

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

N° 81 07406

⑤④ Procédé perfectionné pour l'usinage par décharges électriques.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. ³). B 23 P 1/20.

②② Date de dépôt..... 13 avril 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : Japon, 15 avril 1980, n° 55-49662 et 55-49663.

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 42 du 16-10-1981.

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

⑦② Invention de : Kiyoshi Inoue.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : André Netter,
40, rue Vignon, 75009 Paris.

La présente invention concerne, de façon générale, l'usinage par décharges électriques et notamment un nouveau procédé pour usiner par décharges électriques une pièce électriquement conductrice en faisant passer une série d'impulsions de décharges électriques discrètes, localisées et espacées dans le temps, au travers d'un intervalle d'usinage entre une électrode-outil et la pièce, balayé par un liquide d'usinage.

Dans l'usinage par décharges électriques, des pièces conductrices sont usinées en faisant passer des impulsions d'un courant d'électroérosion entre une pièce formant électrode et une électrode-outil juxtaposées, à une certaine distance l'une de l'autre, de part et d'autre d'un intervalle d'usinage balayé par un liquide d'usinage qui est, au moins en partie, de nature diélectrique et qui sert également à entraîner les détritits ou produits d'intervalle du processus d'usinage par décharges électriques.

Dans toute une variété d'opérations d'usinage par décharges électriques dans lesquelles une pièce conductrice est percée, formée ou creusée par plongée de l'électrode avec une électrode-outil de forme, ou est découpée selon un contour déterminé par un mince fil continu ou par une électrode-outil allongée analogue, on peut appliquer une impulsion de courant électrique discrète d'une durée généralement comprise entre 10^{-7} et 10^{-2} seconde, au travers d'un intervalle d'usinage relativement soigneusement dimensionné, par exemple compris entre 0,05 et 0,005 mm, et rempli du liquide d'usinage, pour produire initialement un claquage diélectrique du liquide d'intervalle au travers de la distance de résistance diélectrique la plus faible, c'est-à-dire généralement la plus petite distance, entre un point sur la surface de l'électrode-outil et un point sur la surface de la pièce électrode. Le claquage diélectrique entraîne une décharge d'étincelle ou une décharge du type arc court, grâce à quoi un courant de décharge extrêmement concentré circule sur le trajet de claquage entre ces points des électrodes. L'énergie électrique appliquée est extrêmement concentrée (dépassant généralement

10^{-5} watt/cm², avec une densité de courant comprise entre 10^4 et 10^9 A/cm²) et elle est localisée dans un étroit cylindre de décharge ainsi formé. Une rapide élévation de température dans le cylindre de décharge fait fondre et évaporer le métal dans la région du point de décharge sur la surface de la pièce électrode. En même temps, une rapide dilatation des vapeurs métalliques et des gaz provenant de la décomposition du liquide dans le cylindre de décharge, créent une pression intense (estimée à environ 100 à 500 kg/cm²) qui sert effectivement à pulvériser le métal fondu en fines particules et à les projeter loin du point de décharge. Il en résulte la formation d'une cavité de cratère et d'une crête de cratère environnante sur la portion de la surface de la pièce frappée par la décharge. L'impulsion suivante dans le temps peut ensuite déclencher entre deux autres points sur les surfaces de l'électrode-outil et de la pièce électrode une autre décharge d'électroérosion à grande énergie. Ainsi, une succession d'impulsions de courant discrètes et espacées dans le temps, appliquées entre les surfaces d'électrode opposées, procure des décharges d'enlèvement de matière localisées au hasard qui produisent des cratères se recouvrant sur la surface de la pièce ; la surface totale est ainsi usinée uniformément sur ses parties en vis-à-vis de l'électrode-outil et la partie usinée prend une configuration, par exemple d'une cavité ou d'une rainure, se conformant à la forme de l'électrode-outil.

Cette dernière peut être formée à la configuration recherchée de la cavité ou de la forme complémentaire dans la pièce. En variante, ou en addition, l'électrode-outil est déplacée par rapport à la pièce électrode pour former dans cette dernière un contour par électroérosion. Durant l'opération d'usinage, de petits copeaux ou particules, métalliques ou conducteurs, et d'autres produits d'intervalle, par exemple des goudrons et des gaz, sont entraînés de l'intervalle par le liquide d'usinage qui balaie l'intervalle et qui circule généralement dans celui-ci, tandis que l'électrode-outil peut être avancée par rapport à la pièce par un servomécanisme conçu pour maintenir une valeur d'intervalle aussi précisément que possible.

