



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
14.10.2015 Bulletin 2015/42

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

(21) Numéro de dépôt: **15159307.6**

(22) Date de dépôt: **17.03.2015**

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

(72) Inventeurs:
• **Dubois, Philippe**
2074 Marin (CH)
• **Winkler, Yves**
3185 Schmitten (CH)
• **Mallet, Daniel**
25500 Le Béliu (FR)
• **Charbon, Christian**
2054 Chézard-St-Martin (CH)

(30) Priorité: **07.04.2014 EP 14163754**

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

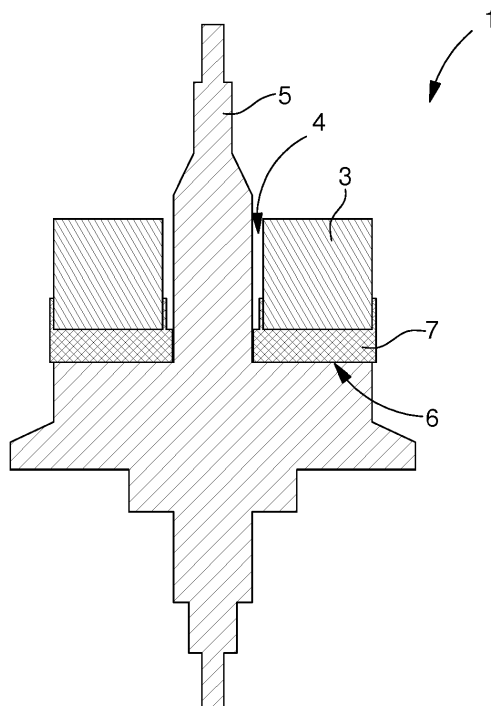
(74) Mandataire: **Couillard, Yann Luc Raymond et al**
ICB
Ingénieurs Conseils en Brevets SA
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **ASSORTIMENT HORLOGER UTILISANT UN ALLIAGE METALLIQUE AMORPHE**

(57) L'invention se rapporte à un assortiment horloger (1) comportant une pièce horlogère (3) fixée à un axe (5) à l'aide d'un élément de fixation (7). Selon l'invention, l'élément de fixation (7) est en alliage métallique au moins

partiellement amorphe, est solidaire de la pièce horlogère (3) par enfoncement partiel et comporte un trou (8) dans lequel est chassé ledit axe.

Fig. 8



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention se rapporte à un assortiment horloger utilisant un alliage métallique amorphe et notamment un tel assortiment comportant une pièce horlogère dont le matériau ne comporte pas de domaine plastique utilisable, c'est-à-dire avec un domaine plastique très restreint.

Arrière-plan de l'invention

[0002] Les assemblages actuels comportant une pièce à base de silicium sont généralement solidarisés par collage. Une telle opération nécessite une extrême finesse d'application ce qui la rend coûteuse.

Résumé de l'invention

[0003] Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un assortiment horloger n'utilisant pas de colle pour fixer notamment une pièce en matériau fragile sur un axe.

[0004] A cet effet, selon un premier mode de réalisation, l'invention se rapporte à un assortiment horloger comportant une pièce horlogère fixée à un axe à l'aide d'un élément de fixation comportant un trou dans lequel est chassé ledit axe caractérisé en ce que l'élément de fixation est en alliage métallique au moins partiellement amorphe et est solidaire de la pièce horlogère par enfoncement partiel de l'un dans l'autre, et en ce que la pièce horlogère comporte un ajourage qui s'étend autour du trou de l'élément de fixation en ayant une plus grande section afin de laisser un interstice entre la paroi de l'ajourage et l'axe.

[0005] Conformément à d'autres variantes avantageuses du premier mode de réalisation de l'invention :

- la pièce horlogère ou l'élément de fixation est monté contre une portée de l'axe ;
- au moins un cinquième de la hauteur de la pièce horlogère est recouvert par l'élément de fixation ;
- la pièce horlogère comporte au moins un évidement permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation.

[0006] Selon un deuxième mode de réalisation, l'invention se rapporte à un assortiment horloger comportant une pièce horlogère fixée à un axe à l'aide d'un élément de fixation et d'un organe de chassage comportant un trou dans lequel est chassé ledit axe caractérisé en ce que l'élément de fixation est en alliage métallique au moins partiellement amorphe, est solidaire respectivement de la pièce horlogère et de l'organe de chassage par enfoncement partiel de l'un dans l'autre et en ce que la pièce horlogère comporte un ajourage qui s'étend

autour du trou de l'organe de chassage en ayant une plus grande section afin de laisser un interstice entre la paroi de l'ajourage et l'axe.

[0007] Conformément à d'autres variantes avantageuses du deuxième mode de réalisation de l'invention :

- la pièce horlogère ou l'organe de chassage est monté contre une portée de l'axe ;
- au moins un cinquième des hauteurs de la pièce horlogère et de l'organe de chassage sont recouverts par l'élément de fixation ;
- l'organe de chassage et/ou la pièce horlogère comportent au moins un évidement permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation ;
- l'organe de chassage est formé en un métal ou en un alliage métallique.

[0008] Conformément à ces deux modes de réalisation, on comprend avantageusement selon l'invention, qu'uniquement par enfoncement partiel de la pièce horlogère par l'élément de fixation, il n'est plus nécessaire de mettre en oeuvre un collage. En effet, sous certaines conditions expliquées ci-dessous, un alliage métallique au moins partiellement amorphe autorise de manière avantageuse à prendre la forme de n'importe quel objet à la manière d'une pâte déformée. Cette malléabilité de l'élément de fixation conjuguée à la rugosité de surface de la pièce partiellement recouverte offre une adhérence suffisante pour une application horlogère.

[0009] Conformément à d'autres variantes avantageuses des premier et deuxième modes de réalisation de l'invention :

- la pièce horlogère comporte du silicium monocristallin dopé ou non, du silicium polycristallin dopé ou non, de l'oxyde de silicium, du quartz, de la silice, du corindon monocristallin, du corindon polycristallin, de l'alumine, du rubis, du nitrure de silicium, du carbure de silicium ;
- la pièce horlogère comporte au moins un revêtement partiel d'oxyde de silicium, de nitrure de silicium, de carbure de silicium ou d'un allotrope du carbone ;
- l'élément de fixation est formé en un alliage à base magnésium, à base titane, à base zirconium, à base fer, à base cobalt, à base or, à base palladium ou à base platine ;
- l'élément de fixation est formé par un alliage à structure au moins partiellement amorphe du type ZrTi-CuNiBe, PdCuNiP ou PtCuNiP ;
- l'assortiment forme tout ou partie d'un rouage tel qu'une roue, un pignon, une masse oscillante ou un ressort ;
- l'assortiment forme tout ou partie d'un système d'échappement tel qu'une roue d'échappement, une baguette d'une ancre, un dard d'une ancre ou une fourchette d'une ancre ;
- l'assortiment forme tout ou partie d'un résonateur tel

qu'un balancier, un plateau ou un spiral.

[0010] Plus généralement, l'invention se rapporte à une pièce d'horlogerie caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un assortiment horloger selon l'une des variantes ci-dessus.

[0011] Selon un premier mode de réalisation, l'invention se rapporte également à un procédé d'assemblage d'un assortiment horloger comportant les étapes suivantes :

- a) fabriquer séparément une pièce horlogère et un élément de fixation, ledit élément de fixation étant fabriqué en alliage métallique au moins partiellement amorphe ;
- b) enfoncer partiellement au moins une partie de la pièce horlogère dans l'épaisseur de l'élément de fixation chauffé entre sa température de transition vitreuse et sa température de cristallisation afin de former un ensemble pièce horlogère - élément de fixation ;
- c) chasser un axe dans un trou de l'élément de fixation pour former l'assortiment horloger en laissant un interstice entre la pièce horlogère et l'axe.

