

CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **704 803 B1**

(51) Int. Cl.: **C25D** 1/08 (2006.01)  
**G04D** 3/00 (2006.01)

**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**

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

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00625/11

(22) Date de dépôt: 07.04.2011

(43) Demande publiée: 15.10.2012

(24) Brevet délivré: 31.03.2015

(45) Fascicule du brevet publié: 31.03.2015

(73) Titulaire(s):  
Nivarox-FAR S.A., Avenue du Collège 10  
2400 Le Locle (CH)

(72) Inventeur(s):  
Pierre Cusin, 1423 Villars-Burquin (CH)

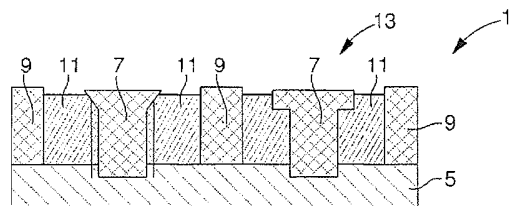
(74) Mandataire:  
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,  
Faubourg de l'Hôpital 3  
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Procédé de fabrication d'une pièce complexe électroformée.**

(57) L'invention se rapporte à un Procédé de fabrication d'une pièce complexe électroformée (13). Selon l'invention, le procédé comporte les étapes suivantes:

- a) former un substrat (1) avec une couche supérieure solidarisée sur une couche inférieure (5);
- b) usiner au moins un évidement dans la couche supérieure pour former de manière positive les futures géométries;
- c) remplir d'un premier matériau (7) ledit au moins un évidement pour reproduire de manière négative les futures géométries;
- d) retirer la couche supérieure;
- e) déposer un deuxième matériau (11) par galvanoplastie à partir de la couche inférieure (5) afin de former en une seule étape lesdites géométries par recouvrement des formes négatives en premier matériau (7);
- f) libérer la pièce formée (13) par le deuxième matériau (11) en retirant le substrat (1) et le premier matériau (7).

L'invention concerne le domaine des pièces de micromécaniques.



## Description

### Domaine de l'invention

[0001] L'invention se rapporte à un procédé de fabrication d'une pièce électroformée et, plus particulièrement, un tel procédé pour la réalisation de géométries complexes.

### Arrière plan de l'invention

[0002] La galvanoplastie est utilisée et connue depuis longtemps. Les procédés du type LIGA (abréviation très connue provenant de l'allemand «Röntgenlithographie, Galvanoformung & Abformung») sont plus récents. Ils consistent à former un moule par photolithographie d'une résine photosensible puis d'y faire croître par galvanoplastie un dépôt métallique comme du nickel. La précision de tels procédés LIGA est bien meilleure que celle d'un moule classique obtenue, par exemple, par usinage. De telles précisions autorisent ainsi la fabrication de pièces de micromécanique notamment pour des mouvements horlogers qui étaient avant inenvisageables.

[0003] Cependant, de tels procédés ne sont pas adaptés pour les pièces complexes, c'est-à-dire, par exemple, comportant des évidements coniques et/ou taraudés. En effet, les dépôts électrolytiques de type LIGA sont formés par couches successives de résine dont les cavités sont forcément droites, c'est-à-dire de section constante sur chaque épaisseur d'une couche. Par conséquent, il n'est actuellement pas possible de fabriquer une pièce électroformée complexe en une seule étape de galvanoplastie, c'est-à-dire sans usinage postérieur à l'électroformage.

### Résumé de l'invention

[0004] Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un procédé de fabrication utilisant les avantages de l'usinage, de la photolithographie et de la galvanoplastie pour électroformer en une seule étape de galvanoplastie une pièce complexe.

[0005] A cet effet, l'invention se rapporte à un procédé de fabrication d'une pièce complexe électroformée caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

- a) former un substrat avec une couche supérieure sur une couche inférieure;
- b) usiner au moins un évidement dans la couche supérieure pour former de manière positive les futures géométries;
- c) remplir d'un premier matériau ledit au moins un évidement pour reproduire de manière négative les futures géométries;
- d) retirer la couche supérieure;
- e) déposer un deuxième matériau par galvanoplastie à partir de la couche inférieure afin de former en une seule étape lesdites géométries par recouvrement des formes négatives en premier matériau;
- f) libérer la pièce formée par le deuxième matériau en retirant le substrat et le premier matériau.

