



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **719 208 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: 070664/2021

(71) Requérent:
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)

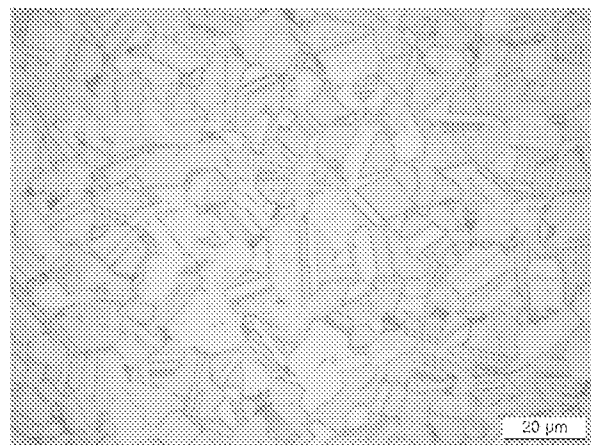
(54) **Composant horloger réalisé dans un alliage de cuproaluminium.**

(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 3 et 12%,
- un ou plusieurs éléments choisis parmi la liste constituée du Fe, Ni, Mn, Zr, Cr, Ti, As, Si, Sn et Zn avec
 - Fe $\leq$ 6%,
 - Ni $\leq$ 6%,
 - Mn $\leq$ 6%,
 - Zr $\leq$ 2%,
 - Cr $\leq$ 2%,
 - Ti $\leq$ 2%,
 - As $\leq$ 1%,
 - Si $\leq$ 2.5%,
 - Sn $\leq$ 2%,
 - Zn $\leq$ 1%,

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

La présente invention se rapporte également au 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%, 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 standards sans plomb et les maillechts sans plomb, 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 de cuproaluminium comprenant en poids :

- de l'Al avec une teneur comprise entre 3 et 12%,
- un ou plusieurs éléments choisis parmi la liste constituée du Fe, Ni, Mn, Zr, Cr, Ti, As, Si, Sn et du Zn avec
 - $\text{Fe} \leq 6\%$,
 - $\text{Ni} \leq 6\%$,
 - $\text{Mn} \leq 6\%$,
 - $\text{Zr} \leq 2\%$,
 - $\text{Cr} \leq 2\%$,
 - $\text{Ti} \leq 2\%$,
 - $\text{As} \leq 1\%$,
 - $\text{Si} \leq 2.5\%$,
 - $\text{Sn} \leq 2\%$,
 - $\text{Zn} \leq 1\%$,
- les impuretés inévitables avec une teneur totale $\leq 1\%$,
- la balance pour atteindre 100% étant constituée du cuivre.

[0007] Cet alliage de cuproaluminium a avantageusement une structure multiphasée avec une phase α , cubique à faces centrées, et une phase κ ayant une structure hexagonale et/ou une phase β' de type martensitique. La présence d'une ou deux de ces phases κ et β' a un effet brise copeaux qui améliore l'usinabilité. 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 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.

[0008] Cet alliage de cuproaluminium de par ses performances mécaniques élevées avec des valeurs de dureté de plus de 220 HV2 remplace avantageusement les maillechts et les laitons de décolletage classiques et supprime les laitons standards sans plomb qui ont des valeurs de dureté stagnantes aux alentours de 150 HV2.

[0009] Il a en outre une bonne résistance à la corrosion qui permet éventuellement de s'affranchir du dépôt de revêtements de protection (galvaniques, chimiques, PVD, etc.).

[0010] 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,
- Mise en forme avec une ou plusieurs séquences de déformation de ladite ébauche,
- Traitement thermique de l'ébauche entre deux séquences de déformation ou après la dernière séquence de déformation pour former une structure multiphasée, le traitement thermique entre deux séquences étant réalisé à une température comprise entre 400 et 700°C, de préférence entre 500 et 600°C, durant un temps compris entre 1 et 24h, de préférence entre 2 et 24h et le traitement thermique après la dernière séquence étant réalisé à une température comprise entre 700 et 1000°C, de préférence entre 750 et 950°C, durant un temps compris entre 20 minutes et 5 heures, de préférence entre 45 et 90 minutes, ledit traitement thermique après la dernière séquence étant suivi d'une trempe jusqu'à une température inférieure à 100°C,
- Usinage de ladite ébauche pour former le composant horloger.

[0011] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après et des figures.

Brève description des figures

[0012] La figure 1 représente la microstructure observée en microscopie optique de l'alliage CuAl7Si2 (CW302G) avec un grossissement de 1000X après une attaque au chlorure ferritique sur une échantillon.

[0013] La figure 2 représente le spectre par diffraction de RX de ce même alliage.

