(19) CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 712 718 B1

(51) Int. Cl.: G04B 13/02 (2006.01)
G04D 3/00 (2006.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) FASCICULE DU BREVET

(21) Numéro de la demande: 00927/16

(22) Date de dépôt: 19.07.2016

(43) Demande publiée: 31.01.2018

(24) Brevet délivré: 15.12.2020

(45) Fascicule du brevet publié: 15.12.2020

(73) Titulaire(s):
Nivarox-FAR S.A., Avenue du Collège 10
2400 Le Locle (CH)

(72) Inventeur(s):
Christian Charbon, 2054 Chézard-St-Martin (CH)
Alexandre Fussinger, 2075 Wavre (CH)
Marco Verardo, 2336 Les Bois (CH)

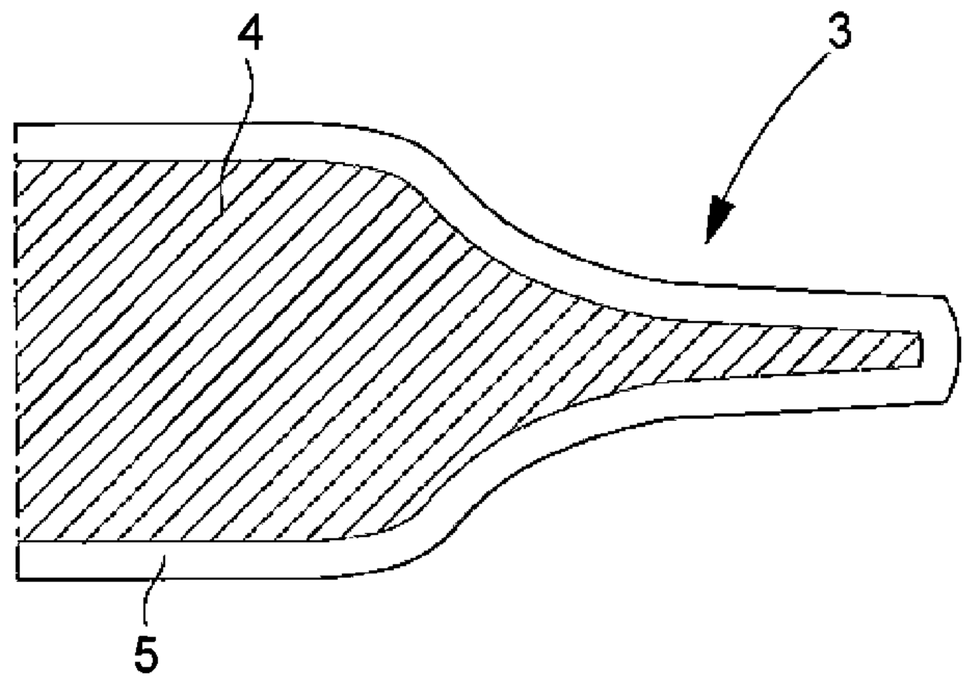
(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) Axe de pivotement pour mouvement d'horlogerie.

(57) L'invention se rapporte à un axe de pivotement comportant un pivot (3) en métal à au moins une de ses extrémités. Le métal est un alliage de cuivre amagnétique afin de limiter sa sensibilité aux champs magnétiques, et au moins la surface externe (5) d'un des deux pivots (3) est durcie en profondeur par rapport au reste de l'axe selon une profondeur prédéterminée afin de durcir le ou les pivots (3).

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

Un procédé de fabrication d'un tel axe de pivotement est aussi revendiqué.



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 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 axe de pivotement horloger consiste, à partir dune barre en acier trempable, à réaliser des opérations de décolletage pour définir 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 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 lavantage dêtre 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 dun axe de balancier coopérant avec un balancier spiral en matériau ferromagnétique. Ce phénomène 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 dêtre 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 datteindre 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 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 lhomme 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 savérer 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 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.

[0011] Linvention a également pour but de fournir un axe de pivotement amagnétique ayant une résistance à la corrosion améliorée.

