

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 81 03102

⑭ Procédé et dispositif pour usiner par électroérosion par fil une pièce sous un champ magnétique.

⑮ Classification internationale (Int. Cl.³). B 23 P 1/00; H 01 F 1/00.

⑯ Date de dépôt..... 17 février 1981.

⑰ ⑱ ⑲ Priorité revendiquée : Japon, 18 février 1980, n° 55-18688.

⑳ Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 34 du 21-8-1981.

㉑ Déposant : Société dite : INOUE-JAPAX RESEARCH INC., résidant au Japon.

㉒ Invention de : Kiyoshi Inoue.

㉓ Titulaire : *Idem* ㉑

㉔ Mandataire : André Netter, conseil en brevets d'invention,
40, rue Vignon, 75009 Paris.

La présente invention concerne l'usinage par électroérosion d'une pièce avec une électrode allongée continue. L'invention concerne particulièrement un procédé et un dispositif d'usinage par électroérosion par fil améliorés, permettant d'augmenter à la fois le rendement et la stabilité de l'usinage.

Lorsqu'on usine ou coupe par électroérosion par fil une pièce, un fil continu ou une électrode allongée analogue est axialement transportée depuis un côté d'alimentation jusqu'à un côté de reprise à travers une zone d'usinage de la pièce balayée par un liquide d'usinage, par exemple de l'eau distillée ou tout autre liquide de nature diélectrique, ou par un électrolyte liquide de conductibilité appropriée. On fait passer un courant électrique d'usinage entre l'électrode allongée en mouvement et la pièce à travers l'intervalle d'usinage formé entre elles pour produire une succession de décharges électriques espacées dans le temps et/ou une intense action électrolytique à travers le milieu liquide, d'où il résulte que de la matière est enlevée par électroérosion de la pièce, tandis qu'on effectue un déplacement relatif entre l'électrode allongée et la pièce selon un trajet prédéterminé pour former dans la pièce la découpe désirée.

Jusqu'ici, l'électrode allongée d'usinage était un fil en un métal ou un alliage tel que du cuivre ou du laiton. Ces fils sont aisément disponibles, tout en ayant une bonne conductibilité électrique et thermique et une résistance raisonnable à l'usure par électroérosion. Ces matières satisfont ainsi de façon avantageuse certaines exigences pour l'électrode d'un processus d'usinage par électroérosion, mais leur résistance à la traction est encore relativement faible, alors qu'elle devrait être aussi élevée que possible pour résister à une traction plus grande appliquée à l'électrode au cours de cet usinage. On notera également que, sans exception, ces matières classiques sont non magnétiques et ne conduisent

pas les flux magnétiques extérieurs.

C'est un but principal de la présente invention de procurer un nouveau procédé pour usiner par électro-érosion par fil une pièce, grâce auquel on peut considé-
5 rablement améliorer à la fois la stabilité et le rendement d'usinage.

Un autre but de l'invention est de procurer un dispositif pour mettre en œuvre le nouveau procédé d'usi-
nage par électroérosion par fil.

10 Sous un premier aspect, la présente invention procure un procédé pour usiner par électroérosion par fil une pièce avec une électrode allongée continue axialement déplacée depuis un côté alimentation jusqu'à un côté re-
prise à travers une zone d'usinage de la pièce balayée
15 par un liquide d'usinage, dans lequel on fait passer un courant électrique entre l'électrode allongée en mouvement et la pièce à travers un intervalle d'usinage pour enlever par électroérosion de la matière sur la pièce
20 tandis qu'on effectue un déplacement relatif, autre que le déplacement axial de l'électrode allongée, entre cette dernière et la pièce selon un trajet prédéterminé pour former une découpe prédéterminée dans la pièce, l'amélioration de ce procédé se caractérisant en ce qu'on forme
l'électrode allongée constituée par un fil en une matière
25 magnétique ou magnétiquement conductrice, sur lequel est déposée au moins une couche d'une substance électrique conductrice, et en ce qu'on applique un champ magnétique dans la zone de l'intervalle d'usinage.

