



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH 707 504 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 13/02** (2006.01)
G04B 17/32 (2006.01)
G04B 15/14 (2006.01)
G04D 3/00 (2006.01)

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00197/13

(22) Date de dépôt: 17.01.2013

(43) Demande publiée: 31.07.2014

(71) Requéant:
Omega SA, Rue Stämpfli 96
2500 Bienne 4 (CH)

(72) Inventeur(s):
Cédric von Grueningen, 2000 Neuchâtel (CH)
Christian Charbon, 2054 Chézard-St-Martin (CH)
Marco Verardo, 2336 Les Bois (CH)

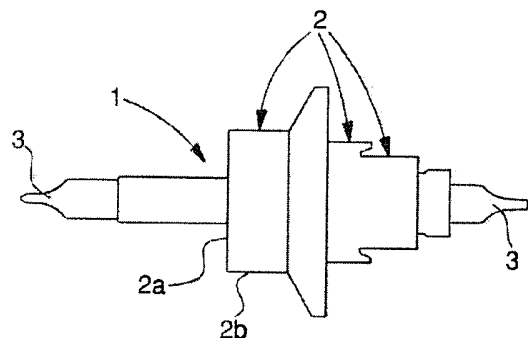
(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Axe de pivotement en métal pour mouvement horloger et procédé de fabrication d'un tel axe.**

(57) L'invention se rapporte à un axe de pivotement en métal (1) pour mouvement horloger comportant au moins un pivot (3) à au moins une de ses extrémités, caractérisé en ce que le métal est du titane ou un alliage de titane afin de limiter sa sensibilité aux champs magnétiques et en ce qu'au moins la surface externe dudit au moins un pivot (3) est en partie ou en totalité durcie par rapport au cœur de l'axe selon une profondeur prédéterminée.

L'invention se rapporte également à un procédé de fabrication pour un tel axe.

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



Description

Domaine de l'invention

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

Arrière-plan de l'invention

[0002] La fabrication d'un axe de pivotement horloger consiste, à partir d'une barre en acier trempable, à réaliser des opérations de décolletage pour définir des différentes surfaces actives (portée, épaulement, pivots etc.) puis à soumettre l'axe décolleté à des opérations de traitement thermique comprenant au moins une trempe pour améliorer la dureté de l'axe et un ou plusieurs revenus pour en améliorer la ténacité. Les opérations de traitements thermiques sont 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 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 est connu, 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 phénomène est bien connu de l'homme du métier et est par exemple décrit dans le Bulletin Annuel Suisse de Chronométrie Vol. I, pages 52 à 74. 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, 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 supérieures 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 risques de casse ou 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 carbon (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] Encore une autre approche a été envisagée pour remédier aux inconvénients des aciers inoxydables austénitiques, à savoir le durcissement superficiel de ces axes de pivotement par nitruration, carburation ou nitrocarburation. Toutefois ces traitements sont connus pour entraîner une perte importante de la résistance à la corrosion en raison de la réaction de l'azote et/ou le carbone avec le chrome de l'acier et la formation de nitrure de chrome et/ou de carbure de chrome causant un appauvrissement localisé de la matrice en chrome, ce qui est préjudiciable pour l'application horlogère souhaitée.

Résumé de l'invention

[0009] Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients cités précédemment en proposant un axe de pivotement 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.

[0010] L'invention a également pour but de fournir un axe de pivotement amagnétique ayant une résistance à la corrosion améliorée.

[0011] L'invention a encore pour but de fournir un axe de pivotement amagnétique qui puisse être fabriqué de manière simple et économique.

[0012] A cet effet, l'invention se rapporte à un axe de pivotement en métal comportant au moins un pivot à au moins une de ses extrémités, caractérisé en ce que le métal est du titane ou un alliage de titane afin de limiter sa sensibilité aux champs magnétiques et en ce qu'au moins la surface externe dudit au moins un pivot est durcie par rapport au cœur de l'axe selon une profondeur prédéterminée.

