

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 80 21634**

---

⑤4 Procédé et appareil pour contrôler la précision d'un contour usiné dans une pièce.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). G 01 B 11/24; B 23 Q 17/00; G 01 B 9/08.

⑫② Date de dépôt ..... 9 octobre 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : Japon, 9 octobre 1979, n° 54-130,302.

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 16 du 17-4-1981.

---

⑦① Déposant : Société dite : INOUE-JAPAX RESEARCH INCORPORATED, résidant au Japon.

⑦② Invention de : Kiyoshi Inoue.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : André Netter, conseil en brevets d'invention,  
40, rue Vignon, 75009 Paris.

La présente invention concerne le contrôle de la précision d'une pièce usinée, et notamment un procédé et un appareil pour contrôler la précision d'un contour usiné dans une pièce ayant été soumise à un processus d'usinage, par exemple d'usinage par décharges électriques à fil mobile, d'usinage par décharges électriques plongeant, de meulage ou de taillage par abrasion, destiné à y former un contour désiré.

Dans le domaine des machines-outils, on a depuis longtemps constaté que le contrôle de la précision d'usinage d'une pièce était complexe et long. Ce travail devient de plus en plus difficile au fur et à mesure de l'accroissement de la complexité du contour à usiner. Ce travail de contrôle était basé jusqu'ici simplement sur l'habileté de l'ouvrier et s'opérait manuellement et, de ce fait, il était mal-commode et souvent imprécis.

C'est, en conséquence, un but de la présente invention de procurer un procédé pour contrôler la précision d'usinage d'un contour dans une pièce, lequel procédé peut déterminer ladite précision de façon plus efficace et plus aisée que les procédés classiques.

Un autre but de l'invention est de procurer un procédé du type considéré, dans lequel ladite précision est déterminée de façon plus exacte et plus rapidement que par les procédés classiques.

Un autre but de l'invention est de procurer un appareil pour contrôler la précision d'usinage d'un contour dans une pièce, permettant de déterminer cette précision de façon efficace.

Un autre but de l'invention est de procurer un appareil tel que décrit ci-dessus, grâce auquel ladite précision est déterminée de façon extrêmement précise et cependant rapide, même si le contour usiné est extrêmement compliqué.

Selon un premier aspect, l'invention procure un procédé pour contrôler un contour usiné dans une pièce par rapport au contour désiré, le procédé se caractérisant en ce qu'on concentre un pinceau lumineux provenant d'une source lumineuse sur une surface focale sur la pièce, on guide des rayons réfléchis par cette zone focale pour en

projeter une image optique sur un écran d'affichage ayant des repères, on positionne la pièce à usiner pour amener une portion du contour usiné dans la surface focale dans un système de coordonnées prédéterminé, on déplace la

5 pièce de façon que la surface focale se déplace effectivement le long du trajet du contour désiré par rapport à la pièce dans le système de coordonnées prédéterminé, balayant ainsi le contour usiné, et on pilote sur l'écran d'affichage l'image projetée, représentant le contour usiné, en

10 référence aux repères, pour déterminer un écart du contour usiné par rapport au contour désiré, portion après portion.

De préférence, les rayons réfléchis par la surface focale sont déviés de façon à projeter sur l'écran d'affichage l'image du contour usiné avec un agrandissement prédéterminé.

15 En outre, dans ce procédé, on peut afficher automatiquement sur un papier avec une imprimante l'écart du contour usiné par rapport au contour désiré.

