(19) CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 719 819 A2

(51) Int. Cl.: B23Q 17/22 (2006.01)
G04D 3/02 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) DEMANDE DE BREVET

(21) Numéro de la demande: 000759/2022

(22) Date de dépôt: 24.06.2022

(43) Demande publiée: 29.12.2023

(71) Requérant:
Pierhor-Gasser SA, Chemin du Croset 9 B
1024 Ecublens VD (CH)

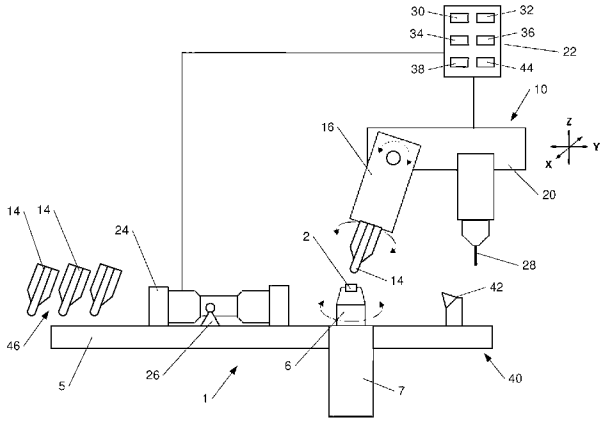
(72) Inventeur(s):
Fabrice Lambert, 1173 Féchy (CH)
Ivan Calderon, 2014 Bôle (CH)
Philippe Jacot, 2022 Bevaix (CH)

(74) Mandataire:
BOVARD SA Neuchâtel Conseils en propriété intellectuelle, Rue des Noyers 11
2000 Neuchâtel (CH)

(54) Ensemble d'usinage de composants d'horlogerie et procédé d'usinage mis en oeuvre par ledit ensemble d'usinage.

(57) L'invention concerne un ensemble d'usinage (1) de composants (2) d'horlogerie comprenant une broche (6) rotative selon l'axe Z, ladite broche (6) comprenant un logement présentant un fond destiné à être au contact de la base du composant (2), une machine d'usinage (10) mobile en translation dans le repère XYZ, portant au moins un outil d'usinage (14) agencé pour usiner, dans chaque composant (2), une creusure jusqu'à une hauteur cible HL0 par rapport à la base du composant, et un système de pilotage (22) agencé au moins pour commander la machine d'usinage (10) selon un programme d'usinage prédéterminé. L'ensemble d'usinage (1) comprend un système de mesure de position comprenant une référence (26), et un palpeur (28) mobile dans le repère XYZ, agencé pour détecter la position du fond. Le système de pilotage (22) est agencé pour, après la détection de la position du fond, commander le déplacement dudit palpeur (28) dans un plan XY et son positionnement devant le système de mesure de position pour pouvoir mesurer la position H0 du palpeur (28) par rapport à la référence (26), et pour, après l'usinage de la creusure d'un composant (2), commander le déplacement de l'outil d'usinage (14) dans un plan XY et son positionnement devant le système de mesure de position pour pouvoir mesurer la position H1 de l'outil d'usinage (14) par rapport à la référence (26). Le système de pilotage (22) comprend des moyens d'enregistrement (30) des positions H0 et H1, des moyens de calcul (32) de HL=H1-H0 et des moyens de comparaison (34) de HL à HL0, des moyens de commande (36) agencés pour déplacer l'outil d'usinage (14) selon l'axe Z dans une nouvelle position si HL est différent de HL0 de manière à avoir HL=HL0, et des moyens de correction (38) du programme d'usinage en fonction de la nouvelle position de l'outil d'usinage (14).

L'invention concerne également un procédé d'usinage d'un composant d'horlogerie (2) au moyen d'un tel ensemble d'usinage (1).



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un ensemble d'usinage de composants d'horlogerie comprenant un banc d'usinage définissant un plan horizontal X-Y et un axe vertical Z orthogonal au plan horizontal X-Y, ledit banc comprenant au moins une première broche rotative selon l'axe Z, ladite première broche comprenant un logement agencé pour recevoir un composant, ledit logement présentant un fond destiné à être au contact de la base du composant, une machine d'usinage montée sur le banc, mobile en translation selon les trois axes X, Y, Z, portant au moins un outil d'usinage tournant selon un axe d'usinage dans le repère XYZ et agencé pour usiner, dans chaque composant, une creusure jusqu'à une hauteur cible HL0 par rapport à la base du composant, et un système de pilotage agencé au moins pour commander la machine d'usinage selon un programme d'usinage prédéterminé.

[0002] La présente invention concerne également un procédé d'usinage de composants d'horlogerie au moyen dudit ensemble d'usinage.

Etat de la technique

[0003] De tels composants horlogers sont par exemple des pièces de petites tailles comportant des creusures, biseaux et bombés, et réalisées dans des matériaux durs, tels que saphir, rubis, céramiques, métaux durs, etc. En particulier, de tels composants sont des pierres d'horlogerie et des rondelles en saphir et rubis, des loupes en saphir pour les verres de montres et des guidages en métal dur, saphir rubis ou autres céramiques.

[0004] L'usinage des creusures, biseaux et bombés dans des matériaux durs se fait généralement via un processus d'usinage utilisant un outil diamanté monté dans une broche de rotation venant attaquer la pièce par usinage par abrasion, pièce elle-même montée dans une broche de rotation. L'angle de l'outil, son décentrage par rapport à l'axe de rotation de la pièce et la rotation de la pièce et de l'outil permettent de réaliser les géométries désirées.

[0005] Par exemple, le processus de formation de la creusure dans des pierres d'horlogerie est particulièrement délicat car il définit la hauteur finale du trou de la pierre, qui correspond à la hauteur HL entre le fond de la creusure et la base de la pierre, et qui est l'une des spécifications clé de la qualité d'une pierre qui doit être maintenue dans des écarts de dimensions de quelques microns.

[0006] L'usinage par abrasion induit un fort taux d'usure de l'outil d'usinage réalisé souvent en concrétion diamantée. La position de l'outil par rapport à la pièce doit donc être constamment ajustée afin d'assurer le bon usinage de la pièce.

[0007] Les machines utilisées actuellement par les producteurs de pièces sont en principe alimentées en pièces par des bols vibrants. Ce sont des machines de production dont l'ensemble des mouvements d'usinage et de manipulation des pièces est piloté par cames. L'outil d'usinage peut être ajusté dans la direction Z de la broche outil via un mécanisme agencé pour venir palper la profondeur de la pièce précédente avant l'usinage et fait tourner éventuellement une vis sans fin ajustant alors la hauteur de l'outil d'usinage.

[0008] Par ailleurs, l'outil en concrétion n'étant pas très rigide, celui-ci doit être monté dans un barreau ou enveloppe en principe métallique, enveloppe qui doit être dégagée de quelques dixièmes de millimètres pour permettre l'usinage. L'outil doit donc être fréquemment redégagé via un processus dit „d'aiguisage“ ou de „taillage“.

[0009] L'aiguisage des outils se fait par des opérateurs qui liment manuellement le barreau enveloppant l'outil en concrétion diamantée. Cette opération manuelle est extrêmement délicate car une mauvaise réalisation de l'aiguisage conduit soit à des usinages non conformes soit à une fragilisation de l'outil pouvant conduire à un bris de l'outil.

[0010] Ainsi le processus actuel d'usinage des creusures, biseaux et bombés dans des matériaux durs comporte plusieurs inconvénients qui sont listés ci-après dans le cas de l'usinage de creusures de pierres d'horlogerie :

- une précision d'usinage limitée et des difficultés de réglage dues au fait des distorsions existantes entre le palpeur palpant la hauteur de creusure de la pièce usinée précédente et la hauteur effective de l'outil d'usinage ;
- des arrêts de production fréquents et sensibles dus à l'aiguisage manuel de l'outil d'usinage ;
- des vitesses d'avance d'usinage limitées par le très faible débit d'arrosage d'huile ;
- des arrêts de production fréquents dus au chargement des pierres par bol vibrant. En effet l'environnement ambiant huileux induit parfois des problématiques de „collage“ des ébauches entre elles au niveau du chargement.

[0011] La présente invention vise à remédier à ces inconvénients en proposant un ensemble d'usinage et un procédé d'usinage de composants horlogers réalisés dans des matériaux durs et comportant des creusures, biseaux et bombés permettant de réaliser l'usinage de telles creusures, biseaux et bombés avec une extrême précision, indépendamment de l'usure de l'outil d'usinage.

[0012] Un autre but de l'invention est de proposer un ensemble d'usinage et un procédé d'usinage permettant de réaliser toutes les opérations de longues durées sans besoins d'intervention humaine.