[0013] Par conséquent, une zone superficielle ou la totalité de l'axe est durcie c'est-à-dire que le cœur l'axe peut rester peu ou pas modifié. Par ce durcissement sélectif de portions de l'axe, l'axe de pivotement permet de cumuler les avantages comme la faible sensibilité aux champs magnétiques, et dans les zones de contrainte principales, une dureté, en plus d'une bonne résistance à la corrosion tout en conservant une bonne ténacité générale. Par ailleurs, l'utilisation d'un tel matériau pour l'axe est avantageuse dans la mesure où ce dernier présente une grande usinabilité

[0014] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- l'alliage de titane comprend en poids au moins 85% de titane
- la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre d total du pivot, typiquement entre 5 et 35 microns;
- la surface externe durcie comporte des atomes diffusés d'au moins un élément chimique, ledit élément chimique étant un non-métal et de préférence l'azote et/ou l'oxygène
- la surface externe durcie comporte une dureté supérieure à 800 HV.

[0015] De plus, l'invention se rapporte à un mouvement d'horlogerie, caractérisé en ce qu'il comprend un axe de pivotement selon l'une des variantes précédentes, et en particulier un axe de balancier, une tige d'ancre et/ou un pignon d'échappement comprenant un axe selon l'une de ces variantes.

[0016] Enfin, l'invention se rapporte à un procédé de fabrication d'un axe de pivotement comportant les étapes suivantes:

- a) former un axe de pivotement à base de titane ou d'un alliage de titane pour limiter sa sensibilité aux champs magnétiques et comportant au moins un pivot à au moins une de ses extrémités un pivot;
- b) diffuser des atomes selon une profondeur prédéterminée au moins à la surface externe dudit au moins un pivot afin de durcir des pivots au niveau des zones de contraintes principales tout en gardant une ténacité élevée.

[0017] Par conséquent, par diffusion d'atomes dans le titane ou un alliage de titane, une zone superficielle ou la totalité des pivots est durcie sans avoir à déposer un deuxième matériau par-dessus les pivots. En effet, le durcissement est réalisé directement dans le matériau de l'axe de pivotement 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 l'axe.

[0018] De plus, ce traitement thermochimique qui vise à diffuser des atomes de d'oxygène et/ou d'azote dans les sites interstitiels de l'alliage ne dégrade pas la résistance à la corrosion des axes de pivotement.

[0019] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre total d du pivot;
- les atomes comportent au moins un élément chimique, ce dernier étant de préférence un non-métal comme de l'azote et/ou l'oxygène;
- l'étape b) effectue un traitement thermochimique de diffusion;
- l'étape b) effectue un processus d'implantation ionique et de traitement de diffusion;
- les pivots sont roulés ou polis après l'étape b).

Description sommaire des dessins

[0020] 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 fig. 1 est une représentation d'un axe de pivotement selon l'invention;
- la fig. 2 est une coupe partielle d'un pivot d'axe de balancier selon l'invention après l'opération de traitement de diffusion et avant l'opération de roulage ou de polissage;
- la fig. 3 est une coupe partielle similaire à celle de la fig. 2 illustrant un pivot après l'opération de traitement de diffusion et après l'opération de roulage ou de polissage;
- la fig. 4 est un graphe illustrant le profil de dureté à partir du bord en direction du cœur d'un pivot d'axe de balancier selon l'invention, après l'opération de diffusion.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0021] L'invention se rapporte à une pièce pour mouvement d'horlogerie et notamment à un axe de pivotement amagnétique pour un mouvement d'horlogerie mécanique.

[0022] 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.

[0023] En se référant à la fig. 1 on voit un axe de balancier 1 selon l'invention qui comporte une pluralité de sections 2 de diamètres différents définissant classiquement des portées 2a et des épaulements 2b arrangés entre deux portions d'extrémité définissant des pivots 3. Ces pivots sont destinés à venir chacun pivoter dans un palier typiquement dans un orifice d'une pierre ou rubis.

[0024] Avec le magnétisme induit par les objets rencontrés au quotidien, il est important de limiter la sensibilité de l'axe de balancier 1 sous peine d'influencer la marche de la pièce d'horlogerie dans lequel il est incorporé.

[0025] De manière surprenante, l'invention permet de résoudre les deux problèmes en même temps sans compromis et en apportant d'autres avantages. Ainsi, le métal 4 de l'axe 1 est le titane ou un alliage de titane afin de limiter de manière avantageuse sa sensibilité aux champs magnétiques. De plus, au moins la surface externe 5 des pivots (fig. 2 et 3) est durcie par rapport au reste de l'axe de balancier 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 (nous ne pouvons pas connaître la ténacité de l'alliage avec juste une couche superficielle durcie). Les valeurs ci-dessus ont été obtenues à partir d'un alliage de titane Grad 5. Bien évidemment, d'autres alliages de titane sont envisageables dès lors que la proportion de titane leur confère des propriétés paramagnétiques, diamagnétiques ou antiferromagnétique ainsi qu'une bonne usinabilité.

