



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
23.06.2021 Bulletin 2021/25

(51) Int Cl.:
G04B 15/14 (2006.01) **G04C 5/00** (2006.01)
G04C 3/10 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19217598.2**

(22) Date de dépôt: **18.12.2019**

(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
KH MA MD TN**

(71) Demandeur: **ETA SA Manufacture Horlogère
Suisse
2540 Grenchen (CH)**

(72) Inventeur: **HUOT-MARCHAND, Sylvain
CH-2743 Eschert (CH)**

(74) Mandataire: **ICB SA
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)**

(54) **PROCEDE DE FABRICATION D'AU MOINS DEUX PIECES MECANQUES**

(57) L'invention concerne un procédé de fabrication d'au moins deux pièces mécaniques (1a, 1b) comprenant des zones fonctionnelles aimantées (2a, 2b) présentant des polarités antagonistes, lesdites pièces étant prévues pour être agencées dans un mécanisme notamment un mécanisme horloger pour coopérer l'une avec l'autre dans un déplacement relatif, le procédé comprenant une étape de construction (10) d'une ébauche de chacune des deux pièces (1a, 1b) comportant au moins une zone fonctionnelle (2a, 2b) à partir de laquelle lesdites pièces (1a, 1b) sont susceptibles de coopérer entre elles et une

étape d'obtention (12) de chacune des pièces comportant une sous-étape de transformation (13) de ladite au moins une zone fonctionnelle de l'ébauche de chacune de ces pièces (1a, 1b) en une zone fonctionnelle (2a, 2b) aimantée de laquelle émane un champ magnétique dont au moins une caractéristique est configurée pour que ce champ magnétique participe en la réalisation d'un décollement des zones fonctionnelles aimantées (2a, 2b) des deux pièces (1a, 1b) lorsqu'elles sont dans une position d'arrêt dans le mécanisme.

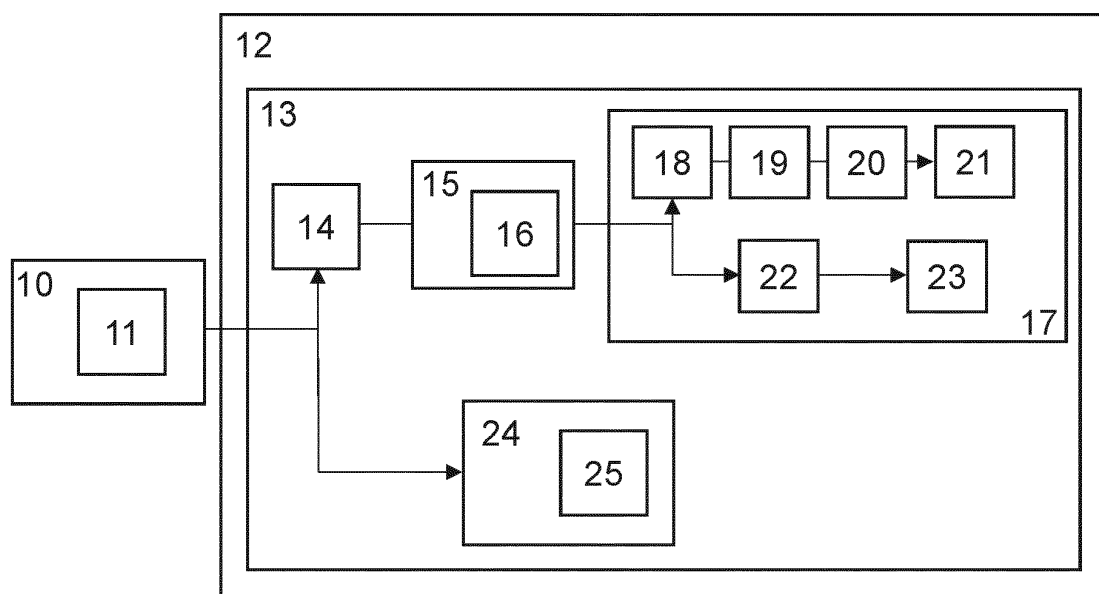


FIG.1

Description

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne un procédé de fabrication d'au moins deux pièces mécaniques comprenant des zones fonctionnelles aimantées présentant des polarités antagonistes.

[0002] L'invention concerne également un mécanisme comprenant au moins deux pièces mécaniques obtenues selon un tel procédé de fabrication. Ces pièces mécaniques sont par exemple des pièces micromécaniques et/ou horlogères, typiquement une roue, une platine, une levée d'ancre, un balancier ou encore un axe.

Etat de la technique

[0003] Dans le domaine des mécanismes et en particulier des mécanismes horlogers tels que des mouvements mécaniques mettant en œuvre des pièces mécaniques en contact frictionnel et en déplacement relatif, il est connu que de telles pièces, à l'exception évidemment du balancier, sont dans une position d'arrêt la majeure partie du temps, environ 95% du temps. Dans ce contexte, lorsque ces pièces sont sollicitées dans le cadre du fonctionnement de ce mouvement, l'énergie mobilisée pour mettre en déplacement ces pièces doit être suffisante pour vaincre un type de frottements particuliers appelés frottements statiques.