Divulgation de l'invention

[0013] A cet effet, l'invention concerne un ensemble d'usinage de composants d'horlogerie comprenant un banc d'usinage définissant un plan horizontal X-Y et un axe vertical Z orthogonal au plan horizontal X-Y, ledit banc comprenant au moins une première broche rotative selon l'axe Z, ladite première broche comprenant un logement agencé pour recevoir un composant, ledit logement présentant un fond destiné à être au contact de la base du composant, une machine d'usinage montée sur le banc, mobile en translation selon les trois axes X, Y, Z, portant au moins un outil d'usinage tournant selon un axe d'usinage dans le repère XYZ et agencé pour usiner, dans chaque composant, une creusure jusqu'à une hauteur cible HL0 par rapport à la base du composant, et un système de pilotage agencé au moins pour commander la machine d'usinage selon un programme d'usinage prédéterminé.

[0014] Selon l'invention, l'ensemble d'usinage comprend un système de mesure de position comprenant une référence et un palpeur mobile dans le repère XYZ, agencé pour détecter la position du fond du logement de la première broche, et le système de pilotage est agencé pour, après la détection de la position du fond du logement de la première broche par le palpeur, commander le déplacement dudit palpeur dans un plan XY et le positionnement dudit palpeur devant le système de mesure de position pour pouvoir mesurer la position H0 du palpeur par rapport à la référence, et pour, après l'usinage de la creusure d'un composant, commander le déplacement de l'outil d'usinage dans un plan XY et le positionnement dudit outil d'usinage devant le système de mesure de position pour pouvoir mesurer la position H1 de l'outil d'usinage par rapport à la référence, ledit système de pilotage comprenant:

- des moyens d'enregistrement des positions H0 et H1, des moyens de calcul de HL=H1-H0 et des moyens de comparaison de HL à HL0,
- des moyens de commande agencés pour déplacer l'outil d'usinage selon l'axe Z dans une nouvelle position si HL est différent de HL0 de manière à avoir HL=HL0, et
- des moyens de correction du programme d'usinage en fonction de la nouvelle position de l'outil d'usinage.

[0015] D'une manière particulièrement avantageuse, le système de pilotage est agencé pour commander la mesure en continu de H0 et H1 et pour piloter en continu les moyens de commande du déplacement dudit outil d'usinage selon l'axe Z afin de pouvoir obtenir des creusures respectant la hauteur cible HL0 indépendamment de l'usure de l'outil d'usinage.

[0016] Avantageusement, le banc d'usinage porte une station d'aiguisage de l'outil d'usinage et le système de pilotage est agencé pour commander le déplacement et le positionnement de l'outil d'usinage devant ladite station d'aiguisage et commander l'aiguisage de l'outil d'usinage. Selon les modes de réalisation, le système de pilotage peut être agencé pour commander l'aiguisage de l'outil d'usinage à des fréquences prédéterminées ou pour commander une mesure de la géométrie de l'outil de manière à pouvoir décider si l'outil doit être aiguisé, avant de le déplacer devant la station d'aiguisage.

[0017] De préférence, l'ensemble d'usinage comprend également une réserve d'outils d'usinage et le système de pilotage est agencé pour commander le changement de l'outil d'usinage porté par la machine d'usinage lorsqu'il atteint une usure cible.

[0018] D'une manière avantageuse, l'ensemble d'usinage comprend également un système d'alimentation de composants jusqu'au banc d'usinage agencé de manière à contenir un fluide dans lequel baignent les composants avant usinage, ledit fluide étant identique à celui utilisé pour l'usinage.

[0019] La présente invention concerne également un procédé d'usinage comprenant les étapes suivantes :

a) détecter avec le palpeur la position du fond du logement de la première broche ;

b) déplacer le palpeur dans un plan XY, positionner ledit palpeur devant le système de mesure de position, mesurer la position H0 du palpeur par rapport à la référence et enregistrer la position H0;

c) positionner un composant dans le logement de la première broche et usiner une creusure dans ledit composant avec l'outil d'usinage selon le programme d'usinage prédéterminé ;

d) déplacer l'outil d'usinage dans un plan XY, l'outil d'usinage étant maintenu selon l'axe Z dans sa position d'usinage après l'étape c), positionner ledit outil d'usinage devant le système de mesure de position, mesurer la position H1 de l'outil d'usinage selon l'axe Z par rapport à la référence et enregistrer la position H1;

e) calculer HL=H1-H0 et comparer HL à HL0;

f) si HL est différent de HL0, déplacer l'outil d'usinage selon l'axe Z dans une nouvelle position de manière à avoir HL=HL0 et corriger le programme d'usinage en fonction de la nouvelle position de l'outil d'usinage.

[0020] Avantageusement, les étapes a) à f) sont répétées en boucle tout au long de l'usinage des composants afin d'obtenir des creusures respectant la hauteur cible HL0 indépendamment de l'usure de l'outil d'usinage.

[0021] De préférence, le procédé d'usinage comprend une étape g) d'aiguisage automatique de l'outil d'usinage. Selon les modes de réalisation, cette étape g) peut être mise en oeuvre à des fréquences prédéterminées ou peut comprendre une étape préalable de mesure de la géométrie de l'outil pour décider si l'outil doit être aiguisé avant de le déplacer devant la station d'aiguisage.

[0022] D'une manière avantageuse, le procédé d'usinage comprend une étape h) comprenant le changement de l'outil d'usinage porté par la machine d'usinage lorsqu'il atteint une usure cible.

[0023] Un tel ensemble d'usinage et un tel procédé d'usinage permettent d'obtenir des composants horlogers réalisés dans des matériaux durs et comportant des creusures, biseaux et bombés permettant de réaliser l'usinage de telles creusures, biseaux et bombés avec une extrême précision, de manière fiable, indépendamment de l'usure de l'outil d'usinage, en intégrant l'état de l'usure de l'outil d'usinage par rapport à la dimension d'usinage à atteindre, ceci de façon automatique et récursive pour que la dimension idéale finale soit toujours atteinte.

[0024] Un tel ensemble d'usinage et un tel procédé d'usinage permettent également d'automatiser la surveillance, la mesure et le diagnostic de l'état de l'outil servant à usiner la creusure dans le composant horloger.

[0025] Un tel ensemble d'usinage et un tel procédé d'usinage permettent également de prendre entièrement en compte l'aiguisage de l'outil d'usinage et de gérer ledit aiguisage de façon complètement automatique.

Brève description des dessins

[0026] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante d'un mode de réalisation de l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique isométrique montrant certains éléments d'un ensemble d'usinage selon l'invention ;
- la figure 2 est une vue schématique en coupe montrant d'autres éléments d'un ensemble d'usinage selon l'invention ;
- les figures 3a et 3b sont des vues en coupe respectivement d'une pierre creusée, à creusure positive et d'une pierre bombée, à creusure négative ;
- la figure 4 est une vue en coupe d'un outil d'usinage ;
- la figure 5 est une vue en coupe du système d'alimentation de composants ;
- les figures 6a à 6g représentent schématiquement les étapes a) à f) du procédé selon l'invention ; et
- les figures 7a à 7d représentent schématiquement les étapes g1) à g4) du procédé selon l'invention.

Modes de réalisation de l'invention

[0027] En référence aux figures 1 et 2, la présente invention concerne un ensemble d'usinage 1 de composants d'horlogerie 2, tels que des pièces de petites tailles comportant des creusures, biseaux et bombés, et réalisés dans des matériaux durs, tels que saphir, rubis, céramiques, métaux durs, etc. En particulier, de tels composants sont des pierres d'horlogerie et des rondelles en saphir et rubis, des loupes en saphir pour les verres de montres et des guidages en métal dur, saphir rubis ou autres céramiques.

[0028] Ces composants 2 présentent généralement une forme cylindrique de faible épaisseur, et comprennent deux faces opposées globalement circulaires, l'une définissant la base du composant et l'autre présentant la creusure ou le bombé.

[0029] Par exemple, les dimensions des pierres en rubis utilisées dans les mécanismes horlogers ont un diamètre extérieur compris typiquement entre 0.5 et 3 mm, et une épaisseur comprise entre 0.05 mm et 1 mm.

[0030] Dans la présente description, et dans un but de simplification, on considère qu'une creusure peut être positive lorsqu'elle s'applique à une partie creusée, concave, d'un composant par rapport à la forme globale du composant, et qu'une creusure peut être négative lorsqu'elle s'applique à une partie bombée, convexe, d'un composant par rapport à la forme générale du composant. Dans la suite de la description, „creusure“ désigne globalement une creusure négative et une creusure positive.

[0031] Un composant 2 tel qu'une pierre d'horlogerie constituant un coussinet ou palier de pivotement, comme représentée sur la figure 3a, est une pièce comportant une base plate 2a et, sur la face opposée 2b, une creusure 3, positive, formant un huilier pour recevoir un lubrifiant, ladite pierre étant ensuite percée d'un trou 4 destiné à recevoir un pivot d'un axe de pivotement, comme représenté sur la figure 6d.