[0026] Il a été montré empiriquement qu'une profondeur de durcissement comprise entre 5% et 40% du diamètre d total des pivots 3 suffit pour l'application à axe de balancier. A titre d'exemple, si le rayon r est de 50 μm , la profondeur de durcissement est préférentiellement autour de 15 μm tout autour des pivots 3. Bien évidemment, suivant les applications, une profondeur différente de durcissement comprise entre 5% et 80% du diamètre d total peut être prévue.

[0027] Préférentiellement selon l'invention, la surface externe durcie 4 des pivots 3 comporte des atomes diffusés d'au moins un non-métal comme de l'azote et/ou du carbone. En effet, comme expliqué ci-dessous, par sursaturation interstitielle d'atomes dans l'acier 4, une zone superficielle 5 est durcie sans avoir à déposer un deuxième matériau par-dessus les pivots 3. En effet, le durcissement est réalisé directement dans le matériau 4 des pivots 3 ce qui permet avantageusement selon l'invention d'éviter tout délaminage ultérieur en cours d'utilisation.

[0028] Par conséquent, au moins une zone superficielle 4 est durcie c'est-à-dire que le cœur des pivots 3 et/ou le reste de l'axe, peut rester peu ou pas modifié sans modification notable des propriétés mécaniques de l'axe de balancier 1. Par ce durcissement sélectif des pivots 3 de l'axe de balancier 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.

[0029] L'invention se rapporte également au procédé de fabrication d'un axe de balancier comme expliqué ci-dessus. Le procédé comporte avantageusement selon l'invention les étapes suivantes:

- a) former un axe de balancier 1 à base titane ou d'un alliage de titane pour limiter sa sensibilité aux champs magnétiques et comportant un pivots 3 à chacune de ses extrémités;
- b) diffuser des atomes d'un non-métal comme de l'azote et/ou l'oxygène selon une profondeur prédéterminée au moins à la surface externe 5 des pivots 3 afin de durcir les pivots au niveau des zones de contraintes principales.

[0030] Selon un premier mode préférentiel de réalisation, les pivots 3 sont roulés ou poli après l'étape b) afin d'atteindre les dimensions et l'état de surface finaux désirés pour les pivots 3. Cette opération de roulage après traitement permet d'obtenir des axes présentant une résistance à l'usure, et aux chocs améliorée par rapport à des axes dont les pivots n'ont subi que l'opération de durcissement.

[0031] En observant le graphe illustré à la fig. 4, qui a été réalisé sur la base d'axes de balancier ayant subi le traitement de diffusion de l'étape b) sur la totalité de ses surfaces on constate que la dureté en surface de l'axe, y compris de la surface de ses pivots 3, atteint une dureté supérieure à 900 HV courbe A de la fig. 4 ce qui donne aux pivots 3 des propriétés de résistance à l'usure très satisfaisantes pour l'application considérée.

[0032] Avantageusement selon l'invention, quel que soit le mode de réalisation, le procédé peut être appliqué en vrac. Ainsi, l'étape b) peut consister en un traitement thermo-chimique de plusieurs axes de balancier et/ou de plusieurs ébauches de d'axes de balancier. On comprend que l'étape b) peut consister à diffuser interstitiellement dans le titane ou alliage de titane 4, des atomes d'un élément chimique de préférence d'un non-métal comme de l'azote et/ou l'oxygène. Enfin, avantageusement, il a été trouvé que les contraintes compressives du procédé améliorent la résistance à la fatigue et la tenue aux chocs.

[0033] L'étape b) 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.

[0034] 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 pivots 3, c'est-à-dire traiter un pourcentage supérieur à 80% du diamètre d des pivots 3 même si cela n'est pas nécessaire pour l'application à des axes de pivotements tels que des axes de balanciers horlogers.