[0012] Conformément à d'autres variantes avantageuses du premier mode de réalisation de l'invention :

- le trou est formé lors de l'étape a), lors de l'étape b) ou lors de l'étape c) ;
- le procédé comporte en outre, entre l'étape b) et l'étape c), l'étape d) : maintenir l'ensemble pièce horlogère - élément de fixation au-dessus de la température de transition vitreuse de l'élément de fixation afin de rendre plus ductile l'élément de fixation ;
- l'étape c) comporte une première phase c1) destinée à chauffer l'axe au-dessus de la température de transition vitreuse de l'élément de fixation et une deuxième phase c2) destinée à chasser l'axe dans le trou de l'élément de fixation ou de l'organe de chassage afin d'élever la température de la surface de contact de l'élément de fixation au-dessus de sa température de transition vitreuse dans le but de ramollir localement l'élément de fixation pour diminuer les contraintes sur le matériau de la pièce horlogère tout en conservant une bonne tenue ;
- l'axe comporte une portée et, soit la pièce horlogère, soit l'élément de fixation est plaqué contre la portée de l'axe lors de l'étape c) de chassage ;
- la pièce horlogère comporte des évidements permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation ;
- un gabarit est utilisé lors de l'étape b) afin de garantir la géométrie de l'élément de fixation ;
- une entretoise est utilisée lors de l'étape b) afin de garantir la profondeur de pénétration de la pièce horlogère dans l'épaisseur de l'élément de fixation.

[0013] Enfin, selon un deuxième mode de réalisation, l'invention se rapporte à un procédé d'assemblage d'un assortiment horloger comportant les étapes suivantes :

- 5 a') fabriquer séparément une pièce horlogère, un élément de fixation en alliage métallique au moins partiellement amorphe et un organe de chassage muni d'un trou ;
- 10 b') enfoncer partiellement au moins une partie de la pièce horlogère et de l'organe de chassage dans l'épaisseur de l'élément de fixation chauffé entre sa température de transition vitreuse et sa température de cristallisation afin de former un ensemble pièce horlogère - élément de fixation - organe de chassage ;
- 15 c') chasser un axe dans le trou de l'organe de chassage pour former l'assortiment horloger en laissant un interstice entre la pièce horlogère et l'axe.

[0014] Conformément à d'autres variantes avantageuses du deuxième mode de réalisation de l'invention :

- l'axe comporte une portée et en ce que la pièce horlogère ou l'organe de chassage est plaqué contre la portée de l'axe lors de l'étape c') de chassage ;
- la pièce horlogère comporte au moins un évidement permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation ;
- l'organe de chassage comporte au moins un évidement permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation ;
- un gabarit est utilisé lors de l'étape b') afin de garantir la géométrie de l'élément de fixation ;
- une entretoise est utilisée lors de l'étape b') afin de garantir la profondeur de pénétration de la pièce horlogère et de l'organe de chassage dans l'épaisseur de l'élément de fixation.

[0015] Conformément à ces deux modes de réalisation, on comprend avantageusement selon l'invention, que l'élément de fixation en alliage métallique au moins partiellement amorphe va prendre parfaitement la forme d'une partie de la pièce horlogère, et, éventuellement, de l'organe de chassage, lui autorisant à s'y agripper sans qu'il ne soit plus nécessaire de mettre en oeuvre un collage. Avantageusement selon l'invention, aucune liaison chimique n'est utilisée pour solidariser les éléments entre eux. Ainsi, la tenue entre les éléments est assurée uniquement par les aspérités de surface des éléments. A ce titre, le procédé autorise l'économie d'un nettoyage chimique, c'est-à-dire qu'une propreté poussée, comme pour les pièces électroniques, n'est pas nécessaire.

55 Description sommaire des dessins

[0016] 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 :

- les figures 1 à 5 sont des vues en perspective d'étapes d'assemblage d'un assortiment selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- les figures 6 à 8 sont des vues en coupe d'étapes d'assemblage d'un assortiment selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 9 est une alternative d'assemblage de la figure 8 ;
- les figures 10 à 12 sont des vues en coupe d'étapes d'assemblage d'un assortiment selon une variante des figures 6 à 8 ;
- les figures 13 et 14 sont des vues en coupe d'étapes d'assemblage d'un assortiment selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 15 est une alternative d'assemblage de la figure 14 ;
- la figure 16 est une vue en coupe d'étapes d'un assortiment selon une variante de la figure 14 ;
- la figure 17 est une vue éclatée d'un mouvement horloger selon l'invention ;
- la figure 18 est une vue partielle d'un rouage selon l'invention ;
- la figure 19 est une vue d'une ancre selon l'invention ;
- la figure 20 est une vue d'une tige de remontoir selon l'invention ;
- la figure 21 est une vue d'une masse oscillante selon l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0017] L'invention se rapporte à un assortiment horloger pour une pièce d'horlogerie utilisant un alliage métallique amorphe et notamment un tel assortiment comportant une pièce horlogère dont le matériau ne comporte pas de domaine plastique utilisable, c'est-à-dire avec un domaine plastique très restreint.

[0018] Un tel matériau peut être de manière nullement limitative du silicium monocristallin dopé ou non, du silicium polycristallin dopé ou non, de l'oxyde de silicium, du quartz, de la silice, du corindon monocristallin, du corindon polycristallin, de l'alumine, du rubis, du nitrure de silicium ou du carbure de silicium. Ce matériau pouvant comporter au moins un revêtement partiel d'oxyde de silicium, de nitrure de silicium, de carbure de silicium ou d'un allotrope du carbone. Bien entendu, d'autres types de matériau tels que d'autres céramiques peuvent envisagés tout comme d'autres types de revêtement.

[0019] Selon un premier mode de réalisation de l'invention illustré notamment aux figures 8 et 9, l'assortiment horloger 1, 11, 21 comporte une pièce horlogère 3, 13 fixée à un axe 5 à l'aide d'un élément de fixation 7, 17. Avantageusement selon l'invention, l'élément de fixation 7, 17 est en alliage métallique au moins partiellement amorphe et est solidaire de la pièce horlogère 3, 13 par

enfoncement partiel comme visible aux figures 8 et 9. De plus, avantageusement selon l'invention, l'élément de fixation 7, 17 comporte un trou 8, 18 dans lequel est chassé l'axe 5.

[0020] On comprend avantageusement selon l'invention, qu'uniquement par recouvrement partiel de la pièce horlogère 3, 13 par l'élément de fixation 7, 17, il n'est plus nécessaire de mettre en oeuvre un collage. En effet, sous certaines conditions expliquées ci-dessous, un alliage métallique au moins partiellement amorphe autorise de manière avantageuse à prendre la forme de n'importe quel objet à la manière d'une pâte déformée. Cette malléabilité de l'élément de fixation 7 conjuguée à la rugosité de surface de la pièce horlogère 3, 13 offre une adhérence suffisante pour une application horlogère.

[0021] Avantageusement selon l'invention, selon une première alternative du premier mode de réalisation, l'assortiment 1 comporte un élément de fixation 7 qui est monté contre une portée 6 de l'axe 5 comme illustré à la figure 8. Cette première alternative évite que la pièce horlogère 3 touche l'axe 5. En effet, préférentiellement selon l'invention, la pièce horlogère 3 comporte, comme l'élément de fixation 7, un ajourage 4 de plus grande section que le trou 8.

[0022] Selon une deuxième alternative du premier mode de réalisation, l'assortiment 11 comporte au contraire une pièce horlogère 3 qui est montée contre une portée 6 de l'axe 5 comme illustré à la figure 9. Cette deuxième alternative garantit une perpendicularité optimale de la pièce horlogère 3 par rapport à l'axe 5. En effet, préférentiellement selon l'invention, la pièce horlogère 3 étant plaquée entre la portée 6 et l'élément de fixation 7, son positionnement comporte moins de degrés de liberté.

[0023] De manière préférée selon l'invention, il a été trouvé qu'au moins un cinquième de la hauteur de la pièce horlogère 3, 13 recouvert par l'élément de fixation 7, 17 permet une bonne solidarisation lorsque la hauteur de la pièce horlogère 3, 13 est comprise entre 100 et 500 μm . De plus, il a également été trouvé préférentiellement qu'une épaisseur minimale de 50 μm de l'élément de fixation 7, 17 au niveau du trou 8, 18 ne recouvrant pas la pièce horlogère 3, 13 permet un bon chassage.

[0024] Préférentiellement selon l'invention, l'élément de fixation 7, 17 est un alliage à base magnésium, à base titane, à base zirconium, à base fer, à base cobalt, à base or, à base palladium ou à base platine. Plus précisément, un élément de fixation 7, 17 formé par un alliage à structure au moins partiellement amorphe du type ZrTiCuNi-Be, PdCuNiP ou PtCuNiP ont chacun donné satisfaction.

