

(19)



(11)

EP 3 258 325 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
30.10.2019 Bulletin 2019/44

(51) Int Cl.:
G04B 13/02 (2006.01) G04B 1/16 (2006.01)
G04B 15/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16174244.0**

(22) Date de dépôt: **13.06.2016**

(54) **AXE HORLOGER**

UHRENWELLE

TIMEPIECE ARBOR

(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**

(43) Date de publication de la demande:
20.12.2017 Bulletin 2017/51

(60) Demande divisionnaire:
19183765.7

(73) Titulaire: **ROLEX SA
1211 Genève 26 (CH)**

(72) Inventeur: **LINCK, Vannina
Saint-Julien-En-Genevois (FR)**

(74) Mandataire: **Moinas & Savoye SARL
19A, rue de la Croix-d'Or
1204 Genève (CH)**

(56) Documents cités:
**EP-A1- 2 757 424 CH-A2- 705 905
CH-A2- 705 906 US-A1- 2002 114 225**

EP 3 258 325 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un axe horloger, notamment un axe de balancier. L'invention concerne aussi un oscillateur ou un mouvement horloger ou une pièce d'horlogerie comprenant un tel axe.

[0002] L'axe de balancier est un composant essentiel de l'organe réglant horloger. L'axe de balancier comprend à chaque extrémité un tigeon se prolongeant par un pivot. L'axe de balancier porte notamment le ressort spiral et oscille sur ses pivots dans des paliers. Lors de chocs, les tigeons et les pivots de l'axe constituant des zones de moindre résistance mécanique sont prévus pour reprendre les efforts en jeu. Néanmoins, dans certains cas, notamment lors de chocs de forte intensité, les pivots peuvent être matés à l'encontre de leur palier respectif du fait de leurs faibles dimensions, notamment de leur faible diamètre.

[0003] L'axe se doit donc:

- d'avoir une haute limite élastique pour ne pas se déformer plastiquement lors de chocs importants,
- d'être tenace pour ne pas se rompre lors des chocs importants, et
- d'être dur, principalement au niveau des pivots, de manière à ne pas s'user ni se marquer lors des chocs courants, et afin d'optimiser le facteur de qualité et l'isochronisme de la pièce d'horlogerie qu'il équipe, l'axe étant constamment en mouvement.

[0004] Les axes horlogers sont traditionnellement décolletés dans un acier 20AP, puis trempés. Les pivots sont ensuite roulés pour obtenir l'état de surface et la dureté superficielle requis. La dureté atteint typiquement au moins 700HV. Les axes en acier 20AP ou réalisés dans d'autres matériaux métalliques, qu'ils aient été durcis ou non, nécessitent cette opération de roulage au niveau des pivots pour en assurer la précision de fabrication, la tenue dans le temps, par rapport à l'usure mais également par rapport aux chocs, ainsi que pour assurer le fonctionnement optimal du mouvement par la maîtrise des paramètres tribologiques. Cette opération, qui consiste en des étapes de polissage et d'écaillage superficiel de la surface du pivot, est complexe et délicate, et requiert un grand savoir-faire qui est fortement lié à la maîtrise du procédé par l'homme du métier qui l'applique. Par ailleurs, l'acier 20AP contient du plomb (0.2 % en masse) et devra prochainement être remplacé par un autre acier sans plomb comme le FinemacTM (ou 20C1A). La fabrication de ces axes est identique : ils sont décolletés à partir de barre avant trempe, puis traités thermiquement et trempés pour en augmenter la dureté. Un recuit de détente permet d'assurer une libération des contraintes internes et évite que ces axes ne se brisent comme du verre lors des chocs. Cet acier a pour principal défaut de manquer de dureté au niveau des pivots et de nécessiter de ce fait également une opération de roulage pour atteindre les propriétés finales requises. Ces axes en acier 20AP ou en Finemac sont également ferromagnétiques et peuvent induire des perturbations de la marche si les mouvements dont ils sont équipés sont soumis à des champs magnétiques, par magnétisation résiduelle.

[0005] Des alternatives à ces axes en acier 20AP ou en Finemac existent, avec des axes en acier austénitique ou en alliages austénitiques à base de cobalt ou de nickel durcis par implantation d'ions carbone ou azote. Ils sont également roulés pour améliorer leurs propriétés. Selon la demande de brevet EP2757423, des axes ont été réalisés dans un acier inoxydable austénitique de type 316L, dans le but de minimiser la sensibilité aux champs magnétiques, mais les résistances obtenues, de même que les duretés, sont en deçà des caractéristiques requises pour assurer la tenue à l'usure. La solution d'y apposer un revêtement de type DLC (Diamond Like Carbon) a été envisagée, mais des risques de délamination important ont été identifiés. De même, un traitement de surface par nitruration ou carburation destiné à former des nitrures ou des carbures de chrome aurait l'effet envisagé en termes de durcissement de la surface, mais entraînerait une perte de tenue en corrosion préjudiciable à la qualité des composants et du produit. La demande de brevet EP2757423 divulgue une solution de durcissement d'un acier austénitique ou d'un alliage de cobalt austénitique ou d'un alliage de nickel austénitique au moyen d'un traitement thermo-chimique, visant à intégrer dans les sites interstitiels du réseau cristallin de l'alliage des atomes de carbone ou d'azote destinés à renforcer la matière avant de procéder au roulage du pivot, tout en limitant les risques de corrosion de l'axe. Les duretés ainsi atteintes sont proches de 1000 HV, ce qui positionne théoriquement ce type de pièces à un meilleur niveau que les pièces en acier 20AP.

[0006] De tels axes nécessitent toutefois aussi un roulage au niveau des pivots pour atteindre la dimension finale, afin d'obtenir notamment un état de surface permettant d'obtenir des performances adéquates en termes de chronométrie. Une telle solution n'est donc pas optimale dans la mesure où celle-ci requiert à minima deux étapes de traitement de l'axe : une étape de durcissement superficielle suivie d'une deuxième étape de roulage.

[0007] Une alternative décrite dans la demande de brevet EP2757424 et permettant de s'affranchir du roulage est de constituer tout ou partie de l'axe, mais en tous les cas le ou les pivots, en matière métallique durcie par des particules dures en céramique (composite à matrice métallique ou MMC). Il s'agit d'une matière partiellement composée de particules de dureté supérieure ou égale à 1000 HV, de taille entre 0.1 et 5 microns. Les matières données en exemple comportent 92% des particules de carbure de tungstène (WC) intégrées à une matrice de nickel, qui sont mélangées avant d'être injectées dans un moule à la forme de l'axe. Après injection, l'ébauche ainsi obtenue est frittée et l'axe est poli, notamment au niveau des pivots, à l'aide d'une pâte diamantée. Un axe en composite à matrice métallique à 92%

EP 3 258 325 B1

de WC et 8% de nickel présente une ténacité de $8 \text{ MPa.m}^{1/2}$ et une dureté supérieure à 1300 HV. Au vu des dimensions typiques des pivots, de l'ordre de 60 microns, et de l'importance de la concentricité et de l'état de surface, l'utilisation de composites comprenant des particules qui risquent de s'en détacher comporte un risque. Il n'existe en effet que peu de recul, dans les dimensions horlogères, sur le comportement à l'usure de ce type de matériaux. Il est à craindre que

le détachement des particules de renfort ne viennent prêter l'intégrité géométrique du ou des pivots.

[0008] Le but de l'invention est de fournir un axe horloger permettant de remédier aux inconvénients mentionnés précédemment et d'améliorer les axes horlogers connus de l'art antérieur. En particulier, l'invention propose un axe horloger dur et tenace et dont le procédé de fabrication est simplifié.

[0009] A cette fin, un axe horloger selon l'invention est défini par la revendication 1.

[0010] Différents modes de réalisation de l'axe horloger selon l'invention sont définis par les revendications 2 à 9.