[0004] Un tel frottement statique résulte de forces d'adhésion établies entre les pièces de ce mouvement en particulier au niveau de leur surface de contact et ce, lorsqu'elles sont à l'arrêt. Ces forces d'adhésion peuvent provenir par exemple de forces intermoléculaires comme les forces dites de Van der Waals (London, Keesom et Debye) qui sont de nature essentiellement électrostatique et résultent notamment de l'établissement de liaisons hydrogène de nature partiellement covalente entre les surfaces de contact antagonistes de ces pièces. Ces forces d'adhésion peuvent provenir aussi de forces intramoléculaires, d'intensité plus élevée que celle des forces intermoléculaires, qui peuvent d'ailleurs conduire à des dégradations des surfaces de ces pièces. De telles de forces intramoléculaires peuvent résulter d'éléments chimiques qui ont été adsorbés par les surfaces de contact antagonistes et qui sont alors à l'origine de l'établissement de liaisons covalentes entre ces surfaces de contact sous l'effet de la pression ou du fait de la présence d'un catalyseur.

[0005] On notera qu'à une échelle plus macroscopique, les collements entre ces surfaces de contact antagonistes sont généralement vus comme des effets capillaires (par exemple eau adsorbée ou présence de lubrifiant dans le contact) ou comme des effets d'adhésion (par exemple microsoudures d'aspérités sous l'effet de la pression).

[0006] Dans ces conditions, on comprend qu'il existe un besoin de trouver une solution qui permettent de limi-

ter voire de supprimer de tels frottements statiques afin d'améliorer le fonctionnement de tels mécanismes.

Résumé de l'invention

[0007] L'invention a donc pour but de fournir un procédé de fabrication d'au moins deux pièces mécaniques prévues pour être agencées dans un mécanisme notamment un mécanisme horloger et aptes à coopérer l'une avec l'autre dans un déplacement relatif et qui ont la particularité d'éviter l'établissement d'une liaison/collement entre leur surface de contact antagoniste lorsqu'elles sont à l'arrêt.

[0008] A cet effet, l'invention concerne un procédé de fabrication d'au moins deux pièces mécaniques comprenant des zones fonctionnelles aimantées présentant des polarités antagonistes, lesdites pièces étant prévues pour être agencées dans un mécanisme notamment un mécanisme horloger pour coopérer l'une avec l'autre dans un déplacement relatif, le procédé comprenant une étape de construction d'une ébauche de chacune des deux pièces comportant au moins une zone fonctionnelle à partir de laquelle lesdites pièces sont susceptibles de coopérer entre elles et une étape d'obtention de chacune des pièces comportant une sous-étape de transformation de ladite au moins une zone fonctionnelle de l'ébauche de chacune de ces pièces en une zone fonctionnelle aimantée de laquelle émane un champ magnétique dont au moins une caractéristique est configurée pour que ce champ magnétique participe en la réalisation d'un décollement des zones fonctionnelles aimantées des deux pièces lorsqu'elles sont dans une position d'arrêt dans le mécanisme.

[0009] Grâce à de telles caractéristiques, ce procédé permet d'obtenir des pièces mécaniques prévues pour coopérer l'une avec l'autre dans un déplacement relatif et dont les surfaces de contact antagonistes sont décollées lorsqu'elles sont à l'arrêt participant ainsi à diminuer la consommation d'énergie nécessaire à leur remise en déplacement/mouvement. Dans ce contexte, de telles pièces participent alors à augmenter le rendement global d'un mécanisme horloger comme un mouvement.

[0010] Dans d'autres modes de réalisation :

- la sous-étape de transformation comprend une phase de détermination de paramètres du champ magnétique requis pour la réalisation dudit décollement pour chacune desdites au moins deux pièces à partir de l'estimation d'au moins une caractéristique relative à ce champ magnétique en fonction de critères de décollement desdites au moins deux pièces ;
- la sous-étape de transformation comprend une phase de réalisation d'au moins un canal dans une partie du corps de l'ébauche localisée dans ladite au moins une zone fonctionnelle notamment en dessous d'une surface de contact fonctionnelle comprise dans la dite au moins une zone de chacune desdites

au moins deux pièces ;

- la phase de réalisation comprend une sous-phase de détermination de spécificités dudit au moins un canal à construire dans ladite au moins une zone fonctionnelle en fonction des paramètres déterminés du champ magnétique requis ;
- la sous-étape de transformation comprend une phase d'agencement dans ledit au moins un canal d'une quantité matière développant un champ magnétique en fonction des paramètres déterminés du champ magnétique requis ;
- la phase d'agencement comprend une sous-phase d'insertion d'un fluide, notamment d'une résine réticulable, comprenant des particules magnétiques dans ledit au moins un canal ;
- la phase d'agencement comprend une sous-phase de magnétisation des particules magnétiques comprises dans ledit fluide ;
- la phase d'agencement comprend une sous-phase de définition d'une orientation de la polarité antagoniste des particules magnétiques comprises dans ledit fluide ;
- la phase d'agencement comprend une sous-phase de durcissement dudit fluide comprenant les particules magnétiques magnétisées et pourvues d'une polarité antagoniste orientée ;
- les sous-phases de magnétisation, de définition et de durcissement sont réalisées sensiblement simultanément ou simultanément ;
- la phase durcissement consiste en une polymérisation par photo-réticulation et/ou par réticulation chimique ;
- la phase d'agencement comprend un sous-phase d'insertion d'une matière développant un champ magnétique comprenant au moins un aimant permanent dans ledit au moins un canal, et
- la phase d'agencement comprend un sous-phase de maintien mécanique dudit au moins un aimant permanent dans ledit au moins un canal.