[0025] Selon une variante du premier mode de réalisation visible à la figure 12, l'assortiment 21 comporte une pièce horlogère 13 formée avec au moins un évidement 12 permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation 17. Chaque évidement 12 peut être borgne ou traversant et peut être positionné indifféremment en vis-à-vis de l'élément de fixation 17.

[0026] Dans l'exemple illustré à la figure 12, l'élément de fixation 17 est monté contre une portée 6 de l'axe 5.

Toutefois, bien entendu, cette variante avec une pièce horlogère 13 formée avec au moins un évidement 12 peut également être assemblée selon la deuxième alternative de la figure 9 citée ci-dessus, c'est-à-dire avec la pièce horlogère 13 qui est montée contre la portée 6 de l'axe 5.

[0027] On comprend immédiatement que l'assortiment horloger 1, 11, 21 peut ainsi former tout ou partie d'un rouage 101, d'un système d'échappement 103 ou d'un résonateur 105. Plus précisément, la pièce horlogère 3, 13 peut ainsi former une roue 102, un pignon 104, 112, une masse oscillante 106, un ressort (tel par exemple qu'un ressort de barillet), une roue d'échappement 107, une baguette 108 d'ancre 109, un dard 110 d'ancre 109, une fourchette 111 d'ancre 109, un balancier 113, un plateau (tel par exemple qu'un double plateau tenant une cheville) ou un spiral 115.

[0028] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention illustré notamment aux figures 14 et 15, l'assortiment horloger 31, 41, 51 comporte une pièce horlogère 33, 43 fixée à un axe 35 à l'aide d'un élément de fixation 37, 47 et d'un organe de chassage 39, 49. Avantageusement selon l'invention, l'élément de fixation 37, 47 est en alliage métallique au moins partiellement amorphe, est solidaire de la pièce horlogère 33, 43 et de l'organe de chassage 39, 49 par enfoncement partiel respectif comme visible aux figures 14 et 15. De plus, avantageusement selon l'invention, l'organe de chassage 39, 49 comporte un trou 38, 48 dans lequel est chassé l'axe 35.

[0029] On comprend avantageusement selon l'invention, qu'uniquement par recouvrement partiel de la pièce horlogère 33, 43 et de l'organe de chassage 39, 49 par l'élément de fixation 37, 47, il n'est plus nécessaire de mettre en oeuvre un collage. En effet, sous certaines conditions expliquées ci-dessous, un alliage métallique au moins partiellement amorphe autorise de manière avantageuse à prendre la forme de n'importe quel objet à la manière d'une pâte déformée. Cette malléabilité de l'élément de fixation 37, 47 conjuguée à la rugosité de surface de la pièce horlogère 33, 43 et de l'organe de chassage 39, 49 offre une adhérence suffisante pour une application horlogère.

[0030] Avantageusement selon l'invention, selon une première alternative du deuxième mode de réalisation, l'assortiment 31 comporte un organe de chassage 39 qui est monté contre une portée 36 de l'axe 35 comme illustré à la figure 14. Cette première alternative évite que la pièce horlogère 33 touche l'axe 35. En effet, préférentiellement selon l'invention, la pièce horlogère 33 comporte, comme l'organe de chassage 39, un ajourage 34, mais de plus grande section que le trou 38.

[0031] Selon une deuxième alternative du deuxième mode de réalisation, l'assortiment 41 comporte au contraire une pièce horlogère 33 qui est montée contre une portée 36 de l'axe 35 comme illustré à la figure 15. Cette deuxième alternative garantit une verticalité optimale de la pièce horlogère 33 par rapport à l'axe 35. En effet, préférentiellement selon l'invention, la pièce horlogère

33 étant plaquée entre la portée 36 et l'organe de chassage 39, son positionnement comporte moins de degrés de liberté.

[0032] De manière préférée selon l'invention, il a été trouvé qu'au moins un cinquième de la hauteur de la pièce horlogère 33, 43 et de la hauteur de l'organe de chassage 39, 49 recouvert par l'élément de fixation 37, 47 permet une bonne solidarisation lorsque la hauteur de la pièce horlogère 33, 43 et/ou la hauteur de l'organe de chassage 39, 49 sont chacune comprise entre 100 et 500 μm .

[0033] Préférentiellement selon l'invention, l'élément de fixation 37, 47 est un alliage à base magnésium, à base titane, à base zirconium, à base fer, à base cobalt, à base or, à base palladium ou à base platine. Plus précisément, un élément de fixation 37, 47 formé par un alliage à structure au moins partiellement amorphe du type ZrTiCuNiBe , PdCuNiP ou PtCuNiP ont chacun donné satisfaction.

[0034] De plus, l'organe de chassage 39, 49 est, de manière préférée, un métal ou un alliage métallique tel qu'un acier inoxydable, un laiton ou un maillechort.

[0035] Selon une variante du deuxième mode de réalisation visible à la figure 16, l'assortiment 51 comporte une pièce horlogère 43 formée avec au moins un évidement 42 permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation 47. Il est également visible que l'organe de chassage 49 peut également comporter au moins un évidement 46. Les évidements 42, 46 peuvent être borgnes ou traversants et peuvent être positionnés indifféremment en vis-à-vis de l'élément de fixation 47.

[0036] Dans l'exemple illustré à la figure 16, l'organe de chassage 49 est monté contre une portée 36 de l'axe 35. Toutefois, bien entendu, cette variante avec une pièce horlogère 43 formée avec au moins un évidement 42 et/ou un organe de chassage 49 formé avec au moins un évidement 46 peut également être assemblée selon la deuxième alternative de la figure 15 citée ci-dessus, c'est-à-dire avec la pièce horlogère 43 qui est montée contre la portée 36 de l'axe 35.

[0037] On comprend immédiatement que l'assortiment horloger 31, 41, 51 peut ainsi former tout ou partie d'un rouage 101, d'un système d'échappement 103 ou d'un résonateur 105. Plus précisément, la pièce horlogère 33, 43 peut ainsi former une roue 102, un pignon 104, 112, une masse oscillante 106, un ressort (tel par exemple qu'un ressort de barillet), une roue d'échappement 107, une baguette 108 d'ancre 109, un dard 110 d'ancre 109, une fourchette 111 d'ancre 109, un balancier 113, un plateau (tel par exemple qu'un double plateau tenant une cheville) ou un spiral 115.

[0038] Des procédés d'assemblage selon l'invention d'un assortiment horloger vont maintenant être expliqués en relation avec les figures 1 à 16. Selon un premier mode de réalisation d'assortiment horloger 1, 11, 21, le procédé selon l'invention comporte une première étape a) destinée à fabriquer une pièce horlogère 3, 13, 23 et un élément de fixation 7', 27' en alliage métallique au

moins partiellement amorphe muni d'un trou 8', 28'. Afin de mieux comprendre le procédé, un spiral 23 est utilisé comme une pièce horlogère dans l'exemple des figures 1 à 5. Bien entendu, la pièce horlogère 3, 13, 23 ne saurait se limiter à un spiral.

[0039] Comme illustré aux figures 1 et 2, la pièce horlogère 23 comporte une virole 22 comportant un ajourage 24 sensiblement triangulaire et une lame 20 enroulée sur elle-même. Un ajourage 4 et une pièce horlogère 3 similaires sont également schématisés à la figure 6.

[0040] De plus, à la figure 3 est montré un élément de fixation 27' selon l'invention de forme sensiblement annulaire et comportant un trou 28' traversant. Cet élément de fixation 27' est une ébauche, c'est-à-dire une préforme destinée à être déformée lors de l'étape b) pour former l'élément de fixation 27 final. On comprend donc que sa forme n'a pas une importance primordiale tout comme la géométrie du trou 28' comme expliqué ci-dessous. Un trou 8' et un élément de fixation 7' similaires sont également schématisés à la figure 6.

[0041] Toutefois, la présence d'un trou 8', 28' à ce stade n'est pas indispensable. En effet, alternativement un disque pourrait être utilisé à la place d'un élément de forme sensiblement annulaire. Le trou pourrait alors être formé lorsque le disque est déformé à chaud.

[0042] Préférentiellement selon l'invention, l'élément de fixation 7', 27' est un alliage à base magnésium, à base titane, à base zirconium, à base fer, à base cobalt, à base or, à base palladium ou à base platine. Plus précisément, un élément de fixation 7', 27' formé par un alliage à structure au moins partiellement amorphe du type ZrTiCuNiBe, PdCuNiP ou PtCuNiP ont chacun donné satisfaction.

