



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **719 204 A2**

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(51) Int. Cl.: **G04B** **29/02** (2006.01)
G04B **17/06** (2006.01)
G04B **13/02** (2006.01)
G04B **15/14** (2006.01)
C22F **1/08** (2006.01)
C22C **9/01** (2006.01)

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 070660/2021

(71) Requérant:
Nivarox-FAR S.A., Avenue du Collège 10
2400 Le Locle (CH)

(22) Date de dépôt: 06.12.2021

(72) Inventeur(s):
Christian Charbon, 2054 Chézard-St-Martin (CH)
Jonas Vannod, 2503 Bienne (CH)

(43) Demande publiée: 15.06.2023

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Composant horloger réalisé dans un alliage de cuproaluminium.**

(57) La présente invention concerne un composant horloger réalisé dans un alliage de cuproaluminium comprenant en poids :

- de l'Al avec une teneur comprise entre 1 et 9%, de préférence entre 2 et 9%,
- optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le Fe, Ni, Si, Sn, Mn, Zr, Cr, Zn, As, Co et le Ti, avec
 - Fe $\leq$ 3.5%,
 - Ni $\leq$ 2%,
 - Si $\leq$ 2.5%,
 - Sn $\leq$ 2%,
 - Mn $\leq$ 1.5%,
 - Zr $\leq$ 1%,
 - Cr $\leq$ 1%,
 - Zn $\leq$ 7%,
 - As $\leq$ 1%,

- Co $\leq$ 1%,
- Ti $\leq$ 1%,
- les impuretés inévitables avec une teneur totale $\leq$ 1%,
- la balance pour atteindre 100% étant constituée du cuivre.

La présente invention concerne également le procédé de fabrication dudit composant horloger.

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un composant horloger réalisé en cuproaluminium.

Arrière-plan de l'invention

[0002] Dans le domaine horloger, de nombreux composants sont réalisés dans des alliages cuivreux contenant du plomb tel que le laiton, le maillechort ou encore le cuprobéryllium. Cet élément permet une meilleure usinabilité par enlèvement de copeaux. Cependant, le plomb présente une certaine toxicité, même à basse concentration. L'élimination du plomb dans les matériaux devient donc aujourd'hui une nécessité.

[0003] Avec la restriction de la législation sur le taux de plomb dans les alliages d'horlogerie avec typiquement une teneur inférieure ou égale à 0.1% en poids, voire à 0.05%, le taux de plomb admis n'est plus suffisant pour améliorer le comportement au décolletage. Ceci entraîne la formation de longs copeaux dans les alliages des familles couramment utilisées, à savoir les laitons en maillechorts, ainsi qu'une usure prématurée des outils de coupe par un dépôt important de matière sur les outils au cours de leur vie.

Résumé de l'invention

[0004] L'invention a pour objet de trouver une alternative aux familles de cuivreux traditionnelles posant d'importants problèmes de copeaux et de dépôt sur les outils de décolletage.

[0005] L'invention propose ainsi un nouvel alliage en cuproaluminium pour la réalisation de composants horlogers, et en particulier de composants du mouvement horloger.

[0006] Plus précisément, l'invention concerne un composant horloger réalisé dans un alliage en cuproaluminium comprenant en poids :

- de l'Al avec une teneur comprise entre 1 et 9%, de préférence entre 2 et 9%,
- optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le Fe, Ni, Si, Sn, Mn, Zr, Cr, Zn, As, Co et le Ti, avec
 - $\text{Fe} \leq 3.5\%$,
 - $\text{Ni} \leq 2\%$,
 - $\text{Si} \leq 2.5\%$,
 - $\text{Sn} \leq 2\%$,
 - $\text{Mn} \leq 1.5\%$,
 - $\text{Zr} \leq 1\%$,
 - $\text{Cr} \leq 1\%$,
 - $\text{Zn} \leq 7\%$,
 - $\text{As} \leq 1\%$,
 - $\text{Co} \leq 1\%$,
 - $\text{Ti} \leq 1\%$,
- les impuretés inévitables avec une teneur totale $\leq 1\%$,
- la balance pour atteindre 100% étant constituée du cuivre.

[0007] Plus spécifiquement, la présente invention se rapporte à un alliage binaire, ternaire ou quaternaire.