[0011] L'invention concerne aussi un mécanisme notamment mécanisme horloger comprenant au moins deux pièces mécaniques prévues pour coopérer l'une avec l'autre et susceptibles d'être obtenues selon ce procédé.

[0012] Avantageusement, lesdites pièces mécaniques comprennent des zones fonctionnelles aimantées présentant des polarités antagonistes.

[0013] En particulier, la zone fonctionnelle aimantée de chacune de ces pièces est apte à générer un champ magnétique dont l'intensité est configurée pour assurer un décollement des zones fonctionnelles aimantées des deux pièces lorsque ces deux pièces sont à l'arrêt dans le mécanisme.

Brève description des figures

[0014] Les buts, avantages et caractéristiques du procédé de fabrication d'une pièce mécanique selon l'invention apparaîtront mieux dans la description suivante sur la base d'au moins une forme d'exécution non limitative illustrée par les dessins sur lesquels :

- la figure 1 est un organigramme représentant des étapes d'un procédé de fabrication d'au moins deux pièces mécaniques comprenant des zones fonctionnelles aimantées présentant des polarités antagonistes, selon un mode de réalisation de l'invention, et
- la figure 2 est une vue schématique d'une variante des deux pièces mécaniques comprenant chacune cette dite au moins une zone fonctionnelle aimantée/magnétique, selon le mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée de l'invention

[0015] La figure 1 représente un procédé de fabrication d'au moins deux pièces mécaniques 1a, 1b notamment micromécaniques, comprenant des zones fonctionnelles aimantées présentant des polarités antagonistes. Ces pièces 1a, 1b sont spécifiquement prévues pour coopérer l'une avec l'autre lorsqu'elles sont assemblées dans un mécanisme, et ce au niveau de ces zones fonctionnelles 2a, 2b. De telles pièces sont donc définies pour être agencées dans ce mécanisme pour coopérer l'une avec l'autre dans un déplacement relatif. Chaque zone fonctionnelle de chaque pièce comprend une surface 3a, 3b autrement appelée surface de contact fonctionnelle 3a, 3b. Une zone fonctionnelle 2a, 2b est donc une partie du corps d'une pièce mécanique 1a, 1b qui se distingue des autres parties de corps de ladite pièce 1a, 1b en ce que cette zone 2a, 2b est spécifiquement prévue pour participer à la réalisation de la fonction attendue de cette pièce mécanique 1a en coopérant par exemple avec au moins une zone fonctionnelle 2a, 2b d'une autre pièce mécanique 1b lorsque ces pièces 1a, 1b sont des éléments constitutifs d'une chaîne cinématique mise en œuvre dans le mécanisme. Ces pièces 1a, 1b peuvent être également à titre d'exemple des pièces mécaniques 1a, 1b d'un mécanisme horloger constituant en tout ou partie un mouvement horloger, et peuvent donc être aussi appelées « pièces mécaniques horlogères ». De telles pièces mécaniques 1a, 1b horlogères peuvent être chacune une roue dentée telle que celle qui est illustrée sur la figure 2 ou encore une roue d'échappement, une ancre ou encore toutes autres pièces pivotées comme des ar-

bres. Dans ce contexte, lorsque chacune de ces deux pièces 1a, 1b est une roue, elle comprend alors une surface de contact fonctionnelle 3a, 3b et une surface interne 4a, 4b préférentiellement opposée à la surface de contact 3a, 3b, lesdites surfaces 3a, 3b, 4a, 4b étant séparées l'une de l'autre par une épaisseur référencée e de cette roue définie dans cette zone fonctionnelle 2a, 2b.

[0016] Un tel procédé comprend une étape de construction 10 d'une ébauche de chacune de ces deux pièces 1a, 1b, cette ébauche comportant au moins une zone fonctionnelle 2a, 2b à partir de laquelle lesdites pièces sont susceptibles de coopérer entre elles. Autrement dit, la première pièce 1a comprend la zone fonctionnelle 2a pourvue de la surface de contact 3a qui est susceptible lors d'un déplacement relatif de coopérer avec la surface de contact 3b de la zone fonctionnelle 2b de la deuxième pièce mécanique 1b. Cette étape 10 du procédé comprend une sous-étape d'édification 11 d'un corps de ladite ébauche de chaque pièce 1a, 1b. Une telle sous-étape 11 peut par exemple prévoir la mise en œuvre d'un processus de gravure de couches/substrats à base par exemple d'une matière comme le silicium de manière similaire au processus mis en œuvre dans le document WO9815504A1. Cette sous-étape 11 peut aussi prévoir de manière alternative la réalisation de ce corps de l'ébauche pour ces deux pièces selon un processus de fabrication de ce corps d'ébauche en silicium renforcé selon la technologie décrite dans le document CH701499A2. Dans une autre alternative, cette sous-étape 11 peut également prévoir la mise en œuvre d'une technologie d'impression en trois dimensions pour la réalisation de ce corps de l'ébauche comme par exemple celle décrite dans le document WO2019106407A1. Ce corps de l'ébauche de chaque pièce 1a, 1b est préférentiellement réalisé dans une matière amagnétique et/ou avoir un indice de perméabilité magnétique faible voire nul. Cette matière peut être de manière non limitative et non exhaustive :

- Verres : silice fondue, quartz fondu, aluminosilicate, borosilicate, etc..
- Matériaux sous forme cristalline ou polycristalline : Silicium, Germanium, carbure de Silicium, nitrure de Silicium, quartz, etc..
- Matériaux cristallins : rubis, saphir, diamant, etc..
- Matériaux céramiques et vitrocéramiques.
- Matériaux polymères y compris les verres organiques comme les polycarbonates ou les acryliques.
- Matériaux métalliques sous formes cristalline ou amorphe.