[0043] L'élément de fixation 7', 27' peut être formé à partir d'une bande ou d'un fil puis être découpé dedans. Une trempe rapide sur disque (appelé « melt spinning » en anglais) ou une coulée suivie d'une trempe peuvent être envisagées.

[0044] Le procédé selon l'invention se poursuit avec la deuxième étape b) destinée à enfoncer partiellement la pièce horlogère 3, 23 dans l'élément de fixation 7', 27' chauffé entre sa température de transition vitreuse Tg et sa température de cristallisation Tx afin de former un ensemble pièce horlogère 3, 23 - élément de fixation 7, 27 comme illustré aux figures 4 et 7.

[0045] En effet, l'élément de fixation 7', 27' en alliage métallique au moins partiellement amorphe, quand il est chauffé entre sa température de transition vitreuse Tg et sa température de cristallisation Tx, voit sa viscosité chuter jusqu'à permettre la pièce horlogère 3, 23 à pouvoir être enfoncée par simple poussée. Comme visible aux figures 4 et 7, l'élément de fixation 7', 27' se déforme alors pour finalement former l'élément de fixation 7, 27 en recouvrement partiel de la pièce horlogère 3, 23.

[0046] Selon une variante du premier mode de réalisation illustrée aux figures 10 & 11, lors de cette étape b), le procédé permet également à la pièce horlogère 13 de voir également son (ou ses) évidement(s) 12 être au

moins partiellement rempli par l'élément de fixation 17 en plus dudit recouvrement expliqué ci-dessus. On comprend immédiatement que cette variante autorise un accrochage supérieur par l'augmentation de la surface de contact entre l'élément de fixation 17 et la pièce horlogère 13.

[0047] Dans le but de garantir une géométrie prédéterminée de l'élément de fixation à la fin de l'étape b), un gabarit peut être utilisé pour limiter la déformation de l'élément de fixation 7, 17, 27 selon certaines cotes telles que celle de la section du trou 8, 18, 28 et celle de la paroi périphérique de l'élément de fixation 7, 17, 27, voire, comme expliqué ci-dessus, former le trou 8, 18, 28 dans le disque d'ébauche de l'élément de fixation.

[0048] De manière additionnelle au gabarit ou de manière isolée, une entretoise peut être utilisée lors de l'étape b) afin de garantir la profondeur de pénétration de la pièce horlogère 3, 13, 23 dans l'élément de fixation 7, 17, 27. Cette entretoise est par exemple utilisée pour garantir qu'une épaisseur minimale de 50 µm de l'élément de fixation 7, 17, 27 reste après l'étape b), c'est-à-dire, pour la première alternative des figures 8 et 12, qu'il y ait une minimale de 50 µm d'élément de fixation 7, 17, 27 entre la portée 6 et la pièce horlogère 3, 13, 23.

[0049] De manière optionnelle, après l'étape b) et avant l'étape c) expliquée ci-dessous, le procédé peut comporter une étape intermédiaire d) destinée à maintenir l'ensemble pièce horlogère 3, 13, 23 - élément de fixation 7, 17, 27 au-dessus de la température de transition vitreuse Tg de l'élément de fixation 7, 17, 27 afin de rendre plus ductile l'élément de fixation 7, 17, 27. En effet, un tel maintien en température permet d'initier une cristallisation notamment au niveau du trou 8, 18, 28 propre à faciliter l'étape finale c) expliquée ci-dessous.

[0050] Enfin, le procédé se termine avec l'étape c) destinée à chasser un axe 5, 25 dans le trou 8, 18, 28 de l'élément de fixation 7, 17, 27 pour former l'assortiment horloger 1, 11, 21, c'est-à-dire en un ensemble solidaire formé d'un axe 5, 25, d'un élément de fixation 7, 17, 27 et d'une pièce horlogère 3, 13, 23.

[0051] Selon une première alternative de l'étape c), l'élément de fixation 7, 17 est plaqué contre la portée 6, 26 de l'axe 5, 25 comme illustré aux figures 4-5, 8 et 12. Selon une deuxième alternative de l'étape c), la pièce horlogère 3, 13, 23 est plaquée contre la portée 6, 26 de l'axe 5, 25 comme illustré à la figure 9.

[0052] On comprend, avantageusement selon le premier mode de réalisation de l'invention, que la pièce horlogère 3, 13, 23, comportant un ajourage 4, 14, 24 qui s'étend autour du trou 8, 18, 28 de l'élément de fixation 7, 17, 27 en ayant une plus grande section, ne subit qu'une contrainte minimale, voire aucune contrainte, lors de l'étape c), c'est-à-dire que la quasi-totalité, voire la totalité, de la contrainte de chassage exercée lors de l'étape c) sera supportée par l'élément de fixation 7, 17, 27. Cela permet de laisser un interstice, c'est-à-dire une zone sans matière comme visible aux figures 8, 9 et 12, entre la paroi de la pièce horlogère 3, 13, 23 délimitant

l'ajourage 4, 14, 24 et le diamètre externe de l'axe 5, 25 contre lequel l'élément de fixation 7, 17, 27 est chassé.

[0053] Selon un deuxième mode de réalisation d'assortiment horloger 31, 41, 51, le procédé selon l'invention comporte une première étape a') destinée à fabriquer une pièce horlogère 33, 43, un élément de fixation en alliage métallique au moins partiellement amorphe et un organe de chassage 39, 49 muni d'un trou 38, 48.

[0054] Sans être illustrés, la pièce horlogère 33, 43 et l'élément de fixation peuvent être de forme sensiblement identique à ceux 3, 13, 23, 7', 27' du premier mode de réalisation. On comprend donc que la forme de l'élément de fixation n'a pas une importance primordiale. Préférentiellement selon l'invention, l'organe de chassage 39, 49 est en forme de rondelle et comporte un trou 38, 48 dont la géométrie est importante d'être maîtrisée.

[0055] Le procédé selon l'invention se poursuit avec la deuxième étape b') destinée à enfoncer partiellement la pièce horlogère 33, 43 et l'organe de chassage 39, 49 dans l'élément de fixation chauffé entre sa température de transition vitreuse T_g et sa température de cristallisation T_x afin de former un ensemble pièce horlogère 33, 43 - élément de fixation 37, 47 - organe de chassage 39, 49.

[0056] En effet, l'élément de fixation en alliage métallique au moins partiellement amorphe, quand il est chauffé entre sa température de transition vitreuse T_g et sa température de cristallisation T_x , voit sa viscosité chuter jusqu'à permettre la pièce horlogère 33, 43 à pouvoir être enfoncée par simple poussée. Comme visible aux figures 13 et 16, l'élément de fixation se déforme alors pour finalement former l'élément de fixation 37, 47 en recouvrement partiel de la pièce horlogère 33, 43 et de l'organe de chassage 39, 49.

[0057] Selon une variante du deuxième mode de réalisation illustrée à la figure 16, lors de cette étape b'), le procédé permet également à la pièce horlogère 43 de voir également son (ou ses) évidement(s) 42 et/ou l'organe de chassage 49 de voir également son (ou ses) évidement(s) 46 être au moins partiellement rempli par l'élément de fixation 47 en plus dudit recouvrement expliqué ci-dessus. On comprend immédiatement que cette variante autorise un accrochage supérieur par l'augmentation de la surface de contact entre l'élément de fixation 47 et la pièce horlogère 43 et/ou l'élément de fixation 47 et l'organe de chassage 49.

[0058] Dans le but de garantir une géométrie prédéterminée de l'élément de fixation à la fin de l'étape b'), un gabarit peut être utilisé pour limiter la déformation de l'élément de fixation 37, 47 selon certaines cotes telles que celle de la paroi interne et celle de la paroi périphérique de l'élément de fixation 37, 47.

[0059] De manière additionnelle au gabarit ou de manière isolée, une entretoise peut être utilisée lors de l'étape b') afin de garantir la profondeur de pénétration de la pièce horlogère 33, 43 et de l'organe de chassage 39, 49 dans l'élément de fixation 37, 47. Cette entretoise est par exemple utilisée pour garantir qu'une épaisseur mi-

nimale de 50 μm de l'élément de fixation 37, 47 entre la pièce horlogère 33, 43 et de l'organe de chassage 39, 49.