[0008] Cet alliage de cuproaluminium ne comporte qu'un faible taux d'un ou plusieurs éléments d'alliage supplémentaires. Ces faibles taux d'éléments permettent d'obtenir un alliage monphasé, avec une bonne tenue à la corrosion caverneuse ou sous contrainte, et permettent d'améliorer l'usinabilité et les propriétés mécaniques.

[0009] L'alliage de cuproaluminium monphasé a ainsi une résistance accrue à la corrosion qui permet éventuellement de s'affranchir du dépôt de revêtements de protection (galvaniques, chimiques, PVD, etc.).

[0010] De plus, l'alliage de cuproaluminium de par ses performances mécaniques élevées remplace avantageusement les maillechorts et les laitons de décolletage classiques.

[0011] Ainsi, les résultats d'essais, contrairement à ce que les spécialistes pressentaient, ont démontré que cette famille de cuproaluminium se comportait différemment des familles traditionnelles de cuivreux sans plomb. Les outils montrent une durée de vie accrue, due à une réduction importante du dépôt en cours d'utilisation des outils. Ensuite, les copeaux formés lors de l'usinage sont fins, ce qui est moins gênant pour l'usinage par décolletage traditionnel.

[0012] La présente invention se rapporte également au procédé de fabrication du composant horloger comprenant les étapes suivantes :

- Mise à disposition d'une ébauche ayant la composition précitée,
- Usinage de ladite ébauche,
- Réalisation d'un ou plusieurs traitements thermiques effectués avant ou après l'étape d'usinage, choisis parmi les traitements thermiques suivants :
 - traitement thermique à une température comprise entre 400 et 650°C, de préférence entre 500 et 600°C, plus préférentiellement entre 525 et 575°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 5 heures, de préférence entre 1 et 2 heures pour un alliage comprenant une teneur en Fe $\geq 2\%$ en poids, de manière à réduire le magnétisme,
 - traitement thermique à une température comprise entre 800 et 1000°C, de préférence entre 850 et 950°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 5 heures, de préférence entre 1 et 2 heures, le traitement thermique étant suivi d'une trempe jusqu'à une température inférieure à 100°C, suivie à son tour d'un revenu à une température comprise entre 300 et 800°C pendant un temps compris entre 30 minutes et 5 heures, de préférence entre 45 et 75 minutes, de manière à augmenter les propriétés mécaniques,
 - traitement thermique à une température comprise entre 600 et 800°C, de préférence entre 650 et 700°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 8 heures, de préférence entre 90 minutes et 7 heures, de manière à augmenter la résistance à la corrosion.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après.

Description détaillée

[0014] L'invention concerne un composant horloger, et préférentiellement un composant du mouvement horloger, réalisé dans un alliage de cuproaluminium. L'alliage est plus spécifiquement dédié à des composants destinés à être usinés par enlèvement de matière, à savoir par décolletage. On parle ainsi de composant de décolletage ou de pièce de décolletage. Il ne peut cependant être exclu qu'il soit utilisé pour des composants horlogers mis à dimension par d'autres techniques (frappe, découpe, emboutissage). A titre d'exemple, il peut d'agir d'un barillet, d'un balancier, d'un plateau, d'un dard, d'un pied-vis, d'un amortisseur, d'un bouchon, d'un canon ou d'un tenon.

[0015] Ledit alliage de cuproaluminium comporte en poids :

- de l'Al avec une teneur comprise entre 1 et 9%, de préférence entre 2 et 9%,
- optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le Fe, Ni, Si, Sn, Mn, Zr, Cr, Zn, As, Co et le Ti, avec
 - Fe $\leq 3.5\%$,
 - Ni $\leq 2\%$,
 - Si $\leq 2.5\%$,
 - Sn $\leq 2\%$,
 - Mn $\leq 1.5\%$,
 - Zr $\leq 1\%$,
 - Cr $\leq 1\%$,
 - Zn $\leq 7\%$,
 - As $\leq 1\%$,
 - Co $\leq 1\%$,
 - Ti $\leq 1\%$,

- les impuretés inévitables avec une teneur totale $\leq 1\%$,
- la balance pour atteindre 100% étant constituée du cuivre.