Cette matière magnétique, qui peut être magnéti-
30 que de façon permanente ou avoir une perméabilité ou une conductibilité magnétique élevée, doit, de préférence, avoir une résistance en traction élevée, c'est-à-dire supérieure à celle de la matière électriquement conduc-
trice. De préférence, cette dernière doit avoir une con-
35 ductibilité électrique élevée de telle sorte que, lorsque la matière magnétique est électriquement conductrice, sa conductibilité soit en tout cas supérieure à celle de

la matière magnétique. Bien entendu, la matière électriquement conductrice doit avoir une bonne résistance à l'usure par électroérosion et peut être du cuivre, de l'argent, de l'aluminium ou de l'or, ou un alliage de
5 l'un quelconque de ces métaux, ou une combinaison de deux de ces métaux ou davantage ; elle peut être déposée par voie électrochimique, chimique ou autre sur le fil magnétique pour former la couche de conductibilité électrique et thermique élevée. Le fil magnétique peut être en une
10 matière ferreuse et on a constaté qu'un acier inoxydable magnétique convenait particulièrement. Le champ magnétique peut être appliqué directement à partir du fil magnétique lorsqu'il est en une matière magnétisée de façon permanente et il est appliqué de façon appropriée à partir
15 d'un ensemble générateur de champ extérieur. Le champ magnétique peut, en variante, être un champ induit dans la zone de l'intervalle d'usinage par le passage du courant d'usinage par électroérosion entre l'électrode allongée et la pièce.

20 Sous un deuxième aspect, l'invention procure un dispositif pour usiner par électroérosion une pièce avec une électrode allongée continue, ayant des moyens d'entraînement pour déplacer axialement l'électrode allongée depuis un côté alimentation jusqu'à un côté reprise à
25 travers une zone d'usinage de la pièce, tout en appliquant une tension prédéterminée à l'électrode allongée en travers de la zone d'usinage, des moyens pour balayer la zone d'usinage avec un liquide d'usinage, une source de courant pour faire passer un courant électrique d'usi-
30 nage entre l'électrode allongée en mouvement et la pièce à travers un intervalle d'usinage formé entre elles pour enlever par électroérosion de la matière sur la pièce, et des moyens d'avance d'usinage pour effectuer un déplacement relatif entre l'électrode allongée en
35 mouvement et la pièce selon un trajet prédéterminé pour former dans la pièce une découpe prédéterminée, le perfectionnement à ce dispositif se caractérisant en ce que

l'électrode allongée est constituée par un fil en une matière magnétique, sur lequel est déposée au moins une couche d'une matière électriquement conductrice, et que des moyens sont prévus pour appliquer un champ magnétique

5 dans la zone de l'intervalle d'usinage.

Les moyens pour appliquer le champ magnétique peuvent être des moyens d'enroulement disposés de préférence dans le voisinage ou dans la région de la zone d'usinage, et excités par une source de courant extérieure, soit de
10 courant alternatif, soit de courant continu et, soit continu, soit pulsatoire, pour produire des flux magnétiques d'une intensité réglée dans la zone de l'intervalle d'usinage.

L'invention sera bien comprise à la lecture de la description détaillée, donnée ci-après à titre d'exemple
15 seulement, de plusieurs réalisations, en liaison avec le dessin joint sur lequel :

- la figure 1 représente schématiquement un dispositif d'usinage par électroérosion par fil incorporant
20 les principes de l'invention ;

- la figure 2 est une vue en coupe montrant schématiquement un fil électrode selon la présente invention ;

- la figure 3 montre schématiquement un autre fil électrode selon l'invention ; et

25 - la figure 4 est une vue en élévation et en coupe montrant schématiquement une pièce en cours d'usinage par le fil électrode de la figure 3.