[0060] Enfin, le procédé se termine avec l'étape c') destinée à chasser un axe 35 dans le trou 38, 48 de l'organe de chassage 39, 49 pour former l'assortiment horloger 31, 41, 51, c'est-à-dire en un ensemble solidaire formé d'un axe 35, d'un organe de chassage 39, 49, d'un élément de fixation 37, 47 et d'une pièce horlogère 33, 43.

[0061] Selon une première alternative de l'étape c'), l'organe de chassage 39, 49 est plaqué contre la portée 36 de l'axe 35 comme illustré aux figures 14 et 16. Selon une deuxième alternative de l'étape c'), la pièce horlogère 33, 43 est plaquée contre la portée 36 de l'axe 35 comme illustré à la figure 15.

[0062] On comprend, avantageusement selon le deuxième mode de réalisation de l'invention, que la pièce horlogère 33, 43, comportant un ajourage 34, 44 qui s'étend autour du trou 38, 48 de l'organe de chassage 39, 49 en ayant une plus grande section et, ne subit aucune contrainte lors de l'étape c'), c'est-à-dire que la totalité de la contrainte de chassage exercée lors de l'étape c') sera supportée par l'organe de chassage 39, 49. Cela permet de laisser un interstice, c'est-à-dire une zone sans matière comme visible aux figures 14, 15 et 16, entre la paroi de la pièce horlogère 33, 43 délimitant l'ajourage 34, 44 et le diamètre externe de l'axe 35 contre lequel l'organe de chassage 39, 49 est chassé.

[0063] En outre, conformément à ces deux modes de réalisation, on comprend, avantageusement selon l'invention, que l'élément de fixation 7, 17, 27, 37, 47 en alliage métallique au moins partiellement amorphe va prendre parfaitement la forme d'une partie de la pièce horlogère 3, 13, 23, 33, 43, et, éventuellement, de l'organe de chassage 39, 49, lui autorisant en combinaison à la rugosité de surface de la pièce horlogère 3, 13, 23, 33, 43 et, éventuellement, de l'organe de chassage 39, 49 à s'y agripper sans qu'il ne soit plus nécessaire de mettre en oeuvre un collage.

[0064] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, la géométrie de la pièce horlogère 3, 13, 23, 33, 43 peut différer sans que les avantages de la présente description soient perdus.

[0065] L'étape c), c') de chassage de l'axe 5, 25, 35 pourrait également se faire à une température supérieure à la température de transition vitreuse T_g de l'alliage métallique au moins partiellement amorphe afin de ramollir légèrement ce dernier pour diminuer les contraintes sur le matériau de la pièce horlogère 3, 13, 23, 33, 43 tout en conservant une bonne tenue. Ainsi, à titre d'exemple, le procédé pourrait comporter une première phase c1) destinée à chauffer l'axe au-dessus de la température de transition vitreuse de l'élément de fixation et une deuxième phase c2) destinée à chasser l'axe dans le trou de l'élément de fixation ou de l'organe de chassage afin d'élever la température de la surface de contact de l'élément de fixation au-dessus de sa température de

transition vitreuse dans le but de ramollir localement l'élément de fixation pour diminuer les contraintes sur le matériau de la pièce horlogère tout en conservant une bonne tenue.

[0066] Ce chauffage faciliterait également la formation d'un trou par le passage de l'axe dans le cas où un disque est utilisé pour former l'élément de fixation lors de l'étape a). Cette configuration permettrait enfin de diminuer les risques de désolidarisation de l'ensemble formé à l'étape b), b').

[0067] Il est également possible de jouer sur la structuration de surface de l'axe 5, 25, 35 afin d'améliorer l'accroche lors de l'étape c), c') de chassage.

[0068] De plus, l'utilisation d'un axe 5, 25, 35 à faible coefficient de dilatation est préférable pour limiter le retrait lors du refroidissement qu'il soit effectué lors de l'étape b), b') ou c), c').

[0069] Enfin, à la lecture des procédés ci-dessus, on comprend qu'il est possible de former plusieurs ensembles en même temps. Ainsi, à titre d'exemple, les pièces horlogères pourraient être maintenues solidaires de leur plaquette de gravage et les éléments de fixation de leur bande ou de leur fil afin de les monter les unes sur les autres pour l'étape b), b') de solidarisation (appelé « wafer scale assembling » en anglais). De manière similaire, plusieurs ensembles pourraient être chassés sur leur axe respectif lors de la même étape c), c').

Revendications

1. Procédé d'assemblage d'un assortiment horloger (1, 11, 21) comportant les étapes suivantes :

a) fabriquer séparément une pièce horlogère (3, 13, 23) et un élément de fixation (7', 17', 27'), ledit élément de fixation (7', 17', 27') étant fabriqué en alliage métallique au moins partiellement amorphe ;

b) enfoncer partiellement au moins une partie de la pièce horlogère (3, 13, 23) dans l'épaisseur de l'élément de fixation (7', 17', 27') chauffé entre sa température de transition vitreuse (Tg) et sa température de cristallisation (Tx) afin de former un ensemble pièce horlogère (3, 13, 23) - élément de fixation (7, 17, 27) ;

c) chasser un axe (5, 25) dans un trou (8, 18, 28) de l'élément de fixation (7, 17, 27) pour former l'assortiment horloger (1, 11, 21) en laissant un interstice entre la pièce horlogère (3, 13, 23) et l'axe (5, 25).

2. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le trou (8, 18, 28) est formé lors de l'étape a), lors de l'étape b) ou lors de l'étape c).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre, entre l'étape b) et

l'étape c), l'étape suivante :

d) maintenir l'ensemble pièce horlogère (3, 13, 23) - élément de fixation (7, 17, 27) au-dessus de la température de transition vitreuse (Tg) de l'élément de fixation (7, 17, 27) afin de rendre plus ductile l'élément de fixation (7, 17, 27).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape c) comporte en outre les phases suivantes :

c1) chauffer l'axe (5, 25) au-dessus de la température de transition vitreuse (Tg) de l'élément de fixation (7, 17, 27).

c2) chasser l'axe (5, 25) dans le trou (8, 18, 28) de l'élément de fixation (7, 17, 27) afin d'élever la température de la surface de contact de l'élément de fixation (7, 17, 27) au-dessus de sa température de transition vitreuse (Tg) dans le but de ramollir localement l'élément de fixation (7, 17, 27) pour diminuer les contraintes sur le matériau de la pièce horlogère (3, 13, 23, 33, 43) tout en conservant une bonne tenue.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23) est plaquée contre une portée (6, 26) de l'axe (5, 25) lors de l'étape c) de chassage.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** l'élément de fixation (7, 17, 27) est plaqué contre une portée (6, 26) de l'axe (5, 25) lors de l'étape c) de chassage.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23) comporte au moins un évidement (12) permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation (7, 17, 27).

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'un** gabarit est utilisé lors de l'étape b) afin de garantir la géométrie de l'élément de fixation (7, 17, 27).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'une** entretoise est utilisée lors de l'étape b) afin de garantir la profondeur de pénétration de la pièce horlogère (3, 13, 23) dans l'épaisseur l'élément de fixation (7, 17, 27).

10. Procédé d'assemblage d'un assortiment horloger (31, 41, 51) comportant les étapes suivantes :

a') fabriquer séparément une pièce horlogère (33, 43), un élément de fixation en alliage métallique au moins partiellement amorphe et un