Description détaillée

[0014] L'invention concerne un composant horloger, et en particulier, 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 telles que le matriçage ou la déformation à froid. 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 3 et 12%,
- un ou plusieurs éléments choisis parmi le Fe, Ni, Mn, Zr, Cr, Ti, As, Si, Sn et le Zn avec
 - $Fe \leq 6\%$,
 - $Ni \leq 6\%$,
 - $Mn \leq 6\%$,
 - $Zr \leq 2\%$,
 - $Cr \leq 2\%$,
 - $Ti \leq 2\%$,
 - $As \leq 1\%$,
 - $Si \leq 2.5\%$,
 - $Sn \leq 2\%$,
 - $Zn \leq 1\%$,
- les impuretés inévitables avec une teneur totale $\leq 1\%$,
- la balance pour atteindre 100% étant constituée du cuivre.

[0016] L'alliage peut également comporter des impuretés comme de l'O, N, S, P, etc.

[0017] De préférence, la teneur en Al est comprise entre 5 et 12%, plus préférentiellement entre 5.5 et 9.5% en poids.

[0018] De préférence, la teneur en Fe est inférieure ou égale à 4% en poids.

[0019] De préférence, la teneur en Mn est inférieure ou égale à 2% en poids.

[0020] De préférence, l'alliage comporte en poids :

- de l'Al avec une teneur comprise entre 5 et 12%,
- un ou plusieurs éléments choisis parmi le Fe, Ni, Mn, Zr, Cr, Ti, As, Si, Sn et le Zn avec
 - $Fe \leq 4\%$,
 - $Ni \leq 5.5\%$,
 - $Mn \leq 2\%$,
 - $Zr \leq 1\%$,
 - $Cr \leq 1\%$,
 - $Ti \leq 0.5\%$,
 - $As \leq 0.5\%$,
 - $Si \leq 2.5\%$,
 - $Sn \leq 0.5\%$,
 - $Zn \leq 0.5\%$,
- les impuretés inévitables avec une teneur totale $\leq 1\%$,
- la balance pour atteindre 100% étant constituée du cuivre.

[0021] A titre d'exemple, l'alliage peut être choisi parmi le CuAl9Ni3Fe2, CuAl9Ni5Fe3, CuAl7Si2, CuAl6Fe1Mn1Si2, CuAl6Fe1Si1, CuAl7Si1.8Sn0.5, CuAl7Si1.8Zr0.5, CuAl7Si1.8Ti0.5 et le CuAl7Si1.8Cr0.5. La composition de certains de ces alliages avec leur tolérance est reprise dans le tableau 1.

[0022] Préférentiellement, l'alliage est un alliage de CuAl9Ni3Fe2, CuAl9Ni5Fe3, CuAl7Si2, CuAl6Fe1Mn1Si2 ou de CuAl6Fe1Si1.

[0023] L'alliage selon l'invention a une structure multiphasée avec une matrice α_{Cu} qui est cubique à faces centrées, dans laquelle est parsemée une phase κ de type hexagonale et éventuellement une phase β' de type martensitique qui résulte de la transformation de la phase β , cubique centrée, présente à haute température. La figure 1 représente la microstructure obtenue pour l'alliage CuAl7Si2 (CW302G) ayant une structure biphasée avec une phase claire qui est la phase α et une phase foncée qui est la phase κ . Le spectre de diffraction par rayon X de ce même alliage est représenté à la figure 2.

[0024] Typiquement, l'alliage selon l'invention a une dureté comprise entre 170 et 280 HV2, de préférence entre 200 et 250 HV2 et une charge à la rupture R_m et une limite élastique $R_{p0.2}$ mesurées selon la norme ISO6892-1 respectivement comprises entre 500 et 700 MPa et entre 400 et 600 MPa.

Nom	Elément	Cu	Al	Fe	Mn	Ni	Pb	Si	Sn	Zn	Zr	Ti	Cr	Autres
CuAl7Si2 CW302G	Mini:	R.	6.3	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	-	-
	Maxi:	-	7.6	0.3	0.2	0.2	0.05	2.2	0.2	0.5	-	-	-	0.2
CuAl6Si2.2Fe0.6 02-834	Mini:	R.	6.0	0.5	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-
	Maxi:	-	6.4	0.7	0.5	-	-	2.4	-	-	-	-	-	0.2
CuAl6FeSi2 CW301G	Mini:	R.	6.0	0.5	-	-	-	2.0	-	-	-	-	-	-
	Maxi:	-	6.4	0.7	0.1	0.1	0.05	2.4	-	0.4	-	-	-	0.2