Revendications

1. Axe de pivotement en métal (1) pour mouvement horloger comportant au moins un pivot à au moins une de ses extrémités, caractérisé en ce que le métal est du titane ou un alliage de titane afin de limiter sa sensibilité aux champs magnétiques et en ce qu'au moins la surface externe (5) dudit au moins un pivot (3) est en partie ou en totalité durcie par rapport au cœur de l'axe selon une profondeur prédéterminée.
2. Axe de pivotement (1) selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'alliage de titane comprend en poids au moins 85% de titane.
3. Axe de pivotement (1) selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre {d} total.
4. Axe de pivotement (1) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la surface externe durcie (5) comporte des atomes diffusés d'au moins un élément chimique.
5. Axe de pivotement (1) selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit au moins un élément chimique est un non métal.
6. Axe de pivotement (1) selon la revendication 5, caractérisé en ce que ledit au moins un non-métal est de l'azote et/ou de l'oxygène.
7. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la surface externe durcie (5) comporte une dureté supérieure à 800 HV.
8. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend deux pivots.
9. Mouvement pour une pièce d'horlogerie caractérisé en ce qu'il comprend au moins un axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes.
10. Mouvement pour une pièce d'horlogerie caractérisé en ce qu'il comprend un axe de balancier (1), une tige d'ancre et/ou un pignon d'échappement comprenant un axe selon l'une des revendications précédentes.
11. Procédé de fabrication d'un axe de pivotement (1) comportant les étapes suivantes:
 - a) former une axe de pivotement (1) à base de titane ou d'un alliage de titane pour limiter sa sensibilité aux champs magnétiques comportant au moins un pivot (3) à au moins une de ses extrémités;
 - b) diffuser des atomes selon une profondeur prédéterminée au moins à la surface externe dudit au moins un pivot (3) afin de durcir l'axe de pivotement (3) au niveau des zones de contraintes principales tout en gardant une ténacité élevée.
12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre total (d) des pivots (3).
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que l'étape de diffusion comprend la diffusion d'atomes d'au moins un élément chimique
14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que les atomes comportent au moins un non-métal.
15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que ledit au moins un non-métal est de l'azote et/ou l'oxygène.
16. Procédé selon l'une des revendications 11 à 15, caractérisé en ce que l'étape b) consiste en un traitement thermo-chimique de diffusion.
17. Procédé selon l'une des revendications 11 à 15, caractérisé en ce que l'étape b) consiste en un processus d'implantation ionique suivi ou non d'un traitement de diffusion.
18. Procédé selon l'une des revendications 11 à 17, caractérisé en ce que les pivots (3) est subissent une opération de roulage/polissage après l'étape b)

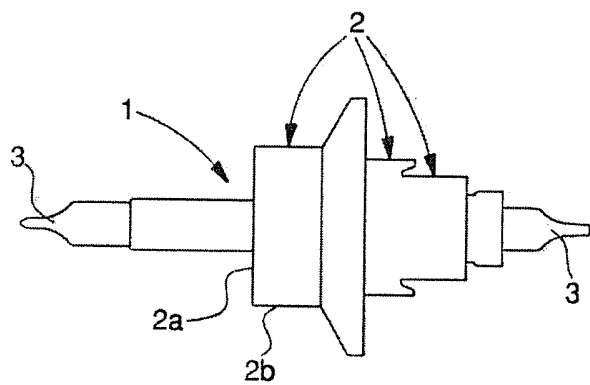


Fig. 1

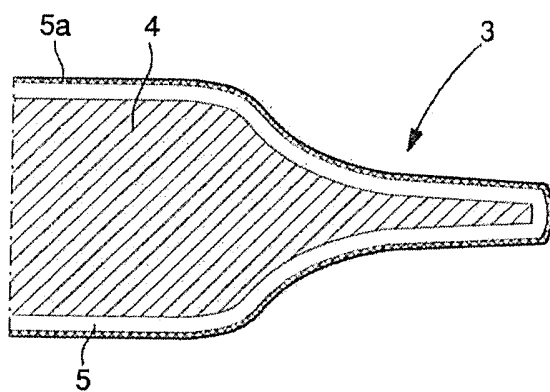


Fig. 2

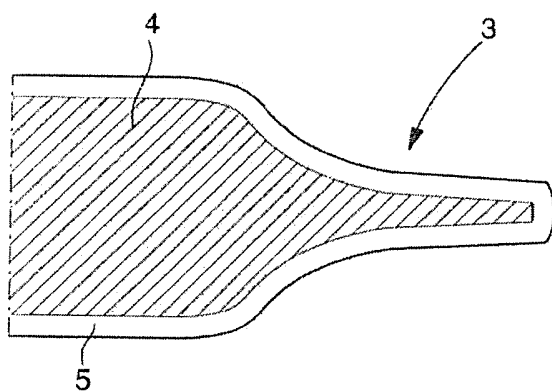


Fig. 3

Fig. 4

