



(11) **EP 2 112 565 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
20.10.2010 Bulletin 2010/42

(51) Int Cl.:
G04B 13/02 (2006.01) **G04B 35/00** (2006.01)
G04D 7/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08405112.7**

(22) Date de dépôt: **21.04.2008**

(54) **Pièce de micromécanique avec ouverture pour fixation sur un axe**

Mikromechanisches Bauteil mit Öffnung zur Befestigung auf einer Achse

Micromechanical component with opening for attachment on a spindle

(84) Etats contractants désignés:
CH DE FR GB LI

• **Passannante, David**
CH-2502 Bienne (CH)

(43) Date de publication de la demande:
28.10.2009 Bulletin 2009/44

(74) Mandataire: **Stona, Daniel et al**
Moinas & Savoye S.A.
42, rue Plantamour
1201 Genève (CH)

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

(56) Documents cités:
EP-A- 1 826 634 DE-C- 811 817

(72) Inventeurs:
• **Bannier, Sébastien**
2615 Sonvilier (CH)

EP 2 112 565 B1

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

Description

[0001] L'invention concerne une pièce de micromécanique telle qu'une roue, un pignon, un plot une goupille ou un spiral, destinée à être fixée sur un axe et comportant au moins une ouverture dont les bords comprennent alternativement des zones rigides et des zones élastiques.

Arrière-plan de l'invention

[0002] En juin 1959, le brevet suisse n° 338146 divulguait un accouplement à glissement dans lequel une roue, représentée sur la figure 1, comportait des bras rigides 1 dont les extrémités 2 formaient un cercle dont le diamètre était égal à celui d'un axe à insérer au centre de la roue. Ces bras rigides 1 étaient eux-mêmes pourvus de prolongements radiaux servant de bras élastiques 3 dirigés vers l'intérieur. Une fois la roue montée sur l'axe, les bras élastiques 3 provoquaient un frottement entre la roue et l'axe.

[0003] En février 2006, soit près d'un demi-siècle plus tard, il fut proposé d'utiliser une ouverture ayant une forme légèrement différente. Ainsi, la demande de brevet européen n° EP 1 826 634 mit à la disposition du public la pièce de micromécanique représentée sur la figure 2. Cette pièce de micromécanique comportait, alternativement, des zones de rigidification et de positionnement 4 ainsi que des zones à déformation élastique constituées de languettes 5 dont les extrémités 6 pénétraient dans l'ouverture en s'étendant au-delà du contour théorique de l'axe, afin d'assurer une fonction de serrage lorsque l'axe était mis en place par chassage. L'objectif était de permettre un assemblage par chassage sur un axe ou un plot sans risque de rupture.

Les ouvertures ayant les formes décrites dans les documents de brevet précités semblent bien permettre de réduire le risque de rupture mais elles ne sont pas satisfaisantes, notamment, parce qu'elles ne permettent pas d'obtenir à la fois une force d'assemblage (de chassage) basse et une force de serrage élevée (cette dernière se traduisant par un couple de transmission élevé avant glissement de la pièce sur l'axe).

Exposé sommaire de l'invention

[0004] Les inventeurs de la demanderesse sont enfin parvenus à résoudre le problème précité, qui était resté sans solution pendant un demi-siècle.

[0005] Pour cela, ils ont mis au point une pièce de micromécanique destinée à être fixée sur un axe et comportant au moins une ouverture dont les bords comprennent alternativement des zones rigides et des zones élastiques destinées à venir en contact avec ledit axe, les extrémités des zones rigides les plus proches du centre de l'ouverture pouvant être reliées par un premier cercle de centre C, de diamètre supérieur au diamètre d'un deuxième cercle ayant le même centre C et reliant les extrémités des zones élastiques les plus proches du centre de l'ouverture, cette pièce de micromécanique se distinguant en ce que chaque zone rigide est formée par une partie bombée faisant saillie dans l'ouverture.

[0006] Ainsi, la pièce de micromécanique selon l'invention permet notamment :

- de centrer avec grande précision la roue par rapport au centre de l'axe;
- de réduire les risques de rupture au chassage ;
- d'augmenter l'intervalle de tolérance des pièces à assembler ;
- de mieux maîtriser l'assemblage de pièces fragiles ;
- d'éliminer les risques de micro-fissures ;
- de détecter facilement un assemblage effectué avec un serrage trop élevé (auquel on impute généralement la formation de micro-fissures lorsque le matériau constituant la pièce est fragile) ;
- d'effectuer un contrôle systématique et simple de la qualité de l'assemblage ; et
- de simplifier les opérations de fabrication car il n'est plus nécessaire d'effectuer un difficile contrôle de l'absence de micro-fissures au microscope électronique.

[0007] Dans la pièce de micromécanique selon l'invention, la partie bombée fait de préférence saillie vers le centre de l'ouverture.

[0008] Selon un premier mode de réalisation de l'invention, chaque zone élastique est formée par un bras courbé.

[0009] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, chaque zone élastique est formée par au moins un doigt courbé.

[0010] Selon un troisième mode de réalisation de l'invention, chaque zone élastique est formée par au moins un demi-bras sensiblement rectiligne.

[0011] Avantageusement, la pièce de micromécanique selon l'invention comprend trois zones rigides et trois zones élastiques. En effet, cette configuration à deux fois trois zones, du fait de son caractère isostatique, garantit à la fois un même nombre de contacts et un centrage optimal.

[0012] Selon un autre aspect, l'invention concerne un procédé de diminution des risques d'obtention d'un assemblage défectueux lors de la réalisation d'un assemblage comportant chacun un axe et une pièce de micromécanique selon l'invention.

[0013] Selon encore un autre aspect, l'invention se rapporte à un procédé de formation d'un assemblage comprenant une pièce de micromécanique selon l'invention et un axe.

[0014] Ces procédés ont l'avantage majeur de permettre d'obtenir d'une manière simple des assemblages ayant une probabilité quasiment nulle de comporter des micro-fissures, ou d'être défectueux en raison, notamment, d'un couple de tenue trop faible.

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention vont maintenant être décrits en détail dans l'exposé qui suit et qui est donné en référence aux figures annexées qui représentent :

- figure 1 : une roue conforme au brevet CH338146 précité, nommé « art antérieur 1 », sur laquelle on a dessiné un cercle reliant les zones rigides les unes aux autres ;
- figure 2 : une pièce de micromécanique conforme au premier mode de réalisation de la demande de brevet précitée EP 1 826 634, nommé « art antérieur 2 », sur laquelle on a relié entre elles les zones rigides par des pointillés ;
- figure 3 : une partie d'une pièce de micromécanique selon le premier mode de réalisation de l'invention ;
- figure 4 : une partie d'une pièce de micromécanique selon le deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- figure 5 : une partie d'une pièce de micromécanique selon le troisième mode de réalisation de l'invention ;
- figure 6 : des courbes représentant l'évolution de la force de chassage d'un axe dans une pièce de micromécanique selon l'invention, en fonction du serrage obtenu ; et
- figure 7 : des courbes représentant l'évolution du couple maximal transmissible par un assemblage constitué d'un axe se trouvant dans une pièce de micromécanique selon l'invention, en fonction du serrage.

