(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 612 627 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
06.05.2009 Bulletin 2009/19

(51) Int Cl.:
G04B 17/06 *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **04015580.6**

(22) Date de dépôt: **02.07.2004**

(54) **Spiral autocompensateur bi-matière**

Spiralfeder aus zwei Materialen mit Selbstkompensation

Bi-material autocompensating hairspring

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR

(43) Date de publication de la demande:
04.01.2006 Bulletin 2006/01

(73) Titulaire: **Nivarox-FAR S.A.**
CH-2400 Le Locle (CH)

(72) Inventeurs:
- **Verardo, Marco**
  2336 Les Bois (CH)
- **Conus, Thierry**
  2543 Lengnau (CH)

(74) Mandataire: **Rossand, Isabelle et al**
ICB
Ingénieurs Conseils en Brevets S.A.
Faubourg de l'Hôpital 3
2000 Neuchâtel (CH)

(56) Documents cités:
EP-A- 1 431 844
EP-A- 1 445 670
CH-A- 327 796

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).

EP 1 612 627 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention a pour objet un spiral, destiné en particulier à être intégré dans le dispositif réglant balancier-spiral d'une pièce d'horlogerie, dont la courbe à l'intérieur est modifiée pour permettre une expansion concentrique des spires et améliorer ainsi l'isochronisme de ladite pièce d'horlogerie.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE

[0002] Pour qu'une pièce d'horlogerie ait le meilleur isochronisme possible il est nécessaire d'agir sur les paramètres de construction du balancier et du spiral, ainsi que sur le choix des matériaux afin d'améliorer les performances intrinsèques du dispositif réglant et de compenser ou réduire les écarts de marche dus à des variations des conditions extérieures, telles que la température ou le champ magnétique.

[0003] En ce qui concerne le spiral, la conformation de la courbe à l'extérieur pour la fixation directe ou indirecte au coq, la conformation de la courbe à l'intérieur pour la fixation à l'axe de balancier pour permettre un développement concentrique des spires, ainsi que le choix des matériaux jouent un rôle déterminant au niveau de l'isochronisme.

[0004] L'invention concerne plus particulièrement à la fois la conformation de la courbe à l'intérieur et le choix des matériaux pour réaliser la courbe à l'intérieur ainsi que l'ensemble des spires. Pour atteindre ce but il est bien connu de choisir un alliage amagnétique à faible coefficient de dilation et d'appliquer la règle dite "du point d'attache" pour conformer la courbe à l'intérieur d'un spiral selon un contour particulier, et notamment selon la courbe du Grossmann. Pour réaliser une telle courbe à l'extrémité intérieure d'un spiral, dont toutes les spires auront préalablement été formées par la technique connue d'estrapadage, il est nécessaire de faire appel à une main-d'oeuvre hautement qualifiée, de sorte que cette solution est réservée aux pièces d'horlogerie de haute précision, de haut de gamme et pour des séries limitées, mais n'est en aucun cas applicable à des fabrications en série. Compte-tenu de l'évolution des technologies, pour donner au spiral la forme optimum, on pourrait envisager de réaliser tout le spiral par photolithographie et croissance galvanique. Toutefois, en l'état actuel, il n'existe pas un métal ou un alliage qui soit satisfaisant à la fois pour sa facilité de conformation par galvanoplastie et pour ses propriétés d'élasticité et de coefficient thermique.

[0005] On connaît par le document de brevet CH 327796 un spiral plat comprenant une lame qui est réalisée d'un seul tenant. Plus précisément, la partie extérieure de la lame, la partie intérieure de la spire intérieure, le commencement de la spire extérieure, le commencement de la spire intérieure et toutes les spires intermédiaires sont réalisées en un seul et même matériau à partir du profil normal du spiral qui est plié par endroits. A titre de variante, il est prévu de renforcer la partie extérieure de la lame et la partie intérieure de la spire intérieure en y apportant de la matière par procédé galvanique ou par soudage par exemple.

RESUME DE L'INVENTION

[0006] La présente invention vise donc à apporter une solution nouvelle en procurant un spiral pouvant être fabriqué de façon industrielle tout en ayant les qualités d'un spiral à courbe intérieure Grossmann dont l'influence sur une expansion concentrique du spiral est plus grande que celle résultant de la conformation de la courbe à l'extérieur.