[0017] Un tel corps de l'ébauche relatif à chaque pièce mécanique 1a, 1b présente la forme ainsi que toutes les

autres caractéristiques de la pièce mécanique 1a, 1b qui sera obtenue à l'exception des aménagements/modifications prévus de ce corps d'ébauche pour la transformation de ladite au moins une zone fonctionnelle 2a, 2b en une zone fonctionnelle 2a, 2b aimantée. Ainsi dans ce contexte, le procédé comprend donc une étape d'obtention 12 de chacune de ces deux pièces mécaniques 1a, 1b comportant une sous-étape de transformation 13 de ladite au moins une zone fonctionnelle de l'ébauche de chacune de ces pièces mécaniques 1a, 1b en une zone fonctionnelle aimantée de laquelle émane un champ magnétique dont au moins une caractéristique est configurée pour que ce champ magnétique participe en la réalisation d'un décollement entre la zone fonctionnelle 2a aimantée de la première pièce 1a et la zone fonctionnelle 2b aimantée de la première pièce 1b des deux pièces lorsque ces deux pièces 1a, 1b assemblées dans le mécanisme, sont à l'arrêt c'est-à-dire qu'elles ne coopèrent plus l'une avec l'autre dans un déplacement/mouvement relatif. On comprend donc que les zones fonctionnelles 2a, 2b de ces pièces sont spécifiquement définies pour participer à assurer une répulsion contrôlée de ces deux pièces mécaniques 1a, 1b lorsqu'elles sont dans une position d'arrêt dans le mécanisme et ce, de manière à assurer un décollement entre la surface de contact 3a de la première pièce 1a et la surface de contact 3b de la deuxième pièce 1b.

[0018] Pour ce faire, cette sous-étape 13 comprend une phase de détermination 14 de paramètres du champ magnétique requis pour la réalisation dudit décollement et qui est susceptible d'être généré par ladite au moins une zone fonctionnelle 2a, 2b de chaque pièce 1a, 1b et ce, à partir de l'estimation d'au moins une caractéristique relative à ce champ magnétique en fonction de critères de décollement desdites au moins deux pièces 1a, 1b. Une telle phase 14 vise à définir le ou les caractéristiques du champ magnétique de la zone fonctionnelle 2a, 2b de chacune des pièces 1a, 1b qui est requis pour la réalisation spécifique d'une fonction visant à assurer le décollement des surfaces de contact 3a, 3b respectives des zones fonctionnelles 2a, 2b des deux pièces mécaniques 1a, 1b lorsque ces dernières sont assemblées dans le mécanisme et à l'arrêt.

[0019] Les caractéristiques de ce champ magnétique concernent par exemple l'intensité du champ magnétique et la répartition de cette intensité relativement à la zone fonctionnelle 2a, 2b, en particulier relativement à la surface de contact 3a, 3b. Une telle intensité et sa répartition sont déterminées pour chacune des deux pièces 1a, 1b notamment en fonction des critères de décollement des deux pièces 1a, 1b comprenant de manière non limitative et non exhaustive les informations suivantes :

- le type/nature de cette pièce à savoir : sa fonction dans le mécanisme, la matière qui la constitue, ses caractéristiques structurales (dimensions, poids, etc...);

- le type de mécanisme dans lequel ladite pièce sera mise en oeuvre ;
- le type de coopération qu'elle aura avec l'autre pièce : par engrenage, par friction ;
- le type de mouvement/déplacement relatif entre cette pièce et l'autre pièce ;
- le type/nature du fonctionnement de cette pièce dans le mécanisme ;
- le type/nature de l'autre pièce avec laquelle la pièce est susceptible de coopérer dans le mécanisme ;
- le type/nature du ou des phénomènes adhésifs que cette pièce est susceptible de rencontrer dans sa coopération avec l'autre pièce ;
- des vitesses des deux pièces dans le mécanisme.

[0020] Une fois la phase 14 de configuration effectuée, la sous-étape de transformation 13 comprend une phase de réalisation 15 d'au moins un canal 5 dans une partie du corps de l'ébauche de chaque pièce 1a, 1b, cette partie étant localisée dans ladite au moins une zone fonctionnelle 2a, 2b en dessous de la surface de contact fonctionnelle 3a, 3b comprise dans la dite au moins une zone fonctionnelle 2a, 2b. Une telle phase 15 comprend une sous-phase de détermination 16 de spécificités dudit au moins un canal 5 à construire dans ladite au moins une zone fonctionnelle 2a, 2b en fonction des paramètres requis déterminés du champ magnétique estimés lors de la phase 14 précédente. Ces spécificités dudit au moins un canal comprennent la forme, la valeur de d'une section ou de plusieurs sections ce canal 5 s'il comprend des sections différentes, l'étendue de ce canal 5 dans la zone fonctionnelle relativement à la surface de contact 3a, 3b notamment la direction et/ou sens dans lequel le canal s'étend dans la zone relativement à la surface de contact 3a, 3b, l'emplacement de ce canal 5 relativement à la surface de contact 3a, 3b, et/ou l'emplacement de chaque partie constituant ce canal 5 relativement à cette surface de contact. On notera que la définition de l'étendue et de l'emplacement de tout ou partie de ce canal relativement à la surface de contact 3a, 3b signifie que cette étendue et cet emplacement sont fonction de la distance présente entre cette surface de contact 3a, 3b et le canal 5 et/ou fonction de la longueur et/ou largeur et/ou l'étendue de cette surface de contact 3a, 3b de la zone fonctionnelle 2a, 2b

[0021] On notera que le canal 5 qui est réalisée pour chaque pièce 1a, 1b dans l'épaisseur e d'une partie de ce corps de l'ébauche où est localisée la zone fonctionnelle 2a, 2b, et présente de préférence une dimension faible. À titre d'exemple, la section d'un tel canal 5 présente une surface inférieure à $25'000 \mu\text{m}^2$, de préférence inférieure à $10'000 \mu\text{m}^2$.