La figure 1 montre une électrode continue 1, se présentant sous une forme allongée ou sous la forme d'un
30 fil, axialement transportée depuis un côté alimentation, se présentant sous la forme d'un tambour d'alimentation 2, jusqu'à un côté reprise, se présentant sous la forme d'un tambour de reprise 3, à travers une zone d'usinage dans laquelle est positionnée une pièce à usiner W électriquement conductrice. Pour définir la zone d'usinage 4,
35 on dispose deux éléments de guidage 5 et 6 qui positionnent un brin linéaire 1a du fil électrode 1 de façon

précise en position d'usinage par rapport à la pièce W. D'autres éléments de guidage 7 et 8, se présentant chacun sous la forme d'un galet ou d'un rouleau, sont disposés respectivement en amont de l'élément de guidage 5 et en
5 aval de l'élément de guidage 6, pour modifier la direction du trajet du fil du côté alimentation 2 jusqu'à la zone d'usinage 4 et de cette dernière au côté reprise 3. Un entraînement par traction sous la forme de deux galets 9 entraînés par un moteur non représenté coopérant avec
10 un entraînement de freinage sous la forme de deux galets 10 entraînés par un moteur non représenté, déplacent et transportent axialement le fil électrode 1 en lui conférant une tension appropriée.

Un liquide d'usinage (par exemple de l'eau) de
15 nature diélectrique et/ou de nature électrolytique, ayant une conductibilité ou une résistivité appropriée, est amené par des moyens d'ajustage (non représentés) dans la zone d'usinage 4 pour remplir et balayer l'intervalle d'usinage défini entre le fil électrode 1 et la pièce W.
20 Une source de courant 11 fournit un courant électrique d'usinage, de préférence sous la forme d'une succession d'impulsions de caractéristiques précisément réglées, et ce courant est appliqué entre le fil électrode en mouvement 1 et la pièce W pour produire des décharges électriques et/ou une action électrolytique, enlevant ainsi par
25 électroérosion de la matière sur la pièce W.

Au fur et à mesure de l'enlèvement de matière, une table de travail 12, sur laquelle la pièce W est montée, est déplacée dans un plan X-Y par deux moteurs
30 13 et 14, par exemple des moteurs pas à pas, conçus pour déplacer la table de travail 12 respectivement selon un axe X et selon un axe Y. Une commande numérique 15 fournit des signaux de commande préprogrammés aux moteurs 13 et 14 déplaçant ainsi la pièce W selon un trajet prédé-
35 terminé et formant ainsi un contour découpé déterminé défini par le trajet de déplacement dans la pièce W.

Selon la présente invention, une source de cou-

rant 17 excite un enroulement 16. Comme on le voit sur la figure 2, le fil électrode 1 est constitué par un fil 1a en une matière magnétique (par exemple magnétiquement perméable ou conductrice) de résistance à la traction élevée, et revêtu par une couche 1b ayant une bonne conductibilité électrique. Du fait que la matière de l'âme 1a a une résistance électrique élevée, on peut réduire notablement le diamètre ou l'épaisseur du fil électrode 1 par comparaison avec des fils électrodes d'électroérosion classiques, et on peut appliquer une tension plus grande pour éliminer la possibilité de relâchement du fil. Par exemple, un fil en matière ferreuse, fritté et étiré, d'un diamètre de 0,1 mm, peut être une matière d'âme appropriée 1a et elle peut être revêtue par une couche d'une épaisseur de 0,05 mm de cuivre déposée par galvanoplastie. Le fil électrode ainsi obtenu, d'un diamètre extérieur de 0,2 mm, a une résistance en traction plusieurs fois supérieure à celle d'un fil électrode en cuivre habituel du même diamètre utilisé dans un processus d'usinage par électroérosion. Le fil électrode composite selon l'invention permet de réduire sensiblement la vitesse du déplacement axial, permettant ainsi de réduire notablement la quantité de matière consommée, par comparaison avec un fil électrode classique de conductibilité électrique similaire.