Exposé détaillé de l'invention

[0016] L'invention s'applique en particulier au domaine de l'horlogerie. Elle est tout spécialement appropriée à la réalisation de roues dentées, pignons, viroles, dards (pour ancrs), disques d'affichage etc., pouvant avoir de très petites dimensions (de l'ordre du mm).

[0017] En effet, après chassage d'un axe dans le trou central d'une roue, on s'attend à avoir une tenue de cet assemblage assurant la fonction désirée. Celle-ci peut simplement être la transmission d'un couple sans glissement d'une pièce par rapport à l'autre. On peut aussi désirer que le glissement intervienne à partir d'un couple donné.

[0018] Il faut donc que le couple de tenue minimum correspondant au pire cas de la force de chassage minimum soit supérieur au couple de charge maximum pour éviter tout glissement. De plus, il faut que la force de chassage maximum (correspondant au couple de tenue maximum) soit inférieure à un seuil limite avant dégâts (microfissures ou déformation plastique par exemple) lors de l'assemblage.

[0019] Sur la figure 3 est représentée partiellement une pièce de micromécanique selon le premier mode de réalisation de l'invention. Cette pièce de micromécanique est plane, de faible épaisseur et elle comprend une ouverture 10 prévue pour recevoir un axe (non représenté). Sur les bords de l'ouverture 10 alternent des zones rigides 11 et des zones élastiques 12.

[0020] Les zones rigides 11 sont formées chacune par une partie bombée faisant saillie depuis la pièce de micromécanique en direction du centre de l'ouverture 10 symbolisé sur la figure 3 par un point C. Le contour de chaque zone rigide 11 est celui d'un arc de cercle. Toutes les zones rigides 11 sont identiques les unes aux autres et en reliant leurs extrémités 13 les plus proches du point C de l'ouverture 10, on obtient un premier cercle C1 dont le centre se confond avec le point C.

[0021] Les zones élastiques 12 sont formées chacune par un bras courbé vers le point C. Chaque bras a la forme d'un morceau d'anneau faisant saillie depuis la pièce de micromécanique vers le point C et dont le côté de plus grand diamètre est tourné vers le point C. Ce morceau d'anneau sépare l'ouverture 10 d'un évidement sensiblement ovale 14 formé dans la pièce de micromécanique.

[0022] La forme annulaire des zones 12 ainsi que les évidements 14 confèrent aux zones 12 une élasticité très supérieure à celle des zones 11. Toutes les zones élastiques 12 sont identiques les unes aux autres et en reliant leurs extrémités 15 les plus proches du point C de l'ouverture 10, on obtient un deuxième cercle C2 dont le centre se confond avec ce point C.

[0023] Le diamètre du cercle C2 est inférieur à celui du cercle C1.

[0024] Chaque zone rigide 11 est séparée, de chaque côté, de la zone élastique 12 qui lui est adjacente par un espacement 16.

[0025] La pièce de micromécanique selon ce premier mode de réalisation comprend trois zones rigides alternant avec trois zones élastiques, ce qui lui confère une symétrie ternaire.

[0026] Sur la figure 4 est représentée partiellement une pièce de micromécanique selon le deuxième mode de réali-

sation de l'invention. Cette pièce de micromécanique est également plane et de faible épaisseur.

[0027] Les zones rigides 11 sont similaires à celles du premier mode de réalisation et n'ont donc pas besoin d'être décrites à nouveau.

[0028] La différence entre ce mode de réalisation et le premier réside essentiellement dans la forme des zones élastiques. En effet, dans ce deuxième mode de réalisation, chaque zone élastique 22 est formée par deux doigts courbés 22a, 22b.

[0029] Chaque doigt 22a a sensiblement la forme d'un anneau faisant saillie depuis la pièce de micromécanique et dont on a retiré une section pour former un espace 23a. De même, chaque doigt 22b a sensiblement la forme d'un anneau faisant saillie depuis la pièce de micromécanique et dont on a retiré une section pour former un espace 23b.

[0030] Les espaces 23a et 23b des doigts 22a et 22b d'une même zone 22 ne sont pas tournés vers le point C : ils se situent entre l'extrémité libre 27 de l'anneau et le reste de la pièce de micromécanique. Les doigts 22a et 22b sont séparés l'un de l'autre par un espace 24. L'espace 23a du doigt 22a se situe du côté opposé au doigt 22b et de même, l'espace 23b du doigt 22b se situe du côté opposé au doigt 22a. Les doigts 22a et 22b sont symétriques par rapport à une droite passant par le point C et un point situé au milieu de l'espace de séparation des doigts 24.

[0031] La forme annulaire des doigts 22a, 22b ainsi que les espaces 23a, 23b confèrent aux zones 22 une élasticité très supérieure à celle des zones 11. Toutes les zones élastiques 22 sont identiques les unes aux autres et en reliant leurs extrémités 25 les plus proches du point C symbolisant le centre de l'ouverture 20, on obtient un cercle C2 dont le centre se confond avec ce point C.

[0032] Bien entendu, le diamètre du cercle C2 est inférieur à celui du cercle C1.

[0033] Lorsque les doigts 22a, 22b sont poussés dans une direction sensiblement radiale vers l'extérieur, les espaces 23a, 23b se réduisent jusqu'à disparaître lorsque les extrémités libres 27 des doigts 22a, 22b butent contre le reste de la pièce de micromécanique. Cette dernière joue ainsi le rôle de butée pour les doigts 22a, 22b.

[0034] Chaque zone rigide 11 est séparée, de chaque côté, de la zone élastique 22 voisine par un espacement 26.

[0035] Selon ce mode de réalisation aussi, la pièce de micromécanique comprend trois zones rigides alternant avec trois zones élastiques, ce qui lui confère également une symétrie ternaire.

[0036] Sur la figure 5 est représentée partiellement une pièce de micromécanique selon le troisième mode de réalisation de l'invention. Cette pièce de micromécanique est elle aussi plane et de faible épaisseur.

[0037] Les zones rigides 11 sont similaires à celles des modes de réalisation précédents et n'ont donc pas besoin d'être à nouveau décrites.

[0038] La différence entre ce mode de réalisation et les précédents réside essentiellement dans la forme des zones élastiques. En effet, dans ce troisième mode de réalisation, chaque zone élastique 32 est formée par deux demi-bras sensiblement rectilignes 32a, 32b. Chaque demi-bras 32a fait saillie depuis la pièce de micromécanique dans une direction faisant un léger angle (moins de 10 degrés) avec une tangente au cercle C1 passant par un point situé à mi-chemin entre les deux demi-bras 32a, 32b. Ainsi, son extrémité libre 33a se rapproche du point C symbolisant le centre de l'ouverture 30.

[0039] De même, chaque demi-bras 32b de la même zone 32 fait saillie depuis la pièce de micromécanique dans une direction faisant un léger angle (moins de 10 degrés) avec ladite tangente, de façon à ce que l'extrémité libre 33b du demi-bras 32b se rapproche du point C symbolisant le centre de l'ouverture 30.