[0022] Cette phase 14 peut prévoir la formation d'un tel canal 5 à partir d'un laser à impulsions femtosecondes et ce, selon une technologie décrite dans le document WO2019106407A1. Ce canal 5 est défini dans l'épaisseur e du corps de l'ébauche de chaque pièce en dessous de la surface de contact 3a, 3b de la zone fonctionnelle 2a, 2b.

[0023] Un tel canal 5 comprend une ouverture 8 qui est définie dans la face latérale du corps de l'ébauche comprise dans la zone fonctionnelle 2a, 2b ou dans la surface interne 4a, 4b de cette zone fonctionnelle 2a, 2b, cette ouverture 8 relie une enceinte de ce canal 5 à l'environnement extérieure du corps de l'ébauche. Cette face latérale relie entre elles les surfaces interne 4a, 4b et de contact 3a, 3b de la zone fonctionnelle 2a, 2b. Dans le présent mode de réalisation, où les pièces mécaniques 1a, 1b illustrées sur la figure 2 est une roue, cette ouverture 8 est définie dans la face latérale de la zone fonctionnelle 2a, 2b de la roue. On notera qu'une pluralité de canaux 5 peut être définie dans la zone fonctionnelle 2a, 2b en formant ainsi un réseau de canaux non représenté sur la figure 2.

[0024] Cette sous-étape de transformation 13 comprend ensuite une phase d'agencement 17 dans l'enceinte dudit au moins un canal 5 d'une quantité de matière développant un champ magnétique en fonction des paramètres déterminés du champ magnétique requis lors de la phase 14 précédente. Lors de cette phase 17, on comprend donc que la quantité de matière agencée dans cette enceinte du canal est fonction des paramètres du champ magnétique déterminés lors de la phase 14. Une telle matière développant un champ magnétique peut comprendre des particules magnétiques 7 comprises dans un fluide 6 tel qu'un polymère, comme par exemple du Samarium-Cobalt ou de Néodyme-Fer-Bore ou encore des particules ferromagnétiques. Ce fluide 6 comprenant ces particules magnétiques 7, est typiquement photodurcissable, thermodurcissable ou encore durcissable chimiquement. Autrement dit ce fluide 6 peut être un polymère photodurcissable ou thermodurcissable, tel que par exemple une résine époxy réticulable. On notera que lorsque le fluide 6 est durcissable chimiquement, il comprend alors deux composants un polymère tel que la résine epoxy et un agent polymérisant, par exemple le 1,4,7,10-tétraazadécane, pour le durcissement. Au contact de ces deux composants, un matériau solide, par exemple le polyépoxyde, est formé. Ce durcissement chimique fonctionne selon un principe similaire à celui de la colle bicomposant Araldite™.

[0025] Cette phase 17 comprend une sous-phase d'insertion 18 de ce fluide 6 comprenant des particules magnétiques 7 dans ledit au moins un canal 5. Lors de cette sous-phase 18, le fluide 6 comprenant ces particules magnétiques 7, est introduit via l'ouverture 8 dudit au moins un canal 5 dans l'enceinte de ce dernier. Par la suite, cette phase 17 comprend une sous-phase de magnétisation 19 des particules magnétiques 7 comprises dans ce fluide 6 et une sous-phase de définition 20 d'une orien-

tation de la polarité antagoniste des particules magnétiques 7 comprises dans ledit fluide 6. Ces deux sous-phases de magnétisation 19 et de définition 20 sont réalisées à partir d'un aimant permanent qui est alors agencé à proximité de la zone fonctionnelle 2a, 2b comprenant ledit canal 5 dans lequel est compris le fluide 6. A titre d'exemple, dans cette configuration, l'aimant permanent peut être agencé en regard de la surface de contact 3a, 3b. Ainsi, à partir de cet aimant permanent pour l'une des deux pièces, ces particules magnétiques 7 sont alors magnétisées de manière à ce que leur polarité soit orientée selon un sens bien défini qui est antagoniste au sens de polarité de l'autre pièce. Par antagoniste, il convient d'entendre ici que les sens de polarité des deux pièces 1a, 1b sont tels qu'ils permettent d'assurer une répulsion de ces dernières et en particulier un décollement de la surface de contact 3a, 3b de leur dite au moins une zone fonctionnelle 2a, 2b pourvue des particules magnétiques 7. Ensuite, la phase 17 comprend une sous-phase de durcissement 21 dudit fluide 6 comprenant les particules magnétiques 7 magnétisées et pourvues d'une polarité antagoniste orientée. Cette sous-phase de durcissement 21 consiste en une polymérisation par photo-réticulation, thermo-réticulation et/ou par réticulation chimique lorsque le fluide 6 est un polymère réticulable. Autrement dit, la réticulation est réalisée thermiquement par un passage au four, un chauffage par laser ou encore via un rayonnement électromagnétique pour autant que la matière constituant le corps de l'ébauche dans lequel ledit au moins un canal 5 a été réalisé est transparent aux longueurs d'ondes considérées. Il est également possible d'envisager une réticulation chimique via l'utilisation de deux composants comme une colle bi-composants fonctionnant selon le principe de la colle bicomposant Araldite™. Il est également possible selon le choix de la résine utilisée qu'une réticulation naturelle soit suffisante dans le cas par exemple où cette résine comprend un solvant. En effet, un bref instant à l'air libre suffit pour que le solvant s'évapore et que la résine réticule "toute seule".