La figure 3 montre une modification du fil électrode 1 selon l'invention, qui peut être ici une combinaison d'un élément d'âme magnétique 1a avec deux couches électriquement conductrices 1b et 1c. Par exemple, l'âme 1a peut être un fil de 0,1 mm de diamètre en acier inoxydable magnétique préparé par étirage à la température ambiante ; la couche intérieure électriquement conductrice 1b peut être en cuivre déposée jusqu'à une épaisseur de 0,05 mm sur l'âme 1a et la couche extérieure électriquement conductrice 1c peut être de l'or déposé jusqu'à une épaisseur de 0,05 mm sur la couche intérieure 1b. Dans une variante, le fil d'acier inoxydable magnéti-

que 1a peut avoir un diamètre de 1,5 mm, la couche intérieure conductrice en cuivre 1b peut avoir une épaisseur de 0,03 mm, et la couche extérieure conductrice 1c peut avoir une épaisseur de 0,02 mm. On a constaté que ces
5 fils composites permettaient de réduire notablement la vitesse de déplacement axial et en même temps possédaient des caractéristiques de conductibilité électrique et thermique et de résistance à l'érosion extrêmement bonnes.

Le champ magnétique engendré par l'ensemble 16
10 doit, de préférence, avoir une intensité supérieure à 100 Gauss. L'âme magnétiquement conductrice 1a procure un trajet aux flux magnétiques qui apparaissent pour réagir avec le courant d'usinage ou de décharge passant à travers l'intervalle d'usinage formé entre la pièce et la
15 partie conductrice 1b (ou 1b et 1c) du fil électrode ce qui permet d'obtenir des résultats d'usinage extrêmement favorables. Il a été observé que cette interaction facilite la rupture d'intervalle, permet d'augmenter la valeur de l'intervalle et la fréquence des décharges d'usi-
20 nage. Les copeaux d'usinage et autres produits d'intervalle sont ainsi emportés de l'intervalle d'usinage de façon beaucoup plus aisée, ce qui facilite le renouvellement du liquide d'usinage dans la zone de l'intervalle et permet ainsi de mieux refroidir la pièce. Les décharges
25 d'usinage peuvent se répéter avec un moindre risque d'arcs et de courts-circuits. Le liquide d'usinage plus fréquemment renouvelé facilite également le refroidissement du fil électrode et empêche ainsi sa surchauffe due à un passage de courant d'usinage d'intensité élevée, ce
30 qui réduit au minimum les ruptures de fil et permet un usinage plus stable tout en obtenant une pièce usinée avec un fini et une précision de surface accrus.

L'enroulement 16 est, de préférence, situé au voisinage de l'intervalle d'usinage ou de la région de la
35 zone d'usinage 4, et il est disposé pour entourer le fil électrode 1. Le champ magnétique produit par l'enroulement 16 et de ce fait la sortie de la source de courant

17 excitant l'enroulement 16, est de nature, soit alternative, soit continue et soit continue soit pulsatoire. On préfère cependant un champ magnétique pulsatoire ou de courant alternatif. Avec des flux magnétiques pulsatoires ou alternatifs, on a constaté que les copeaux d'usinage et autres accumulations dans l'intervalle se déplacent selon des mouvements aléatoires et sont emportés plus facilement de la région de l'intervalle. En outre, la production aléatoire et dispersive de décharges d'usinage le long des surfaces à usiner est améliorée, ce qui tend à éliminer toute possibilité d'arcs ou de courts-circuits et permet ainsi un enlèvement de matière plus efficace et plus stable.

On peut disposer plusieurs enroulements 16, excités en phase ou en décalage de phase par une source de courant commune 17. Un enroulement peut être disposé sur un côté de la zone d'usinage 4 et un autre enroulement du côté opposé par rapport à la pièce W. On peut remplacer un ou plusieurs enroulements 16 (avec la source de courant associée 17) par un ou plusieurs aimants permanents adaptés pour produire le champ magnétique équivalent d'une intensité de préférence supérieure à 100 Gauss.