[0012] Linvention a encore pour but de fournir un axe de pivotement amagnétique qui puisse être fabriqué de manière simple et économique.

[0013] A cet effet, linvention se rapporte à un axe de pivotement pour mouvement horloger comportant au moins un pivot en métal à au moins une de ses extrémités.

[0014] Selon l'invention, le métal est un alliage de cuivre amagnétique afin de limiter sa sensibilité aux champs magnétiques, et au moins la surface externe dudit au moins un pivot est durcie en profondeur par rapport au coeur de l'axe selon une profondeur prédéterminée. La surface externe durcie en profondeur comporte une dureté supérieure à 600 HV.

[0015] Par conséquent, une zone superficielle ou la totalité de la surface de l'axe est durcie c'est-à-dire que le coeur de 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 alliage de cuivre amagnétique est avantageuse dans la mesure où ces derniers présentent une bonne usinabilité.

[0016] Conformément à dautres caractéristiques avantageuses de l'invention :

– la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre d total du pivot, typiquement entre 5 et 35 microns;

– la surface externe durcie en profondeur comporte des atomes diffusés d'au moins un élément chimique;

[0017] De plus, l'invention se rapporte à un mouvement d'horlogerie comprenant 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 tel que défini ci-dessus.

[0018] Enfin, l'invention se rapporte à un procédé de fabrication d'un axe de pivotement comportant les étapes suivantes :

a) former, de préférence par décolletage ou toute autre technique d'usinage par enlèvement de copeaux, un axe de pivotement comportant au moins un pivot en métal à au moins une de ses extrémités, ledit métal étant un alliage de cuivre amagnétique, pour limiter sa sensibilité aux champs magnétiques;

b) diffuser des atomes selon une profondeur prédéterminée au moins dans la surface externe dudit pivot afin de durcir en profondeur l'axe de pivotement au niveau des zones de contraintes principales tout en gardant une ténacité élevée.

[0019] Par conséquent, par diffusion d'atomes dans l'alliage de cuivre, une zone superficielle ou la totalité de la surface 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.

[0020] Conformément à dautres caractéristiques avantageuses de l'invention :
– la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre d total du pivot ;
– les atomes comportent au moins un élément chimique;
– l'étape b) consiste en un traitement thermochimique de diffusion ;
– l'étape b) consiste en un processus d'implantation ionique suivi ou non d'un traitement de diffusion ;
– les pivots sont roulés ou polis après l'étape b).

Description sommaire des dessins

[0021] Dautres 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 axe de pivotement selon l'invention ; et
– la figure 2 est une coupe partielle d'un pivot d'axe de balancier selon l'invention après l'opération de traitement de diffusion et après l'opération de roulage ou de polissage.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0022] 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.

[0023] Un alliage de cuivre est un alliage contenant au moins 50% en poids de cuivre.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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 laquelle il est incorporé.

[0028] De manière surprenante, l'invention permet de résoudre les deux problèmes en même temps sans compromis et en apportant dautres avantages. Ainsi, le métal 4 du pivot 3 est un alliage de cuivre amagnétique afin de limiter de manière avantageuse sa sensibilité aux champs magnétiques. De plus, au moins la surface externe 5 des pivots 3 (Figure 2) est durcie en profondeur par rapport au reste du pivot 3 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.

[0029] En effet, selon l'invention, la surface externe durcie en profondeur des pivots 3 présente une dureté supérieure à 600 HV.

[0030] De préférence, l'alliage de cuivre amagnétique est choisi parmi le groupe comprenant un laiton (Cu-Zn) ou un laiton spécial (Cu-Zn avec Al et/ ou Si et/ou Mn), un cuivre-béryllium, un bronze (Cu-Sn), un bronze à l'aluminium, un cuivre-aluminium (comprenant optionnellement Ni et/ou Fe), un cuivre-nickel, un Maillechort (Cu-Ni-Zn), un cuivre-nickel-étain, un cuivre-nickel-silicium, un cuivre-nickel-phosphore, un cuivre-titane, les proportions des différents éléments des alliages étant choisies pour leur conférer des propriétés amagnétiques ainsi qu'une bonne usinabilité.