Nom	Elément	Cu	Al	Fe	Mn	Ni	Pb	Si	Sn	Zn	Zr	Ti	Cr	Autres
CuAl7Si1.8Sn0.5 SWG01	Mini:	R.	6.3	-	-	-	-	1.5	0.2	-	-	-	-	-
	Maxi:	-	7.6	0.3	0.2	0.2	0.05	2.2	1.0	0.5	-	-	-	0.2
CuAl7Si1.8Zr0.5 SWG02	Mini:	R.	6.3	-	-	-	-	1.5	-	-	0.2	-	-	-
	Maxi:	-	7.6	0.3	0.2	0.2	0.05	2.2	0.2	0.5	1	-	-	0.2
CuAl7Si1.8Ti0.5 SWG03	Mini:	R.	6.3	-	-	-	-	1.5	-	-	-	0.2	-	-
	Maxi:	-	7.6	0.3	0.2	0.2	0.05	2.1	0.2	0.5	-	1.0	-	0.2
CuAl7Si1.8Cr0.5 SWG04	Mini:	R.	6.3	-	-	-	-	1.5	-	-	-	-	0.2	-
	Maxi:	-	7.6	0.3	0.2	0.2	0.05	2.2	0.2	0.5	-	-	1.0	0.2

Tableau 1 (% en poids)

[0025] Le procédé de fabrication du composant horloger selon l'invention est comme suit. Une ébauche du composant horloger est réalisée par coulée idéalement suivie d'une étape de pressage/extrusion. Ensuite, l'ébauche est préférentiellement mise en forme par déformation. Pendant ou après la mise en forme, l'ébauche est soumise à un traitement thermique pour obtenir la structure multiphasée. Le traitement thermique peut être réalisé entre des séquences de déformation ou après la dernière séquence de déformation. Dans le premier cas, le traitement thermique est réalisé dans une gamme de températures comprise entre 400 et 700°C, de préférence entre 500 et 600°C, pendant un temps compris entre 1 et 24 heures, de préférence entre 2 et 24 heures. Dans le second cas, le traitement thermique est réalisé dans une gamme de températures comprise entre 700 et 1000°C, de préférence entre 750 et 950°C, pendant un temps compris entre 20 minutes et 5 heures, de préférence entre 45 minutes et 90 minutes. 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 50°C/s.

[0026] Le procédé de fabrication peut ensuite 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.

[0027] Après le traitement thermique de détente, l'ébauche est usinée pour former le composant horloger. L'usinage est réalisé par tournage, fraisage, perçage et/ou taraudage ou tout 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] Après l'usinage, l'ébauche ou respectivement le composant horloger peut être soumis à un ou plusieurs traitements thermiques additionnels.

[0029] Un 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 jusqu'à une température inférieure à 100°C.

[0030] 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 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 3 et 12%,
 - un ou plusieurs éléments choisis parmi la liste constituée du Fe, Ni, Mn, Zr, Cr, Ti, As, Si, Sn et du Zn avec
 - $\text{Fe} \leq 6\%$,
 - $\text{Ni} \leq 6\%$,
 - $\text{Mn} \leq 6\%$,
 - $\text{Zr} \leq 2\%$,

- $\text{Cr} \leq 2\%$,
 - $\text{Ti} \leq 2\%$,
 - $\text{As} \leq 1\%$,
 - $\text{Si} \leq 2.5\%$,
 - $\text{Sn} \leq 2\%$,
 - $\text{Zn} \leq 1\%$,
 - 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 5 et 12%, de préférence entre 5.5 et 9.5% en poids.
 3. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la teneur en Fe est inférieure ou égale à 4% en poids.
 4. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la teneur en Mn est inférieure ou égale à 2% en poids.
 5. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'alliage comporte en poids :
 - de l'Al avec une teneur comprise entre 5 et 12%,
 - un ou plusieurs éléments choisis parmi la liste constituée du Fe, Ni, Mn, Zr, Cr, Ti, As, Si, Sn et du Zn avec
 - $\text{Fe} \leq 4\%$,
 - $\text{Ni} \leq 5.5\%$,
 - $\text{Mn} \leq 2\%$,
 - $\text{Zr} \leq 1\%$,
 - $\text{Cr} \leq 1\%$,
 - $\text{Ti} \leq 0.5\%$,
 - $\text{As} \leq 0.5\%$,
 - $\text{Si} \leq 2.5\%$,
 - $\text{Sn} \leq 0.5\%$,
 - $\text{Zn} \leq 0.5\%$.
 6. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un alliage choisi parmi la liste constituée du CuAl9Ni3Fe2 , CuAl9Ni5Fe3 , CuAl7Si2 , CuAl6Fe1Mn1Si2 et du CuAl6Fe1Si1 .
 7. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la dureté HV2 est comprise entre 170 et 270, de préférence entre 200 et 250.
 8. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'alliage a une structure multiphasée comportant une phase α , et en outre une phase β' métastable et/ou une phase κ .
 9. 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.
 10. 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.
 11. Procédé de fabrication d'un composant horloger réalisé dans un alliage de cuproaluminium, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :
 - Mise à disposition d'une ébauche ayant la composition selon l'une des revendications 1 à 6,
 - Mise en forme avec une ou plusieurs séquences de déformation de ladite ébauche,
 - Traitement thermique de l'ébauche entre deux séquences de déformation ou après la dernière séquence de déformation pour former une structure multiphasée, le traitement thermique entre deux séquences étant réalisé à une température comprise entre 400 et 700°C, de préférence entre 500 et 600°C, durant un temps compris entre 1 et 24 heures, de préférence entre 2 et 24 heures et le traitement thermique après la dernière séquence étant réalisé à une température comprise entre 700 et 1000°C, de préférence entre 750 et 950°C, durant un temps compris entre 20 minutes et 5 heures, de préférence entre 45 et 90 minutes, ledit traitement thermique après la dernière séquence étant suivi d'une trempe jusqu'à une température inférieure à 100°C,
 - Usinage de ladite ébauche pour former le composant horloger.
 12. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte une étape de recuit de détente avant l'étape d'usinage, ladite étape 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.
 13. Procédé selon l'une des revendications 11 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte, après l'usinage, une autre étape de traitement thermique visant à augmenter la résistance à la corrosion, ladite étape étant réalisée 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.