REVENDEICATIONS

1. - Procédé pour usiner par électroérosion une pièce avec une électrode allongée continue axialement déplacée d'un côté alimentation à un côté reprise à travers
5 une zone d'usinage de la pièce balayée par un liquide d'usinage, dans lequel on fait passer un courant électrique d'usinage entre l'électrode allongée en mouvement et la pièce à travers un intervalle d'usinage pour enlever par électroérosion de la matière sur la pièce tandis qu'
10 on effectue un déplacement relatif, autre que le déplacement axial de l'électrode allongée, entre cette dernière et la pièce selon un trajet prédéterminé pour former dans la pièce une découpe de forme prédéterminée, *caractérisé en ce qu'on forme cette électrode allongée (1) constituée*
15 *par un fil en une matière magnétique (1a) et sur lequel est déposée une couche d'une matière électriquement conductrice (1b ; 1b, 1c), et en ce qu'on applique un champ magnétique dans la région de l'intervalle d'usinage.*

2. - Procédé selon la revendication 1, *caractérisé en ce que*
20 *la matière magnétique a une résistance à la traction supérieure à celle de la matière électriquement conductrice.*

3. - Procédé selon la revendication 2, *caractérisé en ce que*
25 *la matière magnétique a une conductibilité électrique inférieure à celle de la matière conductrice.*

4. - Procédé selon la revendication 1, *caractérisé en ce que*
30 *la matière conductrice est choisie dans le groupe contenant du cuivre, de l'argent, de l'aluminium, de l'or et des alliages contenant au moins l'un de ces métaux.*

5. - Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, *caractérisé en ce que*
la matière magnétique est une matière ferreuse.

6. - Procédé selon la revendication 5, *caractérisé en ce que*
35 *la matière magnétique est un acier inoxydable.*

7. - Procédé selon la revendication 1, *caractérisé en ce que*
le champ magnétique a une intensité supérieure à 100 Gauss.

8. - Dispositif pour usiner par électroérosion une pièce avec une électrode allongée continue, ayant des moyens d'entraînement pour déplacer axialement l'électrode allongée depuis un côté alimentation jusqu'à un côté reprise à travers une zone d'usinage de la pièce, tout en appliquant une traction sur l'électrode allongée se déplaçant à travers la zone d'usinage, des moyens pour balayer la zone d'usinage avec un liquide d'usinage, des moyens d'alimentation en courant pour faire passer un courant d'usinage électrique entre l'électrode allongée et la pièce à travers un intervalle d'usinage formé entre elles pour enlever par électroérosion de la matière sur la pièce, et des moyens d'avance d'usinage pour effectuer un déplacement relatif entre l'électrode allongée en mouvement et la pièce selon un trajet prédéterminé pour former dans la pièce une découpe d'une forme prédéterminée, caractérisé en ce qu'il comporte une électrode allongée (1) constituée par un fil en une matière magnétique (1a) et sur laquelle est déposée une couche d'une matière électriquement conductrice (1b ; 1b, 1c), et des moyens pour appliquer un champ magnétique dans la région de l'intervalle d'usinage.

9. - Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens pour appliquer le champ magnétique comportent au moins un moyen d'enroulement (16) excitable par une source de courant pour produire un champ magnétique d'une intensité supérieure à 100 Gauss.

10. - Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que ce moyen d'enroulement comporte un enroulement disposé pour enrouler l'électrode allongée.

11. - Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que cet enroulement est disposé dans la région de la zone d'usinage.

12. - Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens pour appliquer le champ magnétique comportent au moins un aimant permanent adapté pour produire un champ magnétique d'intensité supérieure

à 100 Gauss et disposé dans la région de la zone d'usinage.

5 13. - Dispositif selon la revendication 8, *caractérisé en ce que* la matière magnétique a une résistance en traction supérieure à celle de la matière électriquement conductrice.