[0040] Les demi-bras 32a, 32b sont tournés l'un vers l'autre et leurs extrémités libres 33a, 33b sont séparées par un espace 34. Entre les demi-bras 32a, 32b et le reste de la pièce de micromécanique se trouvent respectivement des espaces 35a, 35b qui, aux bases respectives des demi-bras 32a, 32b, (c'est-à-dire aux endroits depuis lesquels ces demi-bras font saillie), s'élargissent sensiblement en forme de gouttes 38a, 38b.

[0041] La forme allongée des demi-bras 32a, 32b ainsi que les espaces 35a, 35b confèrent aux zones 32 une élasticité très supérieure à celle des zones 11. Toutes les zones élastiques 32 sont identiques les unes aux autres et en reliant leurs extrémités 37 les plus proches du point C de l'ouverture 30, on obtient un cercle C2 dont le centre se confond avec ce point C.

[0042] Il va de soi que dans ce mode de réalisation également, le diamètre du cercle C2 est inférieur à celui du cercle C1.

[0043] Lorsque les extrémités libres 33a, 33b des demi-bras 32a, 32b sont poussées dans une direction sensiblement radiale vers l'extérieur, les espaces 35a, 35b se réduisent jusqu'à disparaître lorsque les extrémités libres 33a, 33b butent contre le reste de la pièce de micromécanique. Cette dernière joue ainsi le rôle de butée pour les demi-bras 32a, 32b.

[0044] Chaque zone rigide 11 est séparée, de chaque côté, de la zone élastique 32 voisine par un espacement 36.

[0045] Selon ce mode de réalisation aussi, la pièce de micromécanique comprend trois zones rigides alternant avec trois zones élastiques, ce qui lui confère également une symétrie ternaire.

Tests

[0046] Des simulations à l'aide du logiciel ANSYS® ont été effectuées sur des pièces de micromécanique selon les

premier (P1), deuxième (P2) et troisième (P3) modes de réalisation de l'invention. Ces pièces étaient en alliage Ni-P.

[0047] La pièce P1 présentait une épaisseur de 0,2 mm, un cercle C2 ayant un diamètre de 0,49 mm, un cercle C1 ayant un diamètre de 0,51 mm, des parties bombées ayant un rayon de courbure de 0,15 mm, des bras 12 ayant 0,04 mm de largeur et un diamètre extérieur de 1,0 mm, une distance mesurée entre le cercle C1 et l'extrémité la plus éloignée de l'espace 16 de 0,15 mm, un évidement 14 ayant une largeur de 0,12 mm et une longueur de 0,26 mm.

[0048] La pièce P2 présentait une épaisseur de 0,2 mm, un cercle C2 ayant un diamètre de 0,49 mm, un cercle C1 ayant un diamètre de 0,51 mm des parties bombées ayant un rayon de courbure de 0,15 mm, des doigts 22a, 22b ayant un diamètre interne de 0,06 mm et un diamètre externe de 0,14 mm, une distance mesurée entre le cercle C1 et l'extrémité la plus éloignée de l'espace 24 de 0,15 mm, des espaces 23a, 23b ayant une distance, mesurée entre l'extrémité 27 et la paroi opposée de la pièce P2, de 0,02 mm, une distance mesurée entre le cercle C1 et l'extrémité la plus éloignée de l'espace 26 de 0,15 mm.

[0049] La pièce P3 présentait une épaisseur de 0,2 mm, un cercle C2 ayant un diamètre de 0,49 mm, un cercle C1 ayant un diamètre de 0,51 mm, des parties bombées ayant un rayon de courbure de 0,15 mm, des demi-bras 32a, 32b ayant une longueur de 0,18 mm et une largeur de 0,04 mm, un espace 34 ayant une longueur mesurée sensiblement suivant l'axe des demi-bras 32a, 32b, de 0,02 mm, une distance mesurée entre le cercle C1 et l'extrémité la plus éloignée de l'espace 36 de 0,04 mm, des espaces 35a, 35b ayant une largeur minimale de 0,02 mm et une distance, mesurée entre les parois les plus éloignées des élargissements en forme de goutte 38a et 38b, de 0,37 mm, ces formes de goutte ayant un diamètre de 0,07 mm.

[0050] Pour chacune des pièces P1, P2, P3, on a simulé la force d'introduction (de chassage) d'un axe en acier 20AP à 700HV dans l'ouverture respective 10, 20, 30 de la pièce P1, P2, P3, en fonction du serrage, c'est-à-dire en fonction de la différence entre le diamètre de l'axe et le diamètre du cercle C2. Le coefficient de frottement μ entre l'axe et chaque pièce P1, P2, P3 était de 0,15.

[0051] Les résultats sont représentés sur la figure 6.

[0052] On observe, pour chacune des trois pièces P1, P2 et P3, une augmentation linéaire au début, puis une inflexion (augmentation de la pente) pour un serrage supérieur à 20 μm .

[0053] On peut en déduire que pour un serrage compris entre 0 et 20 μm , la caractéristique linéaire d'augmentation de la force de chassage est acceptable. Au delà, la caractéristique de la force de chassage croît plus vite que linéairement. Ainsi, lorsqu'on atteint un serrage de 20 μm , l'axe vient en contact avec les zones rigides. Dès cet instant, toute augmentation de la valeur de serrage (> 20 μm) est contrecarrée par les zones rigides. On observe une inflexion (augmentation rapide de la force de chassage). Les bras élastiques n'atteignent pas la limite élastique pour cette valeur de 20 μm mais pour une valeur supérieure. La limite élastique des bras n'est jamais atteinte. En effet, grâce à la présence des zones rigides on observe une très rapide et très forte augmentation de la force de serrage, entraînant la nécessité de rejeter l'assemblage.

[0054] Les pièces P1, P2 et P3 ont été dimensionnées de telle sorte que lorsque la valeur de 20 μm est atteinte, les saillies rigides entrent en jeu, on atteint environ 70% de la limite élastique des zones élastiques. En fait, il faut placer les zones rigides de façon judicieuse pour que l'augmentation de force corresponde au début de la zone à risque, avec une marge de sécurité. L'augmentation de la force de chassage à un serrage de 20 μm est uniquement liée au chassage sur les zones rigides. Si l'on supprimait les zones rigides, le dépassement de la limite élastique de la matière ne pourrait en aucun cas être détecté par une anomalie de force de chassage.

[0055] Selon l'invention, le dimensionnement est tel que lorsque les zones rigides entrent en jeu les bras sont encore dans le domaine de contrainte élastique.

[0056] Par conséquent, avec les pièces P1, P2 et P3 selon l'invention, la plage de tolérance de fabrication des pièces peut être grande, car la variation dimensionnelle des pièces influe peu sur la force de chassage (on reste toujours dans la zone élastique de contrainte des bras). Cette dernière reste donc acceptable pour toutes les pièces à l'intérieur de la plage de tolérance, ce qui se traduit en pratique par des exigences de fabrication moindres et/ou une diminution des rejets pour non-conformité.

[0057] En outre, étant donné que la tenue au « déchassage » (expulsion de l'axe) est directement liée à la force de chassage et que la tenue minimale à un déchassage provoqué par un choc de 5000 g doit généralement être d'au moins 0,1 N, on constate que même pour un serrage minimal (4 μm), cette tenue minimale au choc est atteinte avec les trois pièces P1, P2 et P3.

