

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 721 290 A2

(51) Int. Cl.: G04B 13/02 (2006.01)
G04B 17/32 (2006.01)
G04B 43/00 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 001202/2024

(22) Date de dépôt: 07.11.2024

(43) Demande publiée: 30.05.2025

(30) Priorité: 14.11.2023 CH 001263/2023

(71) Requéérant:
Richemont International SA, Route des Biches 10
1752 Villars-sur-Glâne (CH)

(72) Inventeur(s):
Frédéric, GEORGES, 25500, Morteau (FR)
Philippe, BEAU, 25170, Recologne (FR)

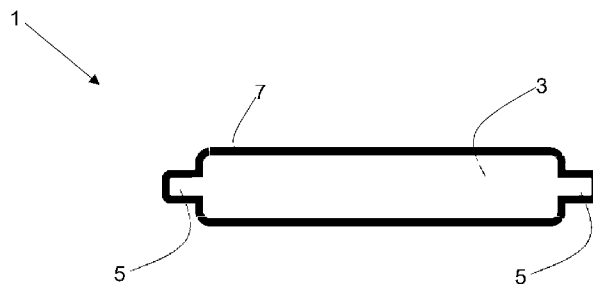
(74) Mandataire:
Patentsmith SA, Bahnhofstrasse 87
3232 Ins (CH)

(54) **Axe de pivotement revêtu et son procédé de fabrication**

(57) L'invention concerne un axe de pivotement (1) pour mouvement horloger, de préférence un axe de balancier comprenant :

- un corps en matériau amagnétique définissant un arbre (3) ainsi que deux pivots (5) situés aux deux extrémités dudit arbre (3) ;
- une couche d'un composé de tantale (7) se situant au moins sur une partie de la surface desdits pivots (5), ledit composé de tantale étant de préférence choisi parmi le nitrure de tantale, l'oxyde de tantale, l'oxynitrure de tantale, le carbure de tantale et le carbonitrure de tantale.

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'un axe de pivotement selon l'invention, impliquant la déposition en phase vapeur.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de l'horlogerie. Elle concerne, plus particulièrement, un axe de pivotement muni d'un revêtement anti-usure.

Etat de la technique

[0002] L'horloger contemporain est toujours à la recherche de nouveaux matériaux pour divers rôles dans le mouvement mécanique d'une pièce d'horlogerie. L'industrialisation oblige que les matériaux présentent non seulement des excellentes propriétés lors de leur utilisation dans la pièce terminée, mais également lors de la fabrication.

[0003] Même si un matériau particulier présentait des propriétés irréprochables pour son fonctionnement, s'il est impossible de le mettre en forme pour former une pièce mécanique, il serait inutile dans la pratique.

[0004] Il est donc courant de fabriquer des axes de pivotement, notamment des axes de balancier, d'un premier matériau, qui est susceptible d'être mis en forme par un décolletage et un éventuel polissage et/ou un roulage, et puis de réaliser une étape de traitement de surface, comme par exemple déposer une couche d'un matériau relativement dur ou réaliser une diffusion superficielle d'éléments chimiques.

[0005] À cet effet, on peut citer le document CH707505, qui dévoile un axe en matériau amagnétique dans la surface duquel sont diffusés des atomes d'un non-métal tels que le carbone ou l'azote.

[0006] Le document EP1233314 décrit un axe de balancier en métal, comme, par exemple, de l'acier inoxydable, muni d'une couche superficielle de diamant synthétique.

[0007] Cependant, une amélioration est toujours possible au niveau de l'usure, afin d'assurer une longue durée de service avant de nécessiter un remplacement.

[0008] Pour le surplus, certains revêtements nécessitent des températures de dépôt relativement élevées, ce qui limite les matériaux qui peuvent être utilisés comme matériau de base pour l'axe.

[0009] Le but de l'invention est par conséquent de proposer un axe de pivotement pour mouvement horloger dans lequel les défauts susmentionnés sont au moins partiellement surmontés.

Divulguation de l'invention

[0010] De façon plus précise, l'invention concerne un axe de pivotement, de préférence axe de balancier, pour équiper un mouvement horloger, comme défini par la revendication 1. Cet axe comprend :

- un corps en matériau amagnétique définissant un arbre ainsi que deux pivots situés aux deux extrémités dudit arbre ;
- une couche d'un composé de de tantale, de préférence choisi parmi le nitrure, l'oxide, l'oxynitrure, le carbure et le carbonitrure de tantale, se situant au moins sur une partie de la surface desdits pivots, notamment sur la partie de ladite surface desdits pivots destinés à entrer en contact avec un palier.