[0006] On comprend donc que le procédé, avantageusement selon l'invention, permet l'utilisation des avantages de l'usinage, de la photolithographie et de la galvanoplastie pour électroformer en une seule étape de galvanoplastie une pièce mêlant des géométries simples et complexes avec une très bonne précision structurale.

[0007] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention:

- ledit au moins un évidement forme un trou dont la section n'est pas constante sur sa hauteur;
- ledit trou comporte au moins une extrémité évasée et/ou un taraudage;
- l'usinage lors de l'étape b) est prolongé dans une partie de la couche inférieure afin d'y fixer plus solidement le premier matériau déposé lors de l'étape c);
- la couche supérieure est formée à base de cuivre;
- la couche inférieure est formée à base d'acier;
- le premier matériau est formé à base de résine photosensible;
- le premier matériau est retiré lors de l'étape f) par dissolution;
- le deuxième matériau est formé à base de nickel;
- la couche supérieure est retirée lors de l'étape d) par une attaque chimique sélective;
- la couche inférieure est retirée lors de l'étape f) par une attaque chimique sélective.

### Description sommaire des dessins

[0008] 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 fig. 1 à 6 sont des représentations successives d'étapes de fabrication selon l'invention;

les fig. 7 à 10 sont des pièces électroformées obtenues à partir du procédé selon l'invention.

**Description détaillée des modes de réalisation préférés**

**[0009]** Le procédé selon l'invention sera mieux compris en relation avec les fig. 1 à 6. Dans une première étape a) illustrée à la fig. 1, le procédé selon l'invention consiste à former un substrat 1 avec une couche supérieure 3 solidarisée sur une couche inférieure 5.

**[0010]** Préférentiellement selon l'invention, la couche inférieure 5 est formée à base d'un matériau électriquement conducteur pour faciliter la réalisation de l'étape e) de galvanoplastie. Ainsi, de manière non limitative, des couches en acier ou en nickel sont envisageables.

**[0011]** Bien entendu, alternativement à une couche unique d'un matériau électriquement conducteur, il est également possible d'utiliser une couche formée par un matériau quelconque revêtu d'une couche électriquement conductrice.

**[0012]** Préférentiellement selon l'invention, la couche supérieure 3 est formée à base d'un matériau malléable pour faciliter la réalisation de l'étape b) d'usinage. Ainsi, de manière non limitative, des couches en cuivre ou en aluminium sont envisageables.

**[0013]** Le type de solidarisation entre la couche inférieure 5 et la couche supérieure 3 ne revêt pas d'importance pour la présente invention. La solidarisation peut, à titre d'exemple, être obtenue par galvanoplastie d'une couche sur l'autre de manière indifférente entre la couche inférieure et la couche supérieure, par collage ou par laminage.

**[0014]** Comme illustré à la fig. 2, la deuxième étape b) du procédé consiste à usiner au moins un évidement 2, 4 dans la couche supérieure 3 pour former de manière positive les futures géométries. Comme expliqué ci-dessus, les géométries qui sont particulièrement visées, sont, par exemple, un trou dont la section n'est pas constante sur sa hauteur, c'est-à-dire comportant au moins une partie évasée et/ou un taraudage. Au moins une partie évasée s'entend comme, par exemple, un trou totalement conique, et/ou muni d'un lamage et/ou d'un chambrage et/ou d'une fraisure.

**[0015]** On comprend ainsi qu'on utilise la précision avantageuse d'un usinage avant la fabrication proprement dite de la pièce électroformée, c'est-à-dire qu'on réalise un usinage sur un substrat 1 choisi pour obtenir la meilleure précision possible et non pas en subissant ses contraintes a posteriori sur la pièce électroformée.

**[0016]** Selon une variante de l'invention, l'usinage lors de l'étape b) est prolongé dans une partie de la couche inférieure 5 comme illustré à la fig. 2 afin d'y fixer plus solidement le premier matériau qui sera déposé lors de l'étape c).

**[0017]** Comme illustré à la fig. 3, la troisième étape c) du procédé consiste à remplir d'un premier matériau 7 ledit au moins un évidement 2, 4 pour reproduire de manière négative les futures géométries. Préférentiellement, le premier matériau 7 est une résine photosensible positive ou négative afin d'obtenir une très bonne précision de reproduction.