[0031] Par exemple les laitons peuvent comprendre les alliages CuZn39Pb3, CuZn37Pb2, ou CuZn37.

[0032] Les laitons spéciaux peuvent comprendre les alliages CuZn37Mn3Al2PbSi, CuZn23Al3Co ou CuZn23Al6Mn4Fe3Pb.

[0033] Les Maillechort peuvent comprendre les alliages CuNi25Zn11Pb1Mn, CuNi7Zn39Pb3Mn2 ou CuNi18Zn19Pb1.

[0034] Les bronzes peuvent comprendre les alliages CuSn9 ou CuSn6.

[0035] Les bronzes à l'aluminium peuvent comprendre les alliages CuAl9 ou CuAl9Fe5Ni5.

[0036] Les alliages cuivre-nickel peuvent comprendre l'alliage CuNi30.

[0037] Les alliages cuivre-nickel-étain peuvent comprendre les alliages CuNi15Sn8, CuNi9Sn6 ou CuNi7.5Sn5.

[0038] Les alliages cuivre-titane peuvent comprendre l'alliage CuTi3Fe.

[0039] Les alliages cuivre-nickel-silicium peuvent comprendre l'alliage CuNi3Si.

[0040] Les alliages cuivre-nickel-phosphore peuvent comprendre l'alliage CuNi1P.

[0041] Les alliages cuivre-béryllium peuvent comprendre les alliages CuBe2Pb ou CuBe2.

[0042] Les valeurs de composition sont indiquées en pourcentage massique. Les éléments sans indication de valeur de composition sont soit le reste (Cuivre) soit des éléments pour lesquels le pourcentage dans la composition est inférieur à 1% en poids.

[0043] L'alliage de cuivre amagnétique peut être également un alliage ayant pour composition massique entre 14.5% et 15.5% de Ni, entre 7.5% et 8.5% de Sn, au maximum 0.02% de Pb et le reste de Cu. Un tel alliage est commercialisé sous la marque Toughmet® par la société Materion.

[0044] Bien évidemment, d'autres alliages à base de cuivre amagnétiques sont envisageables dès lors que la proportion de leurs constituants leur confère des propriétés amagnétiques ainsi qu'une bonne usinabilité.

[0045] Il a été montré empiriquement quune profondeur de durcissement comprise entre 5% et 40% de diamètre d total des pivots 3 suffit pour l'application à un axe de balancier. 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 des pivots 3. Bien évidemment, suivant les applications, une profondeur différente de durcissement comprise entre 5% et 50% du diamètre d total peut être prévue.

[0046] Préférentiellement selon l'invention, la surface externe durcie en profondeur 5 des pivots 3 comporte des atomes diffusés d'au moins un élément chimique. Par exemple, cet élément chimique peut être un 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 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. De ce fait, la surface externe 5 du pivot 3 comprend une couche superficielle dure mais ne présente aucune couche de durcissement supplémentaire déposée directement sur ladite surface externe 5. Il est bien évident que d'autres couches n'ayant pas de fonction de durcissement peuvent être déposées. Ainsi, il est possible de déposer sur la surface externe du pivot une couche de lubrification par exemple.

[0047] Par conséquent, au moins une zone superficielle du pivot est durcie c'est-à-dire que le coeur 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. 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.

[0048] 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, de préférence par décolletage ou toute autre technique d'usinage par enlèvement de copeaux, un axe de balancier 1 comportant un pivot 3 en métal à chacune de ses extrémités, ledit métal étant un alliage de cuivre amagnétique pour limiter sa sensibilité aux champs magnétiques et;

b) diffuser des atomes selon une profondeur prédéterminée au moins dans la surface externe 5 des pivots 3 afin de durcir en profondeur les pivots au niveau des zones de contraintes principales.

[0049] Selon un premier mode préférentiel de réalisation, les pivots 3 sont roulés ou polis 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 nbnt subi qu'une opération de durcissement. De ce fait, au moins la surface externe 5 des pivots 3 de l'invention est roulée.