[0032] Un composant 2 tel qu'une pierre d'horlogerie constituant un contre-pivot est une pierre non percée, comportant une base plate 2a et, sur la face opposée 2b, une creusure 3, négative, donnant à la face 2b une forme bombée, comme représentée sur la figure 3b.

[0033] La creusure 3 est définie par sa profondeur P et par la hauteur HL entre la hauteur à laquelle s'arrête l'outil d'usinage pour former la creusure, ce qui correspond à la hauteur entre le fond de la creusure 3 et la base 2a du composant 2 dans le cas d'une creusure positive (ce qui correspondant donc à la hauteur du trou 4), et à la hauteur entre le point de départ du bombé et la base 2a du composant 2 dans le cas d'une creusure négative, comme le montrent les figures 3a et 3b.

[0034] L'ensemble d'usinage 1 comprend un banc d'usinage 5 définissant un plan horizontal X-Y et un axe vertical Z orthogonal au plan horizontal X-Y formant un repère XYZ.

[0035] Le banc d'usinage 5 comprend au moins une première broche rotative 6 portée par un socle 7 monté fixe sur le banc d'usinage 5. La première broche rotative 6 est montée mobile en rotation autour d'un axe de rotation s'étendant selon l'axe Z. Elle fait office de posage et comprend à cet effet un logement 8 (cf. figure 6a) agencé pour recevoir un composant 2, ledit logement 8 présentant un fond 8a destiné à être une face d'appui au contact de la base 2a du composant 2. La première broche 6 comprend un dispositif de serrage automatique (non représenté) du composant 2 ce qui permet un positionnement parfait du composant 2 avant usinage.

[0036] Il est bien évident qu'au moins deux broches rotatives 6 peuvent être prévues, l'une portant le composant en cours d'usinage et l'autre portant l'ébauche du composant à usiner qui est en cours de chargement ou le composant usiné qui est en cours de déchargement.

[0037] L'ensemble d'usinage 1 comprend également une machine d'usinage 10 triaxes, montée sur le banc 5 mobile en translation selon les trois axes X, Y, Z, au moyen d'un chariot 12, et à commande numérique. La machine est notamment pilotable en position selon les axes X et Y et pilotable en force et en position selon l'axe Z.

[0038] La machine d'usinage 10 porte au moins un outil d'usinage tournant 14, présentant un axe de rotation s'étendant selon un axe d'usinage dans le repère XYZ. Plus particulièrement, la machine d'usinage 10 porte au moins une deuxième broche 16 montée sur un socle 18 fixé de manière orientable manuellement sur le bâti 20 de la machine d'usinage 10. L'outil d'usinage 14 est porté par la deuxième broche 16 dans laquelle il est monté mobile en rotation autour de l'axe d'usinage. Il est prévu une avance automatique de l'outil d'usinage 14.

[0039] L'outil d'usinage 14 est agencé pour usiner, dans chaque composant 2, une creusure 3 (positive ou négative) devant être usinée idéalement jusqu'à une hauteur cible HL0 prédéterminée par rapport à la base 2a du composant 2.

[0040] L'usinage est réalisé par l'outil d'usinage tournant 14 qui vient attaquer, par usinage par abrasion, le composant 2 monté dans la première broche rotative 6. L'angle d'inclinaison dans l'espace de l'outil, son décentrage par rapport à l'axe de rotation du composant et la rotation du composant et de l'outil permettent de réaliser les géométries désirées.

[0041] En référence à la figure 4, l'outil d'usinage 14 comprend une âme 14a, de préférence en concrétion diamantée, montée dans une enveloppe 14b, de préférence métallique, par exemple en acier 20 AP. C'est l'extrémité de l'âme 14a qui vient attaquer le composant 2 par usinage par abrasion pour former la creusure 3. L'âme 14a et l'enveloppe 14b présentent une forme cylindrique, l'enveloppe 14b présentant une extrémité conique du côté de la sortie de l'outil d'usinage 14. L'enveloppe 14b présente un diamètre extérieur de 2.5 mm par exemple, et l'âme 14a présente un diamètre compris entre 0.35 mm et 2 mm par exemple. Lorsque l'outil d'usinage 14 est aiguisé, la distance entre l'extrémité de l'enveloppe 14b et l'extrémité de l'âme est comprise par exemple entre 0.5 mm et 3 mm. On considère que l'outil d'usinage 14 est usé lorsque l'extrémité de l'âme 14a arrive sensiblement au niveau de l'extrémité conique de l'enveloppe 14b, comme le montre la figure 7a.

[0042] L'ensemble d'usinage 1 comprend également un système de pilotage 22 agencé au moins pour commander la machine d'usinage 10 selon un programme d'usinage et des paramètres d'usinage prédéterminés en fonction du composant 2 et de la creusure 3 à usiner.

[0043] Le système de pilotage 22 est notamment agencé pour gérer le positionnement de l'outil d'usinage 14 par rapport au composant 2 à usiner comme cela sera décrit en détails ci-dessous.

[0044] Conformément à la présente invention, l'ensemble d'usinage 1 comprend, disposé avantageusement sur le banc d'usinage 5, un système de mesure de position 24 comprenant une référence 26. De préférence, le système de mesure de position 24 est un système de mesure optique, fonctionnant par vision.

[0045] L'ensemble d'usinage 1 comprend également un palpeur 28 mobile dans le repère XYZ, et agencé pour détecter la position du fond 8a du logement 8 de la première broche 6. Avantageusement, le palpeur 28 est porté par le socle 18 portant l'outil d'usinage 14. De la sorte, le palpeur 28 et l'outil d'usinage 14 possèdent la même référence mécanique.

[0046] De plus, selon l'invention, le système de pilotage 22 est agencé pour, après la détection de la position du fond 8a du logement 8 de la première broche 6 par le palpeur 28, commander le déplacement dudit palpeur 28 dans un plan XY, en maintenant la position du palpeur 28 selon l'axe Z, et positionner ledit palpeur 28 devant le système de mesure de position 24 pour pouvoir mesurer la position définie par la hauteur H0 du palpeur 28 selon l'axe Z par rapport à la référence 26, ce qui correspond à la hauteur entre le fond 8a du logement 8 formant la face d'appui pour la base 2a du composant 2 et la référence 26.

[0047] Le système de pilotage 22 est également agencé pour, après l'usinage de la creusure 3 d'un composant 2, commander le déplacement de l'outil d'usinage 14 dans un plan XY, en maintenant la position, après usinage, de l'outil d'usinage 14 selon l'axe Z, et le positionnement dudit outil d'usinage 14 devant le système de mesure de position 24 pour pouvoir mesurer la position définie par la hauteur H1 de l'extrémité de l'âme 14a de l'outil d'usinage 14 selon l'axe Z par rapport à la référence 26.

[0048] Les déplacements de l'outil d'usinage 14 et du palpeur 28 sont assurés par la machine d'usinage 10 commandée par le système de pilotage 22.

[0049] A cet effet, ledit système de pilotage 22 comprend :

- des moyens d'enregistrement 30 des positions H0 et H1, des moyens de calcul 32 de HL=H1-HO et des moyens de comparaison 34 de HL à HLO,
- des moyens de commande 36 agencés pour déplacer l'outil d'usinage 14 selon l'axe Z dans une nouvelle position si la hauteur HL est différente de la hauteur cible HL0 prédéterminée, ladite nouvelle position correspondant à une nouvelle hauteur H1' de manière à avoir H1'-H0=HL=HL0, et
- des moyens de correction 38 du programme d'usinage en fonction de la nouvelle position de l'outil d'usinage 14.

[0050] D'une manière particulièrement avantageuse, ledit système de pilotage 22 est agencé pour commander en continu la mesure de H0 et H1 et le calcul de HL et pour piloter en continu les moyens de commande 36 du déplacement dudit outil d'usinage14 selon l'axe Z en fonction du calcul de HL afin de pouvoir, tout au long du processus d'usinage, corriger automatiquement la hauteur de l'outil d'usinage 14 de manière à usiner des creusures 3 respectant la hauteur cible HL0 indépendamment de l'usure de l'outil d'usinage 14.

[0051] De préférence, la mesure de H0 se fait avant et après chaque usinage de creusure. En général la mesure de H1 se réalise au moins avant, pendant et après l'usinage de la creusure. La fréquence de ces mesures est à décider selon chaque cas de fabrication.