- organe de chassage (39, 49) muni d'un trou (38, 48) ;
 b') enfoncer partiellement au moins une partie de la pièce horlogère (33, 43) et de l'organe de chassage (39, 49) dans l'épaisseur de l'élément de fixation chauffé entre sa température de transition vitreuse (Tg) et sa température de cristallisation (Tx) afin de former un ensemble pièce horlogère (33, 43) - élément de fixation (37, 47) - organe de chassage (39, 49) ;
 c') chasser un axe (35) dans le trou (38, 48) de l'organe de chassage (39, 49) pour former l'assortiment horloger (31, 41, 51) en laissant un interstice entre la pièce horlogère (33, 43) et l'axe (35).
11. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (33, 43) est plaquée contre une portée (36) de l'axe (35) lors de l'étape c') de chassage.
 12. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** l'organe de chassage (39, 49) est plaqué contre une portée (36) de l'axe (35) lors de l'étape c') de chassage.
 13. Procédé selon l'une des revendications 10 à 12, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (33, 43) comporte au moins un évidement (42) permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation (37, 47).
 14. Procédé selon l'une des revendications 10 à 13, **caractérisé en ce que** l'organe de chassage (39, 49) comporte au moins un évidement (46) permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation (37, 47).
 15. Procédé selon l'une des revendications 10 à 14, **caractérisé en ce qu'un** gabarit est utilisé lors de l'étape b') afin de garantir la géométrie de l'élément de fixation (37, 47).
 16. Procédé selon l'une des revendications 10 à 15, **caractérisé en ce qu'une** entretoise est utilisée lors de l'étape b') afin de garantir la profondeur de pénétration de la pièce horlogère (33, 43) et de l'organe de chassage (39, 49) dans l'épaisseur de l'élément de fixation (37, 47).
 17. Assortiment horloger (1, 11, 21) comportant une pièce horlogère (3, 13, 23) fixée à un axe (5, 25) à l'aide d'un élément de fixation (7, 17, 27) comportant un trou (8, 18, 28) dans lequel est chassé ledit axe **caractérisé en ce que** l'élément de fixation (7, 17, 27) est en alliage métallique au moins partiellement amorphe et est solidaire de la pièce horlogère (3, 13, 23) par enfoncement partiel de l'un dans l'autre, et **en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23) comporte un ajourage (4, 14, 24) qui s'étend autour du trou (8, 18, 28) de l'élément de fixation (7, 17, 27) en ayant une plus grande section afin de laisser un interstice entre la paroi de l'ajourage (4, 14, 24) et l'axe (5, 25).
 18. Assortiment (1, 11, 21) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23) est montée contre une portée (6, 26) de l'axe (5, 25).
 19. Assortiment (1, 11, 21) selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** l'élément de fixation (7, 17, 27) est monté contre une portée (6, 26) de l'axe (5, 25).
 20. Assortiment (1, 11, 21) selon l'une des revendications 17 à 19, **caractérisé en ce qu'au** moins un cinquième de la hauteur de la pièce horlogère (3, 13, 23) est recouvert par l'élément de fixation (7, 17, 27).
 21. Assortiment (1, 11, 21) selon l'une des revendications 17 à 20, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23) comporte au moins un évidement (12) permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation (7, 17, 27).
 22. Assortiment (31, 41, 51) horloger comportant une pièce horlogère (33, 43) fixée à un axe (35) à l'aide d'un élément de fixation (37, 47) et d'un organe de chassage (39, 49) comportant un trou (38, 48) dans lequel est chassé ledit axe **caractérisé en ce que** l'élément de fixation (37, 47) est en alliage métallique au moins partiellement amorphe, est solidaire respectivement de la pièce horlogère (33, 43) et de l'organe de chassage (39, 49) par enfoncement partiel respectif de l'un dans l'autre et **en ce que** la pièce horlogère (33, 43) comporte un ajourage (34, 44) qui s'étend autour du trou (38, 48) de l'organe de chassage (39, 49) en ayant une plus grande section afin de laisser un interstice entre la paroi de l'ajourage (34, 44) et l'axe (35).
 23. Assortiment (31, 41, 51) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (33, 43) est montée contre une portée (36) de l'axe (35).
 24. Assortiment (31, 41, 51) selon la revendication 22, **caractérisé en ce que** l'organe de chassage (39, 49) est monté contre une portée (36) de l'axe (35).
 25. Assortiment (31, 41, 51) selon l'une des revendications 22 à 24, **caractérisé en ce qu'au** moins un cinquième des hauteurs de la pièce horlogère (33, 43) et de l'organe de chassage (39, 49) sont recouverts par l'élément de fixation (37, 47).

26. Assortiment (31, 41, 51) selon l'une des revendications 22 à 25, **caractérisé en ce que** l'organe de chassage (39, 49) et/ou la pièce horlogère (33, 43) comportent au moins un évidement (42, 46) permettant d'augmenter la surface de contact avec l'élément de fixation (37, 47).
27. Assortiment (31, 41, 51) selon l'une des revendications 22 à 26, **caractérisé en ce que** l'organe de chassage (39, 49) est formé en un métal ou en un alliage métallique.
28. Assortiment (31, 41, 51) selon l'une des revendications 17 à 27, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23, 33, 43) comporte du silicium monocristallin dopé ou non, du silicium polycristallin dopé ou non, de l'oxyde de silicium, du quartz, de la silice, du corindon monocristallin, du corindon polycristallin, de l'alumine, du rubis, du nitrure de silicium ou du carbure de silicium.
29. Assortiment (31, 41, 51) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23, 33, 43) comporte au moins un revêtement partiel d'oxyde de silicium, de nitrure de silicium, de carbure de silicium ou d'un allotrope du carbone.
30. Assortiment (31, 41, 51) selon l'une des revendications 17 à 29, **caractérisé en ce que** l'élément de fixation (7, 17, 27, 37, 47) est formé en un alliage à base magnésium, à base titane, à base zirconium, à base fer, à base cobalt, à base or, à base palladium ou à base platine.
31. Assortiment (31, 41, 51) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** l'élément de fixation (7, 17, 27, 37, 47) est formé par un alliage à structure au moins partiellement amorphe du type ZrTiCuNiBe, PdCuNiP ou PtCuNiP.
32. Assortiment (1, 11, 21, 31, 41, 51) selon l'une des revendications 17 à 31, **caractérisé en ce qu'il** forme tout ou partie d'un rouage (101).
33. Assortiment (1, 11, 21, 31, 41, 51) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23, 33, 43) forme une roue (102), un pignon (104, 112), une masse oscillante (106) ou un ressort.
34. Assortiment (1, 11, 21, 31, 41, 51) selon l'une des revendications 17 à 31, **caractérisé en ce qu'il** forme tout ou partie d'un système d'échappement (103).
35. Assortiment (1, 11, 21, 31, 41, 51) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23, 33, 43) forme une roue d'échap-
- pement (107), une baguette (108) d'ancre (109), un dard (110) d'ancre (109) ou une fourchette (111) d'ancre (109).
36. Assortiment (1, 11, 21, 31, 41, 51) selon l'une des revendications 17 à 31, **caractérisé en ce qu'il** forme tout ou partie d'un résonateur (105).
37. Assortiment (1, 11, 21, 31, 41, 51) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la pièce horlogère (3, 13, 23, 33, 43) forme un balancier (113), un plateau ou un spiral (115).
38. Pièce d'horlogerie **caractérisée en ce qu'elle** comporte au moins un assortiment horloger (1, 11, 21, 31, 41, 51) selon l'une des revendications 17 à 37.