Chaque cratère individuel d'électroérosion est généralement circulaire, comme on le voit schématiquement sur la figure 1a où on le regarde d'en haut. Une crête annulaire B entoure une cavité de cratère A comme on le voit sur la vue en élévation latérale de la figure 1b. La cavité de cratère A a une profondeur H et un diamètre Dx, tandis que la crête de cratère B a une hauteur h. On peut voir que la dimension du cratère représente la quantité de matière enlevée par la décharge et, de ce fait, affecte à la fois la rugosité de surface et le taux d'enlèvement d'un processus d'usinage par décharges électriques. On sait d'autre part que la quantité d'énergie de chaque décharge individuelle détermine la dimension du cratère résultant. Ainsi, plus l'énergie de décharge est grande, plus l'enlèvement de matière est important et, de ce fait, le taux d'enlèvement, mais en même temps plus la rugosité de surface devient importante. En d'autres termes, bien que l'on souhaite utiliser la plus grande énergie possible d'une seule décharge pour obtenir un taux d'enlèvement plus élevé, on a constaté que ceci ne pouvait avoir lieu qu'au détriment de la rugosité de surface qui s'ensuit inévitablement. L'enlèvement de matière W par décharge unitaire et la rugosité de surface Rmax qui résultent de l'accumulation de telles décharges unitaires sont liées par la relation :

$$R_{max}^3 = W \dots (1)$$

En conséquence, le fait que la recherche de l'obtention d'un taux d'enlèvement plus élevé et la recherche de l'obtention d'un meilleur fini de surface sont mutuellement incompatibles a tourmenté les chercheurs. On doit en effet se satisfaire d'un fini de surface relativement mauvais lorsqu'on désire un taux d'enlèvement élevé ou d'un taux d'enlèvement relativement faible, lorsqu'on désire un fini élevé.

C'est le but principal de la présente invention de procurer un nouveau procédé d'usinage par décharges électriques qui augmente l'efficacité de l'usinage, c'est-à-dire qui donne un meilleur fini de surface pour un taux d'enlèvement donné ou un taux d'enlèvement plus élevé pour un fini de surface donné.

Un autre but de l'invention est de procurer un nouveau procédé d'usinage par électroérosion qui, pour un courant d'usinage donné, permet d'augmenter l'enlèvement de matière et d'améliorer le fini de surface.

5 Un autre but de l'invention est de procurer un dispositif d'usinage par décharges électriques relativement simple et peu coûteux adapté pour mettre en oeuvre le nouveau procédé décrit.

Selon la présente invention, ces buts sont atteints par
10 un procédé pour usiner une pièce électriquement conductrice avec une électrode-outil juxtaposée à celle-ci au travers de l'intervalle d'usinage balayé par un liquide d'usinage, dans lequel on fait passer une succession d'impulsions électriques
15 espacées dans le temps à travers l'intervalle d'usinage pour produire entre les surfaces opposées de l'électrode-outil et de la pièce des décharges discrètes d'électroérosion dont chacune entraîne la formation d'un cratère de décharge sur un point localisé de la surface de la pièce et l'enlèvement de
20 matière localisé qui en résulte et qui, avec de tels cratères de décharge formés successivement et de façon aléatoire sur toute la surface de la pièce en vis-à-vis de la surface de l'électrode-outil, enlève cumulativement de la matière sur la pièce, tandis que l'électrode-outil est déplacée par rapport à la pièce selon un trajet prédéterminé pour faire progresser
25 l'enlèvement de matière dans la pièce, procédé dans lequel le liquide d'usinage peut circuler de force à travers l'intervalle d'usinage tandis que l'électrode-outil peut être déplacée par rapport à la pièce, indépendamment du mouvement relatif entre celles-ci, ce procédé se caractérisant en ce qu'on
30 réduit la rugosité de surface de la pièce usinée en commandant, soit la vitesse du courant de liquide d'usinage à travers l'intervalle, soit la vitesse du déplacement relatif entre l'électrode-outil et la pièce, soit les deux, de façon que la forme du cratère de décharge devienne elliptique avec
35 le grand axe égal à au moins deux fois le petit axe.

