden estar incluidos siliciuros de Fe, siliciuros de Fe que contienen Al, fases intermetálicas del sistema Fe-Al, partículas de Fe y, eventualmente, siliciuros mixtos de Fe que contienen Mn y siliciuros mixtos de Fe que contienen Mn-Al.

Ventajosamente, la matriz de la estructura del bronce multimaterial de cobre-estaño en el estado colado puede estar compuesta, al crecer el contenido de Sn de la aleación, y dependiendo del proceso de colada/enfriamiento, de proporciones cada vez mayores de fase δ (rica en Sn) en la restante fase α (pobre en Sn) de los tipos de cristales mixtos de Cu-Sn que contienen zinc.

50 En una ejecución preferida de la invención, el bronce multimaterial de cobre-estaño, después de un tratamiento ulterior que incluya al menos un conformado en caliente o al menos un conformado en frío o al menos un conformado en caliente y un conformado en frío así como, opcionalmente, otros pasos de recocido, la estructura se presenta con un contenido de fase δ de hasta 60% en volumen, de siliciuros, fases Fe-Al y partículas de Fe de hasta 20% en volumen, y un resto de fase α .

55 Mediante la Tabla 1 se explican con más detalle importantes ejemplos de realización de la invención. Se prepararon tochos o planchas coladas del bronce multicapa de cobre-estaño de acuerdo con la invención, por colada en coquilla y por colada por extrusión. La composición química de las piezas coladas se encuentra en la Tabla 1.

Tabla 1: Composición química de los tochos y planchas colados

Nº	Cu [%]	Sn [%]	Mn [%]	Fe [%]	Si [%]	Zn [%]	Al [%]
Tipo de aleación 1 (colada en coquilla)	Resto	4,40	1,13	0,81	0,65	2,27	0,74
Tipo de aleación 2 (colada por extrusión)	Resto	4,53	1,36	1,00	0,58	2,45	0,74
Tipo de aleación 3 (colada por extrusión)	Resto	4,19	2,25	0,89	0,66	2,50	0,81
Tipo de aleación 4 (colada por extrusión)	Resto	6,18	2,56	0,92	0,96	4,76	0,89
Tipo de aleación 5 (colada en coquilla)	Resto	11,06	2,13	1,37	0,69	4,89	0,85
Tipo de aleación 6 (colada en coquilla)	Resto	8,80	2,40	1,29	0,84	4,04	0,87
Tipo de aleación 7 (colada en coquilla)	Resto	6,48	2,83	1,47	1,01	4,70	0,78

Tabla 2: Selección de propiedades mecánicas de los tochos o placas colados de los tipos de aleación 2, 3 y 4

Nº	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A5 [%]	E [GPa]	HB 1/10	HBW 1/30
Tipo de aleación 2 (colada por extrusión)	387	200	28	115	103	115
Tipo de aleación 3 (colada por extrusión)	395	200	30	107	110	123
Tipo de aleación 4 (colada por extrusión)	404	215	15	121	140	152

5 Después de la colada, las propiedades mecánicas de los tochos o planchas están en el nivel que se puede ver en los valores numéricos de la Tabla 2 para los tipos de aleación 2, 3 y 4. En particular, los parámetros materiales de dureza y alargamiento en la rotura A5, que es una medida de la ductilidad de la aleación, pueden ser adaptadas a los respectivos requisitos de los componentes por medio de una variación de la composición química del bronce de cobre-estaño de acuerdo con la invención.

10 En una forma de realización, la aleación de la invención puede ser sometida a un tratamiento ulterior. De esta manera se satisface la necesidad de una mejora de las complejas características de funcionamiento de los materiales sometidos a desgaste, ya que en la maquinaria moderna, motores, transmisiones, equipos, construcciones e instalaciones se produce una exigencia fuertemente creciente sobre los elementos del sistema. Como consecuencia de este tratamiento ulterior se consigue una mejora significativa de las propiedades de tenacidad y/o un incremento sustancial de la resistencia a la tracción R_m, el límite elástico R_{p0,2} y la dureza.

Otro aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para producir flejes, placas, pernos, alambres, varillas, tubos y perfiles hechos del bronce multimaterial de cobre-estaño de acuerdo con la invención, por medio del procedimiento de colada en coquilla o bien el procedimiento de colada por extrusión continuo o semicontinuo.