[0058] Ensuite, on a simulé la valeur du couple maximal transmissible par l'assemblage (c'est-à-dire qu'on transmet au mieux cette valeur, mais jamais davantage) en fonction du serrage.

[0059] Les résultats sont représentés sur la figure 7.

[0060] Dans le cas illustré, la valeur minimale du couple que l'assemblage doit être capable de transmettre doit être d'au moins 16 μNm . On constate que même dans le cas de P3 qui fournit les valeurs les plus basses, on atteint déjà, avec un serrage de 4 μm , une valeur de 80 μNm , c'est-à-dire une valeur largement supérieure à ce qui est nécessaire.

[0061] Par ailleurs, on note que dans le cas de P3, la valeur du couple maximal transmissible augmente peu avec le serrage. La pièce P3, avec un dimensionnement judicieux, peut donc avantageusement trouver une application comme

EP 2 112 565 B1

limiteur de couple à transmettre, car même avec des variations dimensionnelles importantes, il peut être garanti que le couple maximal que pourra transmettre l'assemblage restera limité.

Essai comparatif

[0062] On a comparé une pièce de micromécanique P2 selon l'invention à deux pièces telles que décrites dans les arts antérieurs 1 et 2 précités.

[0063] Des simulations ont été effectuées à l'aide du logiciel ANSYS® sur les trois pièces dans les mêmes conditions, à savoir :

- axes identiques (diamètre 0 0,51 mm, acier 20AP à 700 HV,)
- matériau : NiP, épaisseur 0,2 mm, coefficient de frottement avec l'axe $\mu=0,15$, serrage de 12 μm ; et
- paramètres de simulation identiques (taille de maille, incrément de calcul, formulation de contact, etc.).

[0064] Le critère de comparaison était le rapport entre le couple de tenue et la contrainte principale maximale (qui représente le critère de vérification standard pour les matériaux fragiles). Plus la valeur du critère est élevée, meilleure est la pièce de micromécanique.

[0065] Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant :

Pièce testée	Contrainte principale maximale (MPa)	Couple de tenue (μNm)	Rapport couple/contrainte ($\mu\text{Nm/MPa}$)
Art antérieur 1	354	41	0,116
Art antérieur 2	307	4	0,013
P2	1440	560	0,389

[0066] On constate que la pièce P2 fournit des résultats largement supérieurs à ceux des pièces de l'art antérieur.

Procédés selon l'invention

[0067] Dans les pièces de micromécanique selon l'invention, les zones rigides servent essentiellement au guidage lors du chassage de l'axe qui va être introduit dans l'ouverture et les zones élastiques au maintien par serrage de cet axe, afin de l'empêcher de tourner par rapport à la pièce de micromécanique ou bien de se déplacer dans une direction sensiblement perpendiculaire au plan de cette pièce.

[0068] Comme on l'a vu en relation avec la figure 6, pour chaque pièce de micromécanique selon l'invention, il est possible de définir une valeur de serrage à partir de laquelle la force de chassage croît rapidement et par conséquent le risque d'existence de micro-fissures dans la pièce de micromécanique devient important.

[0069] Il est donc souhaitable d'éliminer les pièces dont l'assemblage a nécessité une force de chassage élevée.

[0070] De même, il est souhaitable d'éliminer les pièces qui ne sont pas susceptibles de garantir un couple supérieur au couple minimum nécessaire au bon fonctionnement de la transmission sans glissement.

[0071] Par conséquent, l'invention concerne également un procédé de diminution des risques d'obtention d'un assemblage défectueux lors de la réalisation d'un assemblage formé d'un axe et d'une pièce de micromécanique selon l'invention, ce procédé comprenant les étapes successives suivantes :

- on mesure la force nécessaire lors de l'introduction de l'axe dans la pièce de micromécanique ;
- on compare la valeur mesurée à une première valeur de référence et à une deuxième valeur de référence ;
- si la valeur mesurée est supérieure à la première valeur de référence ou inférieure à la deuxième valeur de référence, l'assemblage est considéré comme insatisfaisant et est éliminé ;
- si la valeur mesurée est inférieure ou égale à la première valeur de référence et supérieure ou égale à la seconde valeur de référence, l'assemblage est considéré comme satisfaisant et est conservé.

[0072] La première valeur de référence qui est utilisée dans les procédés selon l'invention est donc la valeur correspondant à une valeur inférieure d'environ 30% à la limite d'élasticité des zones élastiques, et correspond, dans les tests décrits ci-dessus, à un serrage de 20 μm pour les pièces P1, P2 et P3.

[0073] La deuxième valeur de référence est la limite en dessous de laquelle la pièce ne parvient pas à transmettre un couple suffisant au bon fonctionnement de la transmission.

[0074] Parallèlement, l'invention concerne aussi un procédé de formation d'un assemblage comprenant une pièce de micromécanique et un axe, comprenant les étapes successives suivantes :

- on introduit un axe dans une pièce de micromécanique selon l'invention tout en mesurant la force nécessaire à l'introduction ;
- on compare la valeur mesurée à une première valeur de référence et à une deuxième valeur de référence ;
- si la valeur mesurée est supérieure à la première valeur de référence ou inférieure à la deuxième valeur de référence, on élimine l'assemblage ;
- si la valeur mesurée est inférieure ou égale à la première valeur de référence et supérieure ou égale à la deuxième valeur de référence, on conserve l'assemblage.

[0075] Sur les figures 3, 4 et 5 n'ont été représentées que les parties des pièces de micromécanique selon l'invention nécessaires à l'exposé de l'invention. Il va de soi que l'homme du métier saura compléter ces figures en y ajoutant les parties manquantes d'une roue, d'un pignon, d'un plot, d'une goupille ou d'un spiral, par exemple.

[0076] Les pièces de micromécanique selon l'invention peuvent être réalisées, par exemple, à partir de matériaux tels que le silicium, le nickel, les alliages de nickel tels que le nickel-phosphore, le diamant, le quartz, etc.

[0077] L'utilisation de la technologie de fabrication LIGA (de l'allemand « Röntgenlithographie, Galvanoformung, Abformung ») peut avantageusement être employée pour obtenir des pièces ayant des formes relativement complexes en nickel ou nickel-phosphore. L'utilisation d'une technologie de micro-fabrication, par exemple au moyen d'un procédé de gravure profonde, peut également être employée pour obtenir des pièces ayant des formes relativement complexes à partir de plaques de silicium, de diamant ou de quartz.

[0078] Les pièces de micromécanique représentées sur les figures 3 à 5 comprennent toutes trois zones rigides et trois zones élastiques car il s'agit des configurations préférées. Cependant, on peut imaginer, sans sortir du cadre de l'invention, d'autres pièces de micromécanique ayant davantage de zones rigides et élastiques et/ou des dimensions et/ou des formes différentes. Par exemple, la partie bombée peut ne pas être en arc de cercle, mais être définie par un rayon de courbure variable, en arc d'ovale et être dirigée non plus vers le centre de l'ouverture mais dans une direction décalée par rapport à ce centre.