[0016] Selon l'invention, l'alliage de cuproaluminium est binaire, ternaire ou quaternaire. Il serait dès lors plus correct de parler d'un alliage de cuproaluminium comportant en poids :

- de l'Al avec une teneur comprise entre 1 et 9%, de préférence entre 2 et 9%,
- optionnellement un ou deux éléments choisis parmi le Fe, Ni, Si, Sn, Mn, Zr, Cr, Zn, As, Co et le Ti, avec
 - $\text{Fe} \leq 3.5\%$,
 - $\text{Ni} \leq 2\%$,
 - $\text{Si} \leq 2.5\%$,
 - $\text{Sn} \leq 2\%$,
 - $\text{Mn} \leq 1.5\%$,
 - $\text{Zr} \leq 1\%$,
 - $\text{Cr} \leq 1\%$,
 - $\text{Zn} \leq 7\%$,
 - $\text{As} \leq 1\%$,
 - $\text{Co} \leq 1\%$,
 - $\text{Ti} \leq 1\%$,
- les impuretés inévitables avec une teneur totale $\leq 1\%$,
- la balance pour atteindre 100% étant constituée du cuivre.

[0017] Cependant, les alliages dits binaires, ternaires ou quaternaires tels que par exemple le CuAl5As , CuAl8 , CuAl7Fe2 , CuAl7Sn0.3 , CuAl5Zn5Sn1 , CuAl3Si2Co , peuvent comporter de faibles additions d'autres éléments comme repris dans le tableau 1. La formulation comportant optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le Fe, Ni, Si, Sn, Mn, Zr, Cr, Zn, As, Co et le Ti est dès lors été privilégiée pour englober ces faibles additions présentes dans les alliages binaires, ternaires et quaternaires.

[0018] L'alliage peut également comporter des impuretés comme de l'O, N, S, P, etc.

[0019] De préférence, la teneur en Al est comprise entre 5 et 9%, de préférence entre 5 et 8.5% en poids.

[0020] De préférence, la teneur en Zn est inférieure ou égale à 1% en poids.

[0021] De préférence, la teneur en Sn est inférieure ou égale à 0.5% en poids.

[0022] De préférence, l'alliage comporte en poids :

- de l'Al avec une teneur comprise entre 5 et 8.5%,
- optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le Fe, Ni, Si, Sn, Mn, Zr, Cr, Zn, As, Co et le Ti, avec
 - $\text{Fe} \leq 3.5\%$,
 - $\text{Ni} \leq 2\%$,
 - $\text{Si} \leq 0.5\%$,
 - $\text{Sn} \leq 0.5\%$,
 - $\text{Mn} \leq 1\%$,
 - $\text{Zr} \leq 0.5\%$,
 - $\text{Cr} \leq 0.5\%$,

CH 719 204 A2

- $Zn \leq 1\%$,
- $As \leq 0.5\%$,
- $Co \leq 0.5\%$,
- $Ti \leq 0.5\%$,
- les impuretés inévitables avec une teneur totale $\leq 1\%$,
- la balance pour atteindre 100% étant constituée du cuivre.

[0023] A titre d'exemple, l'alliage peut être choisi parmi le CuAl6, CuAl8, CuAl6Ni2, CuAl7Fe2, CuAl6Sn0.3 CuAl5As, CuAl8, CuAl7Sn0.3, CuAl5Zn5Sn1 et le CuAl3Si2Co.

[0024] Préférentiellement, l'alliage est un alliage de CuAl6, CuAl8, CuAl6Ni2, CuAl7Fe2 ou CuAl6Sn0.3.

[0025] L'alliage selon l'invention est monphasé avec une phase Cu, aussi appelée α_{Cu} , cubique à faces centrées. Il ne peut cependant être exclu qu'une faible proportion (<5%) de seconde phase soit présente aux joints de grain. Cette seconde phase étant présente à haute température selon les compositions, elle peut éventuellement persister à basse température si le procédé de production de l'ébauche ne permet pas d'atteindre l'état d'équilibre thermodynamique de l'alliage.

[0026] Typiquement, l'alliage a une dureté Vickers sous charge de 2kg, comprise entre 170 et 280 HV2. Il a une limite élastique à 0.2% d'allongement (Rp0.2) et une charge à la rupture (Rm) mesurées selon la norme ISO6892-1 comprises respectivement entre 400 et 600 MPa et entre 500 et 700 MPa.