14. Procédé selon l'une des revendications 11 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte, après l'usinage, une autre étape de traitement thermique visant à augmenter les propriétés mécaniques, ladite étape étant réalisée 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.

Fig. 1

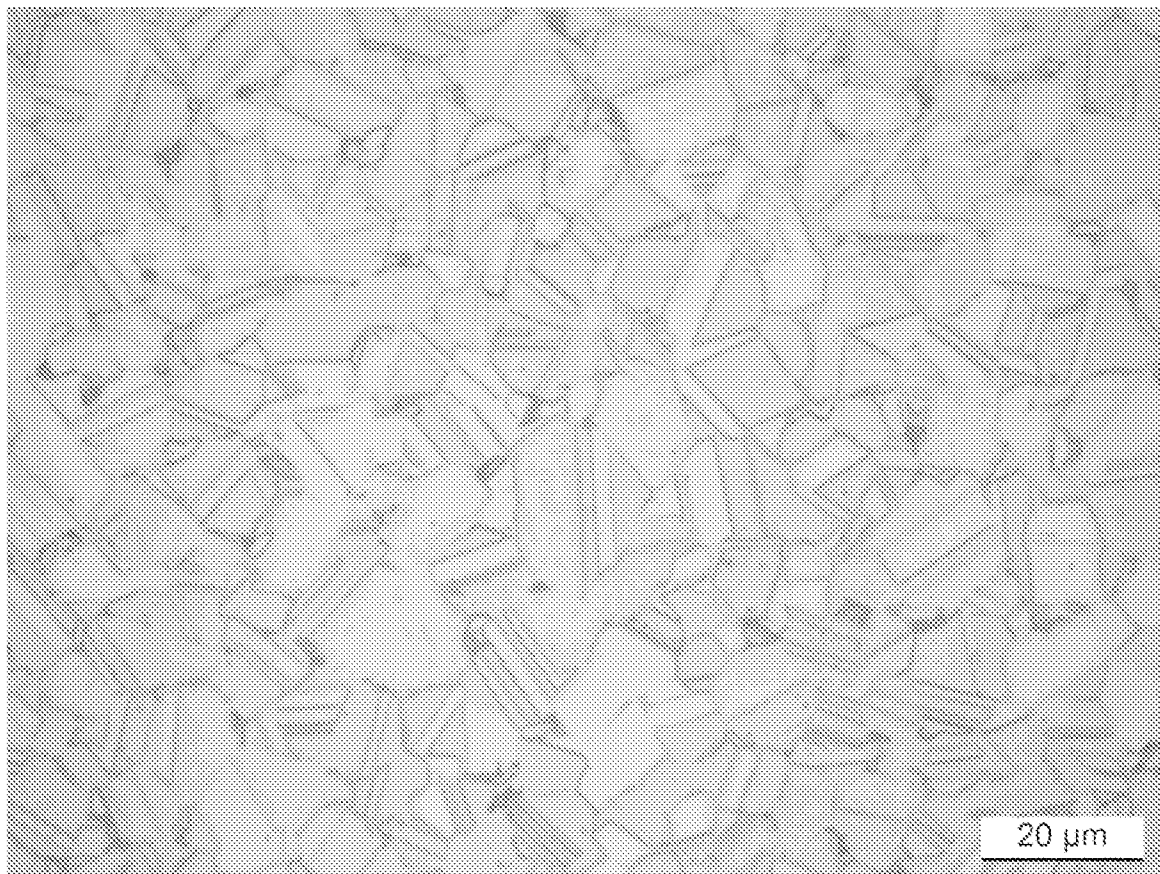


Fig. 2