Fig. 1

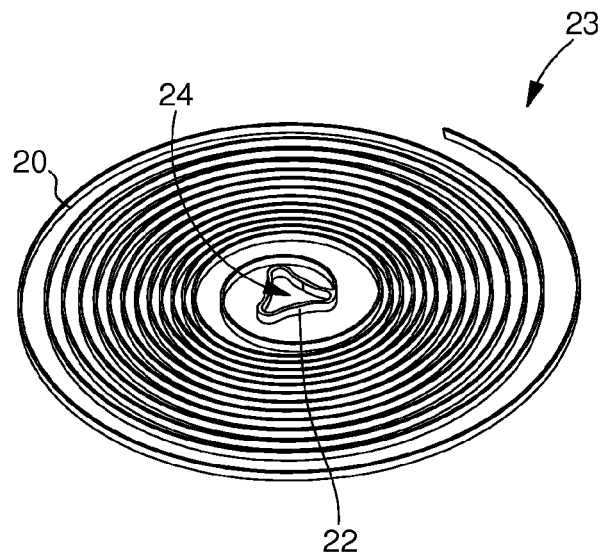


Fig. 16

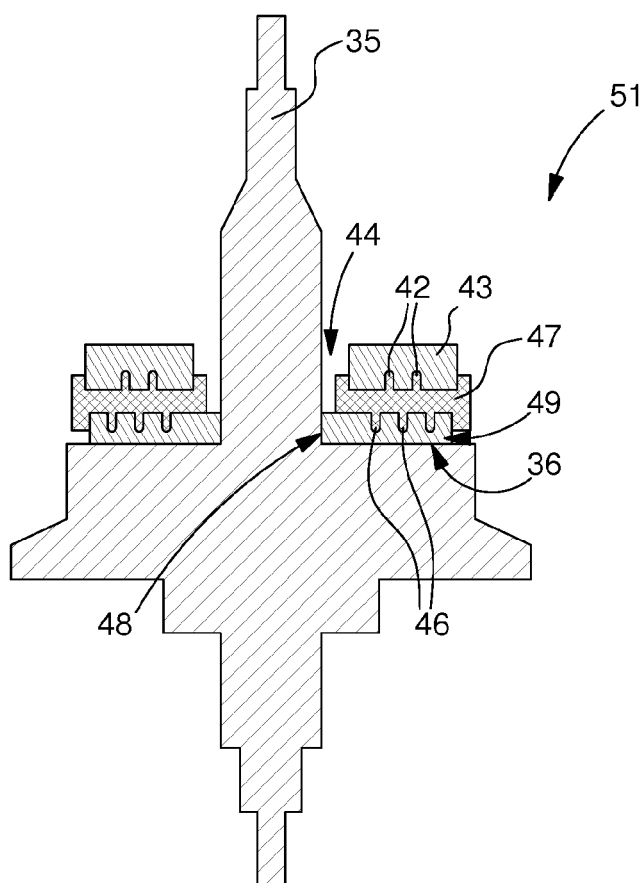


Fig. 2

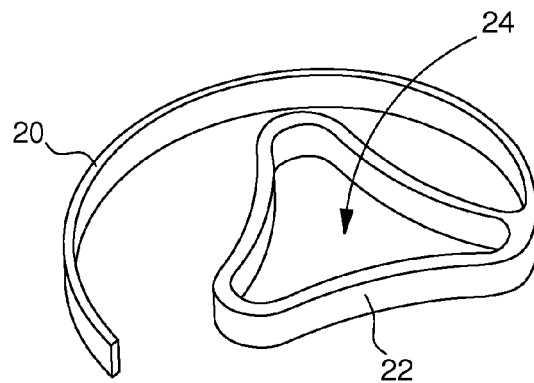


Fig. 3

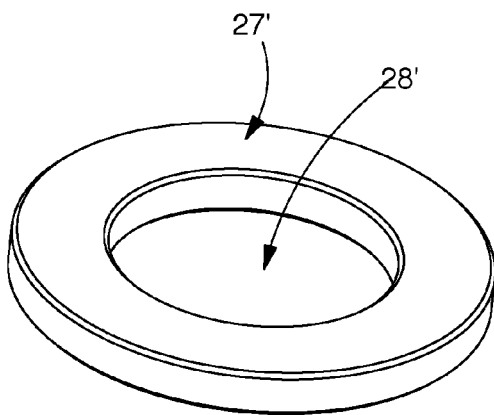


Fig. 9

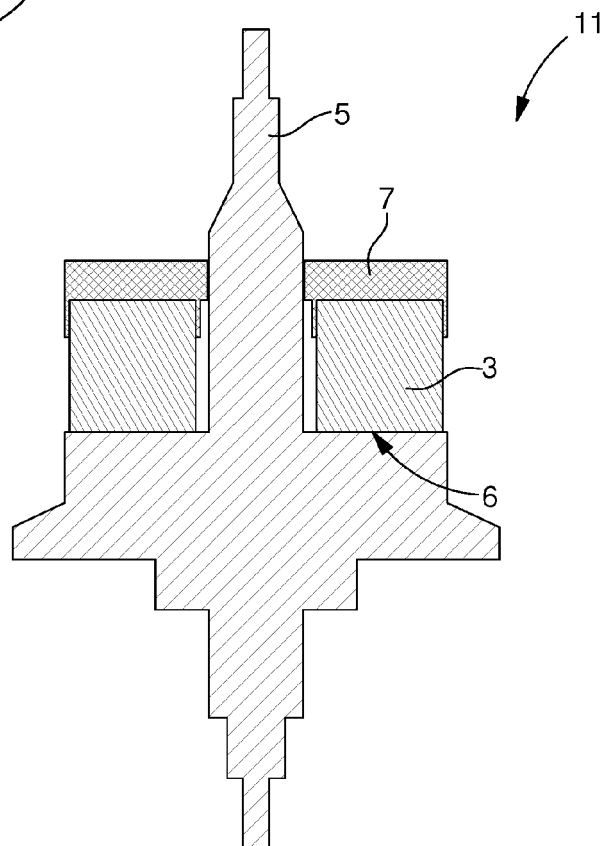


Fig. 4

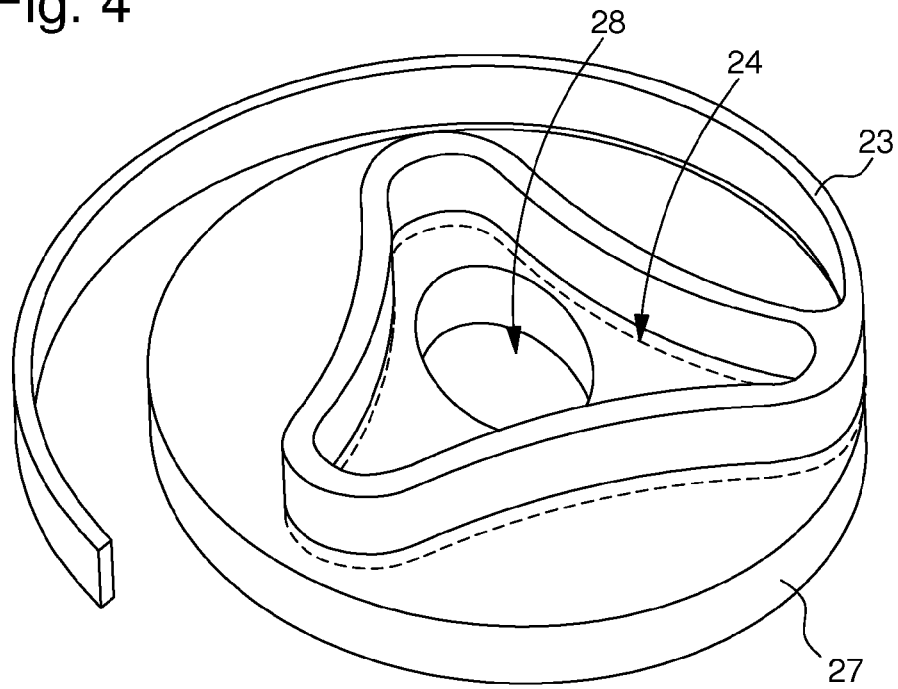


Fig. 5

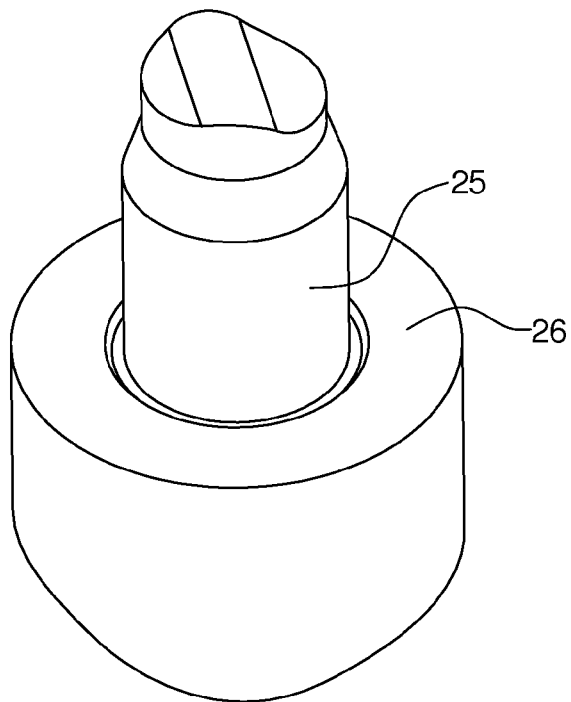


Fig. 6

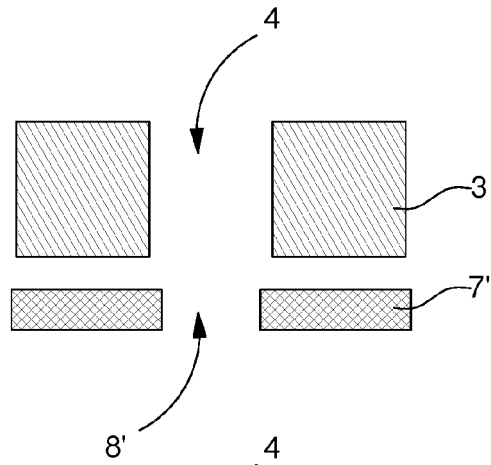


Fig. 7