On a maintenant trouvé que, de cette manière, il est possible d'utiliser une quantité donnée de l'énergie de

décharge de chaque impulsion pour obtenir un cratère de valeur (H+h) plus petite et une valeur de Dx plus grande et d'obtenir un plus grand enlèvement de matière W et une rugosité de surface Rmax réduite. De façon spécifique, on a trouvé que, de
 5 cette manière, la relation entre l'enlèvement de matière W (par décharge unitaire) et la rugosité de surface Rmax (cumulative de décharges répétées) est modifiée comme suit :

$$R_{max}^{1,5 \text{ à } 2} \propto W \dots (2)$$

Ainsi, l'invention consiste à commander, soit la vitesse du
 10 courant de liquide d'usinage à travers l'intervalle d'usinage, soit la vitesse du déplacement relatif entre l'électrode-outil et la pièce, soit les deux, pour obtenir des résultats qui n'avaient jamais été obtenus jusqu'ici. Lorsque, par exemple, la vitesse du courant de liquide dans l'intervalle ou
 15 la vitesse du déplacement relatif des électrodes excède une certaine valeur, on constate avec surprise que la forme de chaque cratère de décharge individuelle devient elliptique, comme on le voit sur les figures 2 et 3, avec le grand axe Dy s'étendant dans le sens du courant de liquide d'usinage, ou
 20 du déplacement relatif des électrodes. On a en outre constaté que, lorsque le cratère est déformé en une forme elliptique de telle sorte que son axe Dy est plus de deux fois supérieur à son petit axe Dx, la somme de la profondeur de la cavité du cratère et de la hauteur de la crête du cratère (H+h) est
 25 notablement réduite, et que cependant la cavité du cratère est au moins deux fois supérieure en volume à celle d'un cratère habituel non déformé pour une quantité donnée d'énergie de décharge appliquée. Du fait qu'on obtient un plus grand enlèvement de matière avec une valeur plus petite de (H+h)
 30 pour une valeur donnée d'énergie de décharge appliquée, il s'ensuit une amélioration, à la fois en taux d'enlèvement et en rugosité de surface et, de ce fait, une augmentation du rapport du taux d'enlèvement à la rugosité de surface.

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

- les figures 1a et 1b sont respectivement des vues en plan et en élévation en coupe, représentant schématiquement un cratère de décharge circulaire habituel formé avec une quantité donnée d'énergie de décharge appliquée ;

5 - les figures 2a et 2b sont respectivement des vues en plan et en élévation en coupe, représentant schématiquement un cratère de décharge elliptique formé selon l'invention avec la même valeur d'énergie de décharge appliquée, le cratère elliptique ayant son grand axe approximativement deux fois
10 plus grand que son petit axe ;

- les figures 3a et 3b sont des vues schématiques similaires d'un cratère de décharge elliptique selon l'invention, ayant son grand axe beaucoup plus grand que son petit axe ;

15 - la figure 4 est une vue schématique, partiellement en coupe représentant schématiquement une réalisation de l'invention dans laquelle on commande la vitesse du courant de liquide d'usinage ;

20 - la figure 5 est un graphique représentant les relations entre la vitesse du courant de liquide d'usinage et le taux d'enlèvement de la matière, d'une part, et le fini de surface, d'autre part ; et

25 - la figure 6 est une vue schématique, partiellement en coupe montrant schématiquement une autre réalisation de l'invention dans laquelle on commande la vitesse du déplacement relatif entre l'électrode-outil et la pièce.

En se reportant d'abord à la figure 4, on voit une pièce 1 juxtaposée à une électrode-outil 2 dans un dispositif classique d'usinage par décharges électriques en plongée. L'électrode-outil 2 comporte un passage de fluide 3, s'ouvrant sur un intervalle d'usinage 4 défini entre l'électrode-outil 2 et la pièce 1 dans la région d'une cavité à former dans cette dernière. Une source de courant électrique d'usinage 5 est raccordée à l'électrode-outil 2 et à la pièce 1 pour appliquer entre elles une succession d'impulsions d'usinage par électroérosion et elle comprend des réglages pour
35 le temps de passage (durée d'impulsion) et le temps de pause (intervalle entre impulsions), ainsi que pour le courant de