20 Ventajosamente, el tratamiento ulterior del estado colado puede comprender la realización de al menos un conformado en caliente a una temperatura de 600 a 880°C. Con un conformado en caliente se pueden fabricar flejes, alambres, varillas, tubos y perfiles.

25 Una variante del tratamiento ulterior del estado colado o después de un conformado en caliente de la aleación de acuerdo con la invención incluye ventajosamente al menos un tratamiento de recocido en un intervalo de temperatura de 200 a 880°C. Por tanto, se intensifican los procesos de precipitación, segregación y transformación que en parte tienen lugar ya durante el proceso de colada. El resultado consiste en una mejora adicional de las propiedades de tenacidad y de resistencia, así como un incremento de la dureza. Además, la estructura se homogeniza como consecuencia del tratamiento de recocido. Esto es importante para aquellos campos técnicos de aplicación en los cuales se establecen sobre los componentes, en especial, exigencias dinámicas cambiantes y de impacto.

30 Para la aplicación del bronce de cobre-estaño de acuerdo con la invención, por ejemplo como superficies de cojinetes de deslizamiento en un componente compuesto, se puede realizar opcionalmente el siguiente tratamiento térmico, tras la fusión del bronce multimaterial sobre el cuerpo base:

Recocido por disolución a una temperatura entre 700 y 880°C y posterior envejecimiento a una temperatura entre 350 y 650°C.

35 También se puede enfriar la aleación, entre el recocido por disolución y el envejecimiento, por medio de aire en reposo o impulsado, o bien mediante agua.

La duración del tratamiento en el caso del recocido por disolución se sitúa en, por ejemplo, de 0,5 a 12 horas.

Ventajosamente, la duración del tratamiento en el caso del posterior recocido de envejecimiento se sitúa en 1 a 12 horas.

Mediante un recocido por disolución con posterior envejecimiento a temperatura elevada, se pueden mejorar de manera significativa las propiedades de tenacidad y de resistencia, y e incrementarse la dureza. Esto puede ser particularmente útil en conjunción con una fusión del bronce multimaterial de cobre-estaño de acuerdo con la invención sobre otros materiales. Así (DIN EN 10083-1) las temperaturas de tratamiento para aceros para temple y revenido (temple a 820-860°C, revenido a 540-660°C) se sitúan en la zona de tratamiento térmico de los nuevos bronce multimateriales (recocido por disolución a 700-880°C, envejecimiento a 350-650°C). Esto significa que después de la fusión de la aleación de cobre sobre un cuerpo base hecho de acero para temple y revenido, las propiedades mecánicas de ambos participantes en la unión pueden ser optimizadas en un solo paso de tratamiento. Además de la fusión, también entran en consideración otros métodos de unión. También sería concebible a este respecto una unión por forja, soldadura blanda y soldadura con la aplicación opcional de al menos un recocido en el intervalo de temperaturas de 200 a 880°C. También entran en consideración, por ejemplo, cubiertas compuestas para cojinetes obtenidas mediante chapado por laminado o chapado por laminado con láser de flejes de acero y flejes de la aleación de acuerdo con la invención.

Otra posibilidad ventajosa del tratamiento ulterior del estado colado o del estado conformado en caliente o del estado colado recocido o del estado conformado en caliente recocido implica la realización de al menos un conformado en frío. Con este paso de procedimiento, se incrementan significativamente en especial los parámetros materiales R_m , $R_{p0.2}$ y la dureza.

Esto es importante para aquellos casos de aplicación en los que existe sobre los componentes una exigencia mecánica y/o una gran exigencia de desgaste abrasivo y adhesivo.

Para la correspondiente recrystalización después del conformado en frío se puede llevar a cabo al menos un tratamiento de recocido en un intervalo de temperatura de 400 a 850°C. Por un lado, con ello se intensifican aún más los procesos de precipitación, segregación y transformación, que en parte ya se han producido durante el proceso de colada. Por otro lado, mediante este tratamiento o tratamientos térmicos tiene lugar una recrystalización de la estructura de la aleación de acuerdo con la invención. La estructura de grano muy fino que resulta de ello constituye un requisito previo importante para producir la combinación de propiedades de alta resistencia y dureza, y de suficiente tenacidad, en el material.