[0079] De plus, les pièces de micromécanique selon l'invention ne sont pas nécessairement planes. En effet, la technologie LIGA précitée permet de réaliser des pièces multicouches, par exemple, une planche de roue avec un pignon.

[0080] Par ailleurs, lorsque les pièces sont réalisées en Nickel-Phosphore ou Silicium, elles sont plus fragiles en traction qu'en compression. Par conséquent, la pièce P2 selon l'invention (fig. 4) est particulièrement favorable car la contrainte en flexion occasionne une faible traction du côté du centre et une forte compression du côté opposé.

[0081] Enfin, il convient d'ajouter que les pièces peuvent avoir une symétrie plus réduite. Dans le cas des pièces P2 ou P3 selon l'invention par exemple, il peut être avantageux de réaliser des demi-bras non symétriques (en longueur et/ou en largeur), ce qui confère alors à la pièce un couple de tenue plus élevé dans un sens que dans l'autre.

Revendications

1. Pièce de micromécanique destinée à être fixée sur un axe et comportant au moins une ouverture (10,20,30) dont les bords comprennent alternativement des zones rigides (11) et des zones élastiques (12,22,32) destinées à venir en contact avec ledit axe, les extrémités (13) des zones rigides (11) les plus proches du centre C de l'ouverture (10,20,30) pouvant être reliées par un premier cercle C1 de centre C, de diamètre supérieur au diamètre d'un deuxième cercle C2 ayant le même centre C et reliant les extrémités (15,25,27) des zones élastiques (12,22,32) les plus proches du centre de l'ouverture, cette pièce de micromécanique étant **caractérisée en ce que** chaque zone rigide (11) est formée par une partie bombée faisant saillie dans l'ouverture (10,20,30).

2. Pièce de micromécanique selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la partie bombée fait saillie vers le centre de l'ouverture (10, 20, 30).

3. Pièce de micromécanique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** chaque zone élastique (12) est formée par un bras courbé.

4. Pièce de micromécanique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** chaque zone élastique (22) est formée par deux doigts courbés (22a, 22b).

5. Pièce de micromécanique selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** chaque zone élastique (32) est formée par au moins un demi-bras rectiligne (32a ou 32b).
6. Pièce de micromécanique selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce qu'elle** comprend trois zones rigides (11) et trois zones élastiques (12, 22, 32).
7. Assemblage formé d'une pièce de micromécanique selon l'une des revendications 1 à 6 et d'un axe.
8. Utilisation d'une pièce de micromécanique selon la revendication 5 pour limiter le couple devant être transmis par un assemblage formé par cette pièce de micromécanique et un axe.
9. Procédé de formation d'un assemblage selon la revendication 7, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes successives suivantes :
 - on introduit un axe dans une pièce de micromécanique selon l'une des revendications 1 à 6 tout en mesurant la force nécessaire à l'introduction ;
 - on compare la valeur mesurée à une première valeur de référence ;
 - si la valeur mesurée est supérieure à la première valeur de référence ou inférieure à une deuxième valeur de référence, on élimine l'assemblage ;
 - si la valeur mesurée est inférieure ou égale à la première valeur de référence et supérieure ou égale à la deuxième valeur de référence, on conserve l'assemblage.

Claims

1. A micromechanical part intended to be fastened to a spindle and having at least one opening (10, 20, 30) whose edges comprise an alternating arrangement of rigid areas (11) and elastic areas (12, 22, 32) intended to come into contact with said spindle, it being possible for those ends (13) of the rigid areas (11) closest to the centre C of the opening (10,20,30) to be connected by a first circle C1 having a centre C and a diameter greater than the diameter of a second circle C2 having the same centre C and connecting those ends (15, 25, 27) of the elastic areas (12, 22, 32) closest to the centre of the opening, this micromechanical part being **characterized in that** each rigid area (11) is formed by a convex portion projecting into the opening (10, 20, 30).
2. The micromechanical part as claimed in claim 1, wherein the convex portion projects toward the center of the opening (10, 20, 30).
3. The micromechanical part as claimed in claim 1 or 2, wherein each elastic area (12) is formed by a curved arm.
4. The micromechanical part as claimed in claim 1 or 2, wherein each elastic area (22) is formed by two curved fingers (22a, 22b).
5. The micromechanical part as claimed in claim 1 or 2, wherein each elastic area (32) is formed by at least one rectilinear half-arm (32a or 32b).
6. The micromechanical part as claimed in one of claims 1 to 5, which comprises three rigid areas (11) and three elastic areas (12, 22, 32).
7. An assembly formed by a micromechanical part as claimed in one of claims 1 to 6 and by a spindle.
8. A use of a micromechanical part as claimed in claim 5 for limiting the torque that is to be transmitted by an assembly formed by this micromechanical part and a spindle.
9. A method of forming an assembly as claimed in claim 7, **characterized in that** it comprises the following successive steps:
 - a spindle is inserted into a micromechanical part as claimed in one of claims 1 to 6 while measuring the force required for the insertion;
 - the measured value is compared with a first reference value;

- if the measured value is greater than the first reference value or less than a second reference value, the assembly is rejected;
- if the measured value is less than or equal to the first reference value and greater than or equal to the second reference value, the assembly is retained.

5

Patentansprüche

1. Mikromechanisches Teil, das dazu bestimmt ist, auf einer Achse fixiert zu sein und das wenigstens eine Öffnung (10, 20, 30) aufweist, deren Ränder abwechselnd steife Bereiche (11) und elastische Bereiche (12, 22, 32) aufweisen, die dazu bestimmt sind, in Kontakt mit der Achse zu kommen, wobei die Enden (13) der steifen Bereiche (11), die der Mitte C der Öffnung (10, 20, 30) am nächsten liegen, über einen ersten Kreisring C1 um die Mitte C miteinander verbunden sind, dessen Durchmesser größer als der Durchmesser eines zweiten Kreisringes C2 ist, der die gleiche Mitte C hat und die Enden (15, 25, 27) der elastischen Bereiche (12, 22, 32) verbindet, die der Mitte der Öffnung am nächsten liegen, wobei das mikromechanische Teil **dadurch gekennzeichnet ist, dass** jeder steife Bereich (11) durch einen ausgebuchteten Bereich gebildet ist, der in die Öffnung (10, 20, 30) hineinragt.
2. Mikromechanisches Teil nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der ausgebuchtete Bereich in Richtung der Mitte der Öffnung (10, 20, 30) hineinragt.
3. Mikromechanisches Teil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder elastische Bereich (12) durch einen gekrümmten Arm gebildet ist.
4. Mikromechanisches Teil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder elastische Bereich (22) durch zwei gekrümmte Finger (22a, 22b) gebildet ist.
5. Mikromechanisches Teil nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder elastische Bereich (32) durch wenigstens einen geraden Halbarm (32a oder 32b) gebildet ist.
6. Mikromechanisches Teil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** es drei steife Bereiche (11) und drei elastische Bereiche (12, 22, 32) aufweist.
7. Anordnung, die aus einem mikromechanischen Teil nach einem der Ansprüche 1 bis 6 und einer Achse gebildet ist.
8. Verwendung eines mikromechanischen Teiles nach Anspruch 5 zum Begrenzen des Drehmomentes vor Übermittlung durch eine Anordnung, die durch dieses mikromechanische Teil und eine Achse gebildet ist.
9. Verfahren zum Herstellen einer Anordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** es aufeinanderfolgend die folgenden Schritte aufweist:
 - Einführen einer Achse in ein mikromechanisches Teil nach einem der Ansprüche 1 bis 6 unter Messen der zum Einführen erforderlichen Kraft,
 - Vergleich der gemessenen Kraft mit einem ersten Referenzwert,
 - wenn der gemessene Wert größer als der erste Referenzwert oder kleiner als ein zweiter Referenzwert ist, Verwerfen der Anordnung,
 - falls der gemessene Wert kleiner oder gleich dem ersten Referenzwert und größer oder gleich dem zweiten Referenzwert ist, Verwerfen der Anordnung.

