

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

⑳

N° 82 04208

⑤④ Procédé et appareil d'usinage par décharge électrique.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). B 23 P 1/16 // H 05 B 7/20.

②② Date de dépôt 12 mars 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : *Japon, 17 mars 1981, n° 037314/81 au nom de la demanderesse.*

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 38 du 24-9-1982.

⑦① Déposant : Société dite : SODICK CO., LTD, résidant au Japon.

⑦② Invention de : Toshihiko Furukawa.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Flechner,
63, av. des Champs Elysées, 75008 Paris.

La présente invention concerne un procédé et un appareil pour l'usinage par décharge électrique, ou étincelage, et elle porte plus particulièrement sur un procédé et un appareil pour l'usinage par décharge électrique dans
5 lesquels l'usinage par décharge électrique désiré peut être accompli de façon précise à grande vitesse.

Comme on le sait, on accomplit l'usinage par décharge électrique en présence d'eau ou d'huile dans l'espace entre l'électrode et la pièce usinée. Lorsqu'on utilise de l'eau, on bénéficie de l'avantage qui consiste en
10 ce que la vitesse de travail est considérablement plus élevée que dans le cas de l'utilisation de l'huile. Par exemple, dans l'appareil d'usinage par décharge électrique à électrode en forme de fil mince, alors que la limite supérieure de la vitesse de travail est d'environ 6 à 8 mm²
15 par minute lorsqu'on utilise de l'huile en tant que fluide diélectrique, on peut obtenir une vitesse de travail de 50 mm² par minute lorsqu'on emploie de l'eau en tant que fluide diélectrique. Ainsi, lorsqu'on utilise de l'eau
20 comme fluide diélectrique, la vitesse de travail est multipliée environ par 8 par rapport à celle qu'on obtient par l'utilisation d'huile. Cependant, lorsqu'on utilise de l'eau, l'usinage de la pièce à partir des deux surfaces, qui est un phénomène dû à une action électrolytique
25 résultant des propriétés d'isolation médiocres de l'eau, est particulièrement prononcé dans les régions des coins. De ce fait, la définition des coins est mauvaise. Il en résulte que l'utilisation d'eau comme fluide diélectrique
30 donne une précision d'usinage inférieure à celle qu'on obtient en utilisant de l'huile.

L'invention a pour but d'offrir un procédé et un appareil perfectionnés pour l'usinage par décharge électrique, qui soient capables de remédier aux inconvénients qu'on rencontre dans le procédé et l'appareil
35 classiques d'usinage par décharge électrique.

L'invention a également pour but d'offrir un procédé et un appareil d'usinage par décharge électrique qui soient capables d'usiner une pièce de n'importe quelle

taille désirée avec une vitesse de travail plus élevée.

L'invention a également pour but d'offrir un procédé et un appareil d'usinage par décharge électrique qui soient capables d'usiner une pièce avec précision et à
5 une vitesse de travail élevée.

L'invention a également pour but d'offrir un procédé et un appareil d'usinage par décharge électrique qui soient capables de tremper aisément la surface usinée d'une pièce, à grande vitesse.

10 Conformément à l'invention, un procédé d'usinage par décharge électrique comprend une première opération consistant à usiner une pièce par décharge électrique, à une vitesse de travail élevée, en utilisant de l'eau
comme fluide diélectrique, une seconde opération consistant à changer le fluide diélectrique en remplaçant
15 l'eau par de l'huile, et une troisième opération consistant à usiner la pièce par décharge électrique pour réaliser un usinage de finition de cette pièce. Dans le procédé de l'invention décrit ci-dessus, il est possible de tremper
20 la surface de la pièce pendant l'usinage de finition utilisant de l'huile et, ensuite, de soumettre la pièce à un usinage par décharge électrique rapide utilisant de l'eau comme fluide diélectrique et employant l'action électrolytique de l'eau, dans le but d'enlever de la ma-
25 tière de la surface trempée jusqu'à une profondeur qui correspond à la rugosité de la surface. Le procédé d'usinage mentionné ci-dessus évite un ramollissement de la surface de la pièce usinée. Par conséquent, lorsqu'on applique le procédé d'usinage à la fabrication d'un moule en métal,
30 la durée de vie du moule en métal résultant est considérablement prolongée.

L'appareil d'usinage par décharge électrique de l'invention, utilisé pour la mise en oeuvre du procédé d'usinage par décharge électrique mentionné ci-dessus,
35 comporte un système d'alimentation en huile qui comprend un réservoir d'huile, une pompe à huile pour pomper l'huile à partir du réservoir d'huile et un filtre à huile pour filtrer l'huile qui provient de la pompe à huile; un système

d'alimentation en eau qui comprend un réservoir d'eau, une pompe à eau pour pomper l'eau à partir du réservoir d'eau et un filtre à eau pour filtrer l'eau qui provient de la pompe à eau; un sélecteur permettant de fournir de l'eau ou de l'huile comme fluide diélectrique, en sélectionnant soit le système d'alimentation en huile soit le système d'alimentation en eau ; et un dispositif destiné à ramener sélectivement vers le réservoir d'eau ou le réservoir d'huile le fluide diélectrique qui s'écoule d'une cuve d'usinage. L'appareil de l'invention peut en outre comprendre un dispositif destiné à retourner au réservoir d'huile l'huile contenue dans le réservoir d'eau et à retourner au réservoir d'eau l'eau contenue dans le réservoir d'huile. Le dispositif de retour comporte une cuve séparée dans lequel le mélange d'eau et d'huile est séparé en eau et en huile en utilisant la différence de densité entre l'eau et l'huile.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre de modes de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