[0011] Un ensemble axe-guidage selon l'invention est défini par la revendication 10.

[0012] Différents modes de réalisation de l'ensemble selon l'invention sont définis par les revendications 11 et 12.

[0013] Un oscillateur selon l'invention est défini par la revendication 13.

[0014] Un mouvement horloger selon l'invention est défini par la revendication 14.

[0015] Une pièce d'horlogerie selon l'invention est définie par la revendication 15.

[0016] Les figures annexées représentent, à titre d'exemple, trois modes de réalisation d'un axe horloger selon l'invention, différents modes de réalisation de systèmes selon l'invention et un mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie selon l'invention.

La figure 1 est une vue d'un premier mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie selon l'invention, comprenant un premier mode de réalisation d'un axe selon l'invention.

La figure 2 est une vue d'une première variante d'un premier mode de réalisation d'un ensemble axe-guidage selon l'invention.

La figure 3 est une vue d'une deuxième variante du premier mode de réalisation de l'ensemble axe-guidage selon l'invention.

La figure 4 est une vue d'un deuxième mode de réalisation de l'ensemble axe-guidage selon l'invention.

La figure 5 est une vue d'un deuxième mode de réalisation de l'axe selon l'invention.

La figure 6 est un graphique des variations de facteur de qualité d'un oscillateur balancier-spiral dans différentes positions horlogères, l'oscillateur étant équipé d'un palier amortisseur classique.

La figure 7 est un graphique des variations de facteur de qualité d'un oscillateur balancier-spiral dans différentes positions horlogères, l'oscillateur étant équipé d'un palier à billes.

La figure 8 est une vue d'un troisième mode de réalisation de l'axe selon l'invention.

La figure 9 est une vue en coupe selon le plan A-A de la figure 8 du troisième mode de réalisation de l'axe selon l'invention.

[0017] Un mode de réalisation d'une pièce d'horlogerie 120 est décrit ci-après en référence à la figure 1. La pièce d'horlogerie est par exemple une montre, en particulier une montre bracelet. La pièce d'horlogerie comprend un mouvement horloger 110, en particulier un mouvement mécanique. Le mouvement horloger comprend un oscillateur 100, notamment un oscillateur balancier - spiral. Le balancier est par exemple chassé sur un axe 1 de balancier.

[0018] L'axe de balancier 1 comprend une première portion fonctionnelle 2a ; 2b incluant :

- au moins une partie 221a ; 221b d'un tigeon 22a ; 22b, et/ou
- au moins une partie 211a ; 211b d'un pivot 21a ; 21b.

La première portion fonctionnelle est en céramique et la première portion fonctionnelle présente un premier diamètre extérieur D1 inférieur à 0.5 mm, voire inférieur à 0.4 mm, voire inférieur à 0.2 mm, voire inférieur à 0.1 mm.

[0019] Dans le premier mode de réalisation représenté sur la figure 1, l'axe 1 comprend un premier pivot 21a, un premier tigeon 22a, une portion 33 de réception d'un plateau 9, une assiette 34 de réception du balancier 8, une portion 32 de réception du balancier 8, une portion 31 de réception d'une virole du spiral (non représentée), un deuxième pivot 21b et un deuxième tigeon 22b. Avantagusement, la partie de tigeon présente une dimension supérieure à 0.1 mm,

EP 3 258 325 B1

voire supérieure à 0.2 mm, voire supérieure à 0.25 mm selon au moins une direction, voire selon toutes les directions. Avantageusement, la partie de pivot présente une dimension supérieure à 0.04 mm, voire supérieure à 0.05 mm, voire supérieure à 0.1 mm selon au moins une direction, voire selon toutes les directions, De préférence, la première partie de tigeon comprend un tronçon longitudinal du tigeon (ou au moins la surface externe d'un tronçon du tigeon) sur une longueur d'au moins 0.2 mm. De préférence, la première partie de pivot comprend un tronçon longitudinal du pivot (ou au moins la surface externe d'un tronçon du pivot) sur une longueur d'au moins 0.1 mm.

[0020] Dans le premier mode de réalisation représenté sur la figure 1, l'axe 1 comprend deux premières portions fonctionnelles 2a et 2b incluant chacune :

- au moins une partie 221a ; 221b d'un tigeon 22a ; 22b, et/ou
- au moins une partie 211a ; 211b d'un pivot 21a ; 21b.

Dans le premier mode de réalisation représenté sur la figure 1, les deux premières portions fonctionnelles sont en céramique et chacune des deux premières portions fonctionnelles présente un premier diamètre extérieur D1 inférieur à 0.5 mm, voire inférieur à 0.4 mm, voire inférieur à 0.2 mm, voire inférieur à 0.1 mm.

[0021] La première portion fonctionnelle peut assurer des fonctions diverses telles que notamment :

- une fonction de guidage, notamment en pivotement et/ou translation, c'est-à-dire que la portion présente une surface de contact avec un autre composant, en particulier un guidage, pour assurer le pivotement et/ou la translation et qu'il y a un contact et un mouvement relatif entre la portion et cet autre composant, et/ou
- une fonction de réception, c'est-à-dire que la portion présente une surface de contact avec un autre composant pour assurer le positionnement et/ou le maintien de l'autre composant sur la portion, et/ou
- une fonction d'engrènement, c'est-à-dire que la portion présente une surface de contact en forme de dents avec un autre composant pour assurer l'engrènement entre la portion et cet autre composant, et/ou
- une fonction de transmission d'efforts ou de reprise d'efforts, c'est-à-dire que la portion est sollicitée mécaniquement.

[0022] Dans le premier mode de réalisation représenté sur la figure 1, les premier et deuxième pivots 21a, 21b assurent une fonction de pivotement et une fonction de reprise d'efforts en cas de choc ou, plus généralement, en cas d'accélération subie par la pièce d'horlogerie équipée de l'axe. Les premier et deuxième tigeons 22a et 22b assurent une fonction de reprise d'efforts en cas de choc ou, plus généralement, en cas d'accélération subie par la pièce d'horlogerie équipée de l'axe.

[0023] L'axe peut aussi présenter une deuxième portion fonctionnelle 3, notamment :

- une deuxième portion fonctionnelle de réception 31, 32, 33 ; 34 d'un composant horloger, notamment du balancier 8, du plateau 9, de la virole de ressort-spiral, voire d'une roue dentée ou d'un autre axe 6 dans un autre mode de réalisation qui sera décrit plus bas, ou
- une deuxième portion de pivotement d'un composant horloger, comme une roue, sur l'axe dans un autre mode de réalisation, de façon à permettre le pivotement de ce composant horloger vis-à-vis de l'axe, ou
- une deuxième portion d'engrènement, notamment une denture, dans un autre mode de réalisation.

[0024] Dans le premier mode de réalisation représenté sur la figure 1, les portions 31, 32 et 33 assurent chacune une fonction de réception.

[0025] Avantageusement, la deuxième portion fonctionnelle présente un deuxième diamètre extérieur D2 inférieur à 2 mm, voire inférieur à 1 mm, voire inférieur à 0.5 mm. De préférence, la deuxième portion fonctionnelle est en céramique.

[0026] Avantageusement encore, le rapport de la dimension du deuxième diamètre sur la dimension du premier diamètre est inférieur à 0.9, voire inférieur à 0.8, voire inférieur à 0.6, voire inférieur à 0.5, voire inférieur à 0.4.