pointe de ces impulsions. Le passage de fluide 3 formé à travers l'électrode-outil 2 est raccordé à un conduit d'arrivée 6 recevant un liquide d'usinage envoyé d'un réservoir 8 à une pression élevée par une pompe 7. Un clapet de surpression 9 ramène une portion du liquide d'usinage aspiré par la pompe 7 dans le réservoir 8 à ce dernier et est un clapet électromagnétique assujéti à un circuit de commande 10 pour régler la pression de refoulement du liquide d'usinage dans l'intervalle d'usinage 4 et, de ce fait, régler, pour les buts de l'invention, sa vitesse de circulation à travers ce dernier. Le circuit de commande 10 possède des réglages de commande de clapet associés aux réglages dans la source de courant d'usinage 5 pour les paramètres de courant d'usinage et en particulier, l'intensité de pointe I_p et le temps de passage τ_{on} des impulsions d'électroérosion qui déterminent le niveau d'énergie consommée par chaque impulsion de décharge d'usinage, de sorte que, lorsqu'un réglage de courant d'usinage est choisi dans la source de courant 5, le réglage de clapet présélectionné correspondant est actionné dans le circuit de commande 10 pour procurer la vitesse de circulation élevée présélectionnée correspondante du liquide d'usinage à travers l'intervalle d'usinage, en fonction des principes de l'invention. Au fur et à mesure de l'usinage, un moteur d'avance 11 fait avancer l'électrode-outil 2 dans la pièce 1, tout en maintenant pratiquement constante la valeur de l'intervalle 4 entre elles jusqu'à l'obtention de la cavité de profondeur désirée.

Pour permettre au liquide d'usinage de circuler à travers l'intervalle d'usinage 4 à une vitesse suffisamment élevée, il est souhaitable de placer dans l'atmosphère électrode-outil 2 et la pièce 1, plutôt que de les immerger dans le liquide d'usinage, et en même temps d'utiliser un liquide d'usinage de faible viscosité. Le liquide exposé à l'air dans l'intervalle d'usinage ne doit pas non plus s'enflammer, ni dégager de gaz dangereux lorsqu'il est décomposé par la décharge. Un liquide d'usinage bien approprié et satisfaisant ces spécifications est de l'eau désionisée par un échangeur d'ions pour posséder une résistivité spécifique comprise

entre 10^3 et 10^5 ohms-cm.

Les figures 2 et 3 montrent des cratères de décharge déformés en une forme elliptique allongée à divers degrés dans le sens du courant de liquide d'usinage. Pour une intensité de pointe de décharges I_p donnée, on obtient un cratère de décharge de forme elliptique avec son grand axe D_y au moins deux fois plus grand que son petit axe D_x , et par voie de conséquence une rugosité de surface réduite, en commandant l'augmentation de la vitesse du courant de liquide d'usinage à travers l'intervalle d'usinage en liaison avec des valeurs particulières du temps de passage (ou durée d'impulsions) τ_{on} utilisé, qui détermine le temps de fusion par décharges.

Exemple I

Une pièce en fer est usinée avec une électrode-outil en cuivre en utilisant un liquide d'usinage constitué par de l'eau distillée ayant une résistance spécifique de 10^4 ohm-cm. On fait passer une succession d'impulsions d'usinage avec une intensité de pointe I_p de 27 ampères et une durée de passage τ_{on} de diverses valeurs. Sur le tableau 1 ci-après, A indique les rugosités de surface obtenues de la manière classique en utilisant un liquide d'usinage circulant à une vitesse faible de 5m/sec., de façon invariable, c'est-à-dire indépendamment des divers temps de passage τ_{on} , et B indique les rugosités de surface obtenues selon l'invention en utilisant le même liquide d'usinage circulant à des vitesses élevées variant en fonction de durées de passage τ_{on} variables.

Tableau 1

A (Classique)			B (Invention)		
τ_{on} (μ sec)	Vitesse du liquide (m/sec)	Rugosité de surface (μ Rmax)	τ_{on} (μ sec)	Vitesse du liquide (m/sec)	Rugosité de surface (μ Rmax)
50	5	25	50	10	12
10	5	15	10	20	8
1	5	8	1	80	5
0,5	5	5	0,5	180	3

On peut voir que le liquide d'usinage doit circuler à une vitesse plus grande, selon l'invention et, cependant, à une plus grande vitesse dans une plage de finis de surface plus fins exigeant des impulsions plus courtes que dans une plage
5 de finis plus grossiers exigeant des impulsions plus longues, de façon à obtenir les cratères de décharge elliptiques recherchés et, en conséquence, obtenir des rugosités de surface plus faibles ou des finis améliorés. De cette manière, la rugosité de surface est réduite selon l'invention, dans
10 chaque plage d'usinage, à environ la moitié de la rugosité de surface pouvant être atteinte de façon classique.

Exemple II

Dans l'exemple I, la vitesse du courant d'eau d'usinage varie de 0 à 25 m/sec. pour la plage d'usinage utilisant
15 un temps de passage τ_{on} de 10 μ /sec., et on mesure le taux d'enlèvement et la rugosité de surface.