[0007] A cet effet l'invention a pour objet un spiral autocompensateur pour un dispositif réglant balancier-spiral, ledit spiral étant constitué par un premier ensemble, comprenant les spires et la courbe à l'extérieur, réalisé en un premier matériau ayant un couple élastique peu ou pas sensible aux variations d'élongation, de température et de champ magnétique, et par un deuxième ensemble solidaire du premier ensemble, comprenant notamment la courbe à l'intérieur, réalisé en un deuxième matériau choisi essentiellement pour ses propriétés mécaniques facilitant la conformation de ladite courbe à l'intérieur selon le contour le plus favorable à une expansion concentrique du spiral. Ce contour peut par exemple être une courbe Grossmann.

[0008] Pour fabriquer le deuxième ensemble, on peut utiliser les procédés connus, mais on utilise de préférence le procédé LIGA de photolithographie et croissance galvanique. On reporte ainsi la précision de la conformation de la courbe à l'intérieur sur la réalisation du masque d'irradiation, ce qu'on sait parfaitement réaliser avec les techniques actuelles. Le masque peut facilement être dupliqué ou réutilisé pour une fabrication en série.

[0009] En faisant appel au procédé LIGA pour réaliser le deuxième ensemble, on peut très facilement prévoir un masque permettant de former en même temps la virole pour la fixation de la courbe à l'intérieur sur l'axe de balancier. Lorsque les premier et deuxième matériaux sont des métaux ou des alliages, les premier et deuxième ensemble peuvent être assemblés par soudage, par exemple par soudage laser.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

[0010] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description qui suit, donnée à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente en vue de dessus partiellement arrachée un balancier spiral pourvu d'un spiral selon l'invention;
- la figure 2 représente une vue agrandie de la courbe

à l'intérieur selon la flèche **II** de la figure 1, et

- la figure 3 correspond à un diagramme d'isochronisme obtenu avec un spiral selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0011] A la figure 1 on a représenté un dispositif réglant balancier-spiral en vue de dessus partiellement arrachée, en se limitant aux parties utiles à la compréhension de l'invention, la figure 2 étant une représentation agrandie du centre du dispositif.

[0012] Le dispositif réglant comprend un balancier 10, dont l'axe 11 est pivoté dans un coq 12 et un spiral 1. La courbe à l'extérieur 2 du spiral 1 est fixée de façon connue par encastrement dans un piton 15 d'un porte-piton 13, et elle est prolongée par un groupe de spire 3 jusqu'au début de la courbe à l'intérieur 4 pour former un premier ensemble.

[0013] Le deuxième ensemble, plus visible sur la figure agrandie 2, comprend dans l'exemple représenté la courbe à l'intérieur 4 soudée en un point 7 sur une virole 5. La courbe à l'intérieur 4, qui est représentée comme étant une courbe Grossmann 14 conférant au spiral 1 une expansion concentrique, est soudée en un point 9 à l'extrémité des spires du premier ensemble.

[0014] Ainsi, en séparant "physiquement" le premier ensemble et le deuxième ensemble, il est possible de choisir des matériaux différents et des méthodes de fabrication différentes, en fonction de la propriété dominante souhaitée.

[0015] Pour le premier ensemble, le matériau utilisé peut-être un quelconque alliage connu pour ses propriétés amagnétiques et pour son faible coefficient de dilatation thermique, par exemple de l'Elinvar, ce premier ensemble pouvant être conformé par exemple par estrapadage.

[0016] En ce qui concerne le deuxième ensemble, qui sera de préférence conformé par le procédé LIGA, le matériau utilisé sera de préférence choisi pour ses propriétés mécaniques et pour sa facilité de mise en forme. Même si le matériau utilisé n'a pas toutes les propriétés souhaitées pour conformer la totalité du spiral, compte-tenu de la faible longueur de la courbe à l'intérieur, on peut considérer comme négligeable l'impact de ses défauts sur la performance globale du spiral, ces défaut pouvant dans tous les cas être corrigés.

[0017] Ce deuxième ensemble peut comporter uniquement la courbe à l'intérieur qui sera alors soudé à son extrémité 7 à la virole 5 et à son extrémité 9 à l'extrémité des spires du premier ensemble. Lorsqu'on utilise le procédé LIGA, il est possible de façon avantageuse de conformer en même temps la courbe à l'intérieur 14 et la virole 5 en donnant à celle-ci la forme classique en étoile à quatre branches, ou toute autre forme appropriée.