[0027] Le fait que la première portion fonctionnelle et/ou la deuxième portion fonctionnelle soit en céramique signifie que cette portion fonctionnelle est intégralement en céramique. La réalisation de la portion fonctionnelle en un matériau composé de grains de céramique liés entre eux par une matrice non céramique, comme une matrice métallique, est exclue. Par « céramique », on entend un matériau homogène ou sensiblement homogène, y compris au niveau microscopique. De préférence, la céramique est homogène dans au moins une direction, voire dans toutes les directions, sur une distance supérieure à 6 μm , voire supérieure à 10 μm , voire supérieure à 20 μm . De préférence encore, la céramique ne présente pas de matériau non-céramique dans au moins une direction, voire dans toutes les directions, sur une distance supérieure à 6 μm , voire supérieure à 10 μm , voire supérieure à 20 μm .

[0028] Avantageusement, la céramique est majoritairement ou principalement (en masse ou en mole) composée :

- d'oxyde de zirconium, et/ou
- d'alumine.

EP 3 258 325 B1

[0029] Ainsi, l'oxyde de zirconium et/ou l'alumine peuvent être les éléments prépondérants dans la céramique. Néanmoins, la proportion en masse ou en mole d'oxyde de zirconium et/ou d'alumine peut être inférieure à 50 %.

[0030] Eventuellement, la céramique comprend, en plus de l'oxyde de zirconium et/ou de l'alumine, un ou plusieurs des éléments suivants :

5

- nanotubes de carbone,
- graphène,
- fullérènes,
- oxyde d'yttrium,
- 10 - oxyde de cérium,
- carbure de zirconium,
- carbure de silicium,
- carbure de titane,
- borure de zirconium,
- 15 - nitrure de bore,
- nitrure de titane et
- nitrure de silicium.

10

15

[0031] Alternativement, la céramique peut être majoritairement ou principalement (en masse ou en mole) composée de nitrure de silicium.

20

[0032] Ainsi, le nitrure de silicium peut être l'élément prépondérant dans la céramique. Néanmoins, la proportion en masse ou en mole de nitrure de silicium peut être inférieure à 50 %.

[0033] Eventuellement, la céramique comprend, en plus du nitrure de silicium, un ou plusieurs des éléments suivants :

25

- nanotubes de carbone,
- graphène,
- fullérènes,
- oxyde de zirconium,
- oxyde d'aluminium,
- 30 - oxyde d'yttrium,
- oxyde de cérium,
- carbure de zirconium,
- carbure de silicium,
- carbure de titane,
- 35 - borure de zirconium,
- nitrure de bore et
- nitrure de titane.

30

35

[0034] Par exemple, la céramique peut être l'une des céramiques du tableau ci-dessous :

40

| Composant principal | Composant(s) secondaire(s) et proportions | Références commerciales / composition résultante | Dureté [HV1] | Contrainte à la rupture [MPa] | Ténacité [MPa.m ^{1/2}] |
|--------------------------------|--|--|--------------|-------------------------------|----------------------------------|
| ZrO ₂ | Y ₂ O ₃ 3% mol | TOSOH TZ3Y | 1200-1400 | 900 - 1500 | 5 à 10 |
| ZrO ₂ | MgO 3.5wt% | Metoxit PSZ | 1500 | 1500 | 10 |
| ZrO ₂ | Al ₂ O ₃ 20wt% Y ₂ O ₃ 3% mol | TOSOH TZ3Y20A | 1400-1600 | 1600-2000 | 5 à 8 |
| ZrO ₂ | Al ₂ O ₃ 21.5wt% CeO ₂ 10.6wt% | Panasonic NanoZr | 1100-1300 | 900-1300 | 8 à 18 |
| Si ₃ N ₄ | | KYOCERA SN-235P | 1200-1600 | 600-850 | 5 à 8.8 |
| B ₄ C | TiB ₂ | | | | 5 à 6.9 |
| TiB ₂ | CNT | TiB ₂ - TiC - CNT | | | 3 à 5.2 |

55

[0035] Il peut être envisagé de réaliser un axe à partir d'un fil extrudé en céramique, à l'aide de différentes meules diamant. A l'issue de ces étapes, les pièces peuvent être conformes géométriquement et d'une dureté suffisante pour se passer de post-traitement.

[0036] Alternativement, l'injection ou le pressage d'une préforme dont seules les extrémités seraient meulées permet d'optimiser le procédé, notamment par un gain du temps de cycle de fabrication.

[0037] Alternativement encore, d'autres techniques de fabrication permettent d'améliorer encore les propriétés des pièces obtenues, comme le pressage isostatique à froid (CIP), en réduisant le nombre de défauts présents dans la matière avant qu'elle ne soit usinée. Ceci augmente notamment sa ténacité.

[0038] De par les propriétés intrinsèques des céramiques citées précédemment, extrêmement dures, les pivots ne se marquent pas lors des chocs et la performance est maintenue dans la durée. Avantagusement, en cas de choc important, ces pivots ne se déformeront pas, *a contrario* des pivots en acier qui peuvent plier et de ce fait porter atteinte à la chronométrie de la pièce d'horlogerie. Ainsi, les céramiques telles que présentées plus haut permettent de maintenir l'intégrité géométrique des pivots dans le temps.

[0039] Les céramiques offrent par ailleurs l'avantage supplémentaire d'être amagnétiques, et de ne pas influencer la marche de la pièce d'horlogerie lorsqu'elle est soumise à un champ magnétique, notamment un champ magnétique supérieur à 32 kA/m (400G).

[0040] Avantagusement, l'entier de l'axe est réalisé en céramique. Toutefois, il est envisageable de limiter la partie en céramique à la première portion fonctionnelle qui inclut au moins un pivot et/ou au moins un tigeon.

[0041] Avantagusement, la première portion présente une surface de révolution, notamment une surface cylindrique ou une surface conique ou une surface tronconique ou une surface à génératrice courbe. Le tigeon et le pivot peuvent être confondus ou tout au moins ne pas être délimités par une frontière franche comme une portée. Par exemple, le tigeon et le pivot peuvent être séparés par une surface tronconique ou une surface à génératrice courbe.

[0042] Deux variantes d'un premier mode de réalisation d'un ensemble 41 comprenant un axe 1 tel que décrit précédemment et au moins un guidage 51, notamment un palier 51, l'axe étant destiné à tourner ou à pivoter dans l'au moins un palier, sont représentées respectivement sur les figures 2 et 3.

[0043] Le guidage peut se présenter sous la forme d'un palier amortisseur conventionnel. Ainsi, dans le premier mode de réalisation, l'au moins un palier 51 comprend une pierre de pivotement 511 prévue pour coopérer avec une section cylindrique ou tronconique d'un pivot 21' et une pierre de contre appui 512 prévue pour coopérer avec une extrémité 212' du pivot. Les pierres coopèrent donc avec le pivot 21' pour pivoter et réceptionner, ou délimiter axialement, l'axe dans le guidage.

[0044] Dans la première variante du premier mode de réalisation de l'ensemble, l'axe 1 comprend un pivot 21' présentant une extrémité 212' bombée ou convexe.

[0045] Dans la deuxième variante du premier mode de réalisation de l'ensemble, l'axe 1 comprend un pivot 21" présentant une extrémité 212" creusée ou concave.

[0046] Le fait d'avoir des axes en céramique, matériau à la fois dur et tenace, permet d'obtenir des géométries qui peuvent optimiser et pérenniser le contact au niveau du pivot et du palier dans lequel il pivote, notamment au niveau des extrémités de pivot. Ceci serait difficilement envisageable avec les alliages conventionnels tels que l'acier 20AP roulés où le risque de perte de performances au porter serait plus important, du fait notamment de pressions de contact trop conséquentes.

[0047] Un deuxième mode de réalisation d'un ensemble 42 comprenant un axe 1 tel que décrit précédemment et au moins un guidage, notamment un palier 52, l'axe étant destiné à tourner ou à pivoter dans l'au moins un guidage, est représenté sur la figure 4. Dans ce deuxième mode de réalisation, l'au moins un guidage 52 comprend un chemin de roulement 521 et des billes 522, les billes coopérant par contact sur un pivot 21* doté d'une extrémité conique 212* pour guider l'axe dans le guidage. Bien entendu, l'extrémité du pivot 21* pourrait alternativement présenter une surface tronconique. Les billes roulent ainsi à la fois sur le chemin de roulement et sur le pivot.