[0026] On notera que les sous-phases de magnétisation 19, de définition 20 et de durcissement 21 sont réalisées simultanément ou sensiblement simultanément.

[0027] Dans une variante du procédé, la phase d'agencement 17 peut prévoir en remplacement des sous-phases d'insertion 18, de magnétisation 19, de définition 20 et de durcissement 21 du fluide 6, les phases suivantes :

- une sous-phase d'insertion 22 d'une matière développant un champ magnétique comprenant au moins un aimant permanent dans ledit au moins un canal 5, et
- une sous-phase de maintien mécanique 23 dudit au moins un aimant permanent dans ledit au moins un canal 5.

[0028] Lors de cette sous-phase d'insertion 22, ledit

au moins un aimant permanent qui est ici un aimant massif, est agencé/placé/chassé dans le canal 5 de manière à avoir une polarité orientée selon un sens défini qui est antagoniste pour l'une des deux pièces au sens de polarité de l'autre pièce. Durant la sous-phase de maintien mécanique 23 ledit au moins un aimant permanent est fixé mécaniquement à une paroi de l'enceinte du canal 5 par collage, soudage, etc...

[0029] On notera que ces deux sous-phases d'insertion 22 et de maintien mécanique 23 peuvent être réalisées simultanément dès lors que cette phase d'agencement 17 est mise en œuvre par un processus d'implosion en trois dimensions dudit aimant permanent sur la paroi interne de l'enceinte du canal 5 par exemple à partir de la technologie connue sous la marque Femtoprint™ décrite dans le document WO2019106407A1.

[0030] Dans une autre variante du procédé, la sous-étape de transformation 13 peut comprendre uniquement une phase d'application 24 d'un fluide comprenant des particules magnétiques sur la surface interne 4a, 4b de ladite au moins une zone fonctionnelle 2a, 2b, agencée sensiblement à l'opposé d'une surface de contact 3a, 3b fonctionnelle de cette zone 2a, 2b de chacune des deux pièces 1a, 1b. Ce fluide est typiquement photodurcissable, thermodurcissable ou encore durcissable chimiquement. Autrement dit ce fluide peut être un polymère photodurcissable ou thermodurcissable, tel que par exemple une résine époxy réticulable. On notera que lorsque le fluide est durcissable chimiquement, il comprend alors deux composants un polymère tel que la résine epoxy et un agent polymérisant, par exemple le 1,4,7,10-tétraazadécane, pour le durcissement. Au contact de ces deux composants, un matériau solide, par exemple le polyépoxyde, est formé. Ce durcissement chimique fonctionne selon le principe de la colle bicomposant Araldite™. Cette phase d'application 24 peut prévoir une sous-phase de projection 25 sur la surface interne 4 de la zone fonctionnelle 2a, 2b d'au moins un faisceau collimaté ou localisé de fluide comprenant des particules magnétiques. Cette sous-phase 25 peut être effectuée sous forme d'une projection sur la surface interne 4 d'un faisceau unique de fluide. Le faisceau est par exemple configuré pour projeter sur la surface interne 4a, 4b un cordon continu/discontinu et localisé de ce fluide. En variante, la sous-phase 25 peut être effectuée sous forme d'une projection sur la surface interne 4a, 4b de deux faisceaux collimatés ou localisés. Le premier faisceau comprend le fluide contenant les particules magnétiques et le deuxième faisceau comprenant une matière liquide choisie de sorte à provoquer une solidification du fluide lorsqu'elle est mise en contact avec ce dernier. Ainsi que nous l'avons déjà évoqué précédemment, il s'agit ici du principe de la colle bicomposant Araldite™, constituée d'une résine époxy comprenant les particules magnétiques 7 et une matière telle qu'un agent polymérisant, le 1,4,7,10-tétraazadécane. Au contact de ces deux composants, un polyépoxyde est formé.