[0011] De manière surprenante, la couche d'un composé de tantale présente des propriétés tribologiques exceptionnelles en contact avec un palier, notamment un substrat en rubis (comme c'est le cas dans un palier classique pour un axe de balancier), et confère le potentiel d'une durée de vie extrêmement longue.

[0012] Avantagement, ladite couche d'un composé de tantale se situe substantiellement toute la surface desdits pivots, ou même sur substantiellement l'ensemble de la surface dudit axe.

[0013] Avantagement, ladite couche d'un composé de tantale présente une épaisseur se situant entre 0.5 μm et 2 μm , de préférence entre 1 μm et 1.75 μm , encore de préférence substantiellement 1,5 μm .

[0014] Avantagement, ladite couche d'un composé de tantale est substantiellement en phase alpha, notamment (mais pas exclusivement) dans le cas où ledit composé est le nitrure de tantale.

[0015] Avantagement, ledit matériau amagnétique est un acier inoxydable amagnétique, de préférence austénitique, de préférence présentant moins de 0,2% massique de nickel, c'est-à-dire étant substantiellement exempt de nickel. Alternativement, ledit matériau amagnétique peut être à base de cobalt, dans lequel cas il est de préférence du cobalt austénitique, ou peut être un alliage de titane.

[0016] Avantagement, la dureté dudit matériau amagnétique est comprise entre 250 HV et 700 HV, de préférence entre 350 HV et 600 HV.

[0017] Avantagement, la dureté de ladite couche d'un composé de tantale est comprise entre 800 HV et 1200 HV, de préférence entre 900 HV et 1200 HV.

[0018] Avantageusement, ladite couche d'un composé de tantale est une couche déposée en phase vapeur, par exemple par PVD et/ou CVD, ce qui permet d'obtenir une excellente qualité de la couche et est très économique à mettre en œuvre.

[0019] L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'un axe de pivotement comme défini ci-dessus, dans lequel ladite couche d'un composé de tantale est déposée par un procédé de déposition physique en phase vapeur, de préférence à une température comprise entre 100°C et 300°C, encore de préférence comprise entre 150°C et 200°C. Ce procédé de dépôt permet d'obtenir une excellente qualité de la couche et est très économique à mettre en œuvre, de plus la température relativement basse pour le dépôt de ladite couche d'un composé de tantale est compatible avec un grand nombre de matériaux de base pour l'axe.

Brève description des dessins

[0020] D'autres détails de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- Figure 1 est une vue schématique en section latérale d'un axe de balancier selon l'invention ; et
- Figures 2 et 3 sont des graphiques illustrant des résultats d'essais tribologiques.

Modes de réalisation de l'invention

[0021] La figure 1 illustre schématiquement un axe de pivotement 1 selon l'invention, notamment un axe de balancier. L'axe 1 comporte un arbre 3, qui peut être muni ou non d'une portée ou d'autres structures habituelles, ainsi que deux pivots 5 situés à chaque extrémité de l'arbre 3 et qui présentent chacun un diamètre inférieur à celui de l'arbre 3. Les pivots 5, comme généralement connu, sont coaxiaux à l'arbre 3 et sont destinés à coopérer avec des paliers respectifs montés dans des éléments de bâti d'un mouvement horloger.

[0022] Le corps de l'axe 1 est formé principalement en matériau de base amagnétique, notamment en matériau métallique amagnétique, comme par exemple en acier inoxydable amagnétique avec ou substantiellement sans nickel (c'est-à-dire moins de 0,2% par poids Ni), dont un exemple est l'acier austénitique type 316L, en cuivre-béryllium, en alliage comprenant du cobalt (MP35N, Nivaflex...), en alliage de titane, en alliage de cuivre, en alliage d'aluminium ou similaire. De préférence, la dureté du matériau de base est comprise entre 250 HV et 750 HV, de préférence entre 400 HV et 650 HV.

