



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
24.01.2018 Bulletin 2018/04

(51) Int Cl.:
G04B 1/16 ^(2006.01) **G04B 13/02** ^(2006.01)
G04B 15/14 ^(2006.01) **G04B 17/32** ^(2006.01)
G04B 43/00 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16180226.9**

(22) Date de dépôt: **19.07.2016**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

(72) Inventeurs:
• **CHARBON, Christian**
2054 Chézard-St-Martin (CH)
• **FAYS, Vincent**
2034 Peseux (CH)
• **VERARDO, Marco**
2336 Les Bois (CH)

(71) Demandeur: **Nivarox-FAR S.A.**
2400 Le Locle (CH)

(74) Mandataire: **Honoré, Anne-Claire et al**
ICB
Ingénieurs Conseils en Brevets SA
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

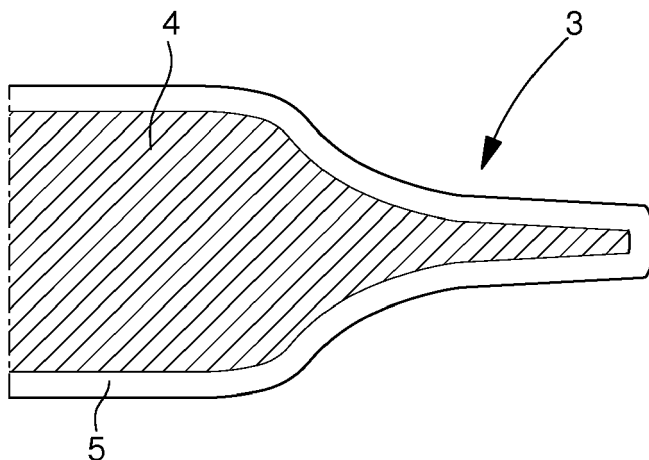
(54) **PIÈCE POUR MOUVEMENT D'HORLOGERIE**

(57) L'invention se rapporte à un composant horloger (1) comprenant au moins une partie (3) usinée par enlèvement de copeaux. Ladite partie (3) est réalisée en un alliage de cuivre amagnétique afin de limiter sa sensibilité aux champs magnétiques, ledit alliage de cuivre com-

prenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu.

L'invention concerne le domaine des mouvements d'horlogerie.

Fig. 2



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention se rapporte à une pièce pour mouvement d'horlogerie et notamment à un composant horloger amagnétique pour un mouvement d'horlogerie mécanique et notamment à un axe de balancier, une tige d'ancre et un pignon d'échappement amagnétiques.

Arrière-plan de l'invention

[0002] La fabrication d'un composant horloger comprenant au moins une partie présentant la forme d'une pièce de révolution, tel qu'un axe de pivotement horloger, consiste, à partir d'une barre en acier trempable, à réaliser des opérations d'usinage par enlèvement de copeaux, telles que le décolletage, pour définir différentes surfaces actives (portée, épaulement, pivots etc.) puis à soumettre le composant horloger usiné à des opérations de traitement thermique comprenant au moins une trempe pour améliorer la dureté dudit composant et un ou plusieurs revenus pour en améliorer la ténacité. Dans le cas des axes de pivotement, les opérations de traitements thermiques peuvent être suivies d'une opération de roulage des pivots des axes, opération consistant à polir les pivots pour les amener aux dimensions requises. Au cours de l'opération de roulage la dureté ainsi que la rugosité des pivots sont encore améliorées. On notera que cette opération de roulage est très difficile voire impossible à réaliser avec la plupart des matériaux dont la dureté est faible c'est-à-dire inférieure à 600HV.

[0003] Les axes de pivotement, par exemple les axes de balancier, utilisés classiquement dans les mouvements d'horlogerie mécaniques sont réalisés dans des nuances d'aciers de décolletage qui sont généralement des aciers martensitiques au carbone incluant du plomb et des sulfures de manganèse pour améliorer leur usinabilité. Un acier de ce type désigné 20AP est typiquement utilisé pour ces applications.

[0004] Ce type de matériau a l'avantage d'être facilement usinable, en particulier d'être apte au décolletage et présente, après des traitements de trempe et de revenu, des propriétés mécaniques élevées très intéressantes pour la réalisation d'axes de pivotement horlogers. Ces aciers présentent en particulier une résistance à l'usure et une dureté après traitement thermique élevées. Typiquement la dureté des pivots d'un axe réalisé en acier 20 AP peut atteindre une dureté dépassant les 700 HV après traitement thermique et roulage.

[0005] Bien que fournissant des propriétés mécaniques satisfaisantes pour les applications horlogères décrites ci-dessus, ce type de matériau présente l'inconvénient d'être magnétique et de pouvoir perturber la marche d'une montre après avoir été soumis à un champ magnétique, et ce notamment lorsque ce matériau est utilisé pour la réalisation d'un axe de balancier coopérant avec un balancier spiral en matériau ferromagnétique. Ce phé-

nomène est bien connu de l'homme du métier. On notera également que ces aciers martensitiques sont également sensibles à la corrosion.