50

55

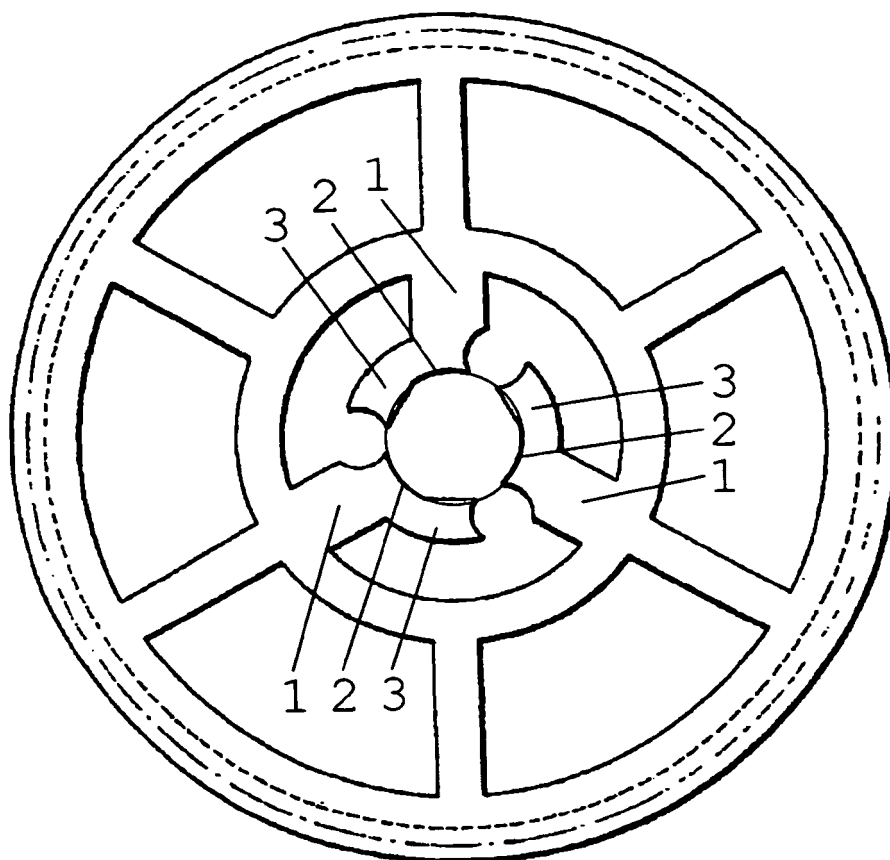


Fig. 1

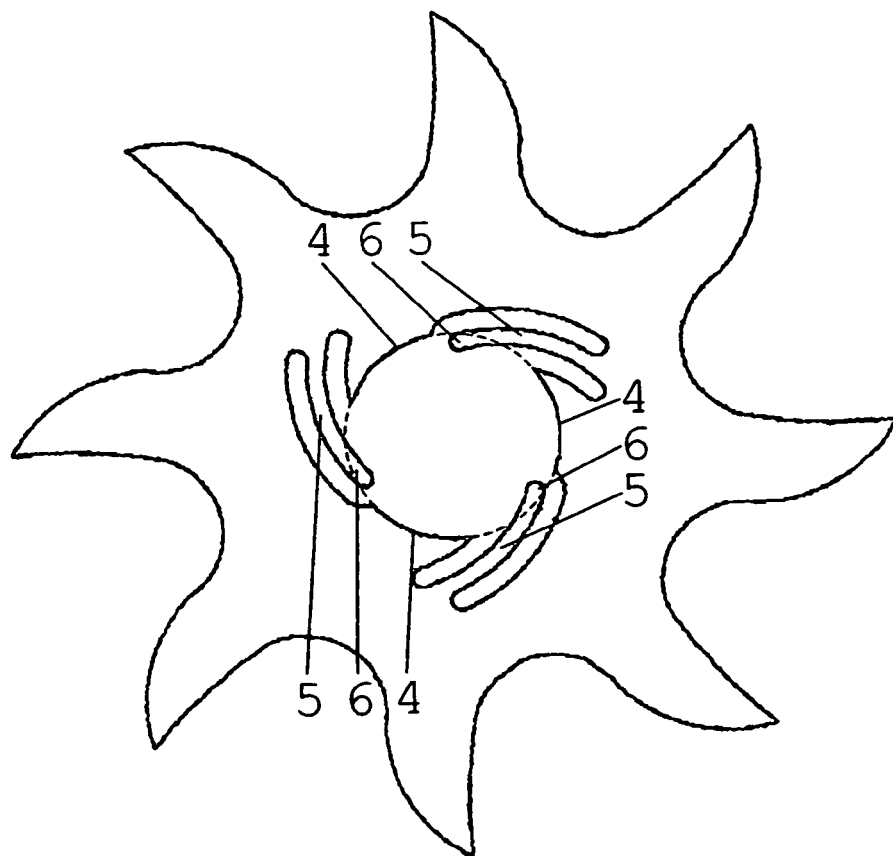


Fig. 2

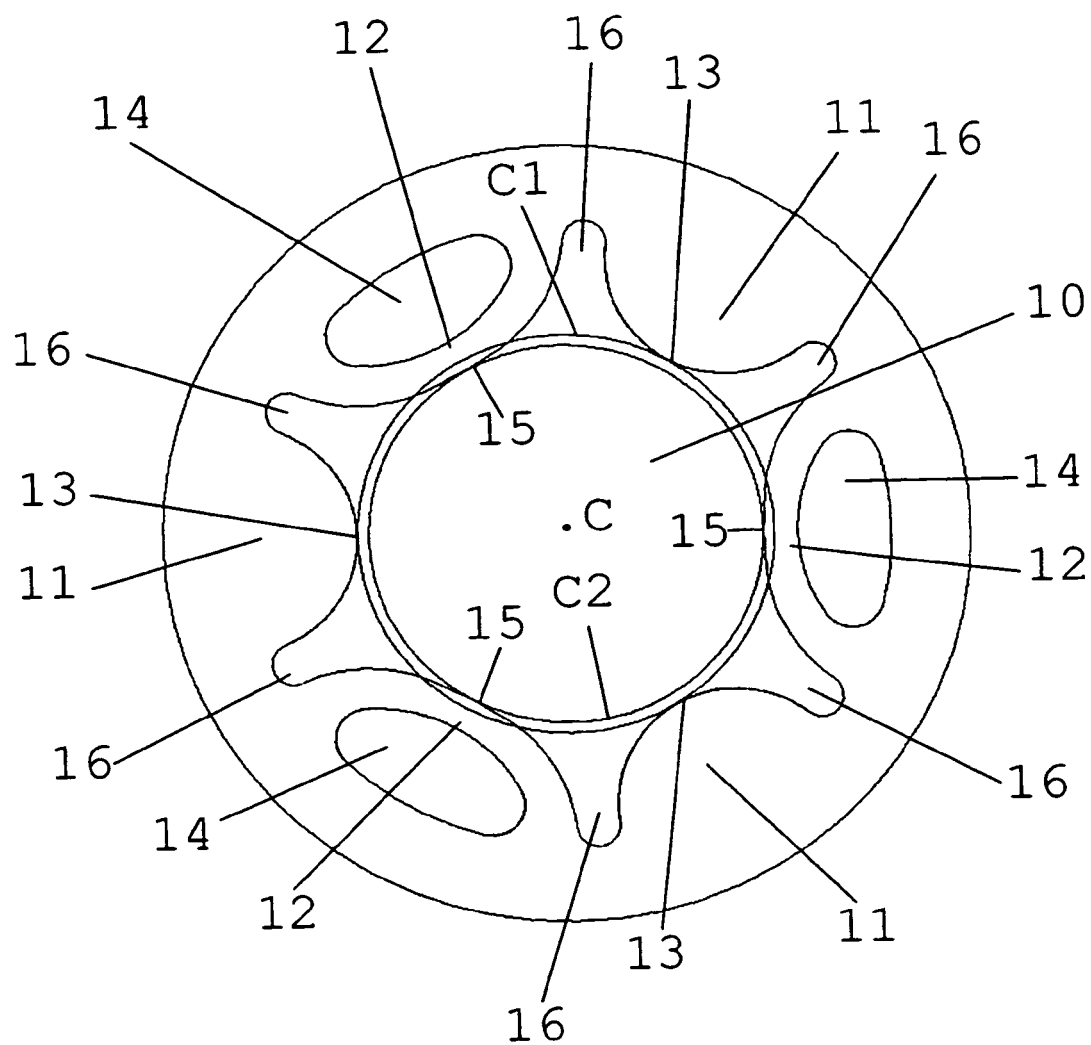