Nom	Elément	Cu	Al	Fe	Mn	Ni	Pb	Si	Sn	Zn	Autres	Autres
CuAl5As	Mini:	R.	4.0	-	-	-	-			-	As :0.1	-
CW300G	Maxi:	-	6.5	0.2	0.2	0.2	0.02			0.3	As :0.4	0.2
CuAl8	Mini:	R.	6.0	-			-	-		-		-
C61000	Maxi:	-	8.5	0.5			0.02	0.1		0.2		0.2
CuAl7Sn0.3	Mini:	R.	6.0	2.0	-	-	-	-	0.2	-	P : -	-
C61300	Maxi:	-	7.5	3.0	0.2	0.15	0.01	0.1	0.5	0.1	P :0.015	0.2
CuAl7Fe2	Mini:	R.	6.5	1.5	-	-	-	-		-		-
CA106	Maxi:	-	8.5	3.5	1.0	1.0	0.05	0.2		0.5		0.2
CuAl5Zn5Sn1	Mini:	R.	4.0						0.3	4.0		-
CW309G	Maxi:	-	6.6						1.5	6.0		0.2
CuAl3Si2Co	Mini:	R.	2.5	-	-	-	-	1.5		-	Co :0.25	-
C63800	Maxi:	-	3.1	0.2	0.1	0.2	0.05	2.1		0.8	Co :0.55	0.2

Tableau 1 (% en poids)

[0027] Le procédé de fabrication du composant horloger selon l'invention est comme suit. Une ébauche du composant horloger est réalisée par coulée, extrusion ou étirage. L'ébauche peut éventuellement être mise en forme par déformation avant d'être usinée pour former le composant horloger. L'usinage est réalisé par décolletage, tournage, fraisage, perçage et/ou taraudage ou toute autre opération d'usinage par enlèvement de matière. L'usinage peut être suivi d'un traitement de finition, tel que du polissage et/ou du gravage pour la décoration.

[0028] Avant ou après l'usinage, l'ébauche ou respectivement le composant horloger peut être soumis à un ou plusieurs traitements thermiques.

[0029] Lorsque l'ébauche est mise en forme par déformation avant usinage, le procédé de fabrication peut comporter un traitement thermique de détente réalisé à une température comprise entre 150 et 350°C, de préférence entre 200 et 300°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 6 heures, de préférence entre 2 et 4 heures. Ce traitement thermique

est préférentiellement suivi d'un refroidissement à l'air jusqu'à température ambiante. Le traitement thermique est réalisé avant ou après l'usinage avec une préférence pour avant l'usinage.

[0030] Un autre traitement thermique peut consister à réduire le magnétisme dans les alliages comprenant une teneur en Fe supérieure ou égale à 2% en poids. Le traitement thermique est réalisé à une température comprise entre 400 et 650°C, de préférence entre 500 et 600°C, plus préférentiellement entre 525 et 575°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 5 heures, de préférence entre 1 et 2 heures. Ce traitement thermique est suivi d'une trempe par exemple à l'eau jusqu'à une température inférieure à 100°C. On entend par trempe un refroidissement avec une vitesse supérieure ou égale à 20°C/s.

[0031] Un autre traitement thermique peut avoir pour objet d'augmenter les propriétés mécaniques. A cet effet, le traitement thermique est réalisé à une température comprise entre 800 et 1000°C, de préférence entre 850 et 950°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 5 heures, de préférence entre 1 et 2 heures. Ce traitement thermique permet de mettre en solution tous les éléments afin d'obtenir une structure monophasée. Le traitement thermique est suivi d'une trempe jusqu'à une température inférieure à 100°C suivie à son tour d'un revenu à une température comprise entre 300 et 800°C, selon les propriétés souhaitées, pendant un temps compris entre 30 minutes et 5 heures, de préférence entre 45 et 75 minutes.

[0032] Un autre traitement thermique peut avoir pour objet d'augmenter la résistance à la corrosion. Le traitement thermique est réalisé à une température comprise entre 600 et 800°C, de préférence entre 650 et 700°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 8 heures, de préférence entre 90 minutes et 7 heures. Le but de ce traitement est de limiter la décomposition de la phase β (seconde phase résiduelle) en phase γ_2 qui est plus sensible à la corrosion sélective. Si la phase γ_2 ne disparaît pas intégralement, elle est présente de manière discontinue aux joints de grain, ce qui évite une propagation de la corrosion dans le matériau.