[0006] Des essais pour tenter de remédier à ces inconvénients ont été menés avec des aciers inoxydables austénitiques qui présentent la particularité d'être amagnétiques c'est -à-dire du type paramagnétique ou diamagnétique ou antiferromagnétique. Toutefois, ces aciers austénitiques présentent une structure cristallographique ne permettant pas de les tremper et d'atteindre des duretés et donc des résistances à l'usure compatibles avec les exigences requises pour la réalisation d'axes de pivotement horlogers. Un moyen d'augmenter la dureté de ces aciers est l'écrouissage, toutefois cette opération de durcissement ne permet pas d'obtenir des duretés supérieure à 500 HV. Par conséquent, dans le cadre de pièces nécessitant une grande résistance à l'usure par frottement et devant avoir des pivots ne présentant pas ou peu de risque de déformation, l'utilisation de ce type d'aciers reste limitée.

[0007] Une autre approche pour tenter de remédier à ces inconvénients a consisté à déposer sur les axes de pivotements des couches dures de matériaux tels que le carbone amorphe connu sous la dénomination anglaise diamond like carbone (DLC). Or, on a constaté des risques importants de délamination de la couche dure et donc la formation de débris qui peuvent circuler à l'intérieur du mouvement horloger et venir perturber le fonctionnement de ce dernier, ce qui n'est pas satisfaisant.

[0008] Une approche similaire, décrite dans le brevet FR 2 015 873, prévoit de réaliser un axe de balancier dont au moins la partie principale est réalisé en certains matériaux amagnétiques. Les pivots peuvent être dans ce même matériau ou en acier. Il est également possible de prévoir le dépôt d'une couche supplémentaire appliquée par voie galvanique, chimique, ou à partir de la phase gazeuse (par exemple en Cr, Rh, etc.). Cette couche supplémentaire présente un risque important de délamination. Ce document décrit également un axe de balancier fabriqué entièrement en bronze durcissable. Toutefois, aucune information n'est donnée sur le procédé de fabrication des pivots. De plus, une pièce réalisée en bronze durcissable présente une dureté inférieure à 450 HV. Une telle dureté apparaît pour l'homme du métier comme insuffisante pour réaliser un traitement par roulage.

[0009] On connaît également de la demande EP 2 757 423 des axes de pivotements réalisés en alliage de cobalt ou de nickel du type austénitique et présentant une surface externe durcie selon une certaine profondeur. Toutefois, de tels alliages peuvent s'avérer difficiles à usiner par enlèvement de copeaux. De plus, ils sont relativement coûteux en raison du prix élevé du nickel et du cobalt.

Résumé de l'invention

[0010] Le but de la présente invention est de pallier

tout ou partie des inconvénients cités précédemment en proposant un composant horloger permettant à la fois de limiter la sensibilité aux champs magnétiques et d'obtenir une dureté améliorée compatible avec les exigences de résistance à l'usure et aux chocs dans le domaine horloger.

[0011] L'invention a également pour but de fournir un composant horloger amagnétique ayant une résistance à la corrosion améliorée.

[0012] L'invention a encore pour but de fournir un composant horloger amagnétique qui puisse être fabriqué de manière simple et économique.

[0013] A cet effet, l'invention se rapporte à un composant horloger pour mouvement horloger comprenant au moins une partie usinée par enlèvement de copeaux.

[0014] Selon l'invention, ladite partie est réalisée en un alliage de cuivre amagnétique afin de limiter sa sensibilité aux champs magnétiques, ledit alliage de cuivre comprenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5%, et le reste de Cu.

[0015] Un tel composant horloger permet de cumuler les avantages comme la faible sensibilité aux champs magnétiques, ainsi qu'une dureté et une bonne résistance à la corrosion tout en conservant une bonne ténacité générale. Par ailleurs l'utilisation d'un alliage de cuivre amagnétique tel que défini ci-dessus est avantageuse dans la mesure où ce dernier présente une bonne usinabilité.

[0016] Il est possible d'améliorer la dureté au moins de la partie usinée par enlèvement de copeaux. Dans ce cas, selon une première variante de réalisation, au moins la partie usinée par enlèvement de copeaux comprend une couche de durcissement déposée sur une surface externe de ladite partie.

[0017] Selon une autre variante de réalisation pour améliorer la dureté, au moins une surface externe de ladite partie usinée par enlèvement de copeaux est durcie en profondeur par rapport au coeur du composant horloger selon une profondeur prédéterminée.

[0018] Par conséquent, une zone superficielle ou la totalité de la surface du composant horloger est durcie c'est-à-dire que le coeur du composant horloger peut rester peu ou pas modifié. Par ce durcissement sélectif de portions du composant horloger, le composant horloger permet, en plus des avantages indiqués ci-dessus, de présenter, dans les zones de contrainte principales, une dureté améliorée.