[0023] Une couche superficielle d'un composé de tantale choisi parmi son nitrure, son carbure, son oxyde, son oxynitrure et son carbonitrure est également prévue sur le matériau de base sur au moins une partie des pivots 5, sinon substantiellement l'ensemble de la surface des pivots 5 ou même de l'ensemble de la surface de l'axe 1 entier, et présente une épaisseur se situant entre 0,5 µm et 2 µm, de préférence entre 1 µm et 1.75 µm, encore de préférence substantiellement 1,5 µm. Typiquement, au moins les zones de la surface des pivots 5, qui sont destinées à rentrer en contact avec un palier, sont revêtues, sinon substantiellement l'ensemble de la surface des pivots 5 ou même substantiellement l'ensemble de la surface de l'axe 1.

[0024] La couche 7 est de préférence substantiellement en phase alpha, et/ou est de préférence en nitrure de tantale.

[0025] Le matériau de base de l'axe 1 est mis en forme par des moyens conventionnels, comme par exemple un décolletage suivi d'un éventuel polissage et/ou roulage.

[0026] La couche 7 est déposée par un procédé de dépôt physique en phase vapeur (PVD) avantagement à une température inférieure à 400°C, plus avantagement entre 100°C et 300°C, encore plus avantagement entre 150°C et 200°C. Puisque le dépôt est directionnel, il est préférable de faire entraîner l'axe 1 en rotation lors du dépôt afin d'obtenir une bonne homogénéité de surface. Alternativement, un dépôt chimique en phase vapeur (CVD) est également possible.

[0027] La couche 7 permet de changer la nature de la couche d'oxyde en surface du matériau de base ainsi que la nature des particules usées, et dans le cas d'une utilisation d'un acier inoxydable substantiellement sans nickel, évite notamment d'entrer dans un cercle vicieux liant la création de particules oxydées néfastes qui dégradent les effets protecteurs de surface des lubrifiants classiques (comme par exemple du type Moebius 9010).

[0028] La couche 7 permet également de renforcer marginalement la résistance aux chocs des pivots, la dureté du substrat restant le facteur de premier ordre sur cette résistance. Une dureté du matériau de base la plus élevée possible reste préférable à cet effet, mais des bons résultats ont été obtenus avec des duretés à partir de 250 HV. La dureté de surface de la couche 7 est typiquement comprise entre 800 HV et 1500 HV, de préférence entre 900 HV et 1200 HV.

[0029] Les figures 2 et 3 montrent des résultats d'essais menés sur un tribomètre UMT BRUKER en utilisant un capteur DFM 2G. Une sphère de 10 à 15mm diamètre en matériau sous test est mis en contact avec une pastille en rubis. La sphère est déplaçable linéairement selon un seul axe par rapport à la pastille. Les conditions suivantes étaient utilisées :

- Force appliquée : entre 5 et 10N

CH 721 290 A2

- Vitesse de déplacement : entre 0 et 5 mm/s, 0 mm/s représentant le point de rebroussement
- Fréquence de déplacement : 3 ou 4 Hz
- Distance totale parcourue par la sphère : 200m

[0030] Les matériaux testés ainsi que les lubrifiants commerciaux utilisés sont décrits dans le tableau ci-dessous :

Matériau sphère	Lubrifiant
BIODUR 108 (non revêtu)	9010 (Moebius)
P2000 (non revêtu)	9010 (Moebius)
20AP (non revêtu)	9010 (Moebius)
P2000 (revêtement TaN PVD)	9010 (Moebius)
P2000 (revêtement NiP)	9010 (Moebius)

[0031] Biodur 108 et P2000 sont des aciers inoxydables austénitiques substantiellement exempts de nickel ; 20AP est un acier trempable contenant du plomb qui est substantiellement exempt de nickel, l'ensemble de ces matériaux étant courants dans l'horlogerie contemporaine. La référence „P2000 PVD“ sur les graphiques indique le matériau P2000 muni de la couche de TaN correspondant à la définition ci-dessus du composé de tantale.

[0032] À l'issue de chaque essai, le volume de la sphère usé ainsi que la profondeur d'usure de la sphère ont été mesurés, les résultats étant présentés respectivement sur les figures 2 et 3.

[0033] D'après ces essais, l'utilisation de la couche de nitrure de tantale (TaN) fait en sorte qu'une couche protectrice s'est créée sur la surface revêtue de la sphère. Donc, au lieu d'une usure classique, on observe une formation d'un tribofilm (c'est-à-dire une couche mince qui se crée grâce à l'interaction entre les molécules du lubrifiant et les surfaces lubrifiées), ce qui confèrera le potentiel de fabriquer des axes de balancier qui présentent une durée de vie très longue. Il est également possible d'utiliser l'oxyde de tantale, l'oxynitrure de tantale, le carbure de tantale ou le carbonitrure de tantale en tant que couche d'un composé de tantale à cet effet.