[0048] Les figures 6 et 7 illustrent les avantages d'un palier à billes prévu pour coopérer avec un oscillateur de type balancier-spiral. En effet, on voit sur les figures 6 et 7, obtenues respectivement en mesurant dans différentes positions horlogères un oscillateur coopérant avec un palier amortisseur classique et en mesurant dans différentes positions horlogères un oscillateur coopérant avec un palier à billes, que le fonctionnement de l'oscillateur coopérant avec un palier à billes présente des écarts de facteur de qualité entre les différentes positions horlogère plus faibles que ceux induits par le fonctionnement de l'oscillateur coopérant avec un palier amortisseur classique.

[0049] Toutefois, il est essentiel, pour le bon fonctionnement du pivotement et la réduction des écarts de marche en position, que la géométrie des pivots soit pérenne dans le temps, quelles que soient les contraintes et chocs subis par la montre, ceci pour toutes les géométries de pivots. Ceci est encore plus critique dans certains cas : en effet, si un pivot associé à un palier à billes se mate ou présente des déformations plastiques suite à des chocs, une grande partie de l'avantage de la solution est perdue.

[0050] Ainsi, l'emploi des céramiques pour la fabrication des billes et du pivot permet d'optimiser l'utilisation d'un palier à billes et de réduire de manière importante les écarts de facteur de qualité entre les différentes positions horlogère

qu'occupe la pièce d'horlogerie.

[0051] Un deuxième mode de réalisation d'un axe horloger 1' selon l'invention est décrit ci-après en référence à la figure 5.

[0052] Cet axe 1' est prévu pour être rapporté sur un axe de pivotement 6, notamment un axe de pivotement fait d'un matériau distinct, notamment un acier de décolletage.

[0053] Ainsi, la première portion fonctionnelle peut comprendre un pivot 2a, mais la deuxième portion fonctionnelle peut par exemple se présenter sous la forme d'une portion 35 destinée à être fixée, notamment par chassage ou soudage, au sein d'un alésage 36 formé sur le corps de l'axe 6 de pivotement.

[0054] L'invention a été décrite précédemment appliquée à un axe de balancier. Toutefois, cette invention peut évidemment être appliquée à tout autre axe horloger, par exemple un axe de pivotement d'un mobile horloger tel qu'un mobile prenant part à la chaîne de finissage d'un mouvement horloger, en particulier un mobile de centre, ou un mobile de grande moyenne, ou un mobile de petite moyenne, ou un mobile des secondes.

[0055] Un axe horloger selon l'invention peut également être mis en œuvre dans le cadre d'une optimisation d'un échappement horloger et ainsi permettre le pivotement d'une roue d'ancre ou d'un bloqueur ou d'une ancre prenant part à l'échappement. Bien entendu, cette invention peut être appliquée à tout mobile horloger prenant part à une fonction horlogère additionnelle, tel qu'un calendrier ou un chronographe.

[0056] Dans un mode de réalisation alternatif, représenté sur les figures 8 et 9, la première portion fonctionnelle peut assurer une fonction de translation. L'axe horloger se présente ici sous la forme d'une goupille 1" comprenant une première portion fonctionnelle 2a qui se présente sous la forme d'un tigeon 22a. Ce dernier coopère avec une rainure 53 formée au sein d'un composant horloger, par exemple un marteau 91 de chronographe, de façon à guider en translation ledit composant, notamment guider en translation ledit composant selon la direction longitudinale de ladite rainure. La goupille 1" présente une deuxième portion fonctionnelle qui se présente sous la forme d'un tigeon 45 prévu pour être chassé au sein d'un alésage 46 d'une ébauche 81 d'horlogerie. Dans ce mode de réalisation, les première et deuxième portions fonctionnelles sont délimitées par une portée 450, notamment une assiette 450.

[0057] Une fois mises en forme, les pièces en céramique ne nécessitent ni traitement thermique, ni roulage, pour obtenir de hautes performances de résistance à l'usure.

Revendications

1. Axe horloger (1 ; 1' ; 1"), notamment axe de balancier (1), comprenant une première portion fonctionnelle (2a ; 2b) incluant au moins une partie (221a ; 221b) d'un tigeon (22a ; 22b) et/ou au moins une partie (211a ; 211b) d'un pivot (21a ; 21b ; 21' ; 21" ; 21*), **caractérisé en ce que** la première portion fonctionnelle est intégralement en céramique et un premier diamètre extérieur (D1) de la première portion fonctionnelle est inférieur à 0.5 mm, voire inférieur à 0.4 mm, voire inférieur à 0.2 mm, voire inférieur à 0.1 mm.

2. Axe selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la céramique est majoritairement composée :

- d'oxyde de zirconium, ou
- d'alumine, ou
- d'une combinaison de ces deux oxydes,

éventuellement additionnée de l'un ou de plusieurs des éléments suivants :

- nanotubes de carbone,
- graphène,
- fullérènes,
- oxyde d'yttrium,
- oxyde de cérium,
- carbure de zirconium,
- carbure de silicium,
- carbure de titane,
- borure de zirconium,
- nitrure de bore,
- nitrure de titane, et
- nitrure de silicium.

3. Axe selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la céramique est majoritairement composée de nitrure de

EP 3 258 325 B1

silicium, éventuellement additionnée de l'un ou de plusieurs des éléments suivants :

- nanotubes de carbone,
 - graphène,
 - fullérènes,
 - oxyde de zirconium,
 - oxyde d'aluminium,
 - oxyde d'yttrium,
 - oxyde de cérium,
 - carbure de zirconium,
 - carbure de silicium,
 - carbure de titane,
 - borure de zirconium,
 - nitrure de bore et
 - nitrure de titane.
- 5
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
4. Axe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première portion présente une surface de révolution, notamment une surface cylindrique ou une surface conique ou une surface tronconique ou une surface à génératrice courbe.
 5. Axe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'axe ou la première portion fonctionnelle présente une extrémité convexe (212') ou concave (212'') ou conique (212*) ou tronconique.
 6. Axe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** présente une deuxième portion fonctionnelle (3), notamment :
 - une deuxième portion fonctionnelle de réception (31, 32, 33 ; 34 ; 35 ; 45) d'un composant horloger, notamment un balancier, un plateau, une virole de ressort-spiral, une roue dentée, un autre axe (6), une ébauche (81) ou
 - une deuxième portion de pivotement d'un composant horloger sur l'axe, ou
 - une deuxième portion d'engrènement, notamment une denture.
 7. Axe selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la deuxième portion fonctionnelle présente un deuxième diamètre extérieur (D2) inférieur à 2 mm, voire inférieur à 1 mm, voire inférieur à 0.5 mm.
 8. Axe selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le rapport de la dimension du deuxième diamètre sur la dimension du premier diamètre est inférieur à 0.9, voire inférieur à 0.8, voire inférieur à 0.6, voire inférieur à 0.5, voire inférieur à 0.4.
 9. Axe selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'axe est réalisé intégralement en céramique.
 10. Ensemble (41 ; 42) comprenant un axe (1) selon l'une des revendications précédentes et au moins un guidage (51 ; 52 ; 53), notamment un palier (51 ; 52) ou une rainure (53), l'axe étant destiné à :
 - tourner ou pivoter dans l'au moins un guidage ; et/ou
 - se translater dans l'au moins un guidage.
 11. Ensemble (41) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'au moins un guidage (51) comprend une pierre de pivotement (511) et une pierre de contre appui (512), les pierres coopérant avec le pivot pour guider l'axe dans le guidage.
 12. Ensemble (42) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** l'au moins un guidage (52) comprend un chemin de roulement (521) et des billes (522), les billes coopérant par contact sur le pivot (21*) pour guider l'axe dans le guidage.
 13. Oscillateur (100) du type balancier-spiral comprenant un axe (1 ; 1') selon l'une des revendications 1 à 9 et/ou un ensemble selon l'une des revendications 10 à 12.
 14. Mouvement horloger (110) comprenant un oscillateur (100) selon la revendication précédente et/ou un ensemble

selon l'une des revendications 10 à 12 et/ou un axe (1 ; 1' ; 1'') selon l'une des revendications 1 à 9.