**[0018]** L'étape c) consiste ainsi, de manière préférée, à déposer la résine photosensible 7 à la tournette (également connu sous les termes anglais «spin coating») puis à sélectivement illuminer ladite résine, par exemple au travers d'un masque partiellement ajouré, afin de laisser la résine 7 réticulée uniquement au niveau desdits évidements 2, 4.

**[0019]** A titre de variante au mode de réalisation préféré, il est également possible d'entièrement recouvrir la couche supérieure 3 de résine 7 puis d'usiner le dessus du substrat 1 afin de rendre sa partie supérieure parfaitement plane.

**[0020]** Comme illustré à la fig. 4, la quatrième étape d) du procédé consiste à retirer la couche supérieure 3 pour ne laisser que le premier matériau 7 saillant de la couche inférieure 5. On comprend mieux à, cette étape d), l'intérêt de la variante de l'étape b) destinée à fixer plus solidement le premier matériau 7.

**[0021]** De manière préférée, l'étape d) est réalisée par une attaque chimique sélective, c'est-à-dire une attaque qui n'altère ni le premier matériau 7 ni la couche inférieure 5.

**[0022]** De plus en variante, comme visible à la fig. 4, au moins un autre matériau 9 peut être déposé après l'étape d) afin de former des géométries plus simples et/ou borner le dépôt de la future galvanoplastie de l'étape e). Préférentiellement, ledit au moins un autre matériau 9 est une résine photosensible positive ou négative afin d'obtenir une très bonne précision de fabrication.

**[0023]** Comme illustré à la fig. 5, la cinquième étape e) du procédé consiste à déposer un deuxième matériau 11 par galvanoplastie à partir de la couche inférieure 5 électriquement conductrice afin de former en une seule étape la pièce 13 avec lesdites géométries complexes par recouvrement des formes négatives en premier matériau 7 et, éventuellement, les géométries plus simples par recouvrement dudit au moins un matériau 9.

**[0024]** Préférentiellement selon l'invention, la pièce 13 est formée à base d'un matériau 11 électriquement conducteur nécessaire à la réalisation de l'étape e) de galvanoplastie. Toutefois, préférentiellement, le deuxième matériau 11 sera différent de celui utilisé pour la couche inférieure 5 afin de faciliter l'étape f) de libération de la pièce 13. Ainsi, de manière non limitative, des couches en or ou à base de nickel comme du nickel-phosphore sont envisageables.

**[0025]** Comme illustré à la fig. 6, la sixième et dernière étape f) du procédé consiste à libérer la pièce 13 formée par le deuxième matériau 11 en retirant le substrat 1, le premier matériau 7 et, éventuellement, ledit au moins un autre matériau 9.

**[0026]** Préférentiellement, le premier matériau 7 et, éventuellement, ledit au moins un autre matériau 9 sont retirés lors de l'étape f) par dissolution de la résine photosensible. De plus, de manière préférée lors de l'étape f), une attaque chimique sélective de la couche inférieure 5 est réalisée, c'est-à-dire une attaque qui ne désagrège que la couche inférieure 5.

**[0027]** On comprend donc que le procédé, avantageusement selon l'invention, permet l'utilisation des avantages de l'usinage, de la photolithographie et de la galvanoplastie pour électroformer en une seule étape de galvanoplastie une pièce mêlant des géométries simples et complexes avec une très bonne précision structurelle, c'est-à-dire comprise entre 1 et 5 µm, non seulement de chaque géométrie mais également du référencement entre les géométries.

**[0028]** Comme visible à la fig. 6, la pièce 13 comporte ainsi des géométries qui ne sont pas possible d'être obtenue actuellement par électroformage comme, par exemple, un trou dont la section n'est pas constante sur sa hauteur. On peut ainsi voir un trou 12 comportant une fraisure 14 et un taraudage 15, un trou 16 simple ou encore un trou 18 comportant un lamage ou un chambrage 17.

**[0029]** On comprend donc qu'une grande variété de pièces est capable d'être obtenue à l'aide du procédé selon l'invention. Quatre modes de réalisation de pièces électroformées sont représentés de manière non limitative aux fig. 7 à 10.

**[0030]** Dans un premier mode de réalisation illustré à la fig. 7, la pièce électroformée 23 forme une roue. Elle comporte une denture périphérique 21, un trou central 26 sensiblement conique, c'est-à-dire que sa section est continument variable, et trois trous 22, 22', 22'' distribués autour du trou central 26 comportant une fraisure 24, 24', 24'' et un taraudage 25, 25', 25''.