[0034] Bien que l'invention ait été dévoilée en lien avec des modes de réalisation spécifiques, des variations sont possibles sans sortir du cadre de l'invention telle que définie par les revendications annexées.

Revendications

1. Axe de pivotement (1) pour mouvement horloger, comprenant :
 - un corps en matériau amagnétique définissant un arbre (3) ainsi que deux pivots (5) situés aux deux extrémités dudit arbre (3) ;
 - une couche d'un composé de tantale (7) se situant au moins sur une partie de la surface desdits pivots (5).
2. Axe de pivotement (1) selon la revendication précédente, dans lequel ledit composé de tantale est choisi parmi le nitrure de tantale, l'oxyde de tantale, l'oxynitrure de tantale, le carbure de tantale et le carbonitrure de tantale.
3. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite couche d'un composé de tantale (7) se situe substantiellement toute la surface desdits pivots (5).
4. Axe de pivotement (1) selon la revendication précédente, dans lequel ladite couche d'un composé de tantale (7) se situe substantiellement l'ensemble de la surface dudit axe (1).
5. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite couche d'un composé de tantale (7) présente une épaisseur se situant entre 0,5 µm et 2 µm, de préférence entre 1 µm et 1.75 µm, encore de préférence substantiellement 1,5 µm.
6. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit matériau amagnétique est un acier inoxydable amagnétique, de préférence austénitique.
7. Axe de pivotement (1) selon la revendication précédente, dans lequel ledit acier inoxydable présente moins de 0,2% massique de nickel.
8. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel ledit matériau amagnétique est à base de cobalt, de préférence austénitique.
9. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel ledit matériau amagnétique est un alliage de titane.

CH 721 290 A2

10. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la dureté dudit matériau amagnétique est comprise entre 250 HV et 700 HV, de préférence entre 350 HV et 600 HV.
11. Axe de pivotement (1) selon la revendication précédente, dans lequel la dureté de ladite couche d'un composé de tantale (7) est comprise entre 800 HV et 1200 GV, de préférence entre 900 HV et 1200 HV.
12. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite couche d'un composé de tantale (7) est une couche PVD.
13. Axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ledit axe de pivotement (1) est un axe de balancier.
14. Procédé de fabrication d'un axe de pivotement (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite couche d'un composé de tantale (7) est déposée par un procédé de déposition en phase vapeur.
15. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel ladite couche d'un composé de tantale (7) est déposée à une température inférieure à 400°C, de préférence entre 100°C et 300°C, encore de préférence entre 150°C et 200°C.

