

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 82 20012**

---

(54) Machine d'équilibrage dynamique.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). G 01 M 1/38, 1/34.

(22) Date de dépôt..... 29 novembre 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : JP, 30 novembre 1981, n° 56-190,663.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 22 du 3-6-1983.

---

(71) Déposant : Société dite : INOUE-JAPAX RESEARCH INCORPORATED. — JP.

(72) Invention de : Kiyoshi Inoue.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Netter,  
40, rue Vignon, 75009 Paris.

Machine d'équilibrage dynamique.

La présente invention concerne des machines d'équilibrage dynamique , et notamment une machine d'équilibrage dynamique dans laquelle est incorporée une unité de correction totalement automatique à usage universel.

5

On connaît et on utilise largement une machine d'équilibrage dynamique dans laquelle la pièce à contrôler est supportée, pour tourillonner sur elles, entre deux unités de palier montées élastiquement, la pièce tournant à grande vitesse.

10 Des moyens sont prévus pour analyser les oscillations provoquées dans les unités de palier , calculant ainsi les valeurs des déséquilibres locaux et leurs positions angulaires respectives. Ces valeurs et ces positions sont habituellement indiquées sur un affichage visuel.

15

On a également proposé une machine d'équilibrage dynamique dans laquelle est incorporée une unité de correction totalement automatique ou semi-automatique. Toutefois, toutes ces machines n'ont été conçues qu'à des fins limitées ou pour  
20 une utilisation exclusive avec des pièces particulières. En outre, ces machines antérieures utilisent habituellement un outil de coupe ou de perçage mécanique pour corriger la pièce. Il en résulte de rigoureuses limitations en ce qui concerne les emplacements, les géométries et les valeurs pouvant être  
25 corrigés, et il est difficile d'atteindre un fini de surface

acceptable en effectuant une correction continue. Ces conditions rigoureuses ont rendu la machine excessivement complexe et coûteuse, et dans la plupart des cas, difficile à utiliser.

5 La présente invention vise à procurer une machine d'équilibrage dynamique améliorée d'usage universel, la machine comportant de nouveaux moyens de correction complètement automatiques intégrés avec un mécanisme de contrôle de déséquilibre, et étant capable de surmonter les difficultés rencontrées  
10 jusqu'ici.

En conséquence, la présente invention propose une machine d'équilibrage dynamique qui comporte : deux paliers oscillants pour supporter élastiquement une pièce pouvant tourner autour  
15 d'un axe horizontal; des moyens pour faire tourner la pièce autour de cet axe; des moyens sensibles à la rotation et aux oscillations de la pièce en rotation autour de cet axe pour calculer les valeurs et les positions des déséquilibres locaux de la pièce; des moyens pour fixer l'axe de rotation de la  
20 pièce en alignement avec l'axe horizontal pour permettre à la pièce de tourner sans oscillations; des moyens de correction comportant des moyens d'outils non mécaniques pouvant être positionnés de façon à pouvoir usiner les régions respectives des positions calculées pour corriger la pièce; des mo-  
25 yens d'entraînement sensibles aux moyens de calcul pour déplacer les moyens d'outils et les positionner successivement de façon à pouvoir usiner lesdites régions de la pièce alors que celle-ci est entraînée en rotation par les moyens de rotation autour de cet axe; et des moyens de réglage sensibles  
30 aux moyens de calcul pour régler les paramètres de l'usinage par ces moyens d'outils disposés de façon à pouvoir usiner chacune de ces régions et éliminer ainsi par compensation l'une respective des valeurs calculées, corrigeant ainsi la pièce.

35

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée, donnée ci-après à titre d'exemple seulement, d'une

réalisation de l'invention, en liaison avec le dessin sur lequel la figure unique représente schématiquement une mise en oeuvre de l'invention.