Para reducir las tensiones propias de los componentes se puede llevar a cabo además, ventajosamente, un recocido de eliminación de tensiones / de envejecimiento, en un intervalo de temperatura de 200 a 650°C.

Para aquellos campos de aplicación en los que existen unas exigencias complejas especialmente intensas sobre los componentes, se puede elegir un tratamiento ulterior que comprenda una combinación de, opcionalmente, al menos un conformado en caliente y al menos un conformado en frío en combinación con al menos un recocido en un intervalo de temperatura de 400 a 850°C y que conduzca a una recrystalización de la estructura de la aleación de acuerdo con la invención. La estructura de grano fino establecida de esta manera en la aleación garantiza una combinación de gran resistencia, gran dureza y buenas propiedades de tenacidad. También, para reducir las tensiones propias de los componentes, se puede añadir un tratamiento de recocido para eliminación de tensiones en el intervalo de temperatura de 200 a 650°C.

Resultados de la fabricación de flejes en el caso de los tipos de aleación 1, 2 y 3:

- Combinación de conformados en frío/recocidos a las temperaturas

- Tipo de aleación 1: 700°C/4 h
- Tipo de aleación 2: de 700°C/3 h a 730°C/5 h
- Tipo de aleación 3: de 700°C/5 h a 750°C/5 h

con los subsiguientes recocidos de eliminación de tensiones a las temperaturas

- Tipo de aleación 1: 350°C/3 h
- Tipos de aleación 2 y 3: 350°C/4 h

Tras una fabricación continuada, las propiedades mecánicas de los flejes se hallan al nivel que se muestra en los valores numéricos de la Tabla 3. La distinción entre A y B en los tipos de aleación 2 y 3 proviene de diferentes grados de conformado en los pasos de laminado en frío particulares. Los grados de conformado pueden ser hechos variar muy ampliamente en el curso del tratamiento posterior de la aleación. Con ello es posible ajustar las propiedades mecánicas a lo que sea ventajoso para el caso particular de aplicación.

Tabla 3: Propiedades mecánicas de los flejes (tipos de aleación 1, 2 y 3)

Nº	tamaño de grano [µm]	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A5 [%]	E [GPa]	HB 1/10	HBW 1/30
Tipo de aleación 1	5-10	651	551	25,0	127	200	208
Tipo de aleación 2A	5-10	658	563	21,0	117	195	212
Tipo de aleación 2B	5-10	600	483	32,3	119	181	185
Tipo de aleación 3A	5-10	660	568	19,6	116	200	214
Tipo de aleación 3B	5-10	591	472	33,5	121	184	190

Resultados de la fabricación de flejes en el caso de los tipos de aleación 2 y 3:

- Combinación de conformados en caliente en un intervalo de temperatura de 770 a 800°C/conformados en frío/recocidos a las temperaturas

- Tipo de aleación 2: de 700°C/3 h a 730°C/4 h
- Tipo de aleación 3: de 720°C/3 h a 760°C/5 h

con los subsiguientes recocidos de eliminación de tensiones a las temperaturas

- Tipos de aleación 2 y 3: 350°C/4 h

Tras una fabricación continuada, las propiedades mecánicas de los flejes se hallan al nivel que se muestra en los valores numéricos de la Tabla 4. La distinción entre A y B en los tipos de aleación 2 y 3 proviene de diferentes grados de conformado en los pasos de laminado en frío particulares. Los grados de conformado pueden ser hechos variar muy ampliamente en el curso del tratamiento posterior de la aleación. Con ello es posible ajustar las propiedades mecánicas a lo que sea ventajoso para el caso particular de aplicación.