[0019] De plus, l'invention se rapporte à un mouvement d'horlogerie comprenant un composant horloger selon l'une des variantes précédentes. Ledit composant horloger est par exemple un axe de pivotement, la partie usinée par enlèvement de copeaux étant au moins un pivot. En particulier, le composant horloger peut être un axe de balancier, une tige d'ancre et/ou un pignon d'échappement, ou une vis, une tige de remontoir, un piton, etc...

[0020] Enfin, l'invention se rapporte à un procédé de

fabrication d'un composant horloger pour mouvement horloger comportant les étapes suivantes :

a1) se munir d'un élément usinable par enlèvement de copeaux, ledit élément étant réalisé en un alliage de cuivre amagnétique comprenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu.

b1) former ledit composant horloger

c1) usiner par enlèvement de copeaux ledit composant horloger pour former au moins une partie dudit composant horloger usinée par enlèvement de copeaux et réalisée en ledit alliage de cuivre amagnétique.

[0021] L'invention se rapporte également à un procédé de fabrication d'un composant horloger pour mouvement horloger comportant les étapes suivantes :

a2) se munir d'un élément usinable par enlèvement de copeaux, ledit élément étant réalisé en un alliage de cuivre amagnétique comprenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu.

b2) usiner par enlèvement de copeaux ledit élément pour former au moins une partie dudit composant horloger

c2) former le composant horloger comprenant ladite partie obtenue à l'étape b2).

[0022] Pour améliorer la dureté au moins de la partie usinée par enlèvement de copeaux, les procédés de l'invention peuvent comprendre selon une première variante une étape d) de dépôt d'une couche de durcissement au moins sur une surface externe de ladite partie usinée par enlèvement de copeaux.

[0023] Selon une autre variante pour améliorer la dureté, les procédés de l'invention peuvent comprendre une étape e) de diffusion d'atomes selon une profondeur prédéterminée au moins dans une surface externe de ladite partie usinée par enlèvement de copeaux afin de durcir en profondeur le composant horloger au niveau des zones de contraintes principales tout en gardant une ténacité élevée.

[0024] Par conséquent, par diffusion d'atomes dans l'alliage de cuivre utilisé dans la présente invention, une zone superficielle ou la totalité de la surface de la partie usinée par enlèvement de copeaux est durcie sans avoir à déposer un deuxième matériau par-dessus ladite partie. En effet, le durcissement est réalisé directement dans le matériau du composant horloger ce qui permet avantageusement selon l'invention d'éviter tout délaminage ultérieur comme cela peut se produire dans le cas du dépôt d'une couche dure sur le composant horloger.

Description sommaire des dessins

[0025] D'autres particularités et avantages ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation d'un composant horloger selon l'invention ; et
- la figure 2 est une coupe partielle d'une partie usinée par enlèvement de copeaux du composant horloger selon une variante de l'invention après une opération de traitement de diffusion et après une opération de roulage ou de polissage.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0026] Dans la présente description, le terme matériau « amagnétique » signifie un matériau paramagnétique ou diamagnétique ou antiferromagnétique, dont la perméabilité magnétique est inférieure ou égale à 1.01.

[0027] Le terme « usinage par enlèvement de copeaux » désigne toute opération de mise en forme par enlèvement de matière destinée à conférer à une pièce des dimensions et un état de surface situés dans une fourchette de tolérance donnée. De telles opérations sont par exemple le décolletage, le fraisage ou toute autre technique connue de l'homme du métier.

[0028] L'invention se rapporte à une pièce pour mouvement d'horlogerie et notamment à composant horloger amagnétique, tel qu'un axe de pivotement, pour un mouvement d'horlogerie mécanique.

[0029] L'invention sera décrite ci-après dans le cadre d'une application à un axe de balancier amagnétique 1. Bien évidemment, d'autres types d'axes de pivotement horlogers sont envisageables comme par exemple des axes de mobiles horlogers, typiquement des pignons d'échappement, ou encore des tiges d'ancre. Les pièces de ce type présentent au niveau du corps des diamètres inférieurs de préférence à 2 mm, et des pivots de diamètre inférieur de préférence à 0.2 mm, avec une précision de quelques microns. D'autres composants horlogers envisageables sont encore des vis, des tiges de remontoir, des pitons, etc., et peuvent présenter des dimensions similaires à celles indiquées ci-dessus pour les axes.

[0030] En se référant à la figure 1 on peut voir un axe de balancier 1 selon l'invention qui comporte une pluralité de sections 2 de diamètres différents, formées de préférence par décolletage ou toute autre technique d'usinage par enlèvement de copeaux, et définissant classiquement des portées 2a et des épaulements 2b arrangés entre deux portions d'extrémité définissant deux pivots 3. Ces pivots sont destinés à venir chacun pivoter dans un palier, typiquement dans un orifice d'une pierre ou rubis.

[0031] Avec le magnétisme induit par les objets rencontrés au quotidien, il est important de limiter la sensi-

bilité de l'axe de balancier 1 sous peine d'influencer la marche de la pièce d'horlogerie dans laquelle il est incorporé.