- 5 15. Pièce d'horlogerie (120) comprenant un mouvement horloger (110) selon la revendication précédente et/ou un oscillateur (100) selon la revendication 13 et/ou un ensemble selon l'une des revendications 10 à 12 et/ou un axe (1 ; 1' ; 1'') selon l'une des revendications 1 à 9.

Patentansprüche

- 10 1. Uhrenwelle (1; 1', 1''), insbesondere Unruhwellen (1), umfassend einen ersten funktionalen Abschnitt (2a; 2b) umfassend wenigstens einen Teil (221a; 221b) eines Tigerons (22a; 22b) und/oder wenigstens einen Teil (211a, 211b) eines Drehzapfens (21a; 21b; 21'; 21''; 21*'), **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste funktionale Abschnitt vollständig aus Keramik besteht und ein erster Außendurchmesser (D1) des ersten funktionalen Abschnitts kleiner als 0.5 mm, sogar kleiner als 0.4 mm, sogar kleiner als 0.2 mm, sogar kleiner als 0.1 mm ist.

- 15 2. Welle gemäß dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Keramik hauptsächlich zusammengesetzt ist aus:

- 20
 - Zirkoniumoxid, oder
 - Aluminiumoxid, oder
 - einer Kombination dieser beiden Oxide,

gegebenenfalls unter Zugabe eines oder mehrerer der folgenden Elemente:

- 25
 - Kohlenstoffnanoröhrchen,
 - Graphen,
 - Fullerene,
 - Yttriumoxid,
 - Ceroxid,
 - 30 • Zirkoniumcarbid,
 - Siliciumcarbid,
 - Titancarbid,
 - Zirkoniumborid,
 - Bornitrid,
 - 35 • Titanitrid, und
 - Siliciumnitrid.

- 40 3. Welle gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Keramik hauptsächlich zusammengesetzt ist aus Siliciumnitrid, gegebenenfalls unter Zugabe eines oder mehrerer der folgenden Elemente:

- 45
 - Kohlenstoffnanoröhrchen,
 - Graphen,
 - Fullerene,
 - Zirkoniumoxid,
 - 45 • Aluminiumoxid,
 - Yttriumoxid,
 - Ceroxid,
 - Zirkoniumcarbid,
 - Siliciumcarbid,
 - 50 • Titancarbid,
 - Zirkoniumborid,
 - Bornitrid, und
 - Titanitrid.

- 55 4. Welle gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Abschnitt eine Rotationsoberfläche aufweist, insbesondere eine zylindrische Oberfläche oder eine konische Oberfläche oder eine kegelstumpfförmige Oberfläche oder eine Oberfläche mit einer gekrümmten Mantellinie.

EP 3 258 325 B1

5. Welle gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Welle oder der erste funktionale Abschnitt ein konvexes (212') oder ein konkaves (212'') oder konisches (212*) oder kegelstumpfförmiges Ende aufweist.
- 5 6. Welle gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen zweiten funktionalen Abschnitt (3) aufweist, insbesondere:
- 10 • einen zweiten funktionalen Aufnahmeabschnitt (31, 32, 33, 34, 35, 45) eines Uhrenbauteils, insbesondere einer Unruh, einer Scheibe, einer Spiralfeder-Rolle, eines Zahnrads, einer weiteren Welle (6), eines Rohwerks (81) oder
- einen zweiten Drehabschnitt eines Uhrenbauteils auf der Welle, oder
- einen zweiten Eingriffsabschnitt, insbesondere eine Zahnung.
7. Welle gemäß dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite funktionale Abschnitt einen zweiten Außendurchmesser aufweist (D2), der kleiner ist als 2 mm, sogar kleiner als 1 mm, sogar kleiner als 0.5 mm.
8. Welle gemäß dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis der Abmessung des zweiten Durchmessers zur Abmessung des ersten Durchmessers kleiner ist als 0.9, sogar kleiner als 0.8, sogar kleiner als 0.6, sogar kleiner als 0.5, sogar kleiner als 0.4.
9. Welle gemäß einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Welle vollständig aus Keramik gebildet ist.
- 25 10. Einheit (41; 42) umfassend eine Welle (1) gemäß einem der vorangehenden Ansprüche und wenigstens eine Führung (51; 52; 53), insbesondere ein Lager (51; 52) oder eine Nut (53), wobei die Welle dazu bestimmt ist:
- in der wenigstens einen Führung zu drehen oder zu schwenken; und/oder
- sich in der wenigstens einen Führung zu verschieben.
- 30 11. Einheit (41) gemäß dem vorangehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Führung (51) einen Schwenkstein (511) und einen Gegenlagerstein (512) umfasst, wobei die Steine mit dem Drehzapfen zusammenwirken um die Welle in der Führung zu führen.
- 35 12. Einheit (42) gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens eine Führung (52) eine Laufbahn (521) und Kugeln (522) umfasst, wobei die Kugeln durch den Kontakt mit dem Drehzapfen (21*) zusammenwirken um die Welle in der Führung zu führen.
- 40 13. Oszillator (100) von der Art einer Spiral-Unruh umfassend eine Welle (1; 1') gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 und/oder eine Einheit gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12.
14. Uhrwerk (110) umfassend einen Oszillator (100) gemäß dem vorangehenden Anspruch und/oder eine Einheit gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12 und/oder eine Welle (1; 1', 1'') gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9.
- 45 15. Uhr (120) umfassend ein Uhrwerk (110) gemäß dem vorangehenden Anspruch und/oder einen Oszillator (100) gemäß Anspruch 13 und/oder eine Einheit gemäß einem der Ansprüche 10 bis 12 und/oder eine Welle (1; 1', 1'') gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9.

50 Claims

1. A timepiece shaft (1; 1'; 1''), especially a balance shaft (1), comprising a first functional portion (2a; 2b) including at least one part (221a; 221b) of a pivot-shank (22a; 22b) and/or at least one part (211a; 211b) of a pivot (21a; 21b; 21'; 21''; 21*), wherein the first functional portion is made entirely of ceramic and a first outer diameter (D1) of the first functional portion is less than 0.5 mm, or less than 0.4 mm, or less than 0.2 mm, or less than 0.1 mm.
- 55 2. The shaft as claimed in the preceding claim, wherein the ceramic is for the most part composed of:

- zirconium oxide, or
- alumina, or
- a combination of these two oxides,

5 optionally adding one or more of the following elements:

- carbon nanotubes,
- graphene,
- fullerenes,
- 10 - yttrium oxide,
- cerium oxide,
- zirconium carbide,
- silicon carbide,
- titanium carbide,
- 15 - zirconium boride,
- boron nitride,
- titanium nitride, and
- silicon nitride.

20 **3.** The shaft as claimed in claim 1, wherein the ceramic is for the most part composed of silicon nitride, optionally adding one or more of the following elements:

- carbon nanotubes,
- graphene,
- 25 - fullerenes,
- zirconium oxide,
- aluminum oxide,
- yttrium oxide,
- cerium oxide,
- 30 - zirconium carbide,
- silicon carbide,
- titanium carbide,
- zirconium boride,
- boron nitride, and
- 35 - titanium nitride.

4. The shaft as claimed in one of the preceding claims, wherein the first portion has a surface of revolution, especially a cylindrical surface or a conical surface or a truncated conical surface or a curve generating surface.