Tabla 4: Propiedades mecánicas de los flejes (tipos de aleación 2 y 3)

Nº	tamaño de grano [µm]	R _m [MPa]	R _{p0,2} [MPa]	A5 [%]	E [GPa]	HB 1/10	HBW 1/30
Tipo de aleación 2A	5-15	634	531	27,9	131	197	204
Tipo de aleación 2B	5-15	559	440	30,5	123	175	182
Tipo de aleación 3A	5-15	651	554	21,6	118	202	211
Tipo de aleación 3B	5-15	570	450	28,9	124	175	183

El bronce de cobre-estaño de acuerdo con la invención posee, ya en el estado colado, y también en el estado conformado en caliente y en el estado recocido, una excelente conformabilidad en frío. Por ello es posible, mediante la modificación del grado de conformado del al menos un conformado en frío, hacer variar dentro de un intervalo muy amplio en cada caso los valores de resistencia y de dureza de la aleación, así como sus propiedades de tenacidad, en función del perfil de requisitos. Así, por ejemplo, si se elige un mayor grado de conformación en frío, se puede ajustar la dureza del material a un valor > 250 HBW 1/30. Para lograr mejores propiedades de tenacidad, menores grados de conformación en frío conducen valores de dureza correspondientemente menores.

El sistema de aleación del bronce multimaterial de cobre-estaño de acuerdo con la invención ofrece la posibilidad de, por medio un tratamiento térmico, influir sobre la composición de fases y el tamaño de grano de la matriz, y en su caso sobre el contenido, la densidad y el tamaño de las fases duras y siliciuros. De este modo es posible además, mediante la modificación de la temperatura y la duración del al menos un recocido, hacer variar dentro de un intervalo muy amplio los valores de resistencia y de dureza de la aleación, y también sus propiedades de tenacidad, en función de los requisitos. Así, por ejemplo, si se elige una temperatura de recocido y/o tiempo de recocido superiores (= recocido blando), se puede ajustar la dureza del material a <100 HB 1,0/10. A la inversa, con una temperatura de recocido y/o tiempo de recocido inferiores (= recocido de eliminación de tensiones), es posible conservar en gran medida el estado de estructura de la aleación, por ejemplo el grado de solidificación en frío. De esta manera se puede ajustar la característica de dureza a un nivel > 200 HBW 1/30.

El bronce multimaterial de cobre-estaño de acuerdo con la invención se puede utilizar en particular para superficies de cojinetes de deslizamiento en componentes compuestos, para elementos de deslizamiento en motores de combustión, transmisiones, instalaciones de postratamiento de gases de escape, sistemas de palancas y

articulaciones, grupos hidráulicos o en máquinas y equipos dentro de la construcción de maquinaria en general.

También puede encontrarse otro uso en el ámbito de componentes sometidos a desgaste en la electrónica o la electrotecnia, por ejemplo conectores de enchufe.

- 5 Además, se puede usar el bronce multimaterial de cobre-estaño de acuerdo con la invención para objetos de metal en la cría de organismos acuáticos que viven en el agua de mar. En particular, la aleación se puede emplear preferentemente para elementos sometidos a desgaste de sistemas de jaulas para el cultivo de peces marinos, también conocido bajo el término de "acuicultura". Los objetos constituyen redes, telas, enrejados y verjas, que están fabricados con alambres o cintas de metal. También entran en consideración barras, perfiles o tubos perfilados, para la fijación o estabilización. Del mismo modo, tubos o perfiles huecos de la aleación de acuerdo con la invención
- 10 pueden encontrar uso empleados como elementos de fijación, cuerpos flotantes o conducciones de suministro y de evacuación.

REIVINDICACIONES

1. Bronce multimaterial de cobre-estaño, compuesto de (en % en peso):

- 5 de 0,5 a 14,0% de Sn,
de 0,01 a 7,0% de Zn,
de 0,05 a 2,0% de Al,
de 0,01 a 2,0% de Si,
de 0,1 a 2,0% de Fe,
opcionalmente también de 0,2 a 4,0% de Mn,
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de P y
10 opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de S,
el resto cobre e impurezas inevitables, siendo en la aleación el contenido de estaño mayor que el de zinc.

2. Bronce multimaterial de cobre-estaño según la reivindicación 1, **caracterizado por**:

- 15 de 3,0 a 8,0% de Sn,
de 1,5 a 5,5% de Zn,
de 0,05 a 1,2% de Al,
de 0,01 a 1,2% de Si,
de 0,1 a 2,0% de Fe,
opcionalmente también de 0,2 a 3,0% de Mn,
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de P y
20 opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de S,
el resto cobre e impurezas inevitables.