Selon un deuxième aspect de l'invention, celle-ci procure un appareil pour contrôler la précision d'un contour usiné

20 dans une pièce par rapport au contour désiré, cet appareil comprenant une source lumineuse, des premiers moyens optiques pour concentrer un faisceau lumineux provenant d'une source lumineuse sur une surface focale sur la pièce, un écran d'affichage, des seconds moyens optiques pour guider des

25 rayons réfléchis par la surface focale et en projeter une image sur un écran d'affichage, des moyens de support de pièce pour y monter de façon fixe la pièce, ces moyens étant positionnables pour amener une portion du contour usiné dans la surface focale dans un système de coordonnées prédéterminé,

30 des moyens de moteur pour déplacer les moyens de support de pièce, et des moyens pour alimenter les moyens de moteur avec des signaux d'entraînement pour déplacer les moyens de support de pièce de façon que la surface focale considérée se déplace effectivement sur le support de pièce

35 selon le trajet du contour désiré, balayant ainsi le contour usiné, l'écran d'affichage ayant des repères pour permettre à l'opérateur de piloter sur l'écran d'affichage l'image projetée représentant le contour usiné par rapport aux repères, déterminant ainsi tout écart du contour usiné par rapport au

40 contour désiré, portion après portion.

Les moyens mentionnés en dernier comportent avantageusement des moyens de commande numérique dans lesquels sont programmées à l'avance les données concernant le trajet du contour désiré, pour fournir les signaux d'entraînement sous la forme d'une séquence d'impulsions basée sur les données.

Les seconds moyens optiques sont, de préférence, adaptés pour projeter l'image avec un agrandissement prédéterminé.

De préférence, l'appareil comporte également des moyens de mesure sensibles aux rayons réfléchis arrivant sur l'écran d'affichage ou en partant pour fournir des signaux électriques représentant cet écart, et des moyens d'imprimante automatique pour imprimer l'écart en liaison avec les signaux de coordonnées reçus des moyens de commande numérique.

L'invention sera bien comprise à la lecture de la description détaillée, donnée ci-après à titre d'exemple seulement, d'une réalisation, en liaison avec le dessin joint, sur lequel la figure unique représente schématiquement un appareil selon l'invention.

Une pièce à usiner 1 est montée de façon fixe sur une table 2 et un contour  $la_y$  est usiné, par exemple par usinage par décharges électriques à fil mobile. L'opération d'usinage est conduite pour donner à la pièce 1 un contour désiré. La précision du contour usiné par rapport au contour désiré est alors mesurée et contrôlée pour détecter toute erreur ou écart par rapport au second.

La table 2 est couplée à des moteurs 3 et 4 (chacun étant un moteur à impulsion ou un moteur à courant continu équipé d'un décodeur) par l'intermédiaire de vis-mères associées de façon à pouvoir être déplacée dans un plan X-Y. Le moteur 3 déplace la table 2 dans la direction de l'axe X et la table 4 la déplace dans la direction de l'axe Y.

Les signaux d'entraînement respectifs pour les moteurs 3 et 4 émanent d'une source de commande, ici une commande numérique 5. Dans cette dernière sont programmées à l'avance des données numériques déterminant le trajet du contour désiré, lesquelles données sont stockées sur un support d'enregistrement, par exemple une bande magnétique. Le support ou bande enregistrée est de façon avantageuse celui

qui est utilisé pour l'opération d'usinage par décharges électriques à fil mobile, grâce à laquelle le contour usiné la a été obtenu. Si on ne dispose pas d'une telle bande, on peut préparer une bande spéciale à partir d'un dessin du contour désiré. L'information enregistrée est  
5 reproduite et transformée en séquence d'impulsions numériques distribuées dans les composants X et les composants Y pour commander respectivement les moteurs 3 et 4, de façon à déplacer la pièce 1 selon le trajet du contour  
10 désiré dans le système de coordonnées X-Y.

On voit sur la figure un système optique, fixe en position, monté au-dessus de la pièce 1 sur la table 2 et comportant une source lumineuse 6 et une optique 7 conçues pour concentrer un faisceau lumineux provenant de la source  
15 6 sur une surface focale 8 sur la pièce 1. Un miroir 9 disposé dans le trajet optique entre la source 6 et l'optique 7, sert à réfléchir sélectivement et en même temps à faire diverger les rayons lumineux réfléchis sur la surface focale 8, projetant ainsi une image agrandie d'un objet dans la  
20 surface focale 8 sur un écran d'affichage 10.