[0052] D'une manière avantageuse, le banc d'usinage 5 porte également une station d'aiguisage 40 de l'outil d'usinage 14. Ladite station d'aiguisage 40 comprend notamment une lime ou un outil de coupe 42 présentant une dureté appropriée au dégagement de l'enveloppe 14b de l'outil d'usinage 14. La lime ou l'outil de coupe 42 est agencé pour aiguiser l'outil d'usinage par tournage, avec des vitesses de rotation de l'outil 14 lors du tournage de 30 000 tours par minute par exemple.

[0053] De plus, le système de pilotage 22 est agencé pour commander le déplacement et le positionnement de l'outil d'usinage 14, via le déplacement de la machine d'usinage 10, devant ladite station d'aiguisage 40 et commander l'aiguisage de l'outil d'usinage 14. Selon les modes de réalisation, le système de pilotage peut être agencé pour commander l'aiguisage de l'outil d'usinage à des fréquences prédéterminées, indépendamment de l'usure de l'outil, ou pour commander au préalable une mesure de la géométrie de l'outil de manière à pouvoir décider si l'outil doit être aiguisé avant de le déplacer devant la station d'aiguisage.

[0054] Plus particulièrement, le système de pilotage 22 est agencé pour commander un premier aiguisage de l'outil d'usinage 14 alors positionné devant la station d'aiguisage 40, pour commander le déplacement et le positionnement de l'outil d'usinage 14, via le déplacement de la machine d'usinage 10, devant un système de mesure de la géométrie de l'outil d'usinage 14, en mesurant notamment le diamètre de la partie cylindrique, la longueur de la partie cylindrique et le rayon de la partie sphérique de l'outil d'usinage, ledit système de pilotage 22 comprenant des moyens de comparaison 44 de la géométrie mesurée à une géométrie cible prédéterminée de l'outil d'usinage 14, et pour commander au moins un deuxième aiguisage de l'outil d'usinage 14 si la géométrie mesurée est différente de la géométrie cible pour atteindre ladite géométrie cible. Dans ce cas, le système de pilotage 22 est agencé pour commander un nouveau déplacement et le positionnement de l'outil d'usinage 14, via le déplacement de la machine d'usinage 10, devant la station d'aiguisage 40.

[0055] Comme indiqué précédemment, une mesure de la géométrie et une comparaison de la géométrie mesurée à la géométrie cible prédéterminée de l'outil d'usinage 14 peuvent être tout d'abord effectuées afin de vérifier si un usinage est opportun.

[0056] Le système de pilotage peut aussi être agencé pour permettre d'autres mesures „auxiliaires“, comme par exemple la mesure du couple de rotation de l'outil d'usinage. En cas de cassure, ce couple devrait être très faible et à l'aide du système de mesure de la géométrie, il est possible de déterminer l'endroit de la „cassure“ et de procéder à des actions correctives, manuelles ou automatiques.

[0057] Avantageusement, le système de mesure de position 24 et le système de mesure de la géométrie forment un même système de mesure, ledit système de mesure étant de préférence un système de mesure optique.

[0058] Avantageusement, l'ensemble d'usinage 1 comprend également une réserve 46 d'outils d'usinage 14 et le système de pilotage 22 est agencé pour commander le changement de l'outil d'usinage 14 porté par la machine d'usinage 10 lorsqu'il atteint une usure cible prédéterminée. L'usure cible est contrôlée à partir de la longueur effective de l'outil qui est toujours prise en compte afin de demander le changement d'outil à un instant précis. Par exemple, si l'outil a une longueur utile fixe on demandera le changement une fois cette longueur atteinte. Le changement de l'outil d'usinage 14 peut être manuel ou automatique.

[0059] Avantageusement, l'ensemble d'usinage 1 comprend un système d'alimentation 48 en composants 2 agencé pour amener les composants 2 jusqu'au banc d'usinage 5. En référence à la figure 5, le système d'alimentation 48 comporte par exemple une trémie 50, un plateau vibrant 52, et un robot 54 de chargement et de déchargement, l'ensemble étant piloté par un système de vision par caméra 56.

[0060] Selon l'invention, le système d'alimentation 48, et notamment la trémie 50 et le plateau vibrant 52, sont agencés de manière à pouvoir contenir un fluide 58 dans lequel baignent ou sont immergées les ébauches de composants 2 avant usinage, ledit fluide 58 étant identique à celui utilisé pour l'usinage, tel que l'huile de coupe de la machine d'usinage 10. Un tel fluide a des propriétés de refroidissement, lubrification et viscosité et permet avantageusement d'éviter les problèmes de collage des ébauches des composants 2 dans le système d'alimentation 48.

[0061] Le robot 54 de chargement et de déchargement est agencé pour prendre une ébauche de composant 2 sur le plateau vibrant 52, positionner l'ébauche de composant 2 sur la première broche 6, puis retirer le composant 2 après usinage de la creusure 3, et le décharger.

[0062] L'invention se rapporte également au procédé d'usinage de composants d'horlogerie 2 présentant au moins une creusure 3 usinée jusqu'à une hauteur cible HL0 par rapport à la base du composant 2 au moyen d'un ensemble d'usinage 1 tel que décrit ci-dessus.

[0063] Le procédé selon l'invention comporte avantageusement les étapes suivantes, en référence aux figures 6a à 6g (est montrée ici une des nombreuses séquences possibles) :

a) déplacer le palpeur 28 jusqu'à la première broche 6, via le déplacement de la machine d'usinage 10 commandée par le système de pilotage 22, et détecter avec ledit palpeur 28 la position du fond 8a du logement 8 de la première broche 6 par appui dudit palpeur 28 sur le fond 8a, comme le montre la figure 6a ;

b) déplacer le palpeur 28 dans un plan XY depuis la première broche 6 en le maintenant selon l'axe Z dans la position obtenue à l'étape a) via le déplacement de la machine d'usinage 10, positionner ledit palpeur 28 devant le système de mesure de position 24, comme le montre la figure 6b, mesurer la position définie par la hauteur H0 du palpeur selon l'axe Z par rapport à la référence 26, comme le montre la figure 6c, et enregistrer la position H0 via les moyens d'enregistrement 30 ;

c) positionner avec le robot 54 une ébauche de composant 2 dans le logement 8 de la première broche 6, ladite ébauche de composant 2 étant prélevée sur le plateau vibrant 52 où elle baigne dans le fluide d'usinage 58 pour ne pas coller ; et usiner une creusure 3 (négative ou positive) dans l'ébauche de composant 2 avec l'outil d'usinage 14 jusqu'à la hauteur HL selon l'axe Z, conformément au programme d'usinage prédéterminé, pour obtenir un composant 2 avec une creusure 3 comme le montre la figure 6d ;

d) déplacer l'outil d'usinage 14 dans un plan XY via le déplacement de la machine d'usinage 10 commandée par le système de pilotage 22, l'outil d'usinage 14 étant maintenu selon l'axe Z dans sa position d'usinage après l'étape c), positionner ledit outil d'usinage 14 devant le système de mesure de position 24, comme le montre la figure 6e, mesurer la position définie par la hauteur H1 de l'extrémité de l'âme 14a de l'outil d'usinage 14 selon l'axe Z par rapport à la référence 26, comme le montre la figue 6f, et enregistrer la position H1 via les moyens d'enregistrement 30;

e) calculer HL=H1-H0 comme le montre la figure 6g via les moyens de calcul 32 et comparer HL à la hauteur cible HL0 via les moyens de comparaison 34 ;

f) si HL est différent de la hauteur cible HL0 prédéterminée, déplacer l'outil d'usinage 14 selon l'axe Z, via le déplacement de la machine d'usinage 10 commandée par les moyens de commande 36 du système de pilotage 22, dans une nouvelle position correspondant à une nouvelle hauteur H1' de manière à avoir H1'-H0=HL=HL0, et corriger le programme d'usinage en fonction de la nouvelle position de l'outil d'usinage 14 via les moyens de correction 38.

[0064] Avantageusement, les étapes a) à f) sont répétées en boucle tout au long du processus d'usinage des composants 2 afin de corriger automatiquement la hauteur de l'outil d'usinage 14 de manière à usiner des creusures 3 respectant la hauteur cible HL0 indépendamment de l'usure de l'outil d'usinage 14.

[0065] De préférence, la mesure de H0 se fait avant et après chaque usinage de creusure. En général la mesure de H1 se réalise au moins avant, pendant et après l'usinage de la creusure. La fréquence de ces mesures est à décider selon chaque cas de fabrication.

[0066] D'une manière avantageuse, le procédé selon l'invention comprend une étape g) d'aiguisage automatique de l'outil d'usinage 14. Selon les modes de réalisation, cette étape g) peut être mise en oeuvre à des fréquences prédéterminées ou peut comprendre une étape préalable de mesure de la géométrie de l'outil pour décider si l'outil doit être aiguisé avant de le déplacer devant la station d'aiguisage.