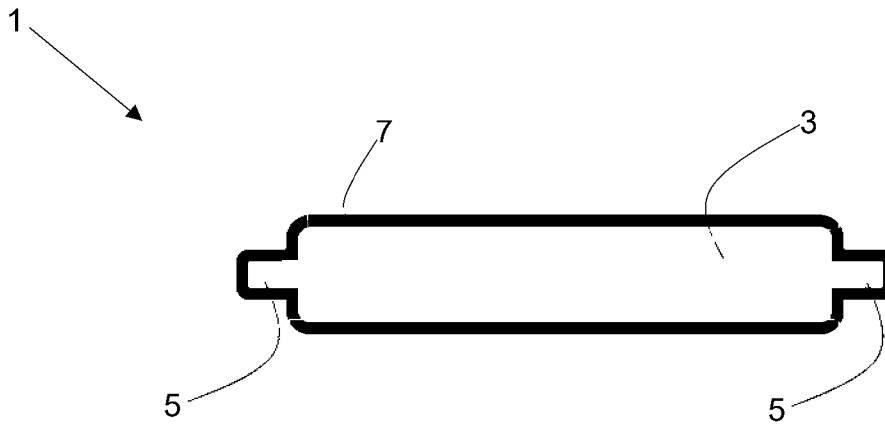


Figure 1

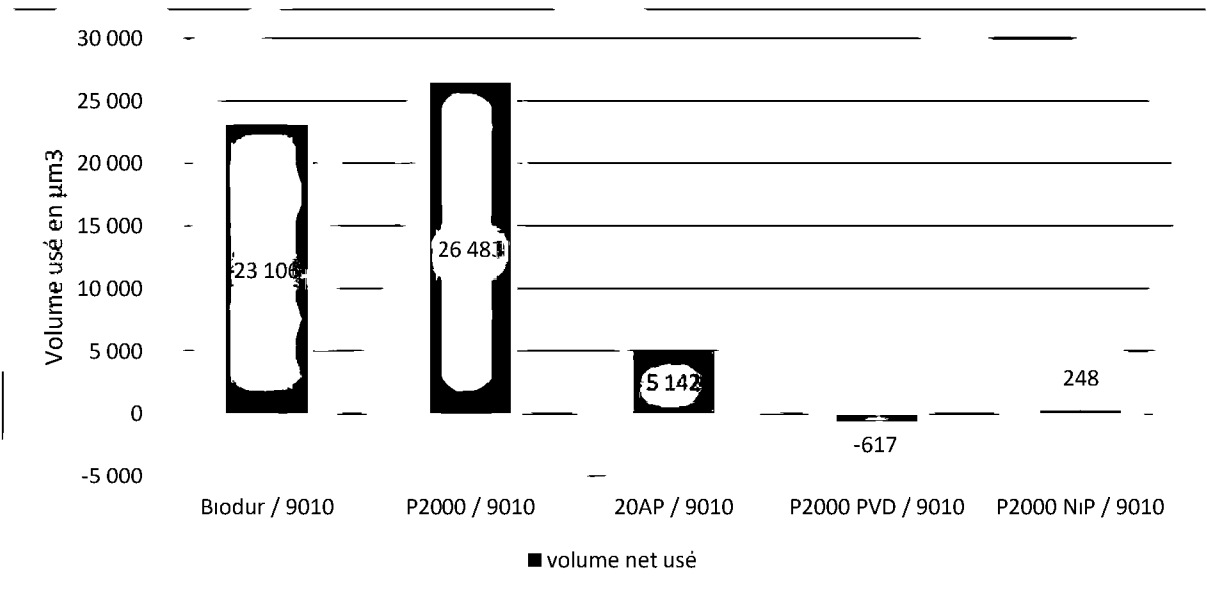


Figure 2

CH 721 290 A2

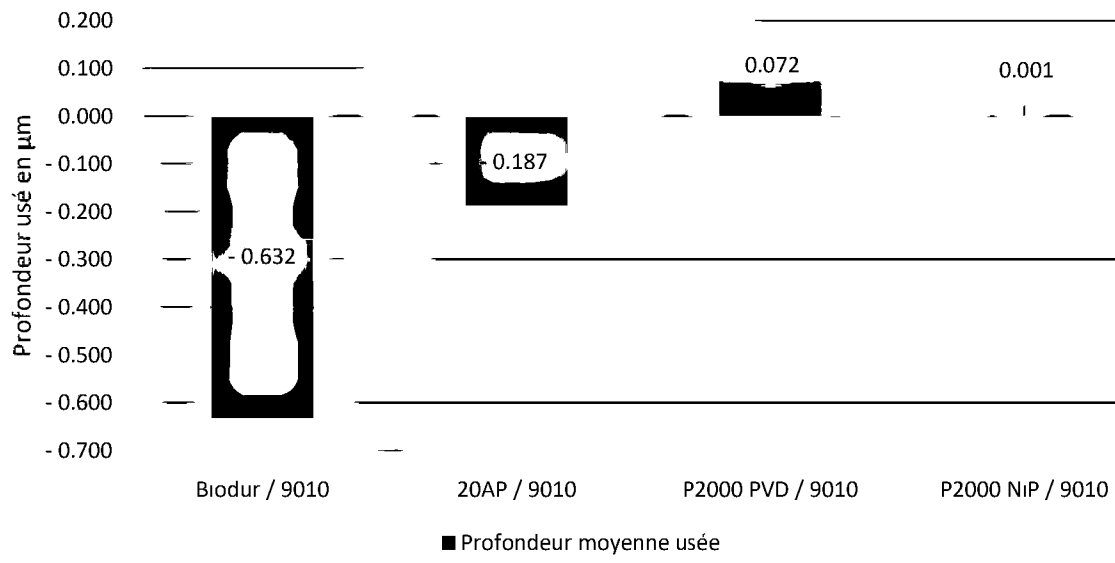


Figure 3