40 **5.** The shaft as claimed in one of the preceding claims, wherein the shaft or the first functional portion has a convex (212') or concave (212'') or conical (212*) or truncated conical end.

6. The shaft as claimed in one of the preceding claims, wherein it comprises a second functional portion (3), especially:

- 45 - a second functional portion (31, 32, 33; 34; 35; 45) for receiving a timepiece component, especially a balance, a plate, a spiral spring collet, a toothed wheel, another shaft (6), a movement-blank (81), or
- a second pivoting portion for a timepiece component on the shaft, or
- a second intermeshing portion, especially a tothing.

50 **7.** The shaft as claimed in the preceding claim, wherein the second functional portion has a second outer diameter (D2) less than 2 mm, or less than 1 mm, or less than 0.5 mm.

8. The shaft as claimed in the preceding claim, wherein the ratio of the dimension of the first diameter to the dimension of the second diameter is less than 0.9, or less than 0.8, or less than 0.6, or less than 0.5, or less than 0.4.

55 **9.** The shaft as claimed in one of the preceding claims, wherein the shaft is made entirely of ceramic.

10. An assembly (41; 42) comprising an shaft (1) as claimed in one of the preceding claims and at least one guide (51;

EP 3 258 325 B1

52; 53), especially a bearing (51; 52) or a groove (53), the shaft being designed to:

- rotate or pivot in the at least one guide; and/or
- move in translation in the at least one guide.

5

11. The assembly (41) as claimed in the preceding claim, wherein the at least one guide (51) comprises a bearing stone (511) and an endstone (512), the stones cooperating with the pivot or pivot-shank to guide the shaft in the guide.

10

12. The assembly (42) as claimed in claim 10, wherein the at least one guide (52) comprises a ball race way (521) and balls (522), the balls cooperating by contact with the pivot (21*) to guide the shaft in the guide.

13. An oscillator (100) of the sprung balance type comprising a shaft (1; 1') as claimed in one of claims 1 to 9 and/or an assembly as claimed in one of claims 10 to 12.

15

14. A watch movement (110) comprising an oscillator (100) as claimed in the preceding claim and/or an assembly as claimed in one of claims 10 to 12 and/or a shaft (1; 1'; 1'') as claimed in one of claims 1 to 9.

20

15. A timepiece (120) comprising a watch movement (110) as claimed in the preceding claim and/or an oscillator (100) as claimed in claim 13 and/or an assembly as claimed in one of claims 10 to 12 and/or a shaft (1; 1'; 1'') as claimed in one of claims 1 to 9.