[0067] En référence aux figures 7a à 7d, ladite étape g) comprend de préférence les sous-étapes :

g1) déplacer et positionner l'outil d'usinage 14, usé comme le montre la figure 7a, devant la station d'aiguisage 40, via le déplacement de la machine d'usinage 10 commandée par le système de pilotage 22 ; la détection de l'usure se fait par des mesures entre la partie sphérique et le „manteau" conique de l'outil ;

g2) réaliser un premier aiguisage de l'outil d'usinage 14 au moyen de la lime ou de l'outil de coupe 42, par un pré-tournage, comme le montre la figure 7b. Le prétournage élimine grossièrement une partie de l'extrémité conique de l'enveloppe 14b pour former une nouvelle extrémité conique et commencer à dégager de la matière au niveau de l'extrémité de l'âme 14a ; les distances typiques pour le prétournage se trouvent entre 0.25 fois le diamètre et 2x le diamètre ;

g3) déplacer et positionner l'outil d'usinage 14 devant un système de mesure de la géométrie de l'outil d'usinage 14, via le déplacement de la machine d'usinage 10 commandée par le système de pilotage 22, le système de mesure de la géométrie étant ici de préférence combiné au système de mesure de position 24, comme le montre la figure 7c, et comparer la géométrie mesurée à une géométrie cible prédéterminée, via les moyens de comparaison 44, en mesurant notamment le diamètre de la partie cylindrique, la longueur de la partie cylindrique et le rayon de la partie sphérique de l'outil d'usinage ;

g4) si la géométrie mesurée est différente de la géométrie cible, commander au moins un deuxième aiguisage de l'outil d'usinage 14 pour atteindre ladite géométrie cible en déplaçant et positionnant de nouveau l'outil d'usinage 14 devant la station d'aiguisage 40, via le déplacement de la machine d'usinage 10 commandée par le système de pilotage 22. Ce deuxième aiguisage de l'outil d'usinage 14 est réalisé au moyen de la lime ou de l'outil de coupe 42, par un tournage de préférence final, pour dégager complètement la matière de l'enveloppe 14b autour de l'âme 14a sur la longueur requise, par exemple entre 0.5 mm et 3 mm, comme le montre la figure 7d.

[0068] Comme indiqué précédemment, une mesure de la géométrie et une comparaison de la géométrie mesurée à la géométrie cible prédéterminée de l'outil d'usinage 14 peuvent être tout d'abord effectuées afin de vérifier si un usinage est opportun.

[0069] Avantageusement, le procédé selon l'invention comprend une étape h) comprenant le changement de l'outil d'usinage 14 porté par la machine d'usinage 10 lorsqu'il atteint une usure cible correspondant par exemple à une longueur utile. L'outil d'usinage 14 est placé dans un logement „en butée" vers le fond. Un serrage autour du diamètre extérieur permet de le maintenir solidement en place. Le changement peut se faire manuellement par un opérateur ou bien en automatique lorsque chargement et serrage sont agencés pour être pilotables. Le changement de l'outil d'usinage 14 se fait lorsque -par exemple- la longueur utile de l'outil a été atteinte. On utilise pour cela les outils d'usinage 14 stockés dans la réserve 46.

[0070] L'ensemble d'usinage 1 et le procédé d'usinage mis en oeuvre par ledit ensemble d'usinage 1 selon l'invention permettent d'effectuer l'usinage de composants tels des pierres, d'effectuer les opérations d'aiguisage des outils d'usinage et de changer automatiquement les outils d'usinage lorsqu'ils sont usés.

[0071] D'une manière particulièrement avantageuse, l'ensemble d'usinage 1 et le procédé d'usinage mis en oeuvre par ledit ensemble d'usinage 1 selon l'invention permettent d'usiner en boucle fermée la creusure des composants horlogers ainsi que l'outil d'usinage utilisé pour l'usinage de ladite creusure.

[0072] Plus particulièrement, le système de pilotage 22 est agencé pour commander en boucle fermée l'usinage de la creusure 3, via la mesure intégrée de l'usure de l'outil d'usinage 14 et de sa position par rapport au fond 8 de la première broche 6, le calcul de la position idéale de l'outil d'usinage 14 et la correction du programme d'usinage prenant en compte cette nouvelle position idéale. Cette solution présente l'avantage par rapport à l'art antérieur de faire une mesure directe de la position de l'arête de coupe de l'outil d'usinage 14 par rapport au fond 8 de la première broche 6, améliorant ainsi sensiblement la précision de l'opération de correction de l'usure de l'outil d'usinage 14. L'invention permet avantageusement d'intégrer l'état de l'usure de l'outil d'usinage 14 par rapport à la dimension d'usinage de la creusure

à atteindre, ceci de façon automatique et récursive, pour que la dimension idéale finale soit toujours atteinte. L'invention permet également une automatisation de la surveillance, de la mesure et du diagnostic de l'état de l'outil d'usinage servant à usiner la creusure.

[0073] De plus, le système de pilotage 22 est agencé pour commander en boucle fermée l'aiguisage de l'outil d'usinage 14 qui est entièrement pris en compte et géré de façon complètement automatique. Cette solution présente l'avantage par rapport à l'art antérieur de piloter précisément et de façon répétable l'aiguisage de l'outil d'usinage 14, conduisant par là-même à une qualité de production beaucoup plus régulière. Cette solution présente également l'avantage d'effectuer les aiguisages d'outils d'usinage de façon automatique, et d'assurer des opérations de longues durées sans besoins d'intervention humaine.

[0074] Par ailleurs, le système d'alimentation flexible 48 piloté par vision dans lequel les ébauches de composants sont baignées dans l'huile de coupe de la machine d'usinage 10 permet d'éviter les problèmes de collage des composants 2 dus à l'environnement gras de la machine d'usinage 10.

Revendications

1. Ensemble d'usinage (1) de composants (2) d'horlogerie comprenant :
   – un banc d'usinage (5) définissant un plan horizontal X-Y et un axe vertical Z orthogonal au plan horizontal X-Y, ledit banc d'usinage (5) comprenant au moins une première broche (6) rotative selon l'axe Z, ladite première broche (6) comprenant un logement (8) agencé pour recevoir un composant (2), ledit logement (8) présentant un fond (8a) destiné à être au contact de la base (2a) du composant (2),
   – une machine d'usinage (10) montée sur le banc d'usinage (5), mobile en translation selon les trois axes X, Y, Z, portant au moins un outil d'usinage (14) tournant selon un axe d'usinage dans le repère XYZ, ledit outil d'usinage (14) étant agencé pour usiner, dans chaque composant (2), une creusure (3) jusqu'à une hauteur cible HL0 par rapport à la base du composant (2a), et
   – un système de pilotage (22) agencé au moins pour commander la machine d'usinage (10) selon un programme d'usinage prédéterminé,
   caractérisé en ce que l'ensemble d'usinage (1) comprend un système de mesure de position (24) comprenant une référence (26), et un palpeur (28) mobile dans le repère XYZ, agencé pour détecter la position du fond (8a) du logement (8) de la première broche (6),
   en ce que le système de pilotage (22) est agencé pour, après la détection de la position du fond (8a) du logement (8) de la première broche (6) par le palpeur (28), commander le déplacement dudit palpeur (28) dans un plan XY et le positionnement dudit palpeur (28) devant le système de mesure de position (24) pour pouvoir mesurer la position H0 du palpeur (28) par rapport à la référence (26), et pour, après l'usinage de la creusure (3) d'un composant (2), commander le déplacement de l'outil d'usinage (14) dans un plan XY et le positionnement dudit outil d'usinage (14) devant le système de mesure de position (24) pour pouvoir mesurer la position H1 de l'outil d'usinage (14) par rapport à la référence (26),
   et en ce que ledit système de pilotage (22) comprend :
   – des moyens d'enregistrement (30) des positions H0 et H1, des moyens de calcul (32) de HL=H1-H0 et des moyens de comparaison (34) de HL à HL0,
   – des moyens de commande (36) agencés pour déplacer l'outil d'usinage (14) selon l'axe Z dans une nouvelle position si HL est différent de HL0 de manière à avoir HL=HL0, et
   – des moyens de correction (38) du programme d'usinage en fonction de la nouvelle position de l'outil d'usinage (14).
2. Ensemble d'usinage (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit système de pilotage (22) est agencé pour commander la mesure en continu de H0 et H1 et pour piloter en continu les moyens de commande (36) du déplacement dudit outil d'usinage (14) selon l'axe Z afin de pouvoir obtenir des creusures (3) respectant la hauteur cible HL0 indépendamment de l'usure de l'outil d'usinage (14).
3. Ensemble d'usinage (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'outil d'usinage (14) est porté par une deuxième broche (16) montée sur un socle (18) fixé de manière orientable sur le bâti (20) de la machine d'usinage (10).
4. Ensemble d'usinage (1) selon la revendication 2, caractérisé en ce que le palpeur (28) est porté par le socle (18) lui permettant de posséder une même référence mécanique avec l'outil d'usinage (14).
5. Ensemble d'usinage (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la première broche (6) comprend un dispositif de serrage automatique du composant (2).
6. Ensemble d'usinage (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le banc d'usinage (5) porte une station d'aiguisage (40) de l'outil d'usinage (14) et en ce que le système de pilotage (22) est agencé pour commander le déplacement et le positionnement de l'outil d'usinage (14) devant ladite station d'aiguisage (40) et commander l'aiguisage de l'outil d'usinage (14).
7. Ensemble d'usinage (1) selon la revendication 6, caractérisé en ce que le système de pilotage (22) est agencé pour commander un premier aiguisage de l'outil d'usinage (14), pour commander le déplacement et le positionnement de l'outil d'usinage (14) devant un système de mesure de la géométrie de l'outil d'usinage (14), ledit système de

pilotage (22) comprenant des moyens de comparaison (44) de la géométrie mesurée à une géométrie cible, et pour commander au moins un deuxième aiguisage de l'outil d'usinage (14) si la géométrie mesurée est différente de la géométrie cible pour atteindre ladite géométrie cible.