Fig. 3

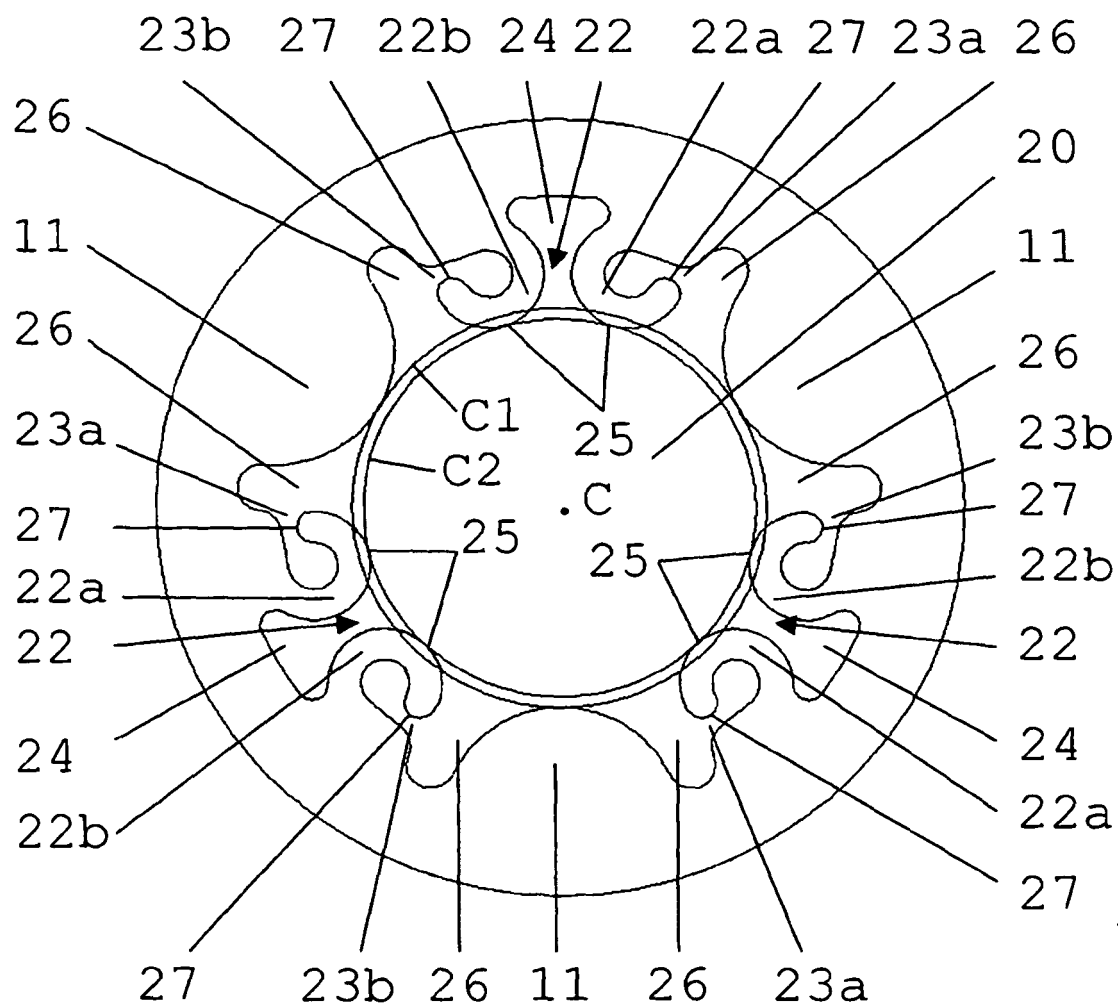


Fig. 4

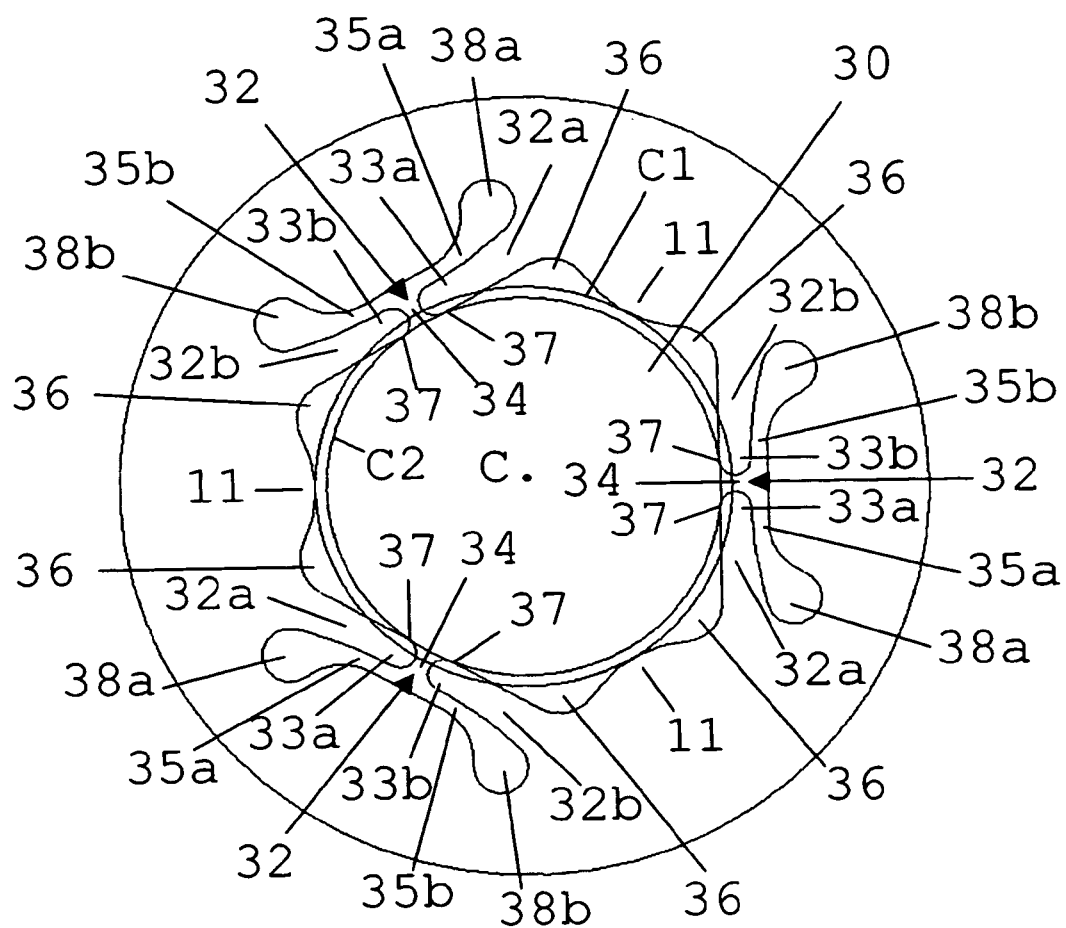
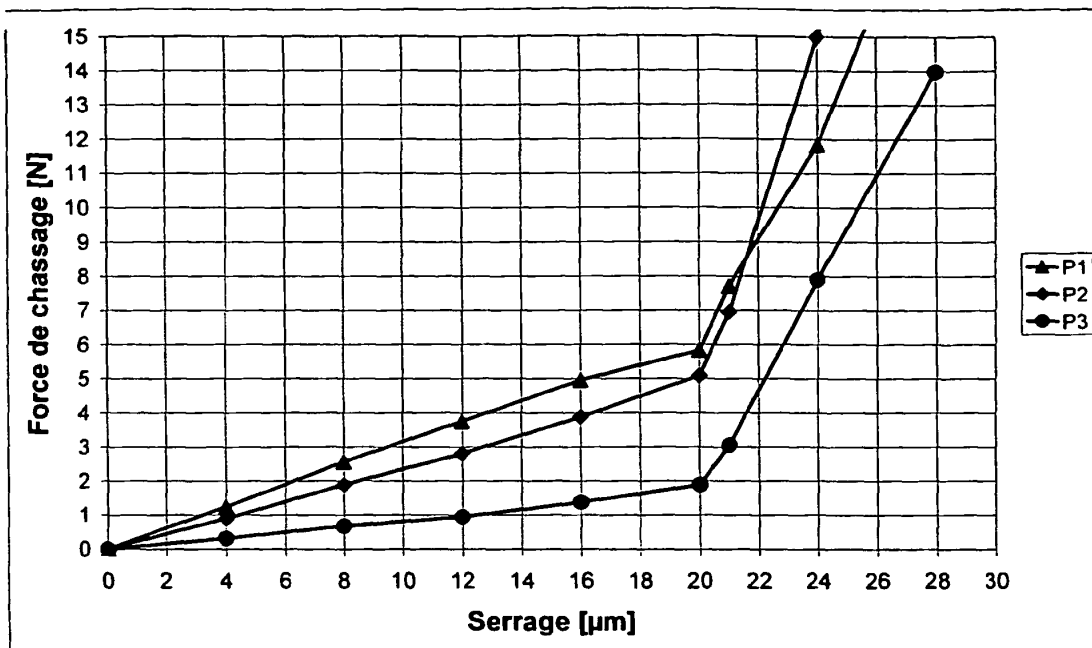