**[0031]** Dans un deuxième mode de réalisation illustré à la fig. 8, la pièce électroformée 33 forme un pont. Elle comporte un ajourage central 36 non symétrique, trois trous 32, 32', 32'' destinés à recevoir des axes et deux trous 38, 38' comportant un chambrage 37, 37' et un taraudage 35, 35'. De plus, il est visible sur la fig. 8 que la pièce 33 ne comporte pas une épaisseur constante. En effet, l'épaisseur de la pièce 33 est plus fine notamment au niveau du trou 31 destiné à recevoir le palier 39.

**[0032]** Dans un troisième mode de réalisation illustré à la fig. 9, la pièce électroformée 43 forme une roue. Elle comporte une denture de chant 41 sur sa partie supérieure et un trou central 46 pour former une pièce sensiblement annulaire.

**[0033]** Dans un quatrième mode de réalisation illustré à la fig. 10, la pièce électroformée 53 forme une roue à colonnes. Elle comporte une denture périphérique 51, un trou central 56 sensiblement conique, c'est-à-dire que sa section est continument variable, et six colonnes 59 distribués autour du trou central 56 dont la section selon leur hauteur n'est pas constante.

**[0034]** 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, les modes de réalisation présentés ci-dessous peuvent être combinés entre eux et ne représentent pas exhaustivement les possibilités de réalisations possibles par le procédé selon l'invention.

**[0035]** De plus, les modes préférés ou variantes du procédé selon l'invention sont uniquement utilisés pour donner un exemple de réalisation de l'invention sans s'y limiter. Ainsi, d'autres matériaux ou d'autres procédés d'enlèvement de matière ou de structuration peuvent être envisagés.

**[0036]** Enfin, les exemples donnés ci-dessus se rapportent à des parties de pièces d'horlogerie. Il va de soi que l'invention ne saurait être circonscrite au domaine des pièces d'horlogerie et pourrait, à titre d'exemple, s'appliquer à d'autres domaines techniques.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'une pièce complexe électroformée (13, 23, 33, 43, 53) caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:
  - a) former un substrat (1) avec une couche supérieure (3) solidarisée sur une couche inférieure (5);
  - b) usiner au moins un évidement (2, 4) dans la couche supérieure (3) pour former de manière positive les futures géométries;
  - c) remplir d'un premier matériau (7) ledit au moins un évidement (2, 4) pour reproduire de manière négative les futures géométries;
  - d) retirer la couche supérieure (3);
  - e) déposer un deuxième matériau (11) par galvanoplastie à partir de la couche inférieure (5) afin de former en une seule étape lesdites géométries par recouvrement des formes négatives en premier matériau (7);
  - f) libérer la pièce formée (13, 23, 33, 43, 53) par le deuxième matériau (11) en retirant le substrat (1) et le premier matériau (7).
2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit au moins un évidement (2, 4) forme un trou (12, 18, 22, 22', 22'', 26, 36, 38, 38', 56) dont la section n'est pas constante sur sa hauteur.
3. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ledit trou (12, 18, 22, 22', 22'', 38, 38') comporte au moins une extrémité évasée (14, 17, 24, 24', 24'', 37, 37').
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que ledit trou (12, 22, 22', 22'', 38, 38') comporte un taraudage (15, 25, 25', 25'', 35, 35').

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'usinage lors de l'étape b) est prolongé dans une partie de la couche inférieure (5) afin d'y fixer plus solidement le premier matériau (7) déposé lors de l'étape c).
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche supérieure (3) est formée à base de cuivre.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche inférieure (5) est formée à base d'acier.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier matériau (7) est formé à base de résine photosensible.
9. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le premier matériau (7) est retiré lors de l'étape f) par dissolution.
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le deuxième matériau (11) est formé à base de nickel.
11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche supérieure (3) est retirée lors de l'étape d) par une attaque chimique sélective.
12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche inférieure (5) est retirée lors de l'étape f) par une attaque chimique sélective.
13. Pièce complexe électroformée (13, 23, 33, 43, 53) obtenue à partir du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que la pièce (23, 33, 43, 53) comporte au moins un trou (12, 16, 18, 22, 22', 22'', 26, 32, 32', 32'', 36, 38, 38', 46, 56) dont la section n'est pas constante sur sa hauteur.
14. Pièce selon la revendication 13, caractérisée en ce que ledit au moins un trou est conique.
15. Pièce selon la revendication 13, caractérisée en ce que ledit au moins un trou est taraudé.
16. Pièce selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisée en ce que ledit au moins un trou comporte au moins une extrémité évasée (14, 17, 24, 24', 24'', 37, 37') formant un chambrage ou une fraisure.
17. Pièce complexe électroformée (43) obtenue à partir du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que la pièce (43) comporte sur sa partie supérieure une denture de chant (41).
18. Pièce complexe électroformée (53) obtenue à partir du procédé selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que la pièce (53) comporte sur sa partie supérieure plusieurs colonnes (59) dont la section selon leur hauteur n'est pas constante.