8. Ensemble d'usinage (1) selon la revendication 7, caractérisé en ce que le système de mesure de position (24) et le système de mesure de la géométrie forment un même système de mesure.

9. Ensemble d'usinage (1) selon la revendication 8, caractérisé en ce que le système de mesure est un système de mesure optique.

10. Ensemble d'usinage (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une réserve (46) d'outils d'usinage (14) et en ce que le système de pilotage (22) est agencé pour commander le changement de l'outil d'usinage (14) porté par la machine d'usinage (10) lorsqu'il atteint une usure cible.

11. Ensemble d'usinage (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend un système d'alimentation (48) de composants (2) jusqu'au banc d'usinage (5) agencé de manière à contenir un fluide (58) dans lequel baignent les composants (2) avant usinage, ledit fluide (58) étant identique à celui utilisé pour l'usinage.

12. Procédé d'usinage de composants (2) d'horlogerie présentant au moins une creusure (3) usinée jusqu'à une hauteur cible HL0 par rapport à la base (2a) du composant (3) au moyen d'un ensemble d'usinage (1) selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que ledit procédé comprend les étapes suivantes :
a) détecter avec le palpeur (28) la position du fond (8a) du logement (8) de la première broche (6);
b) déplacer le palpeur (28) dans un plan XY, positionner ledit palpeur (28) devant le système de mesure de position (24), mesurer la position H0 du palpeur (28) par rapport à la référence (26) et enregistrer la position H0;
c) positionner un composant (2) dans le logement (8) de la première broche (6) et usiner une creusure (3) dans ledit composant (2) avec l'outil d'usinage (14) selon le programme d'usinage prédéterminé ;
d) déplacer l'outil d'usinage (14) dans un plan XY, l'outil d'usinage (14) étant maintenu selon l'axe Z dans sa position d'usinage après l'étape c), positionner ledit outil d'usinage (14) devant le système de mesure de position, (24) mesurer la position H1 de l'outil d'usinage (14) selon l'axe Z par rapport à la référence et enregistrer la position H1;
e) calculer HL=H1-H0 et comparer HL à HL0;
f) si HL est différent de HL0, déplacer l'outil d'usinage (14) selon l'axe Z dans une nouvelle position de manière à avoir HL=HL0 et corriger le programme d'usinage en fonction de la nouvelle position de l'outil d'usinage (14).

13. Procédé d'usinage selon la revendication 12, caractérisé en ce que les étapes a) à f) sont répétées en boucle tout au long de l'usinage des composants (2) afin d'obtenir des creusures (3) respectant la hauteur cible HL0 indépendamment de l'usure de l'outil d'usinage (14).

14. Procédé d'usinage selon l'une des revendications 12 et 13, caractérisé en ce qu'il comprend une étape g) d'aiguisage automatique de l'outil d'usinage (14).

15. Procédé d'usinage selon la revendication 14, caractérisé en ce que ladite étape g) comprend les sous-étapes :
g1) déplacer et positionner l'outil d'usinage (14) devant la station d'aiguisage (40) ;
g2) réaliser un premier aiguisage de l'outil d'usinage (14) ;
g3) déplacer et positionner l'outil d'usinage (14) devant un système de mesure de la géométrie de l'outil d'usinage (14), et comparer la géométrie mesurée à une géométrie cible,
g4) si la géométrie mesurée est différente de la géométrie cible, commander au moins un deuxième aiguisage de l'outil d'usinage (14) pour atteindre ladite géométrie cible.

16. Procédé d'usinage selon l'une des revendications 12 à 15, caractérisé en ce qu'il comprend une étape h) comprenant le changement de l'outil d'usinage (14) porté par la machine d'usinage (10) lorsqu'il atteint une usure cible.