10 14. - Dispositif selon la revendication 13, *caractérisé en ce que* la matière magnétique a une conductibilité électrique inférieure à celle de la matière conductrice.

15 15. - Dispositif selon la revendication 8, *caractérisé en ce que* la matière conductrice est choisie dans le groupe contenant le cuivre, l'argent, l'aluminium et l'or, et des alliages contenant au moins l'un de ces métaux.

16. - Dispositif selon la revendication 8, *caractérisé en ce que* la matière magnétique est une matière ferreuse.

FIG. 1

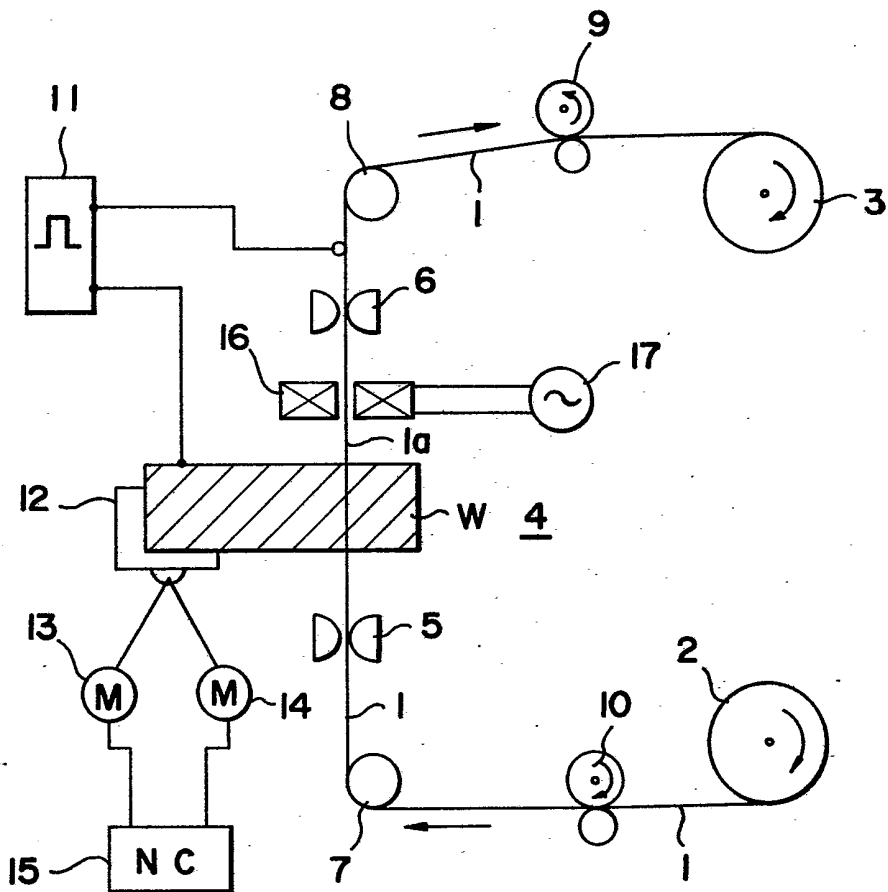


FIG. 2

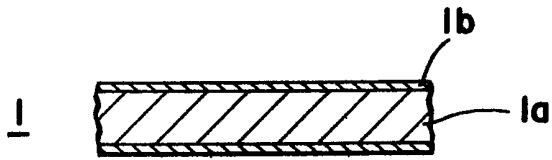


FIG. 3

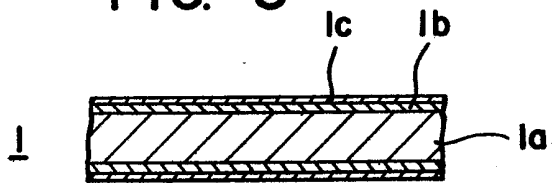


FIG. 4