En fonctionnement, la pièce 1 sur la table 2 est positionnée pour amener une portion donnée (un point) du contour usiné la dans la surface focale (au centre de celle-ci) dans le système de coordonnées X-Y prédéterminé. De façon appro-  
25 priée, la table 2 peut être la table de travail dans la machine d'usinage par décharges électriques à fil mobile et, dans ce cas, les moteurs 3 et 4 peuvent être ceux de la même machine. La commande numérique 4 peut également être celle faisant partie de la machine. Ainsi, on peut  
30 considérer la pièce 1 comme étant sur la machine dans la même position que celle dans laquelle vient d'être terminée l'opération d'usinage par fil destinée à y former le contour désiré, présentant le contour usiné la au contrôle ou devant être repositionnée à partir de cette position pour amener  
35 une portion donnée du contour usiné la dans la surface focale 8 à des fins de contrôle.

En fonctionnement, les signaux de commande envoyés par la commande numérique 5 aux moteurs 3 et 4 déplacent la pièce 1 selon le trajet du contour désiré dans le système  
40 de coordonnées fixe X-Y. Ceci permet au faisceau lumineux

concentré en provenance de la source 6 fixe en position de balayer le contour usiné la qui défile dans la surface focale 8. Il résulte de la réflexion du faisceau lumineux sur la portion marginale de la longueur du contour usiné la dans la région de la surface focale 8, et de la divergence des rayons réfléchis à travers le trajet optique 7, 9, la projection d'une image agrandie 11 de ces portions sur l'écran d'affichage 10. La surface focale 8 du faisceau lumineux se déplace effectivement en balayant le contour usiné la et l'image agrandie 11 de ce dernier apparaît, portion après portion, sur l'écran d'affichage 10 lorsque la pièce 1 est déplacée en réponse aux signaux de commande provenant de la commande numérique 5.

Un ou plusieurs repères 12 sont marqués sur l'écran d'affichage 10 et correspondent à la position fixe du centre de la surface focale 8. Tel que représenté sur la figure, on peut utiliser une paire de repères 12 pour définir une plage acceptable d'erreur ou de tolérance. Si l'image agrandie 11 d'un bord du contour usiné la passe à travers l'espace délimité par les indices 12, on a la confirmation que cette portion a été usinée avec la tolérance acceptable. Si on constate que l'image 11 d'une portion de bord quelconque du contour usiné la passe à l'extérieur de cet espace, ceci indique que cette portion n'a pas été usinée avec la précision voulue et qu'elle se trouve hors tolérances. Si un bord 11 de l'image traverse le centre de l'espace entre les indices 12, ceci confirme que le contour a été usiné de façon parfaite. De cette manière, l'opérateur, en observant visuellement l'image 11 par rapport aux repères 12 sur l'écran d'affichage 10, peut déterminer de façon extrêmement précise la précision d'usinage du contour la dans la pièce 1. Le contour usiné particulier la représenté sur la figure a été usiné de façon à traverser la pièce et délimite une boucle fermée. Lorsque la pièce 1 termine un tour de déplacement le long de la boucle dans le système de coordonnées fixe X-Y, en étant conduite en réponse à la séquence de signaux de commande en provenance de la commande numérique 5, l'écran d'affichage 10 termine le balayage du trajet total du contour usiné la.

La présente invention rend possible un facteur d'agrandissement pour la mesure aussi élevé que 150, par rapport au maximum de 50 qu'on pouvait atteindre jusqu'ici. Ceci permet une précision de mesure de plus ou moins 3 microns, beaucoup plus grande que celle de plus ou moins 1 centième de millimètre possible jusqu'ici. Par ailleurs, le temps de mesure nécessité par ce contrôle peut être réduit à un tiers par rapport aux systèmes classiques.