- 5 Sur la figure unique, on voit une machine d'équilibrage dynamique 1 selon la présente invention, dans laquelle est incorporée une unité de correction automatique 2 utilisant l'usinage par décharges électriques;
- 10 Dans la machine 1, une pièce cylindrique 3 à contrôler et à corriger est portée horizontalement par deux arbres supports coaxiaux 4 et 5 qui lui sont fixés pour être également coaxiaux avec elle. Les arbres 4 et 5 s'étendent horizontalement et passent librement à travers deux ouvertures 6 et 7 formées  
15 respectivement dans des parois latérales opposées 8 et 9 d'un carter 10 constituant le bâti de la machine. En outre, les arbres 4 et 5 tourbillonnent dans les paliers oscillants 11 et 12, respectivement, qui sont supportés élastiquement par des ressorts 13.
- 20 L'arbre 5 est couplé par un joint universel 14 à un autre arbre coaxial 15. Celui-ci est couplé par un train de pignons 16 à l'arbre de sortie d'un moteur électrique 17 qui est alimenté par un circuit de commande d'entraînement 18. Le moteur  
25 17 est entraîné pour faire tourner la pièce 3 et les arbres 4 et 5 autour de leurs axes horizontaux coïncidant.
- S'il existe un déséquilibre dans la répartition du poids de la pièce 3, c'est-à-dire s'il y a un écart dans la géométrie  
30 de la pièce 3 par rapport au cylindre parfait recherché, les paliers 11 et 12 se mettent à osciller. Ces oscillations sont détectées par des capteurs 19 et 20 disposés au voisinage des paliers 11 et 12 respectivement, et sont ainsi converties en signaux électriques correspondants.
- 35 Une phase angulaire instantanée de rotation de la pièce 3 est détectée par un détecteur de phase 22 associé fonctionnellement à l'arbre 15 et elle est transformée par ce détecteur en

un signal électrique correspondant 23. Les signaux 21a et 21b et le signal 23 sont amenés à une unité de calcul de déséquilibre 24 qui est programmée pour déterminer, à partir de de ces signaux, lesquels représentent les valeurs des déséqui-  
5 libres locaux et leurs positions angulaires respectives, les quantités de métal à ajouter sur la pièce 3 ou à en enlever par l'unité de correction 2, et leurs coordonnées respectives.

On peut effectuer l'addition de métal pour corriger la pièce  
10 3 par dépôt électrolytique, dépôt par étincelage, ou par dépôt électrolytique ou chimique activé par laser. Pour effectuer un enlèvement de métal pour corriger la pièce 3, on peut utiliser l'usinage électrique ou par électro-érosion. L'unité de correction 2 représentée est conçue pour enlever localement  
15 du métal sur la pièce 3 par usinage par décharges électriques.

L'unité de correction 2 utilise ainsi une électrode-outil d'usinage par décharges électriques 25, qui est ici fixée par l'intermédiaire d'un mandrin 26 sur un piston 27 se projetant  
20 de façon réglable d'un cylindre 28 qui est fixé sur un chariot 29. Le chariot 29 est porté sur une vis-mère 30 et sur une barre de guidage 31, et il est adapté pour être entraîné par la vis-mère 30 pour se déplacer horizontalement. La vis-mère 30 est adaptée pour être entraînée par un moteur pas à pas 32.  
25

L'électrode-outil 25 est électriquement raccordée par l'intermédiaire d'une résistance 33 à la borne négative d'une source de courant continu 34, dont la borne positive est raccordée par un interrupteur de puissance 35 à un piston électriquement conducteur 36 qui est en contact de butée avec une  
30 face terminale de l'arbre 4. L'arbre 4 est électriquement conducteur et il est électriquement raccordé à la pièce 3. On peut voir que la source de courant continu 34, l'interrupteur de puissance 35 et la résistance 33 constituent une source  
35 de courant d'usinage par décharges électriques pour appliquer une succession d'impulsions d'usinage entre l'électrode-outil 25 et la pièce 3.