[0018] Pour réaliser le deuxième ensemble par le procédé LIGA, dans une première étape on étale sur un substrat préalablement revêtu d'une couche sacrificielle un photorésist positif ou négatif avec une épaisseur correspondant à la hauteur "h" de lame désirée, puis on forme au moyen d'un masque par photolithographie et attaque chimique une structure en creux correspondant au contour désiré pour le deuxième ensemble. Dans une deuxième étape, on remplit ladite structure en creux d'un métal ou d'un alliage tel que NiP, soit par électrodéposition comme indiqué par exemple dans le brevet US 4 661 212, soit par compression et frittage de nanoparticules, comme indiqué par exemple dans la demande du brevet US 2001/0038803. Dans une dernière étape on libère le deuxième ensemble par élimination de la couche sacrificielle.

[0019] En se référant maintenant à la figure 3 on a représenté le diagramme d'isochronisme d'un spiral autocompensateur bi-matière ayant les caractéristiques sus-indiquées.

[0020] On a reporté en abscisses l'amplitude d'oscillation du balancier exprimée en degrés par rapport à sa position d'équilibre, et en ordonnées l'écart de marche exprimé en secondes par jour. Ce diagramme comporte cinq courbes correspondant aux positions usuelles de mesure (1 : horizontal; 2 à 5 : les quatre positions verticales), et le tracé en pointillés correspond à l'enveloppe de toutes les positions les plus défavorables. De façon usuelle, on retient comme écart de marche l'écart maximum de l'enveloppe pour une amplitude comprise entre 200° et 300°. Comme on peut le voir sur figure 3, l'écart maximum correspond à une amplitude de 300° et a pour valeur 2,1 s/j soit environ trois fois moins que l'écart qu'on peut observer avec un spiral non modifié de référence, c'est-à-dire monomatière et sans courbe Grossmann.

[0021] D'autres modifications au spiral autocompensateur bi-matière qui vient d'être décrit peuvent être apportées par l'homme de l'art sans sortir du cadre de la présente invention.

Revendications

1. Spiral auto-compensateur (1) pour un dispositif réglant balancier-spiral dont la courbe à l'extérieur (2) est fixée au coq (12) dans lequel pivote l'axe du balancier (11) sur lequel est fixée la courbe à l'intérieur (4) du spiral (1), **caractérisé en ce que** le spiral (1) est constitué par un premier ensemble, comprenant les spires (3) et la courbe à l'extérieur (2), réalisé en un premier matériau ayant un couple élastique peu ou pas sensible aux variations d'élongation, de température et de champ magnétique, et par un deuxième ensemble fixé sur le premier ensemble, comprenant notamment la courbe à l'intérieur (4) réalisé en un deuxième matériau différent du premier choisi essentiellement pour ses propriétés mécaniques facilitant la conformation de ladite courbe à l'intérieur (4) selon un contour le plus favorable à une expansion concentrique du spiral.

2. Spiral selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la courbe à l'intérieur (4) a le contour d'une courbe Grossmann (14).

3. Spiral selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le deuxième ensemble comprend également une virole (5) permettant une fixation sur l'axe de balancier (11) et venant de matière avec la courbe à l'intérieur (4).

4. Spiral selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le matériau du premier ensemble est un alliage de type Elinvar et le matériau du deuxième ensemble est, essentiellement pour ses propriétés mécaniques et sa facilité de conformation, tel qu'un alliage NiP.

5. Spiral selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le premier et le deuxième ensemble sont solidarisés par un point de soudage laser (9).

6. Procédé de fabrication spiral auto-compensateur (1) pour un dispositif réglant balancier-spiral selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'**il comprend les étapes consistant à:

- réaliser le premier ensemble, comprenant les spires (3) et la courbe à l'extérieur (2), en un premier matériau;
- réaliser le deuxième ensemble, comprenant notamment la courbe à l'intérieur (4) en un deuxième matériau différent du premier, et
- fixer le deuxième ensemble sur le premier.

7. Procédé de fabrication selon la revendication 6, **caractérisé en ce qu'**on forme par le procédé LIGA un moule correspondant au contour désiré pour le deuxième ensemble et qu'on apporte dans ledit moule le deuxième matériau par croissance galvanique d'un métal ou d'un alliage.

8. Procédé de fabrication selon la revendication 6 en ce qu'elle dépend de la revendication 3, **caractérisé en ce qu'**on forme par la procédé LIGA un moule correspondant au contour désiré pour le deuxième ensemble constitué par la courbe à l'intérieur (4) et par la virole (5) et qu'on apporte dans ledit moule le deuxième matériau par croissance galvanique.

Claims

1. Self-compensating balance-spring (1) for a sprung-balance regulating device whose outer curve (2) is secured to the balance-cock (12) in which the balance staff (11) pivots, on which the inner curve (4) of the balance-spring (1) is secured, **characterized in that** the balance-spring (1) is formed by a first assembly, including the coils (3) and the outer curve (2), made of a first material having an elastic torque that is insensitive or nearly insensitive to elongation, temperature and magnetic field variations, and by a second assembly secured to the first assembly, including in particular the inner curve (4) made of a second material different from the first essentially selected for its mechanical properties facilitating the shaping of said inner curve (4) along the most favourable contour for concentric expansion of the balance-spring.