[0031] Ainsi, l'invention permet d'obtenir au moins

deux pièces mécaniques 1a, 1b dont la zone fonctionnelle 2a, 2b est aimantée en présentant des polarités antagonistes. Ces zones fonctionnelles 2a, 2b de ces deux pièces 1a, 1b prévues pour coopérer ensemble dans le mécanisme, sont configurées pour générer un champ magnétique qui vise à assurer un décollement des surfaces de contact 3a, 3b de ces zones 2a, 2b dès lors que ces deux pièces 1a, 1b sont à l'arrêt dans ce mécanisme. Une telle configuration de ces surfaces de contact lorsque les deux pièces sont à l'arrêt contribue à réduire la consommation d'énergie de ce mécanisme lors de la remise en mouvement de ces pièces 1a, 1b.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'au moins deux pièces mécaniques (1a, 1b) comprenant des zones fonctionnelles aimantées (2a, 2b) présentant des polarités antagonistes, lesdites pièces étant prévues pour être agencées dans un mécanisme notamment un mécanisme horloger pour coopérer l'une avec l'autre dans un déplacement relatif, le procédé comprenant une étape de construction (10) d'une ébauche de chacune des deux pièces (1a, 1b) comportant au moins une zone fonctionnelle (2a, 2b) à partir de laquelle lesdites pièces (1a, 1b) sont susceptibles de coopérer entre elles et une étape d'obtention (12) de chacune des pièces comportant une sous-étape de transformation (13) de ladite au moins une zone fonctionnelle de l'ébauche de chacune de ces pièces (1a, 1b) en une zone fonctionnelle (2a, 2b) aimantée de laquelle émane un champ magnétique dont au moins une caractéristique est configurée pour que ce champ magnétique participe en la réalisation d'un décollement des zones fonctionnelles aimantées (2a, 2b) des deux pièces (1a, 1b) lorsqu'elles sont dans une position d'arrêt dans le mécanisme.
2. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la sous-étape de transformation (13) comprend une phase de détermination (14) de paramètres du champ magnétique requis pour la réalisation dudit décollement pour chacune desdites au moins deux pièces (1a, 1b) à partir de l'estimation d'au moins une caractéristique relative à ce champ magnétique en fonction de critères de décollement desdites au moins deux pièces (1a, 1b).
3. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la sous-étape de transformation (13) comprend une phase de réalisation (15) d'au moins un canal (5) dans une partie du corps de l'ébauche localisée dans ladite au moins une zone fonctionnelle (2a, 2b) notamment en dessous d'une surface de contact fonctionnelle (3a, 3b) comprise dans la dite au moins une zone (2a, 2b) de chacune desdites au moins deux pièces.

4. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la phase de réalisation (15) comprend une sous-phase de détermination (16) de spécificités dudit au moins un canal (5) à construire dans ladite au moins une zone fonctionnelle (2a, 2b) en fonction des paramètres déterminés du champ magnétique requis.
5. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la sous-étape de transformation (13) comprend une phase d'agencement (17) dans ledit au moins un canal (5) d'une quantité matière développant un champ magnétique en fonction des paramètres déterminés du champ magnétique requis.
6. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** la phase d'agencement (17) comprend :
 - une sous-phase d'insertion (18) d'un fluide (6), notamment d'une résine réticulable, comprenant des particules magnétiques (7) dans ledit au moins un canal (5) ;
 - une sous-phase de magnétisation (19) des particules magnétiques (7) comprises dans ledit fluide (6) ;
 - une sous-phase de définition (20) d'une orientation de la polarité antagoniste des particules magnétiques (7) comprises dans ledit fluide (6) ;
 - une sous-phase de durcissement (21) dudit fluide (6) comprenant les particules magnétiques (7) magnétisées et pourvues d'une polarité antagoniste orientée.
7. Procédé selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les sous-phases de magnétisation (19), de définition (20) et de durcissement (21) sont réalisées sensiblement simultanément ou simultanément.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 6 et 7, **caractérisé en ce que** la phase durcissement (18) consiste en une polymérisation par photo-réticulation et/ou par réticulation chimique.
9. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la phase d'agencement (17) comprend les sous-phases suivantes :
 - insertion (22) d'une matière développant un champ magnétique comprenant au moins un aimant permanent dans ledit au moins un canal (5) ;
 - maintien mécanique (23) dudit au moins un aimant permanent dans ledit au moins un canal (5).

10. Mécanisme notamment mécanisme horloger comprenant au moins deux pièces mécaniques (1a, 1b) prévues pour coopérer l'une avec l'autre et susceptibles d'être obtenues selon un procédé conforme à l'une quelconque des revendications précédentes. 5
11. Mécanisme selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** lesdites pièces mécaniques (1a, 1b) comprennent des zones fonctionnelles (2a, 2b) aimantées présentant des polarités antagonistes. 10
12. Mécanisme selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** la zone fonctionnelle (2a, 2b) aimantée de chacune de ces pièces (1a, 1b) est apte à générer un champ magnétique dont l'intensité est configurée pour assurer un décollement des zones fonctionnelles (2a, 2b) aimantées des deux pièces (1a, 1b) lorsque ces deux pièces (1a, 1b) sont à l'arrêt dans le mécanisme. 15
20