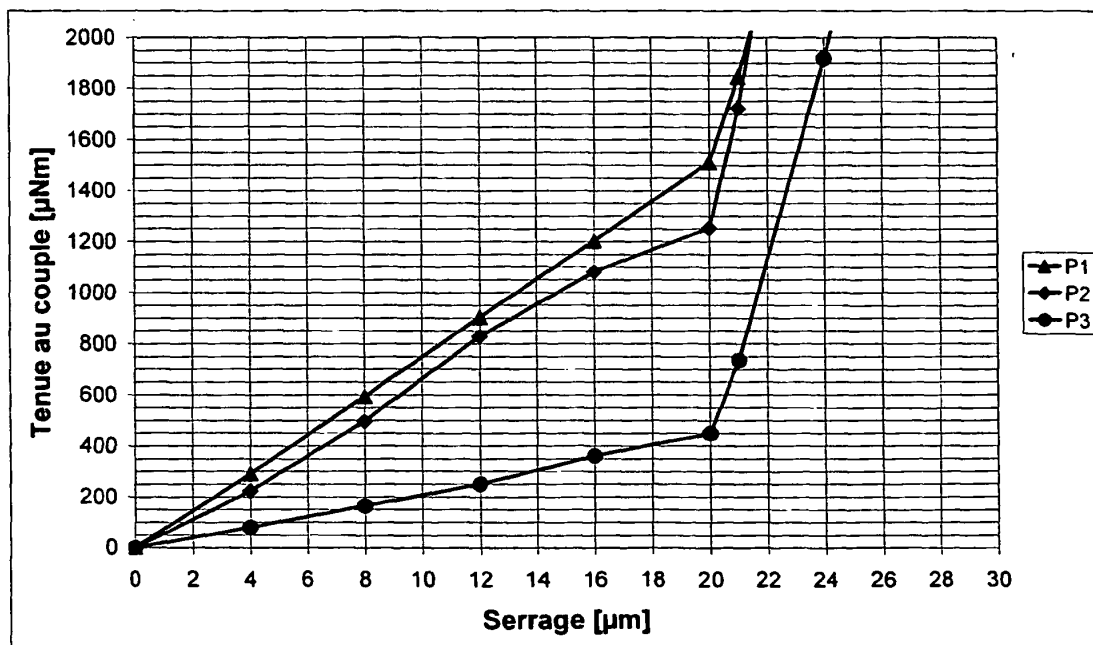


Fig. 5

*Fig. 6**Fig. 7*

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 338146 [0002] [0015]
- EP 1826634 A [0003] [0015]