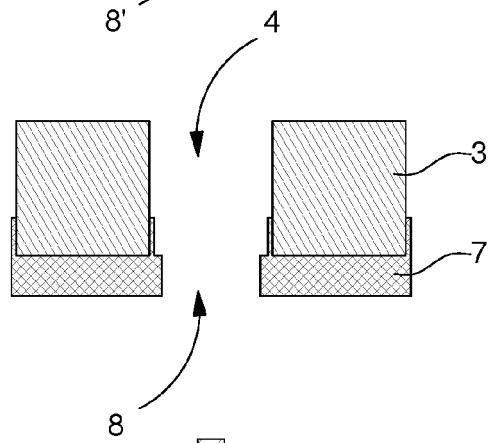


Fig. 8

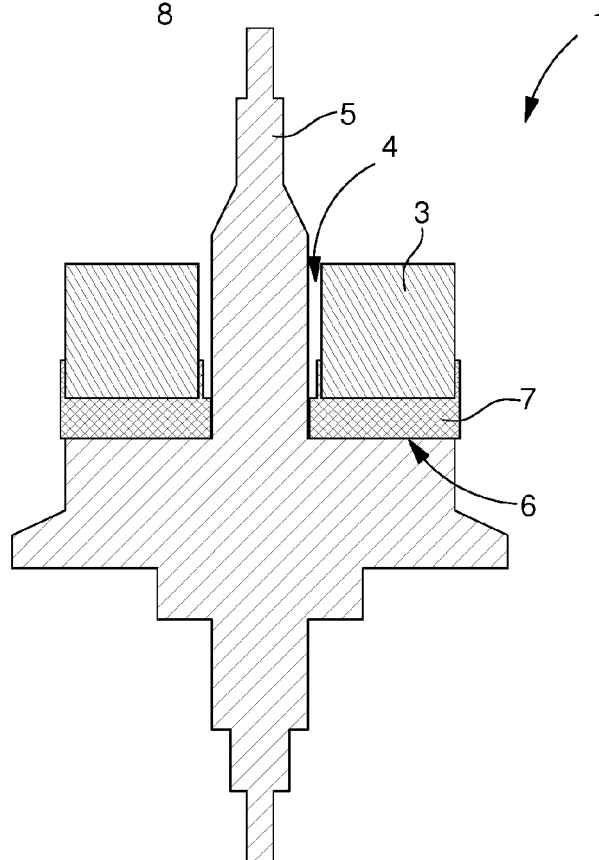


Fig. 10

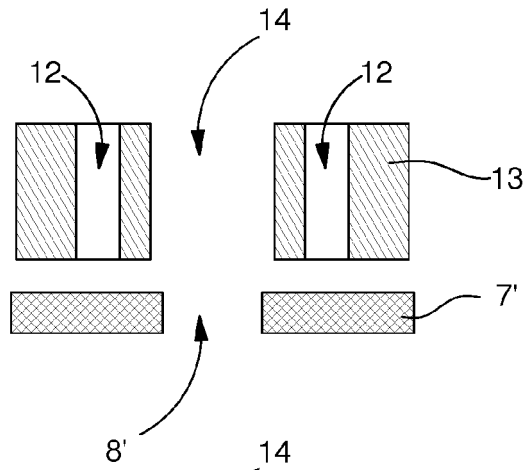


Fig. 11

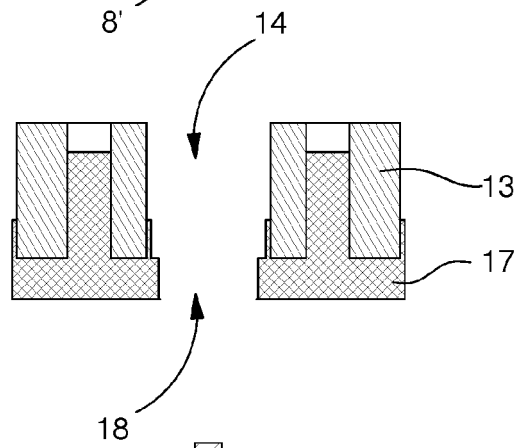


Fig. 12

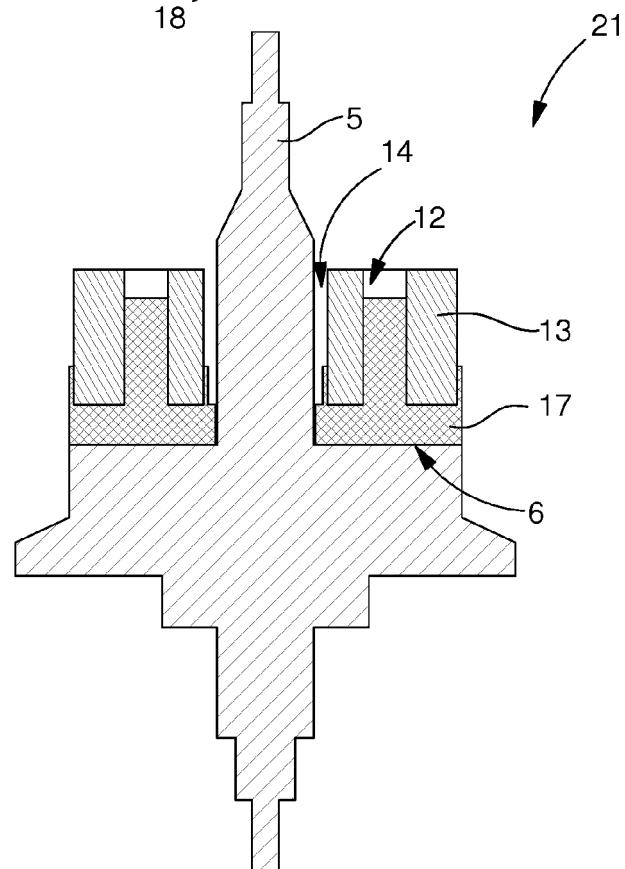


Fig. 13

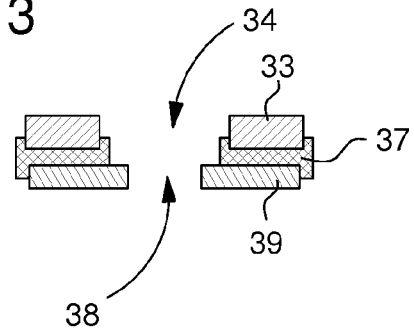


Fig. 14

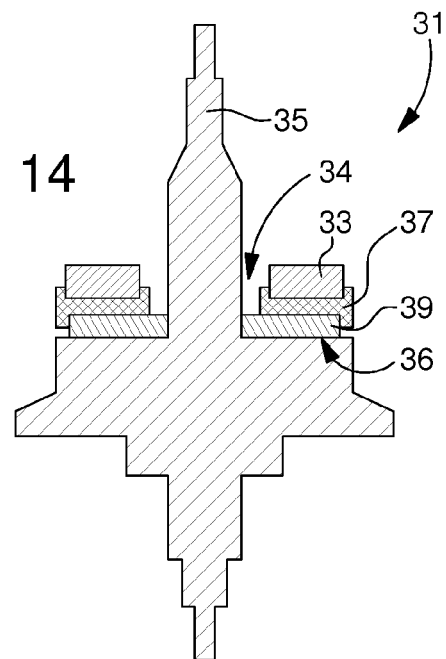


Fig. 15

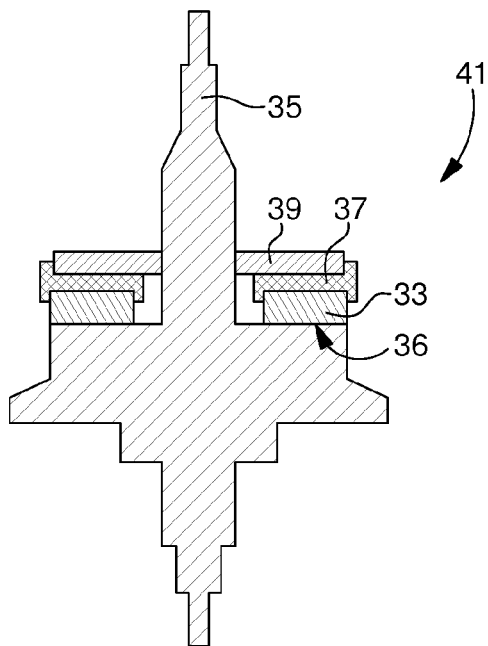


Fig. 17