3. Bronce multimaterial de cobre-estaño según la reivindicación 1, **caracterizado por**:

- 25 de 0,5 a 14,0% de Sn,
de 0,01 a 7,0% de Zn,
de 0,2 a 4,0% de Mn,
de 0,1 a 2,0% de Fe,
de 0,05 a 2,0% de Al,
de 0,01 a 2,0% de Si,
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de P y
30 opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de S,
el resto cobre e impurezas inevitables.

4. Bronce multimaterial de cobre-estaño según la reivindicación 3, **caracterizado por**:

- 35 de 4,0 a 5,0% de Sn,
de 2,0 a 3,0% de Zn,
de 1,0 a 2,5% de Mn,
de 0,3 a 1,5% de Fe,
de 0,3 a 1,2% de Al,
de 0,3 a 1,0% de Si,
opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de P y
40 opcionalmente también hasta un máximo de 0,08% de S,
el resto cobre e impurezas inevitables.

5. Bronce multimaterial de cobre-estaño según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la aleación está, salvo posibles impurezas inevitables, exenta de níquel y plomo.

- 45 6. Bronce multimaterial de cobre-estaño según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** en la matriz de cristales mixtos de cobre-estaño están incluidos siliciuros de Fe, siliciuros de Fe que contienen Al, fases intermetálicas del sistema Fe-Al, partículas de Fe y, eventualmente, siliciuros mixtos de Fe que contienen Mn y siliciuros mixtos de Fe que contienen Mn-Al.

- 50 7. Bronce multimaterial de cobre-estaño según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** la matriz de la estructura en el estado colado se compone, al crecer el contenido de Sn de la aleación, y dependiendo del proceso de colada/enfriamiento, de proporciones cada vez mayores de fase δ (rica en Sn) en la restante fase α (pobre en Sn) de los tipos de cristales mixtos de Cu-Sn que contienen zinc.

- 55 8. Bronce multimaterial de cobre-estaño según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** después de un tratamiento ulterior que incluya al menos un conformado en caliente o al menos un conformado en frío o al menos un conformado en caliente y un conformado en frío así como, opcionalmente, otros pasos de recocido, la estructura se presenta con un contenido de fase δ de hasta 60% en volumen, de siliciuros, fases Fe-Al y partículas de Fe de hasta 20% en volumen, y un resto de fase α .

9. Procedimiento para fabricar flejes, placas, pernos, alambres, varillas, tubos y perfiles de un bronce multimaterial de cobre-estaño según una de las reivindicaciones 1 a 8, con ayuda del procedimiento de colada en coquilla o bien del procedimiento de colada por extrusión continuo o semicontinuo.
- 5 10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado porque** el tratamiento ulterior del estado colado comprende la realización de al menos un conformado en caliente en el intervalo de temperatura de 600 a 880°C.
11. Procedimiento según la reivindicación 9 ó 10, **caracterizado porque** se realiza al menos un tratamiento de recocido en un intervalo de temperatura de 200 a 880°C.
- 10 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado porque** el tratamiento ulterior del estado colado o del estado conformado en caliente o del estado colado recocido o del estado conformado en caliente recocido comprende la realización de al menos un conformado en frío.
13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** al menos se realiza un tratamiento de recocido en un intervalo de temperatura de 400 a 850°C.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones 11 a 13, **caracterizado porque** se realiza un recocido de eliminación de tensión/envejecimiento en intervalo de temperatura de 200 a 650°C.
- 15 15. Uso del bronce multimaterial de cobre-estaño según una de las reivindicaciones 1 a 8 para superficies de cojinetes de deslizamiento en componentes compuestos, para elementos de deslizamiento en motores de combustión, transmisiones, instalaciones de postratamiento de gases de escape, sistemas de palancas y articulaciones, grupos hidráulicos o en máquinas y equipos dentro de la construcción de maquinaria en general.
- 20 16. Uso del bronce multimaterial de cobre-estaño según una de las reivindicaciones 1 a 8 para componentes en la electrónica o la electrotecnia.
17. Uso del bronce multimaterial de cobre-estaño según una de las reivindicaciones 1 a 8 para objetos metálicos en la cría de organismos acuáticos que viven en el agua de mar.