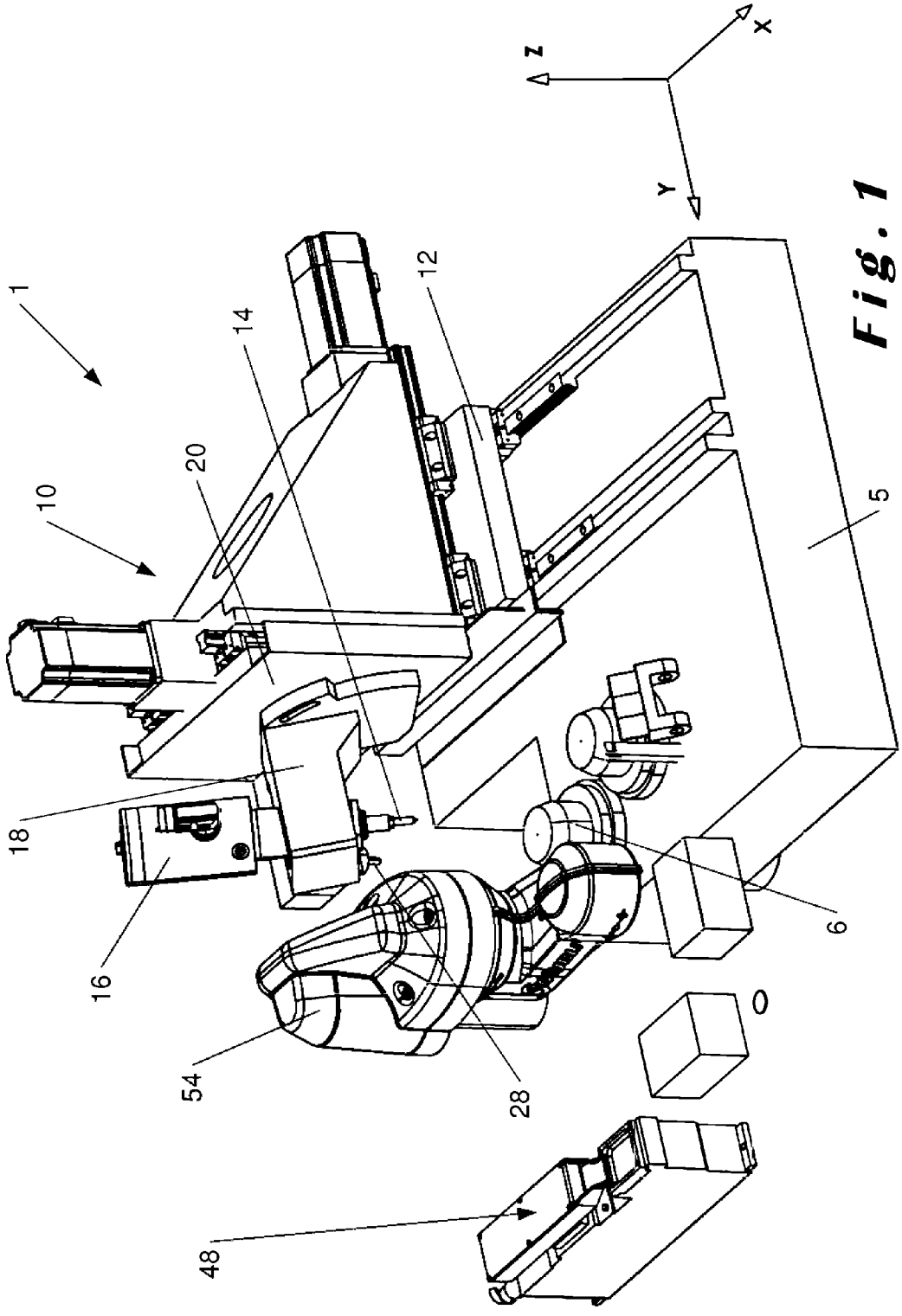


Fig. 1

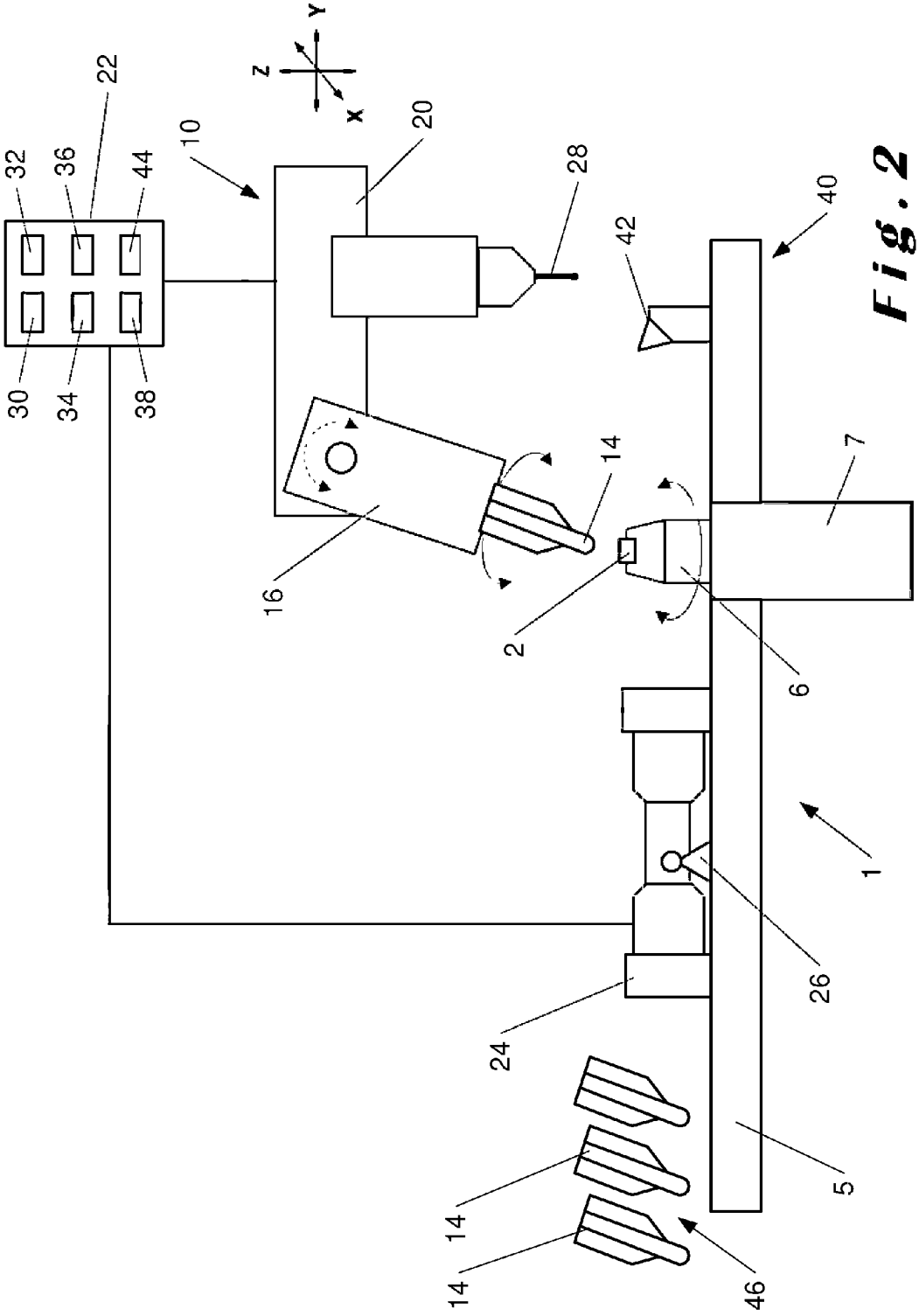


Fig. 2

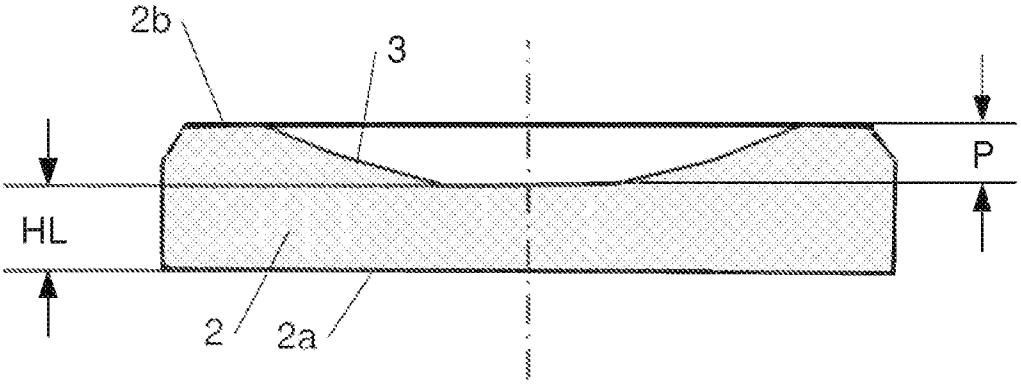


Fig. 3a

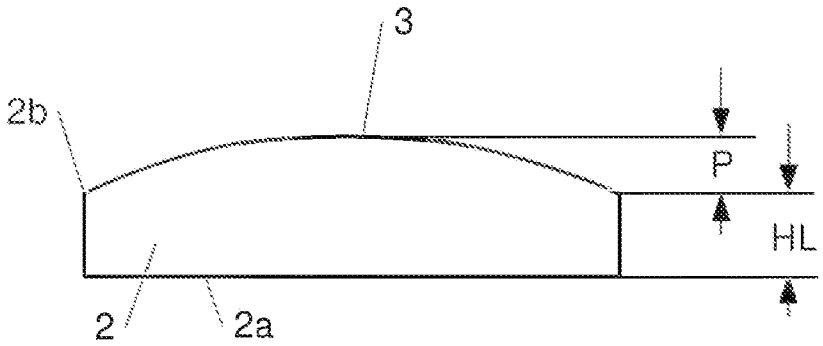


Fig. 3b

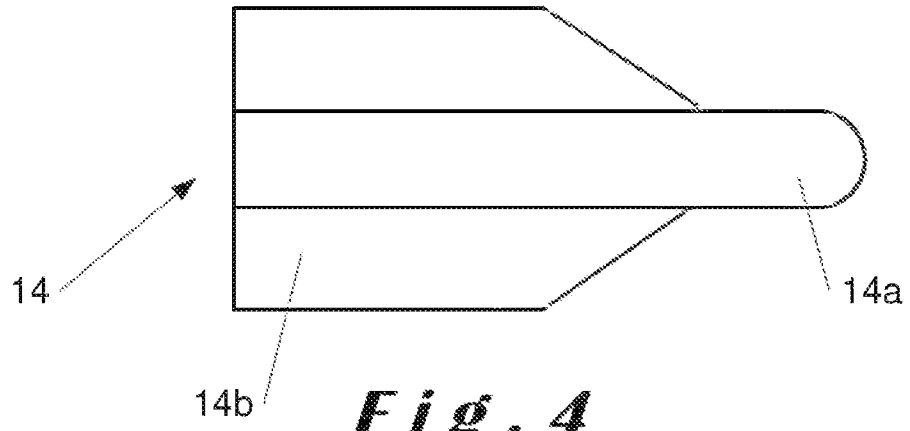


Fig. 4

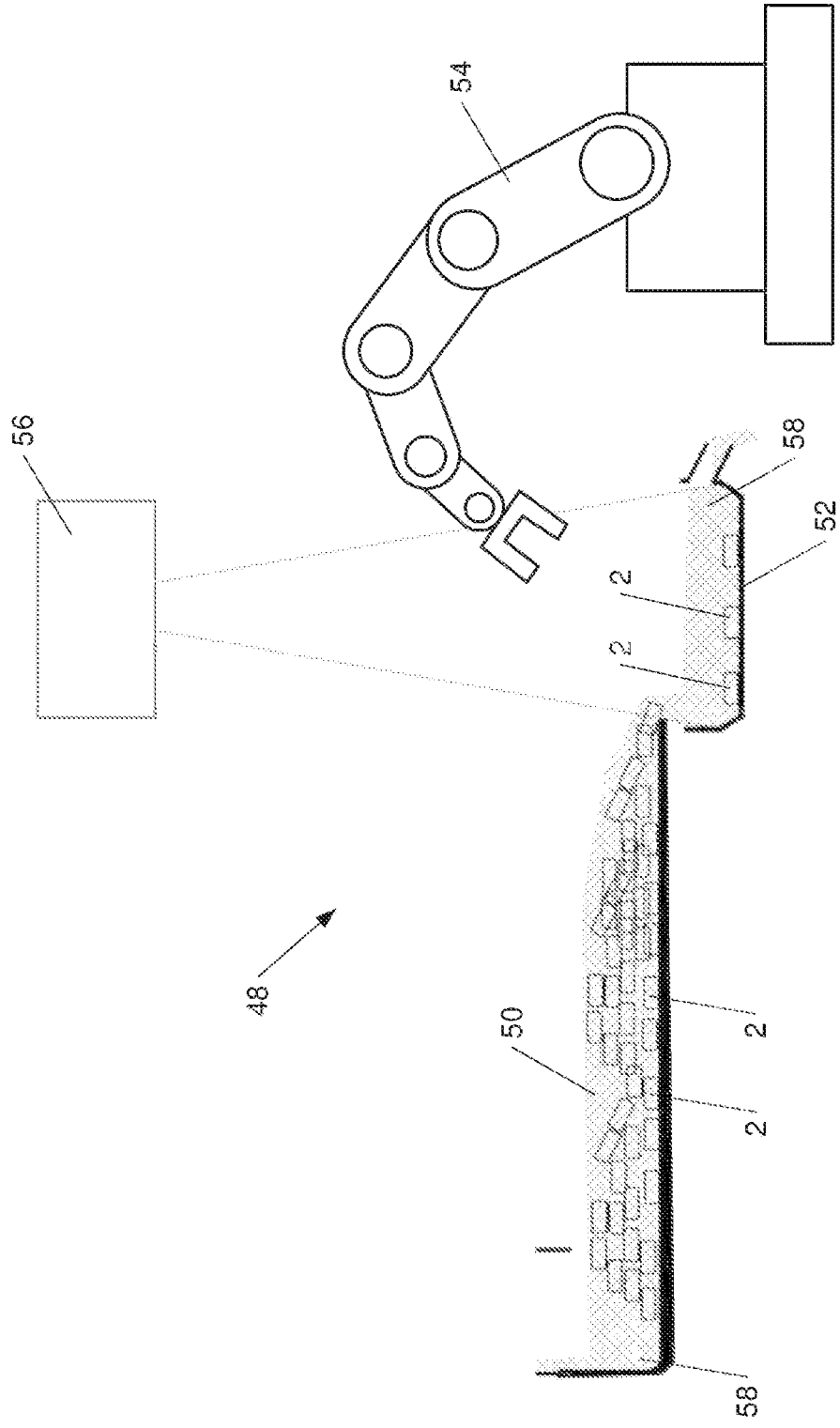


Fig. 5

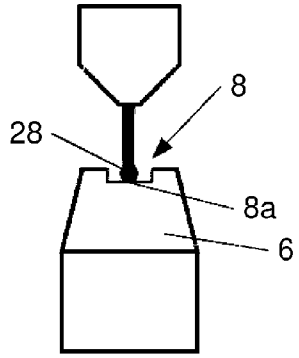


Fig. 6a

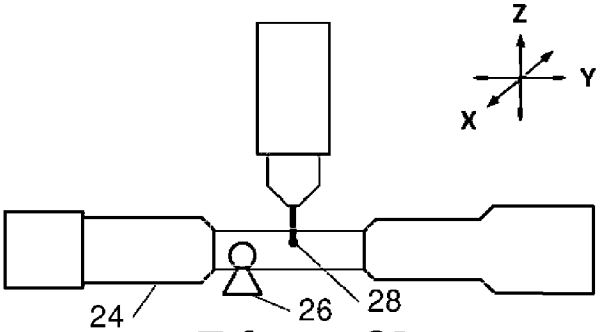


Fig. 6b