[0032] De manière surprenante, l'invention permet de résoudre les deux problèmes en même temps sans compromis et en apportant d'autres avantages. Ainsi, au moins la partie 3 du composant horloger 1, formée par usinage par enlèvement de copeaux est réalisée dans un alliage de cuivre amagnétique afin de limiter de manière avantageuse sa sensibilité aux champs magnétiques, ledit alliage de cuivre comprenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu.

[0033] De préférence, l'alliage de cuivre amagnétique comprend en poids entre 11% et 18% de Ni, entre 7% et 10% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu.

[0034] D'une manière particulièrement préférée, l'alliage de cuivre amagnétique comprend en poids entre 12% et 17% de Ni, entre 7% et 9% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu.

[0035] D'une manière particulièrement avantageuse, l'alliage de cuivre amagnétique comprend en poids entre 14.5% et 15.5% de Ni, entre 7.5% et 8.5% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu.

[0036] Les proportions des différents éléments des alliages sont choisies pour leur conférer des propriétés amagnétiques ainsi qu'une bonne usinabilité.

[0037] De manière avantageuse, l'alliage de cuivre amagnétique utilisé selon l'invention peut être exempt de plomb ou peut comprendre du plomb, dans une quantité inférieure ou égale à 0.02% en poids.

[0038] D'une manière avantageuse, l'alliage de cuivre amagnétique peut être un alliage ayant pour composition massique entre 14.5% et 15.5% de Ni, entre 7.5% et 8.5% de Sn, 0.02% max de Pb et le reste de Cu. Un tel alliage est commercialisé sous la marque Toughmet® par la société Materion.

[0039] Bien évidemment, d'autres alliages à base de cuivre amagnétiques correspondant à la définition de l'invention sont envisageables dès lors que la proportion de leurs constituants leur confère des propriétés amagnétiques ainsi qu'une bonne usinabilité.

[0040] Au moins la partie 3 du composant horloger 1 présente une dureté supérieure à 350 HV.

[0041] D'une manière surprenante et inattendue, la partie 3 réalisée dans un alliage de cuivre tel que défini ci-dessus peut être roulée malgré une dureté inférieure à 600 HV.

[0042] Afin d'améliorer la dureté d'au moins la partie 3 usinée par enlèvement de copeaux, il est possible, selon une première variante de l'invention, de prévoir une couche de durcissement déposée au moins sur une surface externe de ladite partie 3. Une telle couche supplémentaire peut être une couche de TiN, diamant, DLC,

Al₂O₃, Cr, Ni, NiP ou tout autre matériau approprié, déposée par des procédés PVD, CVD, ALD, galvaniques, ou tout autre procédé approprié.

[0043] Selon une autre variante de l'invention, la dureté d'au moins la partie 3 usinée par enlèvement de copeaux peut être améliorée en prévoyant qu'au moins une surface externe 5 de ladite partie 3 (Figure 2) est durcie en profondeur par rapport au reste du composant horloger selon une profondeur prédéterminée afin d'offrir, avantageusement selon l'invention, une dureté élevée au niveau de ladite surface externe tout en gardant une ténacité élevée. La profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre $\underline{d}$ total de la partie 3, typiquement entre 5 et 35 microns.

[0044] La surface externe durcie en profondeur de la partie 3 ainsi traitée peut présenter une dureté supérieure à 600 HV.

[0045] Il a été montré empiriquement qu'une profondeur de durcissement comprise entre 5% et 40% de diamètre $\underline{d}$ total de la partie 3 suffit pour l'application par exemple à un axe de balancier, la partie 3 étant alors un pivot. A titre d'exemple, si le rayon $d/2$ est de 50 μm , la profondeur de durcissement est préférentiellement autour de 15 μm tout autour de la partie 3, telle que les pivots. Bien évidemment, suivant les applications, une profondeur différente de durcissement comprise entre 5% et 80% du diamètre $\underline{d}$ total peut être prévue.

[0046] Préférentiellement, la surface externe durcie en profondeur 5 de la partie 3 comporte des atomes diffusés d'au moins un élément chimique. Ledit élément chimique est par exemple un élément chimique non-métal comme de l'azote, l'argon et/ou le bore. En effet, comme expliqué ci-dessous, par sursaturation interstitielle d'atomes dans l'alliage de cuivre amagnétique 4, une zone superficielle 5 est durcie en profondeur sans avoir à déposer un deuxième matériau par-dessus la partie 3. En effet, le durcissement est réalisé directement dans le matériau 4 de la partie 3 ce qui permet avantageusement d'éviter tout délaminage ultérieur en cours d'utilisation. De ce fait, selon cette variante de l'invention, la surface externe 5 de la partie 3 comprend une couche superficielle dure mais ne présente aucune couche de durcissement supplémentaire déposée directement sur ladite surface externe 5.

[0047] Par conséquent, au moins une zone superficielle de la partie 3 est durcie c'est-à-dire que le coeur de la partie 3 et/ou le reste du composant horloger 1, peut rester peu ou pas modifié sans modification notable des propriétés mécaniques dudit composant horloger 1. Ce durcissement sélectif de la partie 3 usinée par enlèvement de copeaux du composant horloger 1 permet de cumuler les avantages comme la faible sensibilité aux champs magnétiques, une dureté et une ténacité élevée, dans les zones de contrainte principales tout en ayant une bonne résistance à la corrosion et à la fatigue.