La figure 5 est un graphique sur lequel la vitesse du courant (m/sec.) est portée en abscisses, et la rugosité de surface mesurée en μR_{max} est portée en ordonnées sur le côté
20 gauche, tandis que le taux d'enlèvement mesuré en g/min. est porté en ordonnées sur le côté droit. On voit que le taux d'enlèvement à la vitesse de courant de 20 m/sec. est environ le double qu'avec la vitesse de 5 m/sec. tandis que la rugosité de surface est réduite à environ la moitié, comme on
25 l'a déjà noté. La corrélation entre la quantité de matière enlevée par décharge unitaire et la rugosité de surface avec un débit excédant 15 à 20 m/sec. vérifie la relation (2) précitée.

On a trouvé qu'il était nécessaire d'utiliser une
30 vitesse de courant de liquide d'usinage extrêmement élevée, notamment dans la plage des finitions et ultrafinitions. Pour faciliter l'obtention d'une telle vitesse élevée, on a trouvé qu'il était avantageux d'impartir à l'électrode-outil 2 des vibrations soniques haute fréquence ou ultrasoniques. Dans
35 ce but, un transducteur électromécanique excité par une source de courant haute fréquence peut être fixé, par l'intermédiaire d'une trompe classique, à l'électrode-outil 2.

En impartissant des vibrations mécaniques d'une fréquence comprise entre 1 kHz et 10 MHz à l'électrode-outil 2, l'intervalle d'usinage est effectivement agrandi par l'amplitude des vibrations, pratiquement sans influence néfaste sur l'action d'usinage qui y continue. Les vibrations créent, en fait, une aspiration plus forte dans l'intervalle pour le liquide d'usinage, qui peut ainsi circuler à travers cet intervalle étroit à une vitesse plus grande sous une pression de refoulement plus faible. Par exemple avec des vibrations d'une fréquence de 1,6 MHz imparties à l'électrode-outil, la pression de refoulement peut être réduite à la moitié de celle nécessaire quand il n'y a pas de vibrations pour obtenir un résultat d'usinage donné avec un taux d'enlèvement accru.

On voit que la réalisation de l'invention décrite peut s'appliquer à pratiquement toute forme de procédé d'usinage par décharges électriques, en utilisant toute forme d'électrode-outil. Ainsi, au lieu d'être un bloc comme il est représenté, l'électrode-outil peut être un fil, une tige ou un tube. On peut utiliser le fil électrode continu dans un dispositif classique d'usinage par décharges électriques à fil mobile. L'électrode-outil peut également se présenter sous la forme d'un disque ou d'un tube tournant. Au lieu d'être amené à travers l'électrode, le liquide d'usinage peut être fourni par une ou plusieurs buses disposées à proximité de l'intervalle d'usinage.

La réalisation de l'invention présentée sur la figure 6 est conçue pour créer des cratères de décharge de forme elliptique et, en conséquence, obtenir un meilleur fini de surface (rugosité de surface réduite) ou un plus grand rapport du taux d'enlèvement à la rugosité de surface en utilisant un déplacement relatif commandé entre l'électrode-outil 2 et la pièce 1, en variante ou en plus d'une vitesse commandée de circulation du liquide d'usinage comme il a déjà été décrit.

La figure 6 montre cette réalisation mise en pratique dans un dispositif d'usinage par décharges électriques dans lequel une cavité 1a est usinée dans la pièce 1 avec une

forme généralement indépendante de la forme de l'électrode-outil 2, la pièce 1 étant fixée dans une cuve de travail 12. Cette dernière est entraînée par trois moteurs indépendants 13, 14 et 15 commandés par des signaux d'entraînement en provenance d'une commande numérique 16. Le moteur 13 est adapté pour déplacer la cuve 12 selon l'axe des X, le moteur 14 pour la déplacer selon un axe des Y perpendiculaire à l'axe des X et le moteur 15 pour la déplacer selon un axe Z perpendiculaire à la fois à l'axe X et à l'axe Y. Dans la commande numérique 16 sont préprogrammées des données de mouvements correspondant à une série de trajets à suivre par la pièce 1 par rapport à l'électrode-outil 2 pour obtenir dans la pièce 1 un contour désiré de la cavité 1a. En fonctionnement, le liquide d'usinage est amené par la pompe 7 du réservoir 8 à travers une buse 17 dans l'intervalle d'usinage 4 et la source de courant électrique d'usinage 5 est excitée pour fournir une succession d'impulsions de décharge d'électroérosion entre la pièce 1 et l'électrode-outil 2 juxtaposée à celle-ci de part et d'autre de l'intervalle 4. Les données préprogrammées dans la commande numérique 16 sont reproduites et transformées en impulsions d'entraînement qui sont appliquées aux moteurs 13, 14 et 15 pour déplacer la pièce 1 par rapport à l'électrode-outil 2 le long de trajets tridimensionnels prédéterminés, formant ainsi par électroérosion la cavité 1a dans la pièce 1. Comme mentionné précédemment, le liquide d'usinage est, de préférence, de l'eau désionisée ayant une résistivité spécifique de 10^3 à 10^5 ohm-cm.