2. Balance-spring according to claim 1, **characterized in that** the inner curve (4) has the contour of a Grossmann curve (14).

3. Balance-spring according to claim 1, **characterized in that** the second assembly also includes a collet (5) for securing to the balance staff (11) and integral with the inner curve (4).

4. Balance-spring according to claim 1, **characterized in that** the first assembly is an Elinvar type alloy, and the material of the second assembly is selected essentially for its mechanical properties and its shapeability, such as a NiP alloy.

5. Balance-spring according to claim 4, **characterized in that** the first and second assemblies are secured by a laser welding point (9).

6. Method of manufacturing of a self-compensating balance-spring (1) for a sprung-balance regulating device according to any of claims 1 to 5, **characterized in that** it includes the steps consisting in:

- achieve the first assembly, including the coils (3) and the outer curve (2) made of a first material;
- achieve the second assembly, including notably the inner curve (4) made of a second material different from the first;
- secure the second assembly to the first.

7. Method of manufacturing a second assembly of a balance-spring according to claim 6, **characterized in that** a mould is formed by the LIGA method corresponding to the required contour of the second assembly and **in that** the second material is added to said mould by galvanic growth of a metal or an alloy.

8. Method of manufacturing the second assembly of a balance-spring according to claim 6 dependent on claim 3, **characterized in that** a mould corresponding to the required contour of the second assembly comprising the inner curve (4) and the collet (5) is formed by the LIGA method and **in that** the second material is added to said mould by galvanic growth.

Patentansprüche

1. Selbstausgleichende Spiralfeder (1) für eine Spiralfederunruh-Regelungsvorrichtung, deren Außenbogen (2) am Kloben (12) befestigt ist, in dem die Welle (11) der Unruh schwingt, an der der Innenbogen (4) der Spiralfeder (1) befestigt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder (1) gebildet ist aus einer ersten Gesamtheit, die die Windungen (3) und den Außenbogen (2) umfasst und aus einem ersten Material verwirklicht ist, das ein Elastizitätsmoment besitzt, das für Veränderungen der Elongation, der Temperatur und des Magnetfeldes kaum oder nicht empfindlich ist, und aus einer zweiten Gesamtheit, die durch Verschweißen an der ersten Gesamtheit befestigt ist und insbesondere den Innenbogen (4) umfasst und die aus einem zweiten Material, das vom ersten Material verschieden ist, verwirklicht ist, das im Wesentlichen im Hinblick auf seine mechanischen Eigenschaften gewählt ist, die die Anpassung des Innenbogens (4) an den für eine konzentrische Ausdehnung der Spiralfeder günstigsten Umriss erleichtert.

2. Spiralfeder nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Innenbogen (4) den Umriss eines Grossmann-Bogens (14) hat.

3. Spiralfeder nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zweite Gesamtheit außerdem eine Spiralrolle (5) umfasst, die eine Befestigung an der Welle (11) der Unruh ermöglicht und einteilig mit dem Innenbogen (4) ausgebildet ist.

4. Spiralfeder nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material der ersten Gesamtheit eine Legierung des Typs Elinvar ist und das Material der zweiten Gesamtheit im Wesentlichen wegen seiner mechanischen Eigenschaften und seiner leichten Anpassung etwa eine NiP-Legierung ist.

5. Spiralfeder nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste und die zweite Gesamtheit durch einen Laserschweißpunkt (9) verbunden sind.

6. Verfahren zum Herstellen einer selbstausgleichenden Spiralfeder (1) für eine Spiralfederunruh-Regelungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die Schritte umfasst, die darin bestehen:

   - die erste Gesamtheit, die die Windungen (3) und den Außenbogen (2) umfasst, aus einem ersten Material zu verwirklichten;
   - die zweite Gesamtheit, die insbesondere den Innenbogen (4) aus einem zweiten Material, das von dem ersten Material verschieden ist, umfasst, zu verwirklichen; und
   - die zweite Gesamtheit an der ersten Gesamtheit zu befestigen.

7. Herstellungsverfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch das LIGA-Verfahren eine Form gebildet wird, die dem gewünschten Umriss für die zweite Gesamtheit entspricht, und dass in diese Form durch galvanisches Wachstum eines Metalls oder einer Legierung das zweite Material eingebracht wird.