[0048] Il est bien évident que d'autres couches que des couches de durcissement peuvent être déposées, par exemple des couches de lubrification.

[0049] L'invention se rapporte également à un premier procédé de fabrication d'un composant horloger 1 comme expliqué ci-dessus. Le procédé comporte avantageusement selon l'invention les étapes suivantes :

a1) se munir d'un élément, tel qu'une barre, usinable par enlèvement de copeaux, ledit élément étant réalisé en un alliage de cuivre amagnétique comprenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu

b1) former le composant horloger 1

c1) usiner par enlèvement de copeaux ledit composant horloger pour former au moins une partie 3 dudit composant horloger 1 usinée par enlèvement de copeaux et réalisée en ledit alliage de cuivre amagnétique.

[0050] L'invention se rapporte également à un deuxième procédé de fabrication d'un composant horloger 1 comme expliqué ci-dessus. Ce procédé comporte avantageusement selon l'invention les étapes suivantes :

a2) se munir d'un élément, tel qu'une barre, usinable par enlèvement de copeaux, ledit élément étant réalisé en un alliage de cuivre amagnétique comprenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu

b2) usiner par enlèvement de copeaux ledit élément pour former au moins une partie 3 dudit composant horloger 1

c2) former le composant horloger 1 comprenant ladite partie 3 obtenue à l'étape b2).

[0051] Les alliages utilisés dans la présente invention sont durcissables par un traitement thermique dit de décomposition spinodale. Pour cela, l'élément usinable par enlèvement de copeaux doit subir les étapes suivantes de :

- mise en solution
- déformation à froid
- traitement thermique de durcissement de décomposition spinodale (360°C-370°C pendant 2h à 4h).

[0052] De ce fait, selon une première possibilité, l'élément usinable par enlèvement de copeaux utilisé dans la présente invention peut être utilisé à l'étape a1) ou a2) sous une forme intermédiaire dans laquelle il a seulement subi les étapes de mise en solution et de déformation à froid. L'étape c1) ou b2) d'usinage par enlèvement de copeaux s'effectue alors sur un élément usinable par enlèvement de copeaux relativement mou. Le traitement thermique de durcissement de décomposition spinodale est alors ensuite réalisé sur l'élément usiné.

[0053] Selon une seconde possibilité, l'élément usinable par enlèvement de copeaux utilisé dans la présente

invention peut être utilisé à l'étape a1) ou a2) sous sa forme finale dans laquelle il a subi les trois étapes de traitement, à savoir la mise en solution, la déformation à froid et le traitement thermique de durcissement de décomposition spinodale. L'étape c1) ou b2) d'usinage par enlèvement de copeaux s'effectue alors directement sur un élément usinable par enlèvement de copeaux dur, qui ne nécessite pas de traitement thermique de durcissement de décomposition spinodale ultérieur.

[0054] Afin d'améliorer la dureté au moins de la partie 3, le procédé de l'invention peut comprendre avantageusement, selon une première variante, une étape d) de dépôt d'une couche de durcissement au moins sur une surface externe 5 de ladite partie usinée par enlèvement de copeaux 3. De préférence, l'étape d) peut consister en un dépôt par des procédés PVD, CVD, ALD, galvaniques, ou tout autre procédé approprié, d'une couche de TiN, diamant, DLC, Al_2O_3 , Cr, Ni, NiP ou tout autre matériau approprié.

[0055] Afin d'améliorer la dureté au moins de la partie 3, le procédé de l'invention peut comprendre avantageusement, selon une deuxième variante, une étape e) de diffusion d'atomes selon une profondeur prédéterminée au moins dans une surface externe 5 de ladite partie 3 usinée par enlèvement de copeaux afin de durcir en profondeur le composant horloger 1 au niveau des zones de contraintes principales tout en gardant une ténacité élevée. La profondeur prédéterminée représente de préférence entre 5% et 40% du diamètre total $\underline{d}$ de ladite partie 3 usinée par enlèvement de copeaux.

[0056] Avantageusement selon l'invention, quel que soit le mode de réalisation choisi, le procédé peut être appliqué en vrac. Ainsi, l'étape e) peut consister en un traitement thermochimique de diffusion comme une boruration de plusieurs composants horlogers et/ou de plusieurs ébauches de composants horlogers. On comprend que l'étape e) peut consister à diffuser interstitiellement dans l'alliage de cuivre amagnétique 4, des atomes d'au moins un élément chimique, par exemple un non-métal comme de l'azote, de l'argon et/ou du bore. Enfin, avantageusement, les contraintes compressives du procédé améliorent la résistance à la fatigue et la tenue aux chocs.