Les moyens pour effectuer un déplacement relatif commandé entre l'électrode-outil 2 et la pièce 1, indépendamment du mouvement relatif mentionné ci-dessus pour faire progresser l'usinage de la pièce 1, comporte ici des moyens pour faire tourner l'électrode-outil 2 à une vitesse extrêmement élevée, et cependant commandée. L'électrode-outil 2 est ici fixée par un mandrin 18 sur un axe tournant 19 tourillonnant dans un palier 20 et entraîné en rotation par un moteur 21, qui est à son tour commandé par un circuit de commande 22. Le mandrin 18 est électriquement conducteur et un balai 23

est appliqué en contact glissant avec lui pour conduire le courant d'usinage de la source de courant 5 à l'électrode-outil 2. Le circuit de commande 22 comporte des réglages de la vitesse de rotation du moteur en liaison avec les réglages dans la source de courant d'usinage 5 pour les paramètres d'usinage et, en particulier, l'intensité de pointe I_p et la durée de passage τ_{on} des impulsions d'électroérosion, qui déterminent le niveau d'énergie consommé par chaque impulsion de décharge d'électroérosion de sorte que, lorsqu'un réglage de courant d'usinage particulier est choisi dans la source de courant 5, le réglage présélectionné correspondant est actionné dans le circuit de commande 10 pour l'obtention de la grande vitesse de rotation présélectionnée du moteur 21 et, de ce fait, pour le déplacement de l'électrode-outil 2 en fonction des principes de la présente invention.

Le déplacement extrêmement rapide de l'électrode-outil 2 provoqué par sa rotation extrêmement rapide par rapport à la pièce 1 déforme chaque cratère de décharge individuel pour lui donner une forme elliptique, comme on le voit sur les figures 2 et 3, avec son grand axe D_y s'étendant dans la direction du déplacement relatif. Pour une intensité de pointe des décharges I_p donnée, on obtient un cratère de décharge désiré de forme elliptique avec son axe D_y au moins deux fois plus grand que son petit axe D_x et, en conséquence, une rugosité de surface réduite (fini de surface amélioré) ou un accroissement désiré du rapport du taux d'enlèvement à la rugosité de surface en commandant l'augmentation de la vitesse de rotation ou du déplacement de l'électrode-outil 2 en liaison avec les valeurs particulières du temps de passage (ou durée d'impulsions) τ_{on} employées qui déterminent le temps de fusion par décharge.

Exemple III

Une pièce en fer est usinée avec une électrode-outil cylindrique en cuivre, en utilisant pour liquide d'usinage de l'eau désionisée ayant une résistivité spécifique de 10^4 ohm-cm. On fait passer une succession d'impulsions d'usinage ayant une intensité de pointe I_p de 27 Ampères et une

durée de passage τ_{on} de diverses valeurs. Sur le tableau 2 ci-après, A indique les rugosités de surface obtenues de la manière classique avec une électrode-outil ne tournant pas pour divers temps de passage τ_{on} et B montre les rugosités de surface obtenues selon l'invention en faisant tourner l'électrode-outil à des vitesses variables en fonction des durées de passage variables τ_{on} .

Tableau 2

A (Classique)		B (Invention)		
τ_{on} (μ sec)	Rugosité de surface (μ Rmax)	τ_{on} (μ sec)	Vitesse de rotation (t/mn)	Rugosité de surface (μ Rmax)
50	25	50	600	12
10	15	10	1200	8
1	8	1	5000	5
0,5	5	0,5	10000	3

On peut voir que l'électrode-outil doit tourner plus vite dans une gamme de finitions plus fines exigeant des impulsions plus courtes que dans une plage d'usinage plus grossier exigeant des impulsions plus larges pour obtenir les cratères elliptiques désirés et, par voie de conséquence, pour obtenir des rugosités de surface réduites ou des finis de surface améliorés. De cette manière, la rugosité de surface selon l'invention est réduite, dans chaque plage d'usinage, à environ la moitié de la rugosité de surface pouvant être atteinte habituellement.