25

30

35

40

45

50

55

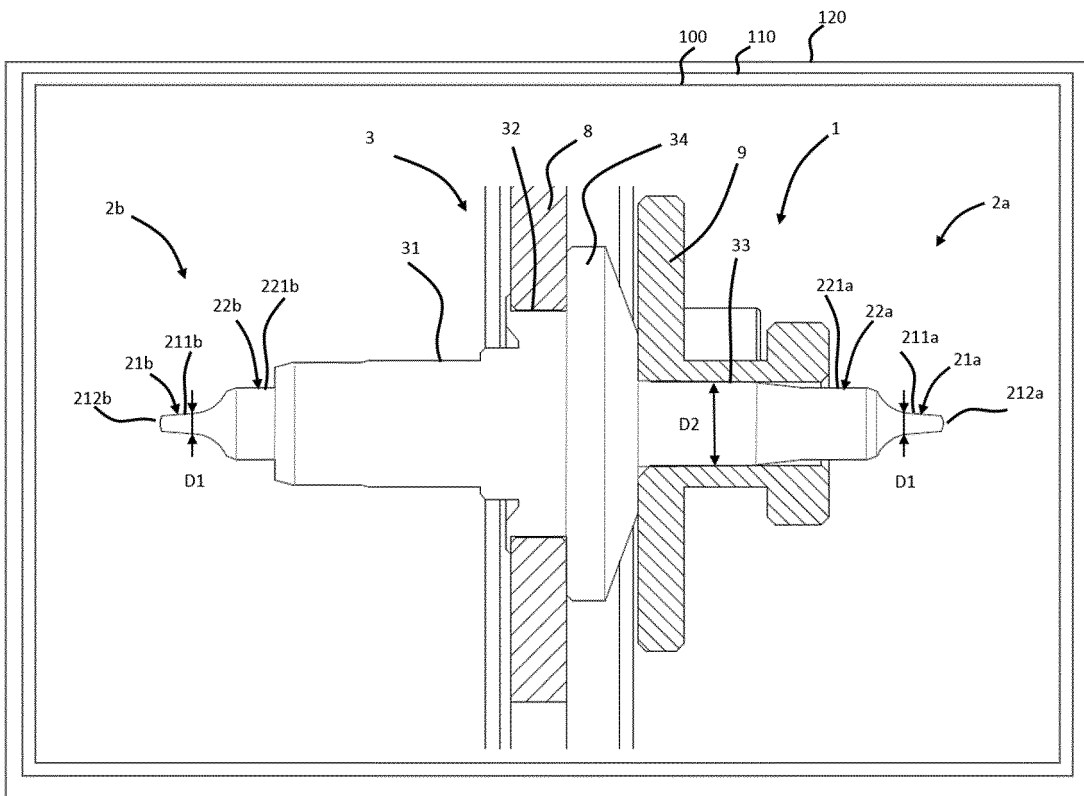


Figure 1

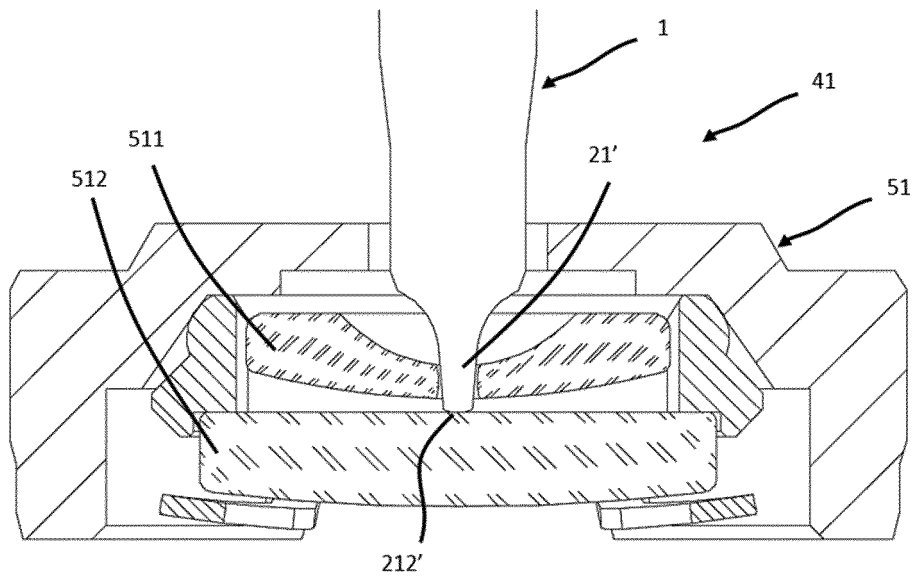


Figure 2

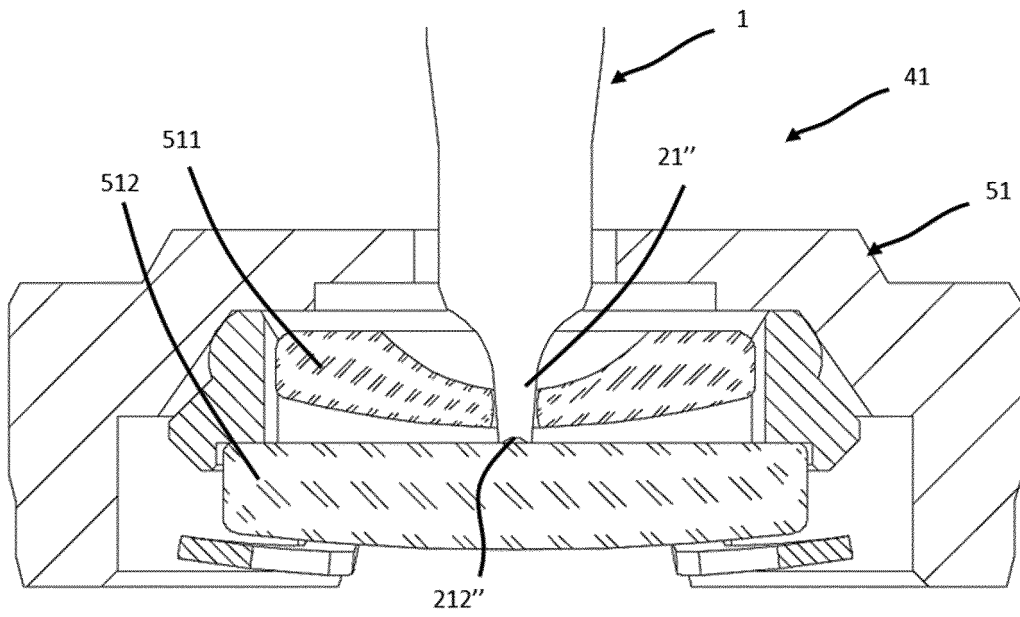


Figure 3

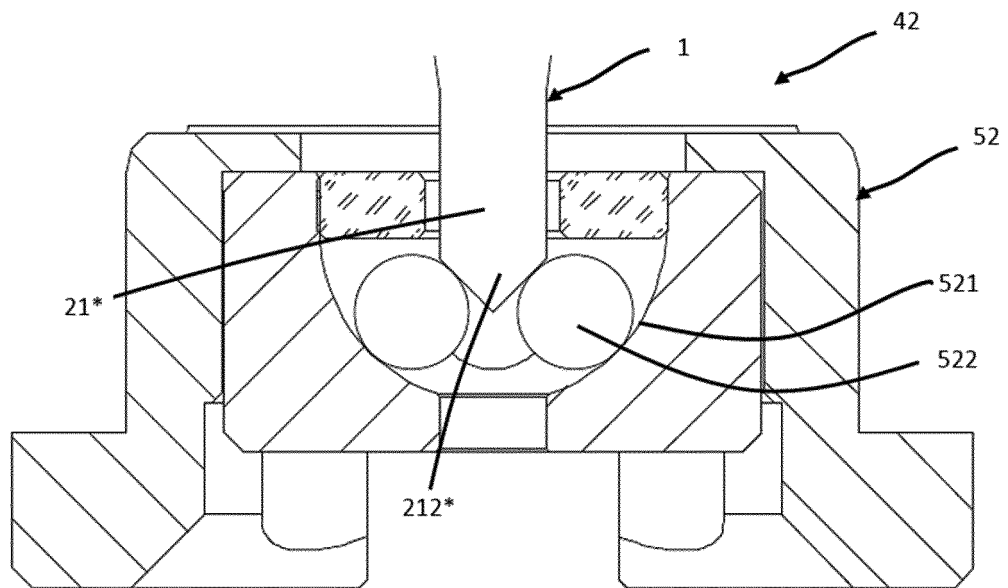


Figure 4

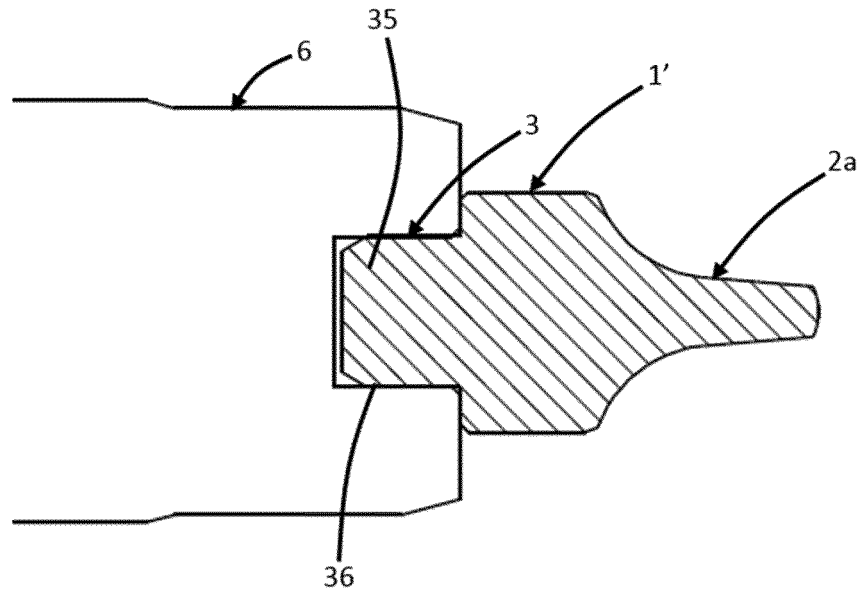


Figure 5