Le piston 36 se projetant d'un cylindre 37 est maintenu rétracté pendant le contrôle de la pièce 4. Le cylindre 37 est actionné par un fluide sous pression amené d'un réservoir de fluide 38 par une pompe 39. Un répartiteur 40 à deux positions et quatre orifices est monté entre le réservoir de fluide 38 et le cylindre 37 et est adapté pour être commandé afin de rétracter le piston 36 dans le cylindre 37 et pour l'en faire sortir. Le piston 36 est avancé pour venir en contact de butée avec l'arbre 4 pour la correction de la pièce 3, fermant ainsi d'une part le circuit électrique raccordant la pièce 3 à la source de courant d'usinage 33, 34, 35 et à l'électrode-outil 25, et fixant d'autre part l'axe de rotation de la pièce 3, de sorte que cette dernière tourne maintenant sans oscillations.

Le cylindre 28 servant à positionner l'électrode-outil 25 est également actionné par le fluide sous pression amené du réservoir 38 par la pompe 39. Un distributeur à trois positions et quatre orifices 41 est monté entre le cylindre 28 et le réservoir 38 et est adapté pour être commandé afin de régler la position verticale du piston 27 et de ce fait celle de l'électrode-outil 25. La position verticale du piston 27, et donc de l'électrode-outil 25, est mesurée par un codeur 42.

Dans l'opération de correction, un fluide d'usinage par décharges électriques 43 est introduit à partir d'une source 44 dans le carter ou réservoir 10 pour y immerger partiellement la pièce 3. Un bac 45 est également prévu pour recevoir le fluide usé 43 provenant du carter 10.

L'électrode-outil 25 peut être tubulaire pour constituer un alésage interne s'ouvrant vers la pièce 3. La source de fluide d'usinage 44 peut alors être raccordée directement à l'alésage pour amener un courant sous pression de fluide d'usinage directement sur la pièce 3.

L'unité de correction 2 est également équipée d'un circuit de

commande de correction 46 qui est sensible à un signal de sortie de l'unité de calcul des déséquilibres 24 pour agir sur le moteur 17, le moteur 32, le distributeur 41 et l'interrupteur de puissance 35.

5

Des données pour la forme et les dimensions de la pièce 3 sont préalablement stockées dans l'unité de commande de correction 46. Ces données sont traitées dans l'unité 46 pour produire des signaux de commande individuels à appliquer  
10 au moteur 17, au moteur 32 et au distributeur 41. Ainsi, le moteur 17 est entraîné par le circuit d'entraînement 18 alimenté par un signal correspondant pour faire tourner lentement la pièce jusqu'à ce que soit établie chaque position angulaire donnée de celle-ci. Le moteur pas à pas 32 est entraîné  
15 pour faire tourner la vis-mère 30 jusqu'à ce que l'axe de l'électrode-outil 25 portée par elle atteigne chaque position horizontale donnée. Le distributeur 41 est commandé pour actionner le piston 27 dans le cylindre 28 jusqu'à ce que  
20 l'électrode-outil 25 atteigne chaque position verticale donnée pour usiner la pièce 3 au travers d'un intervalle d'usinage par décharges électriques G.

La surface de la pièce 3 à corriger est préalablement divisée en une multiplicité de sections uniformes, chacune ayant in-  
25 dividuellement une petite surface donnée comparable à la surface de la face terminale active de l'électrode-outil 25.

Chaque valeur individuelle de l'enlèvement de matière par usinage indiquée par l'unité de calcul des déséquilibres 24 pour  
30 une telle section donnée est représentée par le produit du nombre de décharges par l'enlèvement de matière par décharge unitaire, l'enlèvement de matière par décharge unitaire étant déterminé par l'intensité de crête et la durée de chaque impulsion de décharge qui peut être fixée de telle sorte  
35 que seul le nombre d'impulsions de décharges soit un paramètre variable.

Les positions de toutes ces sections divisées qui exigent une correction sont, comme on l'a noté préalablement, identifiées par l'unité de calcul des déséquilibres 24, en même temps que la valeur de la correction exigée pour chaque  
5 telle position. Les signaux de position sont envoyés par l'unité 24 dans le circuit de commande de correction 46 et y sont convertis en signaux de commande d'entraînement pour le moteur 17 et pour le moteur 32 de sorte que l'électrode-  
outil 25 est successivement amenée en position d'usinage par  
10 décharges électriques avec ces sections de la pièce 3.