[0057] L'étape e) pourrait également consister en un processus d'implantation ionique suivi ou non d'un traitement thermique de diffusion. Cette variante possède l'avantage de ne pas limiter le type d'atomes diffusés et permettre une diffusion aussi bien interstitielle que substitutionnelle.

[0058] Lorsque le traitement mis en oeuvre lors de l'étape e) est un processus d'implantation ionique, la profondeur de durcissement de la surface externe 5 peut avantageusement être augmentée à l'aide d'un traitement thermique effectué pendant ou après l'étape b) de traitement par implantation ionique.

[0059] Le procédé de l'invention peut également comprendre d'autres étapes de dépôt d'une couche autre qu'une couche de durcissement. Par exemple, le procé-

dé de l'invention peut comprendre une étape de dépôt d'une couche de lubrification.

[0060] D'une manière avantageuse, au moins la partie 3 usinée par enlèvement de copeaux peut subir une opération de roulage/polissage après l'étape c1) ou b2) lorsqu'il n'est pas prévu de traitement complémentaire de durcissement, ou après l'étape d) ou e) en cas de traitement complémentaire de durcissement. De ce fait, au moins la surface externe 5 des parties 3 peut apparaître roulée. Cette opération de roulage/polissage permet d'atteindre les dimensions et l'état de surface finaux désirés pour les parties 3, notamment dans le cas de pivots. Cette opération de roulage après traitement permet d'obtenir des composants horlogers présentant une résistance à l'usure et aux chocs améliorée par rapport à des composants horlogers dont les parties usinées par enlèvement de copeaux n'ont subi qu'une opération de durcissement.

[0061] Le composant horloger selon l'invention peut comprendre des parties usinées par enlèvement de copeaux traitées selon l'invention et montées sur le corps du composant horloger ou être réalisé entièrement en alliage de cuivre amagnétique tel que défini ci-dessus selon l'un des procédés de l'invention. De plus, le traitement de durcissement selon l'étape d) ou e) peut être réalisé à la surface des parties usinées par enlèvement de copeaux ou sur la totalité des surfaces du composant horloger.

[0062] Le composant horloger selon l'invention peut être réalisé avantageusement par décolletage ou toute autre technique d'usinage par enlèvement de copeaux à partir de barres en alliage de cuivre amagnétique tel que défini ci-dessus, de diamètre de préférence inférieur à 3 mm, et préférentiellement inférieur à 2 mm. De telles barres n'existent pas dans le commerce actuellement et doivent être préparées spécifiquement, ce qui démontre que l'homme du métier se détournerait de l'idée à utiliser un alliage à base de cuivre amagnétique tel que défini ci-dessus pour former un composant horloger par décolletage ou toute autre technique d'usinage par enlèvement de copeaux), suivi éventuellement d'un roulage. Les alliages de cuivre sont connus de l'homme du métier pour être trop mous pour pouvoir être roulés et pour la tenue à l'usure en mouvement. Toutefois, l'utilisation de tels matériaux selon l'invention permet d'une manière surprenante et inattendue de réaliser des axes de pivotement permettant d'effectuer un roulage et d'atteindre une longévité satisfaisante en mouvement. Pour réaliser la présente invention, l'homme du métier a dû vaincre le préjugé à utiliser un alliage à base de cuivre pour réaliser un composant horloger de très faibles dimensions au moyen d'un procédé comprenant une étape de décolletage (ou toute autre technique d'usinage par enlèvement de copeaux) et éventuellement une étape de roulage.

[0063] Contre toute attente, le procédé de l'invention permet d'obtenir un composant horloger dont au moins les parties formées par décolletage (ou toute autre technique d'usinage par enlèvement de copeaux) et éven-

tuellement par roulage à partir d'un alliage de cuivre amagnétique tel que défini ci-dessus.

[0064] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, il peut être envisagé de totalement ou quasi-totalement traiter les parties 3, c'est-à-dire traiter un pourcentage supérieur à 80% du diamètre d des parties 3 même si cela n'est pas nécessaire pour l'application à des composants horlogers tels que des axes de balanciers horlogers.