[0050] Avantageusement selon l'invention, quel que soit le mode de réalisation, le procédé peut être appliqué en vrac. Ainsi, l'etape b) peut consister en un traitement thermochimique de diffusion comme une boruration de plusieurs axes de balancier et/ou de plusieurs ébauches d'axes de balancier. On comprend que l'étape b) peut consister à diffuser interstitiellement dans l'alliage de cuivre amagnétique 4, des atomes d'un élément chimique, par exemple un non-métal. Enfin, avantageusement, il a été trouvé que les contraintes compressives du procédé améliorent la résistance à la fatigue et la tenue aux chocs.

[0051] L'etape b) pourrait également consister en un processus dimplantation ionique et/ou 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.

[0052] Lorsque le traitement mis en ouvre lors de l'étape b) est un processus dimplantation ionique, la profondeur de durcissement de la surface externe 5 peut avantageusement être augmentée à laide d'un traitement thermique effectué pendant ou après l'étape b) de traitement par implantation ionique.

[0053] Le procédé selon l'invention ne comprend aucune étape de dépôt, directement sur la surface externe 5 du pivot 3, d'une couche de durcissement supplémentaire.

[0054] L'axe de pivotement selon l'invention peut comprendre des pivots traités selon lInvention ou être réalisé entièrement en alliage de cuivre amagnétique. De plus, le traitement de diffusion de l'étape b) peut être réalisé à la surface des pivots ou sur la totalité des surfaces de l'axe de pivotement.

[0055] L'axe de pivotement 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 de diamètre de préférence inférieur à 3 mm, et préférentiellement inférieur à 2 mm. 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 dune manière surprenante et inattendue de réaliser des axes de pivotement présentant une dureté supérieure à 600 HV permettant deffectuer un roulage et datteindre 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 amagnétique pour réaliser une pièce 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 de roulage.

[0056] Contre toute attente, le procédé de l'invention permet d'obtenir un axe de pivotement horloger dont au moins les pivots sont formés par décolletage (ou toute autre technique dusinage par enlèvement de copeaux) et roulage à partir d'un alliage de cuivre amagnétique.

[0057] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à lhomme 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 (1) pour mouvement horloger comportant au moins un pivot (3) en métal à au moins une de ses extrémités, caractérisé en ce que le métal est un alliage de cuivre amagnétique afin de limiter sa sensibilité aux champs magnétiques, et en ce quau moins la surface externe (5) dudit pivot (3) est durcie en profondeur par rapport au coeur de l'axe selon une profondeur prédéterminée, la surface externe (5) durcie en profondeur présentant une dureté supérieure à 600 HV.
2. Axe de pivotement (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre total d du pivot (3).
3. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la surface externe (5) durcie en profondeur comporte des atomes diffusés d'au moins un élément chimique.
4. Axe de pivotement (1) selon lune des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'alliage de cuivre amagnétique est choisi parmi le groupe comprenant un laiton à base de cuivre et de zinc, un cuivre-béryllium, un Maillechort, un bronze, un bronze à laluminium, un cuivre-aluminium, un cuivre-nickel, un cuivre-nickel-étain, un cuivre-nickel-silicium, un cuivre-nickel-phosphore, un cuivre-titane, un alliage ayant pour composition massique entre 14.5% et 15.5% de Ni, entre 7.5% et 8.5% de Sn, au maximum 0.02% de Pb et le reste de Cu.
5. Axe de pivotement (1) selon lune des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite surface externe (5) dudit pivot (3) ne présente aucune couche de durcissement déposée directement sur ladite surface externe.
6. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce quau moins la surface externe (5) dudit pivot (3) est roulée.
7. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend deux pivots.
8. Mouvement pour pièce d'horlogerie, caractérisé en ce qull comprend un axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes.
9. Mouvement pour pièce d'horlogerie selon la revendication précédente, caractérisé en ce que l'axe de pivotement (1) est un axe de balancier, une tige d'ancre ou l'axe d'un pignon d'échappement.
10. Procédé de fabrication d'un axe de pivotement (1) pour mouvement horloger comportant les étapes suivantes :
    a) former un axe de pivotement (1) comportant au moins un pivot (3) en métal à au moins une de ses extrémités, ledit métal étant un alliage de cuivre amagnétique pour limiter sa sensibilité aux champs magnétiques;
    b) réaliser un traitement thermochimique de diffusion ou un processus dimplantation ionique suivi ou non d'un traitement thermique, selon une profondeur prédéterminée au moins dans la surface externe (5) dudit pivot (3) afin de durcir en profondeur l'axe de pivotement (1) au niveau des zones de contraintes principales tout en gardant une ténacité élevée, la surface externe (5) durcie en profondeur présentant une dureté supérieure à 600 HV.
11. Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que la profondeur prédéterminée représente entre 5% et 40% du diamètre total d du pivot (3).
12. Procédé selon l'une des revendications 10 ou 11, caractérisé en ce que létape de traitement thermochimique de diffusion comprend la diffusion d'atomes d'au moins un élément chimique.
13. Procédé selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce qull ne comprend aucune étape de dépôt, directement sur la surface externe (5) du pivot (3), d'une couche de durcissement.
14. Procédé selon l'une des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que le pivot (3) subit une opération de roulage ou polissage après l'étape b).