A chaque stade dans lequel l'électrode-outil 25 est juxtaposée, à une certaine distance de celle-ci, à une section donnée, l'unité de commande 46 est actionnée pour permettre à  
15 l'interrupteur de puissance 35 de la source de courant d'usinage d'être fermé par intermittence pour l'obtention d'une succession de décharges électriques d'enlèvement de métal entre l'électrode-outil 25 et cette section de la pièce 3, tout en permettant à l'électrode-outil 25 d'être avancée de  
20 façon continue par l'intermédiaire du distributeur 41 et du cylindre 28. On compte alors le nombre de décharges électriques effectuées au travers de l'intervalle d'usinage G par la source de courant d'usinage 33, 34, 35. Dans ce but, un trigger de Schmitt 47 est monté dans le circuit comportant  
25 l'intervalle d'usinage G de façon à détecter les décharges électriques successives. Les signaux de sortie correspondants du trigger de Schmitt 47 sont amenés par l'intermédiaire d'un diviseur 48 dans un compteur préréglé 49 ayant des niveaux de comptage variables. Le circuit de commande de correction  
30 46 agit sur le compteur préréglé 49 pour amener son niveau de comptage à une valeur correspondant à l'enlèvement de métal établi par l'unité de calcul des déséquilibres 24 pour la position de la section donnée de la pièce 3. Lorsque le nombre de décharges électriques atteint cette valeur établie du  
35 compteur 49, le circuit de commande 46 ouvre l'interrupteur de puissance 35 dans la source de courant d'usinage et en même temps arrête l'avance axiale de l'électrode-outil 25 qui

a continué. De cette manière, on peut éliminer toutes les portions de déséquilibre.

## Revendications.

1. Machine d'équilibrage dynamique (1), caractérisée en ce qu'elle comporte :

5

deux paliers oscillants (11, 12) pour supporter élastiquement une pièce (3) pouvant tourner autour d'un axe horizontal;

10 des moyens (14-17) pour faire tourner la pièce autour de cet axe;

15 des moyens (19, 20, 22, 24) sensibles à la rotation et aux oscillations de la pièce en rotation autour de cet axe pour calculer les valeurs et les positions des déséquilibres locaux de la pièce ;

20 des moyens (36, 37) pour fixer l'axe de rotation de la pièce en alignement avec cet axe horizontal pour permettre à la pièce de tourner sans oscillations;

des moyens d'outils non mécaniques (25) pouvant être positionnés de façon à pouvoir usiner des régions respectives des positions calculées pour corriger la pièce;

25 des moyens d'entraînement (27-32) sensibles aux moyens de calcul pour déplacer les moyens d'outils et positionner successivement ceux-ci de façon à pouvoir usiner lesdites régions de la pièce, alors que celle-ci tourne autour de son axe aligné; et

30

des moyens de réglage sensibles aux moyens de calcul (24) pour régler les paramètres de l'usinage par les moyens d'outils positionnés de façon à pouvoir usiner chacune desdites régions de façon à éliminer par compensation l'une respective des valeurs calculées, corrigeant ainsi la pièce.

35 2. Machine selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens

d'outils comportent une électrode d'usinage par électro-érosion (25) et que les moyens de correction comportent des moyens (44) pour amener du fluide d'usinage (43) dans un intervalle (G) entre l'électrode d'usinage (25) et la pièce  
5 (3), et une source de courant d'usinage par électro-érosion (33, 34,35) pour faire passer un courant d'usinage par électro-érosion entre l'électrode d'usinage et la pièce pour enlever par électro-érosion de la matière sur la pièce au  
10 moyens de réglage étant adaptés pour agir sur la source de courant pour régler les paramètres du courant d'usinage.

3. Machine selon la revendication 2, caractérisée en ce que la source de courant est une source de courant d'usinage par  
15 décharges électriques pour faire passer le courant d'usinage sous la forme d'une succession d'impulsions électriques et qu'elle comporte des moyens pour régler l'intensité de crête et la durée des décharges électriques résultant dans l'inter-  
20 (46-49) comportant des moyens pour établir le nombre de décharges d'usinage électrique à effectuer pour chacune des régions en liaison avec l'une respective des valeurs calculées.