Il est bien entendu que le déplacement relatif destiné à obtenir des cratères de décharge de forme elliptique selon l'invention n'est pas limité à la rotation de l'électrode-outil telle que décrite ci-dessus. Il est également possible, dans ce but, d'impartir de petites vibrations à l'électrode-outil dans une direction transversale à la direction dans laquelle l'électrode-outil et la pièce sont en vis-à-vis l'une de l'autre.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour usiner une pièce électriquement conductrice avec une électrode-outil juxtaposée à la pièce de part et d'autre d'un intervalle d'usinage balayé par un
5 liquide d'usinage, dans lequel on fait passer une succession d'impulsions électriques espacées dans le temps à travers l'intervalle pour produire entre les surfaces opposées de l'électrode-outil et de la pièce des décharges discrètes d'électroérosion dont chacune entraîne la formation d'un
10 cratère de décharge sur un point localisé de la surface de la pièce et, par voie de conséquence, un enlèvement de matière localisé et qui, avec de tels cratères de décharge formés successivement et de façon aléatoire sur toute la surface de la pièce en vis-à-vis de la surface de l'électrode-outil,
15 enlève cumulativement de la matière sur la pièce, tandis que l'électrode-outil est déplacée par rapport à la pièce selon un trajet prédéterminé pour faire progresser l'enlèvement de matière sur la pièce, dans lequel le liquide d'usinage circule de force à travers l'intervalle d'usinage et dans lequel
20 l'électrode-outil est déplacée par rapport à la pièce, indépendamment du déplacement relatif précité entre elles, caractérisé en ce qu'on réduit la rugosité de surface de la pièce usinée en commandant, soit la vitesse de circulation du liquide d'usinage à travers l'intervalle, soit la vitesse du
25 déplacement relatif entre l'électrode-outil et la pièce, soit les deux, de telle sorte que les cratères de décharge prennent une forme elliptique avec le grand axe au moins deux fois plus grand que le petit axe.

2. Procédé d'usinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que le liquide d'usinage est de l'eau ayant une
30 résistivité spécifique de 10^3 à 10^5 ohm-centimètre.

3. Procédé d'usinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on réduit la rugosité de surface en augmentant la vitesse de circulation du liquide d'usinage en
35 fonction inverse de la durée des impulsions de décharge d'électroérosion.

4. Procédé d'usinage selon la revendication 3,

caractérisé en ce qu'on facilite l'augmentation de la vitesse de circulation du liquide d'usinage en impartissant de petites vibrations mécaniques à l'électrode-outil.

5 5. Procédé d'usinage selon la revendication 4, caractérisé en ce que les vibrations mécaniques ont une fréquence comprise entre 1 kHz et 10 MHz.

10 6. Procédé d'usinage selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on réduit la rugosité de surface en augmentant la vitesse du déplacement relatif entre l'électrode-outil et la pièce en fonction inverse de la durée des impulsions des décharges d'électroérosion.

7. Procédé d'usinage selon la revendication 6, caractérisé en ce que ce déplacement relatif est effectué en faisant tourner l'électrode-outil.

15 8. Procédé d'usinage selon la revendication 6, caractérisé en ce que le déplacement relatif est effectué en faisant vibrer l'électrode-outil dans une direction transversale à la direction selon laquelle l'électrode-outil et la pièce sont en vis-à-vis l'une de l'autre.