Fig. 1

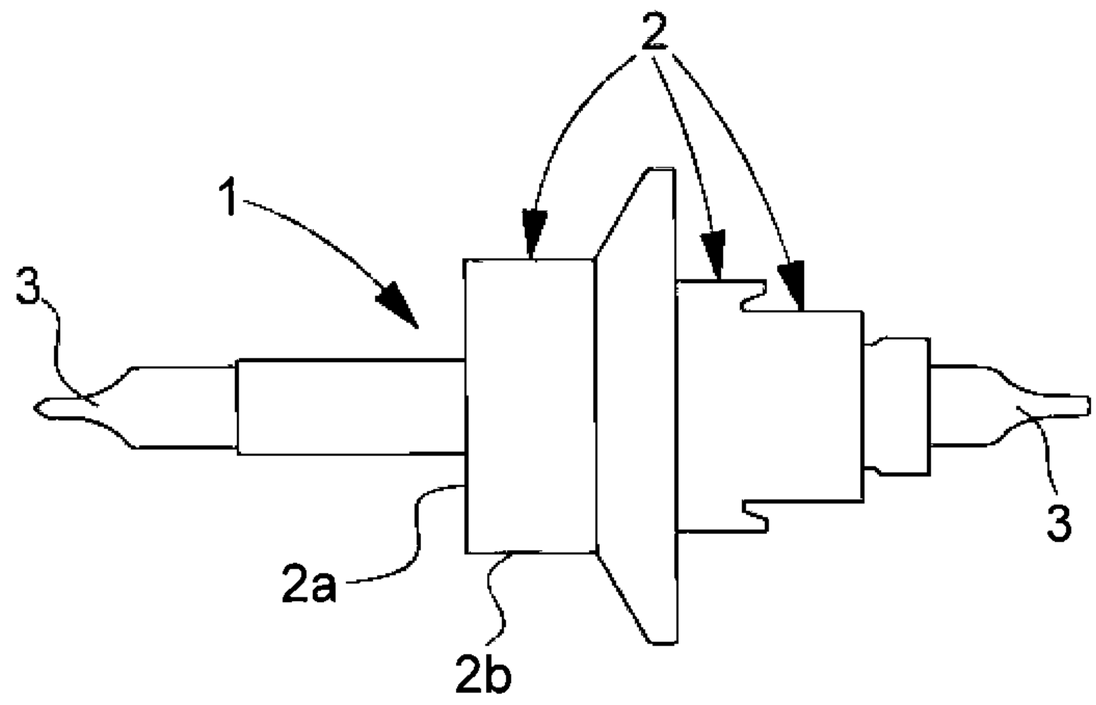


Fig. 2