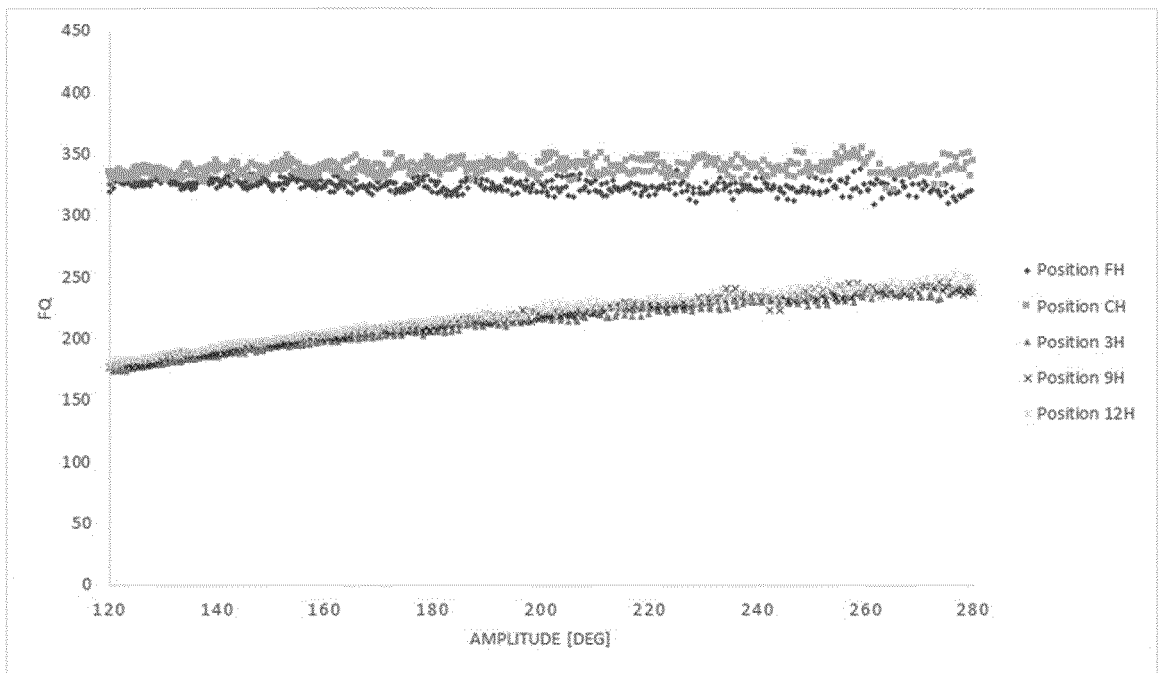


Figure 6

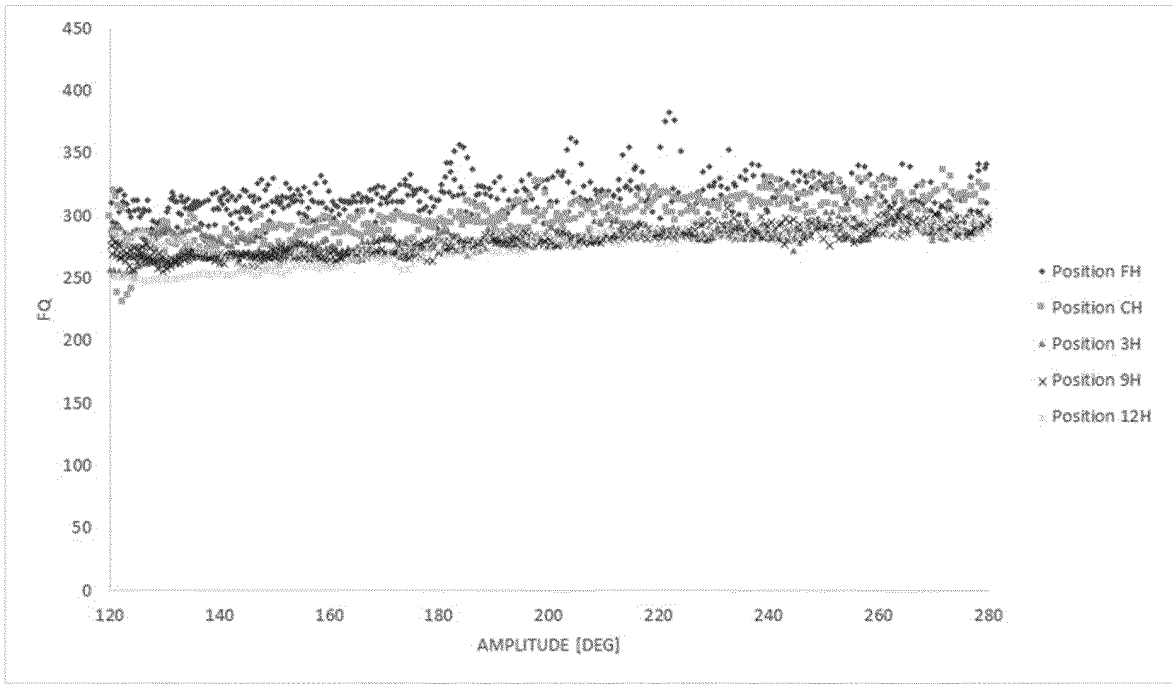


Figure 7

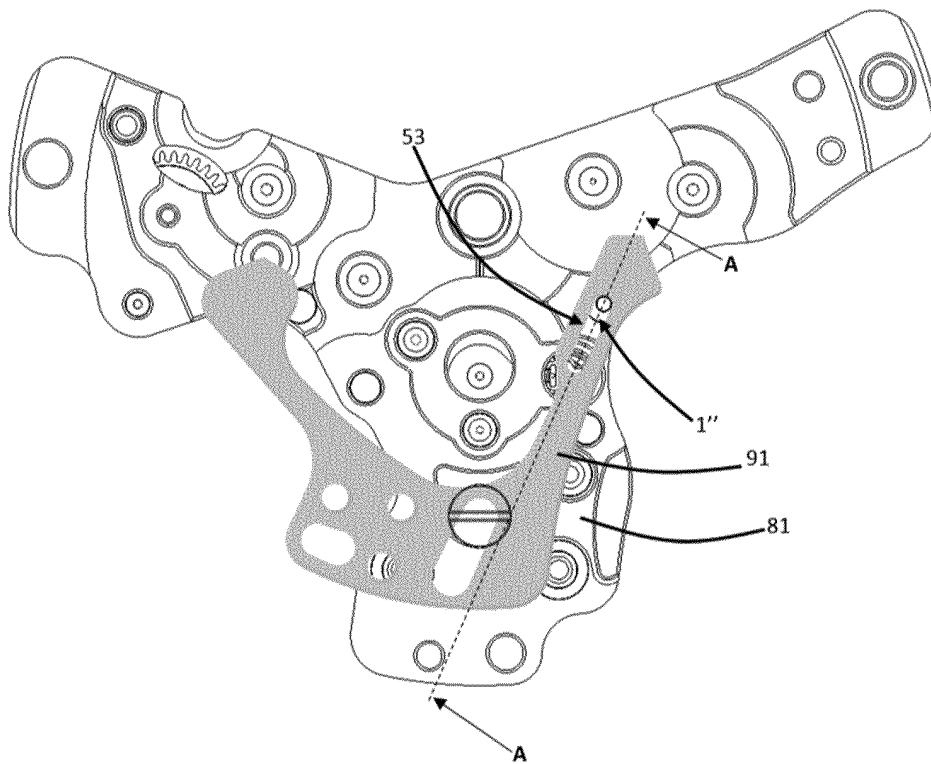


Figure 8

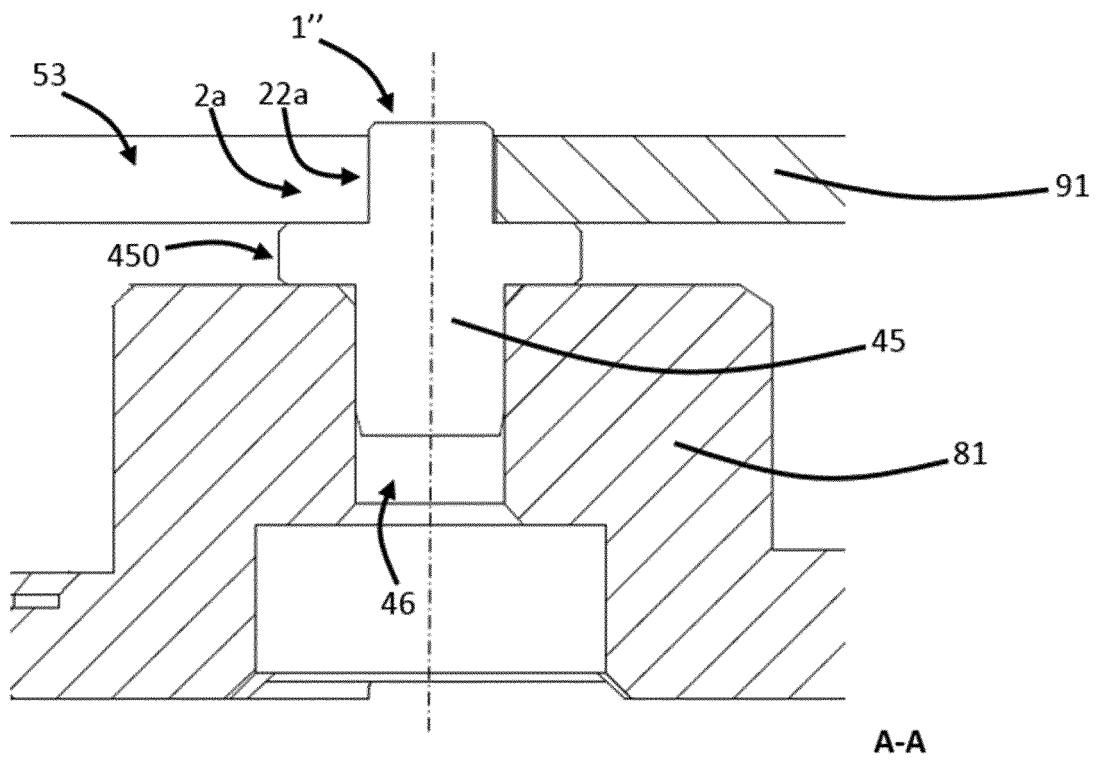


Figure 9

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

- EP 2757423 A [0005]
- EP 2757424 A [0007]