Revendications

1. Composant horloger (1) comprenant au moins une partie (3) usinée par enlèvement de copeaux, **caractérisé en ce que** ladite partie (3) est réalisée en un alliage de cuivre amagnétique afin de limiter sa sensibilité aux champs magnétiques, ledit alliage de cuivre comprenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu.
2. Composant horloger (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit alliage de cuivre comprend du plomb, dans une quantité inférieure ou égale à 0.02% en poids.
3. Composant horloger (1) selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce qu'**au moins la partie (3) usinée par enlèvement de copeaux comprend une couche de durcissement déposée sur une surface externe de ladite partie (3).
4. Composant horloger (1) selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce qu'**au moins une surface externe (5) de ladite partie (3) usinée par enlèvement de copeaux est durcie en profondeur par rapport au cœur du composant horloger (1) selon une profondeur prédéterminée.
5. Composant horloger (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre total (d) de ladite partie usinée par enlèvement de copeaux (3).
6. Composant horloger (1) selon l'une des revendications 4 et 5, **caractérisé en ce que** la surface externe (5) durcie en profondeur comporte des atomes diffusés d'au moins un élément chimique.
7. Composant horloger (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**il consiste en un axe de pivotement, la partie usinée par enlèvement de copeaux étant au moins un pivot, une vis, une tige de remontoir, un piton.
8. Mouvement pour pièce d'horlogerie, **caractérisé en ce qu'**il comprend un composant horloger (1) selon l'une des revendications précédentes.
9. Procédé de fabrication d'un composant horloger (1) pour mouvement horloger comportant les étapes suivantes :
 - a1) se munir d'un élément usinable par enlèvement de copeaux, ledit élément étant réalisé en un alliage de cuivre amagnétique comprenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu
 - b1) former le composant horloger (1)
 - c1) usiner par enlèvement de copeaux ledit composant horloger pour former au moins une partie (3) dudit composant horloger (1) usinée par enlèvement de copeaux et réalisée en ledit alliage de cuivre amagnétique.
10. Procédé de fabrication d'un composant horloger (1) pour mouvement horloger comportant les étapes suivantes :
 - a2) se munir d'un élément usinable par enlèvement de copeaux, ledit élément étant réalisé en un alliage de cuivre amagnétique comprenant en poids entre 10% et 20% de Ni, entre 6% et 12% de Sn, X% d'éléments additionnels, où X est compris entre 0 et 5, et le reste de Cu
 - b2) usiner par enlèvement de copeaux ledit élément pour former au moins une partie (3) dudit composant horloger (1)
 - c2) former le composant horloger (1) comprenant ladite partie (3) obtenue à l'étape b2).
11. Procédé selon l'une des revendications 9 et 10, **caractérisé en ce qu'**il comprend une étape d) de dépôt d'une couche de durcissement au moins sur une surface externe (5) de ladite partie usinée par enlèvement de copeaux (3).
12. Procédé selon l'une des revendications 9 et 10, **caractérisé en ce qu'**il comprend une étape e) de diffusion d'atomes selon une profondeur prédéterminée au moins dans une surface externe (5) de ladite partie (3) usinée par enlèvement de copeaux afin de durcir en profondeur le composant horloger (1) au niveau des zones de contraintes principales tout en gardant une ténacité élevée.
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre total (d) de ladite partie (3) usinée par enlèvement de copeaux.
14. Procédé selon l'une des revendications 12 ou 13,

caractérisé en ce que l'étape de diffusion comprend la diffusion d'atomes d'au moins un élément chimique.

15. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** l'étape e) consiste en un traitement thermochimique de diffusion. 5
16. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** l'étape e) consiste en un processus d'implantation ionique suivi ou non d'un traitement de diffusion. 10
17. Procédé selon l'une des revendications 9 à 16, **caractérisé en ce que** ladite partie (3) usinée par enlèvement de copeaux subit une opération de roulage/polissage après l'étape c1) ou b2) ou après l'étape d) ou e). 15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

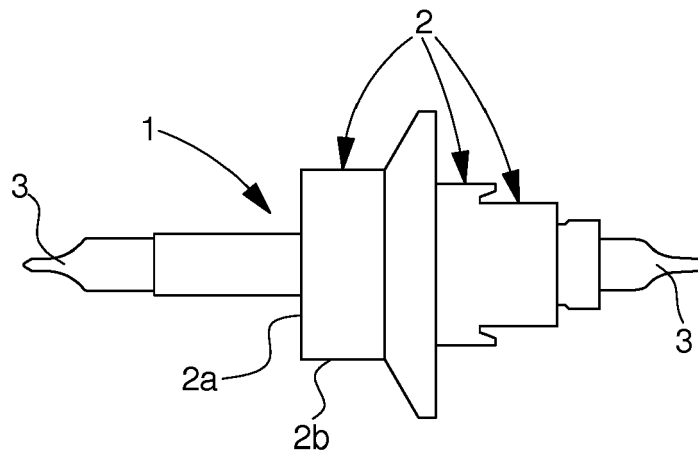
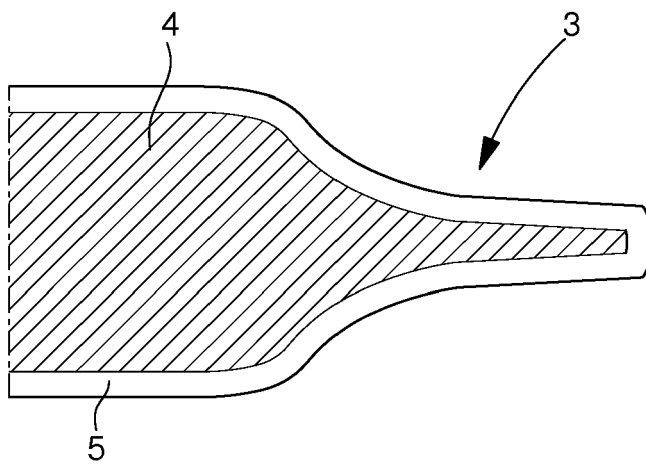