25

30

35

40

45

50

55

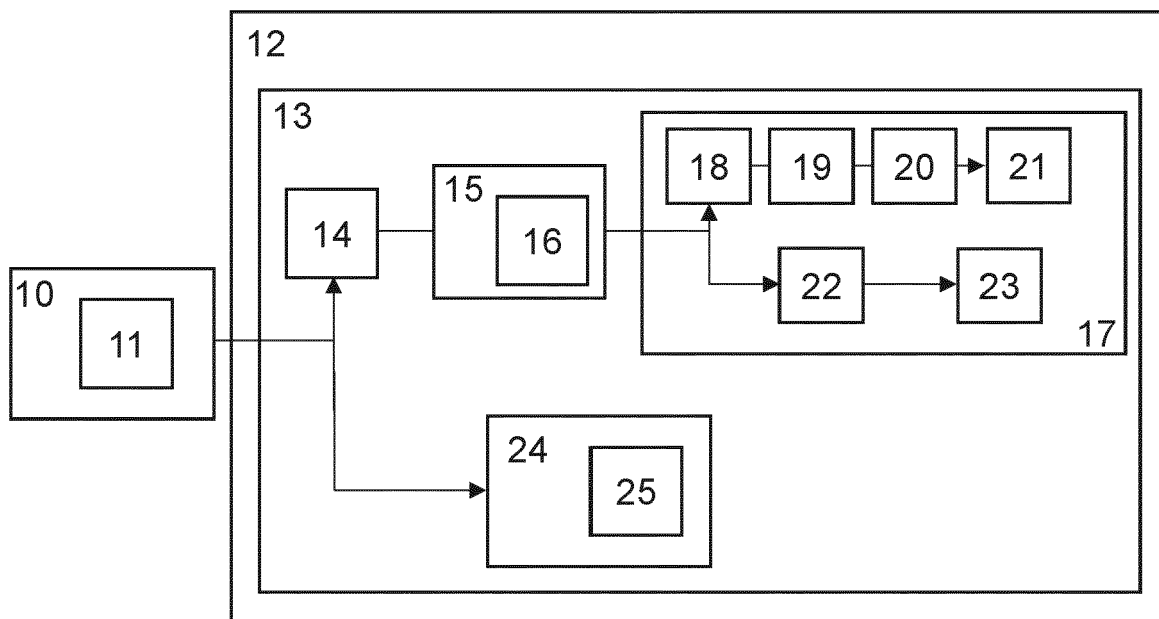


FIG.1

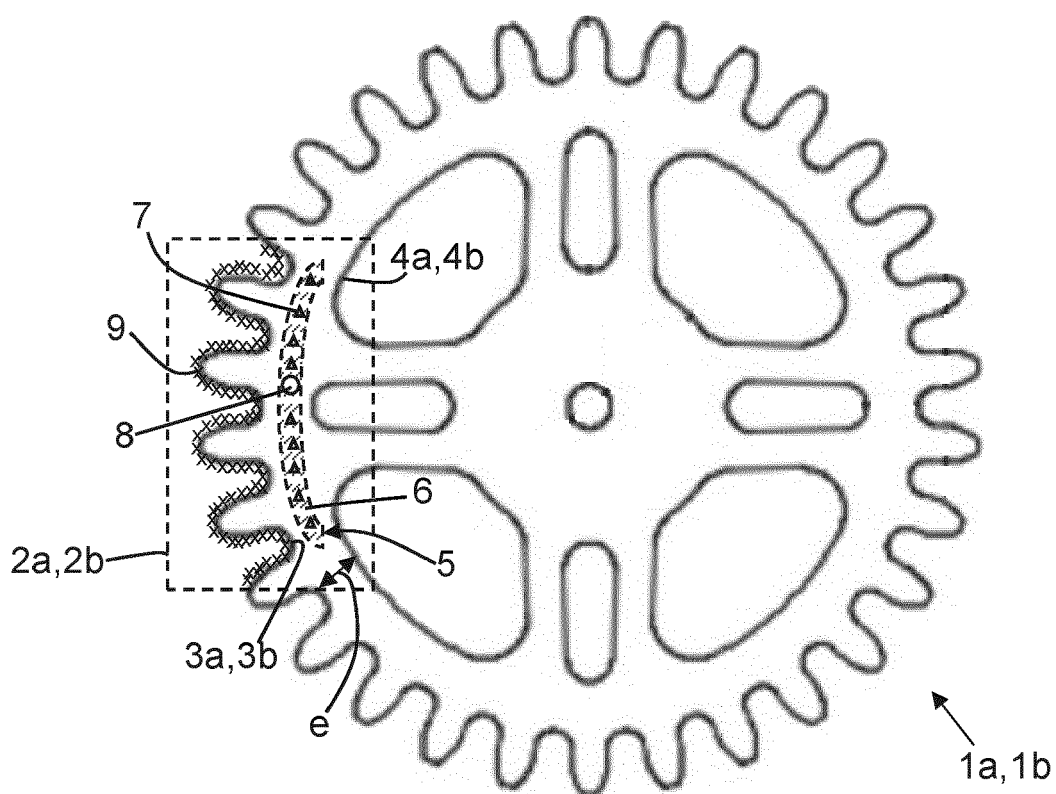


FIG.2



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 19 21 7598

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	EP 3 208 667 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 23 août 2017 (2017-08-23)	1,10-12	INV.
A	* alinéas [0008], [0011], [0062] - [0065] *	2-9	G04B15/14 G04C5/00 G04C3/10
A,D	WO 98/15504 A1 (UNISEARCH LTD [AU]; BAZYLENKO MICHAEL [AU]; GROSS MARK [AU]) 16 avril 1998 (1998-04-16) * abrégé *	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B G04G G04C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 18 juin 2020	Examineur Sigrist, Marion
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 19 21 7598

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

18-06-2020

	Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
10	EP 3208667	A1	23-08-2017	CN	107092179 A		25-08-2017
				EP	3208667 A1		23-08-2017
				JP	6285582 B2		28-02-2018
15				JP	2017146300 A		24-08-2017
				US	2017242403 A1		24-08-2017

	WO 9815504	A1	16-04-1998	CA	2265617 A1		16-04-1998
				EP	0968142 A1		05-01-2000
20				JP	2001501573 A		06-02-2001
				KR	20000048865 A		25-07-2000
				US	2002104821 A1		08-08-2002
				WO	9815504 A1		16-04-1998

25							
30							
35							
40							
45							
50							
55							

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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

- WO 9815504 A1 [0016]
- CH 701499 A2 [0016]
- WO 2019106407 A1 [0016] [0022] [0029]