8. Herstellungsverfahren nach Anspruch 6, wenn abhängig von Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** durch das LIGA-Verfahren eine Form gebildet wird, die dem gewünschten Umriss für die zweite Gesamtheit entspricht, die durch die Innenbogen (4) und durch die Spiralrolle (5) gebildet ist, und dass in diese Form durch galvanisches Wachstum das zweite Material eingebracht wird.

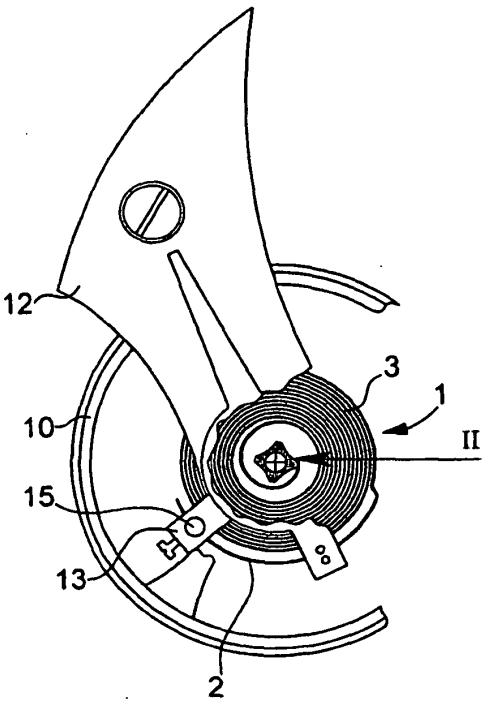

Fig.1

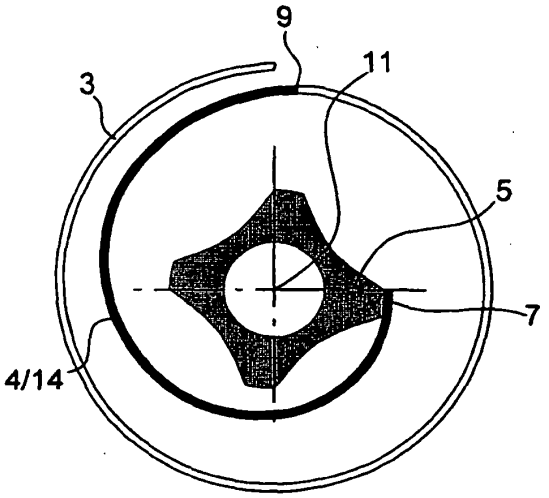

Fig.2

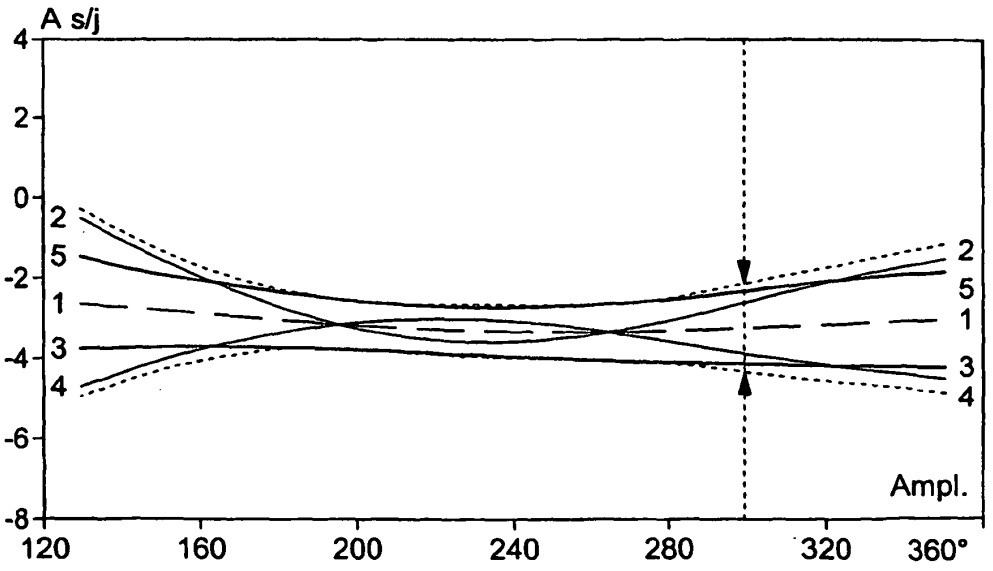

Fig.3

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

- CH 327796 **[0005]**
- US 4661212 A **[0018]**
- US 20010038803 A **[0018]**