Fig. 2





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 18 0226

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 2 860 591 A1 (NIVAROX SA [CH]) 15 avril 2015 (2015-04-15)	1-3,9-11	INV.
Y	* alinéas [0006], [0008], [0013], [0020], [0026], [0027], [0052], [0053]; figures 1-11 *	4-8, 12-17	G04B1/16 G04B13/02 G04B15/14 G04B17/32 G04B43/00
A	----- Ametek: "datasheet Pfinodal", 1 décembre 2010 (2010-12-01), pages 1-2, XP055350343, Extrait de l'Internet: URL:http://www.ametek-ct.com/pdf/tech/Pfinodal-ESC-Datasheet.pdf [extrait le 2017-02-28] * le document en entier *	1-17	
A	----- Lamineries Matthey Sa: "BrushForm 158 / Toughmet 3", 1 juin 2013 (2013-06-01), pages 1-3, XP055350340, Extrait de l'Internet: URL:http://www.matthey.ch/fileadmin/user_upload/downloads/fichetechnique/EN/BF158_T3C.pdf [extrait le 2017-02-28] * le document en entier *	1-17	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
-/--			
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 1 mars 2017	Examineur Laeremans, Bart
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 18 0226

5

10

15

20

25

30

35

40

45

2

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	Anonymous: "Materion Brush Performance Alloys Cold Rolled Temper Designations for BrushForm 158 Minimum 90° Bend Formability R/T Ratio Standard Designation ASTM Designation", MATERION, 1 janvier 2011 (2011-01-01), XP055289069, Extrait de l'Internet: URL:http://materion.com/~media/Files/PDFs/Alloy/DataSheets/Copper Nickel Tin Strip/Brushforms-DataSheets-Brushform158ColdRolled [extrait le 2016-07-18] * le document en entier *	1-17	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
A	Robert E Kusner ET AL: "Engineering Guide: ToughMet 3AT (C72900) ToughMet 3CX (C96900) Introduction", , 2 octobre 2003 (2003-10-02), XP055350479, Extrait de l'Internet: URL:http://www.matthey.ch/fileadmin/user_upload/downloads/Fichiers_PDF/Toughmet_Engi n Guide.pdf [extrait le 2017-03-01] * le document en entier *	1-17	
Y,D	EP 2 757 423 A1 (OMEGA SA [CH]) 23 juillet 2014 (2014-07-23) * alinéa [0033] *	4-8, 12-17	
A	EP 2 437 125 A1 (ROLEX SA [CH]) 4 avril 2012 (2012-04-04) * alinéa [0019]; revendication 11 *	4,12	
A	CH 705 464 A2 (NIVAROX SA [CH]) 15 mars 2013 (2013-03-15) * alinéa [0060] *	4,12	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 1 mars 2017	Examineur Laeremans, Bart
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 16 18 0226

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	FR 2 015 873 A1 (INST REINHARD STRAUMANN) 30 avril 1970 (1970-04-30) * page 3, ligne 33 - page 4, ligne 4 * * page 4, lignes 9-13,19-21,27-29 * -----	1-17	
A	US 2004/231159 A1 (SHIBUYA YOSHITSUGU [JP] ET AL) 25 novembre 2004 (2004-11-25) * alinéas [0002] - [0007] * -----	3,4,11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 1 mars 2017	Examineur Laeremans, Bart
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 16 18 0226

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

01-03-2017

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0460

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2860591 A1	15-04-2015	CN 104570682 A	29-04-2015
		EP 2860591 A1	15-04-2015
		HK 1209855 A1	08-04-2016
		JP 5947356 B2	06-07-2016
		JP 2015075489 A	20-04-2015
		RU 2014140818 A	27-04-2016
		US 2015098310 A1	09-04-2015

EP 2757423 A1	23-07-2014	CN 103941572 A	23-07-2014
		EP 2757423 A1	23-07-2014
		HK 1200221 A1	31-07-2015
		JP 2014137376 A	28-07-2014
		JP 2016033523 A	10-03-2016
		RU 2014101336 A	27-07-2015
		US 2014198625 A1	17-07-2014
		US 2015378309 A1	31-12-2015

EP 2437125 A1	04-04-2012	CN 102445895 A	09-05-2012
		EP 2437125 A1	04-04-2012
		JP 5999882 B2	28-09-2016
		JP 2012078354 A	19-04-2012
		US 2012082009 A1	05-04-2012

CH 705464 A2	15-03-2013	AUCUN	

FR 2015873 A1	30-04-1970	CH 535989 A	30-11-1972
		CH 1246668 A4	30-11-1972
		DE 1932257 A1	19-03-1970
		FR 2015873 A1	30-04-1970
		GB 1222460 A	17-02-1971
		US 3683616 A	15-08-1972

US 2004231159 A1	25-11-2004	CN 1556874 A	22-12-2004
		JP 4308656 B2	05-08-2009
		US 2004231159 A1	25-11-2004
		WO 03027355 A1	03-04-2003

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2015873 [0008]
- EP 2757423 A [0009]