FIG. 1

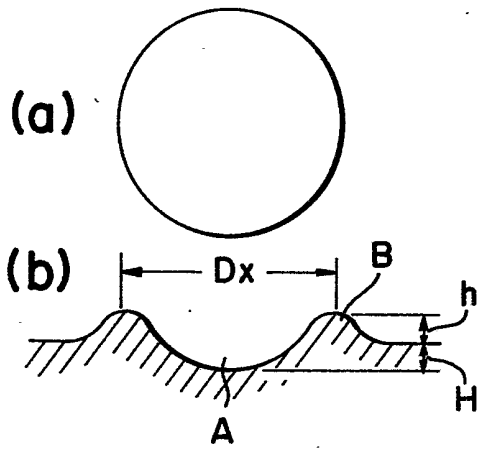


FIG. 2

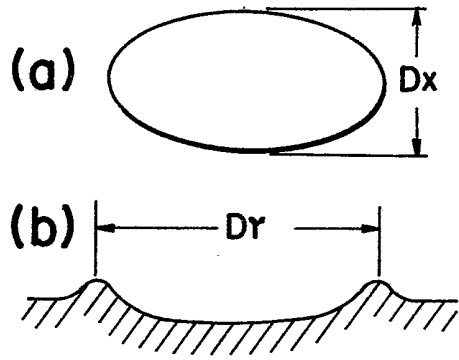


FIG. 3

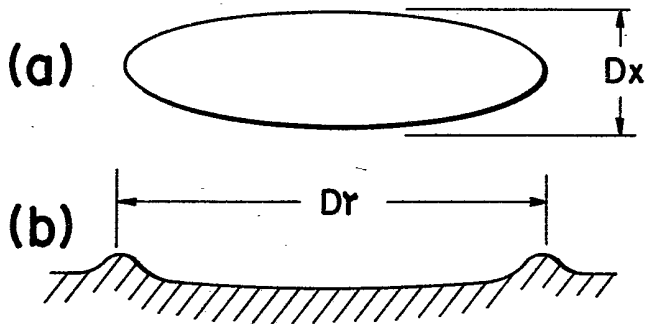


FIG. 4

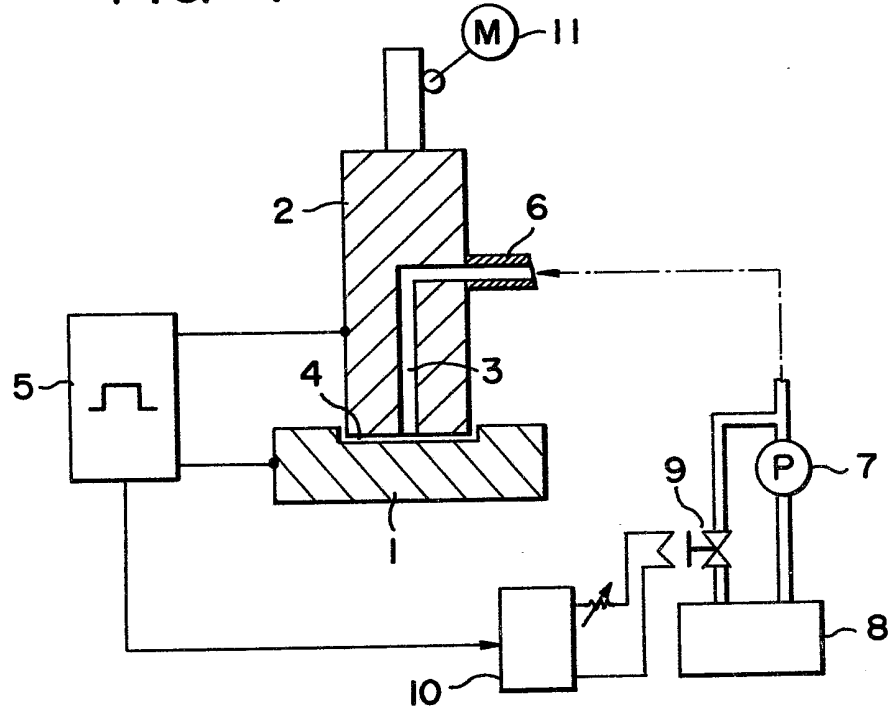


FIG. 5

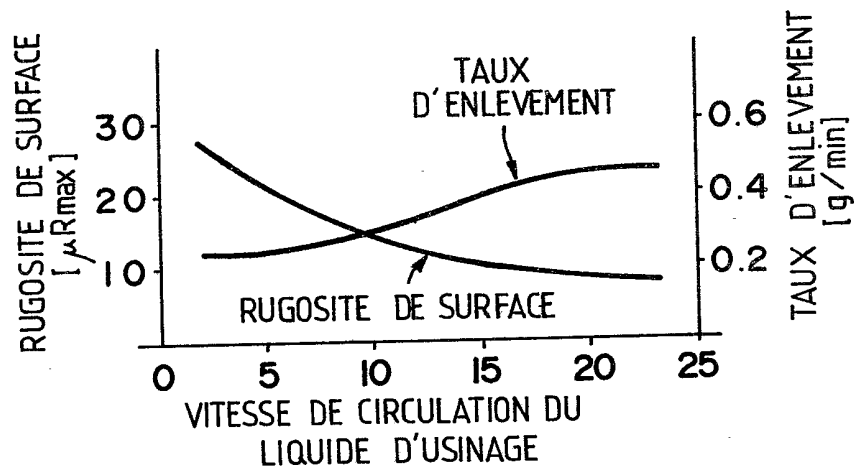


FIG. 6