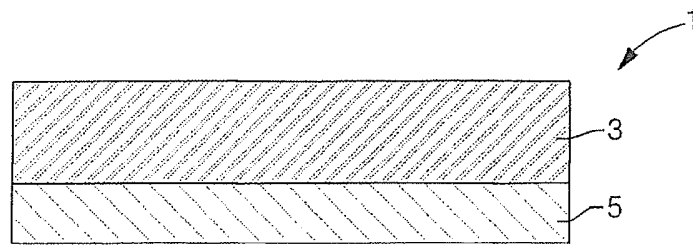


Fig. 1

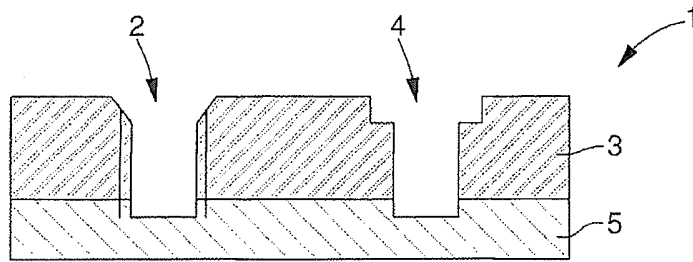


Fig. 2

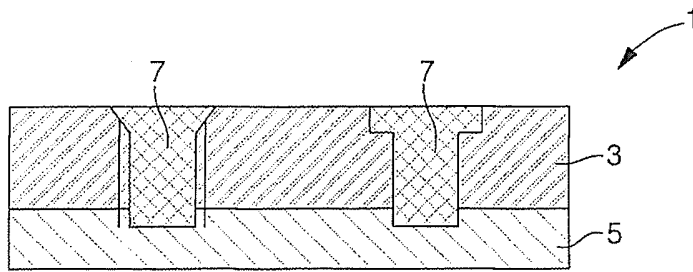


Fig. 3

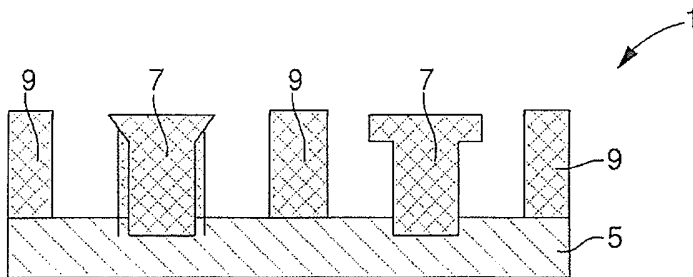


Fig. 4

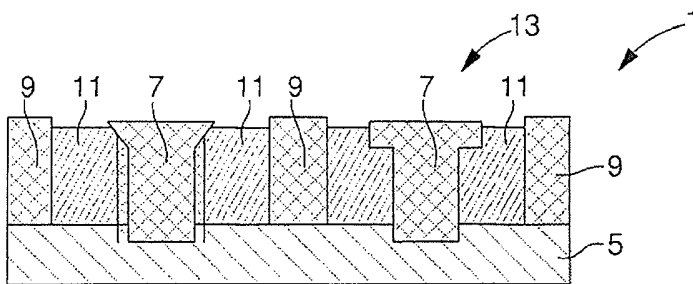


Fig. 5

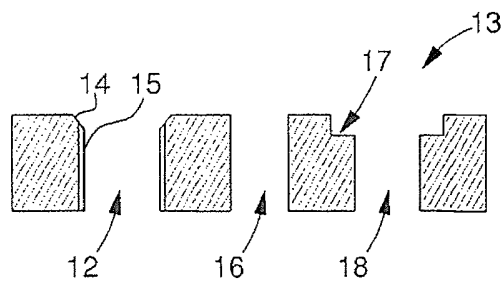


Fig. 6