Revendications

1. Composant horloger réalisé dans un alliage de cuproaluminium comprenant en poids :
 - de l'Al avec une teneur comprise entre 1 et 9%,
 - optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le Fe, Ni, Si, Sn, Mn, Zr, Cr, Zn, As, Co et le Ti, avec
 - Fe $\leq$ 3.5%,
 - Ni $\leq$ 2%,
 - Si $\leq$ 2.5%,
 - Sn $\leq$ 2%,
 - Mn $\leq$ 1.5%,
 - Zr $\leq$ 1%,
 - Cr $\leq$ 1%,
 - Zn $\leq$ 7%,
 - As $\leq$ 1%,
 - Co $\leq$ 1%,
 - Ti $\leq$ 1%,
 - les impuretés inévitables avec une teneur totale $\leq$ 1%,
 - la balance pour atteindre 100% étant constituée du cuivre.
2. Composant horloger selon la revendication précédente, caractérisé en ce que la teneur en Al est comprise entre 2 et 9%.
3. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la teneur en Al est comprise entre 5 et 9%.
4. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la teneur en Al est comprise entre 5 et 8.5%.
5. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la teneur en Zn est inférieure ou égale à 1%.
6. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la teneur en Sn est inférieure ou égale à 0.5%.
7. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend en poids :
 - de l'Al avec une teneur comprise entre 5 et 8.5%,
 - optionnellement un ou plusieurs éléments choisis parmi le Fe, Ni, Si, Sn, Mn, Zr, Cr, Zn, As, Co et le Ti, avec
 - Fe $\leq$ 3.5%,
 - Ni $\leq$ 2%,
 - Si $\leq$ 0.5%,
 - Sn $\leq$ 0.5%,
 - Mn $\leq$ 1%,
 - Zr $\leq$ 0.5%,

- Cr ≤ 0.5%,
 - Zn ≤ 1%,
 - As ≤ 0.5%,
 - Co ≤ 0.5%,
 - Ti ≤ 0.5%.
8. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un alliage binaire, ternaire ou quaternaire.
 9. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est choisi parmi la liste comprenant le CuAl6, CuAl8, CuAl6Ni2, CuAl7Fe2 et le CuAl6Sn0.3.
 10. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il a une structure monophasée α .
 11. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il a une dureté HV2 comprise entre 170 et 280.
 12. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un composant de décolletage, aussi dit pièce de décolletage.
 13. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en qu'il s'agit d'un composant du mouvement horloger.
 14. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un barillet, un balancier, un dard, un plateau, un tenon, un pied-vis, un canon, un amortisseur ou un bouchon.
 15. Procédé de fabrication d'un composant horloger comprenant les étapes suivantes :
 - Mise à disposition d'une ébauche ayant la composition selon l'une des revendications 1 à 9,
 - Usinage de ladite ébauche,
 - Réalisation d'un ou plusieurs traitements thermiques effectués avant ou après l'étape d'usinage, choisis parmi les traitements thermiques suivants :
 - traitement thermique à une température comprise entre 400 et 650°C, de préférence entre 500 et 600°C, plus préférentiellement entre 525 et 575°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 5 heures, de préférence entre 1 et 2 heures pour un alliage comprenant une teneur en Fe ≥ 2% en poids de manière à réduire le magnétisme, ledit traitement thermique étant suivi d'une trempe jusqu'à une température inférieure à 100°C,
 - traitement thermique à une température comprise entre 800 et 1000°C, de préférence entre 850 et 950°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 5 heures, de préférence entre 1 et 2 heures, le traitement thermique étant suivi d'une trempe jusqu'à une température inférieure à 100°C suivie à son tour d'un revenu à une température comprise entre 300 et 800°C pendant un temps compris entre 30 minutes et 5 heures, de préférence entre 45 et 75 minutes, de manière à augmenter les propriétés mécaniques,
 - traitement thermique à une température comprise entre 600 et 800°C, de préférence entre 650 et 700°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 8 heures, de préférence entre 90 minutes et 7 heures, de manière à augmenter la résistance à la corrosion.
 16. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comprend une étape de mise en forme par déformation réalisée avant l'usinage, ladite étape de mise en forme étant suivie d'une étape de recuit de détente réalisée avant ou après l'usinage, ladite étape de recuit étant réalisée à une température comprise entre 150 et 350°C, de préférence entre 200 et 300°C, pendant un temps compris entre 30 minutes et 6 heures, de préférence entre 2 et 4 heures.