L'appareil représenté comporte également un miroir 13, une optique 14 et un transducteur photoélectrique 15 qui permet d'afficher automatiquement les écarts grâce à une imprimante 16 associée à la commande numérique 5 par l'intermédiaire d'un ordinateur 17. Ainsi, le miroir 13 guide le faisceau lumineux arrivant sur l'écran d'affichage 10, ou en partant, jusqu'à l'optique 14 qui, à son tour, le concentre sur le transducteur photoélectrique 15. Le transducteur 15 est fixé sur la table 2 portant la pièce 1 et se déplace ainsi en parallèle avec cette dernière en réponse aux signaux de commande provenant de la commande numérique 5. Lorsqu'un bord du contour usiné la se positionne de façon précise au centre de la surface focale 8, la quantité de lumière tombant sur le transducteur 15 est maximale et, s'il y a un écart de position, cette quantité de lumière est réduite. Le transducteur 15 procure ainsi un signal électrique dont la valeur est proportionnelle à la lumière arrivante qu'il reçoit, ces signaux électriques étant traités dans un ordinateur 17 pour fournir les signaux d'écart. Le ordinateur 17 actionne l'imprimante 16 pour lui faire taper les écarts sous forme numérique ou de toute autre façon sur un papier 8 en liaison avec les entrées de coordonnées reçues de la commande numérique 5.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour contrôler la précision d'usinage d'un contour dans une pièce par rapport au contour désiré, caractérisé en ce qu'on concentre un faisceau lumineux en provenance d'une source lumineuse sur une surface focale sur la pièce, on guide les rayons réfléchis par cette surface focale pour en projeter une image optique sur un écran d'affichage portant des repères prédéterminés; on positionne la pièce de façon à amener une portion de ce contour usiné dans la surface focale dans un système de coordonnées prédéterminé, on déplace la pièce dans ce système de coordonnées prédéterminé de façon que la surface focale se déplace effectivement sur la pièce selon le trajet du contour désiré, balayant ainsi le contour usiné, et on pilote sur un écran d'affichage l'image projetée représentant le contour usiné par rapport aux repères pour déterminer un écart de ce contour usiné par rapport au contour désiré, portion après portion.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les rayons réfléchis sur la surface focale sont divergents pour projeter sur l'écran d'affichage l'image du contour usiné avec un agrandissement prédéterminé.

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce qu'on affiche automatiquement cet écart sur un papier avec une imprimante.

4. Appareil pour contrôler la précision d'usinage d'un contour dans une pièce par rapport au contour désiré, caractérisé en ce qu'il comporte une source lumineuse, des premiers moyens optiques pour concentrer un faisceau lumineux provenant de cette source lumineuse sur une surface focale sur la pièce, un écran d'affichage, des seconds moyens optiques pour guider les rayons réfléchis par cette surface focale et en projeter une image sur l'écran d'affichage, des moyens de support de pièce pour monter de façon sûre la pièce, ces moyens étant positionnables pour amener une portion du contour usiné dans la surface focale dans un système de coordonnées prédéterminé, des moyens de moteur pour déplacer les moyens de support de pièce, et des moyens pour alimenter les moyens de moteur avec des signaux de commande pour déplacer les moyens de

support de pièce de façon que la surface focale se déplace effectivement sur la pièce le long du trajet du contour désiré, balayant ainsi le contour usiné, l'écran d'affichage ayant des repères pour permettre à l'opérateur de  
5 comparer aux repères sur l'écran d'affichage l'image projetée représentant le contour usiné, déterminant ainsi tout écart du contour usiné par rapport au contour désiré, portion après portion.

5. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en  
10 ce que les moyens mentionnés en dernier comportent des moyens de commande numérique dans lesquels sont programmées à l'avance les données correspondant au trajet du contour désiré pour fournir les signaux de commande sous la forme d'une séquence d'impulsions basées sur ces données.

15 6. Appareil selon la revendication 4, caractérisé en ce que les moyens optiques sont adaptés pour projeter l'image avec un agrandissement prédéterminé.

7. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de mesure sensibles aux rayons  
20 réfléchis pour émettre des signaux électriques représentant cet écart, et des moyens automatiques d'imprimante pour imprimer cet écart en liaison avec les signaux de coordonnées reçus des moyens de commande numérique.