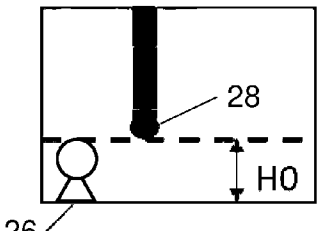


Fig. 6c

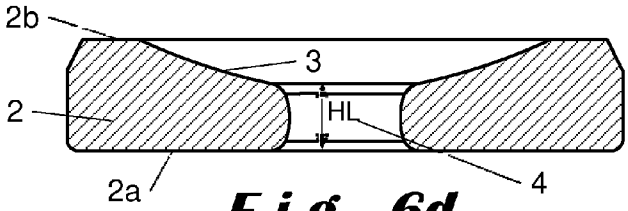


Fig. 6d

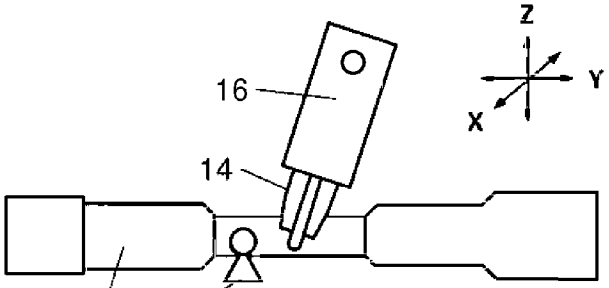


Fig. 6e

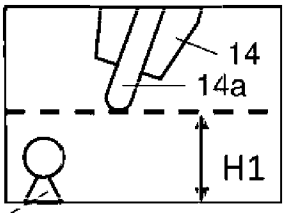


Fig. 6f

HL = H1 – H0

Fig. 6g

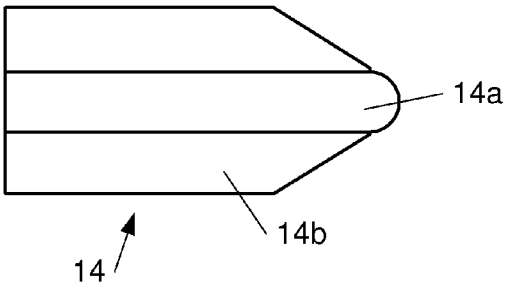


Fig. 7a

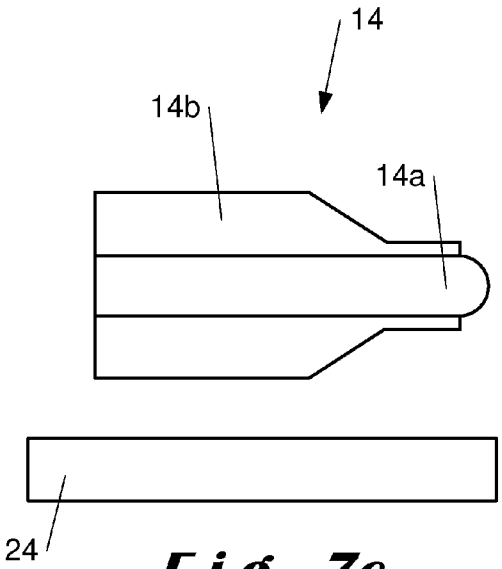


Fig. 7c

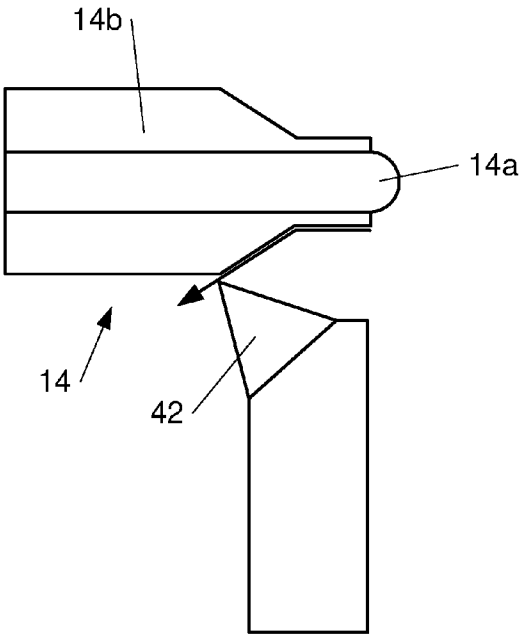


Fig. 7b

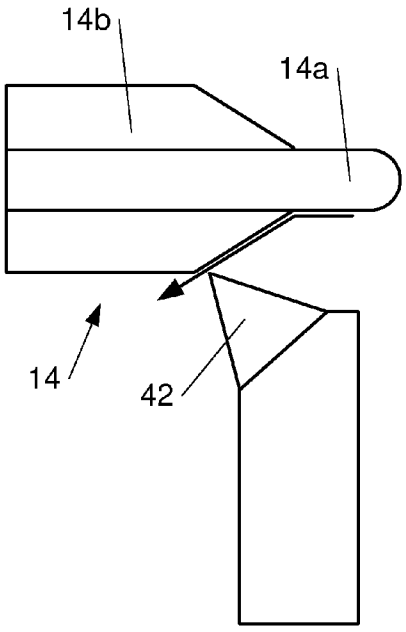


Fig. 7d