La figure 1 est une représentation schématique d'un mode de réalisation de l'appareil d'usinage par décharge électrique de l'invention ;

La figure 2 est un schéma synoptique du dispositif de commande destiné à commander l'appareil qui est représenté sur la figure 1 ;

La figure 3 est un organigramme montrant un programme destiné au dispositif de commande représenté sur la figure 2 ;

La figure 4 est une représentation schématique en plan d'une partie d'une pièce usinée ;

La figure 5 est une représentation schématique d'un mode de réalisation d'un séparateur de fluides diélectriques destiné à être utilisé dans l'appareil de la figure 1 ;

La figure 6 est une représentation schématique en plan d'une partie d'une pièce usinée ;

La figure 7 est une coupe partielle d'un autre

mode de réalisation d'un séparateur de fluides diélectriques ;

La figure 8 est une vue en perspective d'un dispositif destiné à enlever l'huile qui flotte à la surface de l'eau dans un réservoir d'eau; et

La figure 9 est une coupe agrandie d'une partie importante du dispositif de la figure 8, selon la ligne II-II de la figure 8.

La figure 1 représente un mode de réalisation d'un appareil d'usinage par décharge électrique, destiné à être utilisé dans la mise en oeuvre du procédé de l'invention. L'appareil d'usinage par décharge électrique 1 comporte une machine à décharge électrique 2 et un appareil d'alimentation en fluide diélectrique 4, destiné à amener un fluide diélectrique à une cuve d'usinage 3 montée sur la machine à décharge électrique 2.

La machine à décharge électrique 2 est de type classique et elle comporte une tête 6 sur laquelle est fixée une électrode d'outil 5, et une table d'usinage 7 sur laquelle est montée la cuve d'usinage 3. L'électrode d'outil 5 peut être déplacée dans la direction verticale (direction Z) par un dispositif d'avance (non représenté) qui est incorporé dans la tête 6 et, d'autre part, la table d'usinage 7 est conçue de façon à pouvoir se déplacer dans un plan perpendiculaire à la direction d'avance de l'électrode d'outil 5, c'est-à-dire dans le plan X-Y.

L'appareil d'alimentation en fluide diélectrique 4 est un appareil destiné à amener sélectivement de l'eau ou de l'huile, en tant que fluide diélectrique, dans la cuve d'usinage 3 dans laquelle est placée une pièce à usiner 8. Cet appareil comporte un système d'alimentation en eau 10, équipé d'un réservoir d'eau 9, et un système d'alimentation en huile 12 équipé d'un réservoir d'huile 11. Le système d'alimentation en eau 10 comprend un tuyau d'alimentation en eau 13 associé à une pompe d'alimentation en eau 14 et à un filtre d'alimentation en eau 15, et une partie d'extrémité du tuyau d'alimen-

tation en eau 13 s'étend jusqu'au voisinage du fond du réservoir d'eau 9. L'eau qui est pompée dans le réservoir d'eau 9 et passe par le tuyau d'alimentation en eau 13 est filtrée par le filtre d'alimentation en eau 15, puis elle passe dans une électrovalve 16 destinée à alimenter en eau un tuyau d'alimentation 17 pour le fluide diélectrique, et une ouverture de ce tuyau débouche dans la cuve d'usinage 3. Le système d'alimentation en huile 12 comprend un tuyau d'alimentation en huile 18 qui est associé à une pompe d'alimentation en huile 19 et à un filtre d'alimentation en huile 20. Une ouverture d'extrémité du tuyau d'alimentation en huile 18 se trouve légèrement au-dessous de la surface de l'huile dans le réservoir d'huile 11. L'huile qui est pompée par la pompe d'alimentation en huile 19 et qui passe par le tuyau d'alimentation en huile 18 est filtrée par le filtre d'alimentation en huile 20, après quoi elle est dirigée vers le tuyau d'alimentation 17 en passant par une électrovalve 21 destinée à l'alimentation en huile. Une extrémité d'un tuyau d'évacuation 22 est branchée à la partie inférieure de la cuve d'usinage 3 et son autre extrémité est branchée à un tuyau de retour d'eau 23 qui communique avec le réservoir d'eau 9, et à un tuyau de retour d'huile 24 qui communique avec le réservoir d'huile 11. Ces tuyaux 23 et 24 sont équipés d'électrovalves respectives 25 et 26, et l'ouverture sélective de l'électrovalve 25 ou 26 évacue sélectivement vers le réservoir 9 ou 11 le fluide diélectrique (huile ou eau) qui se trouve dans la cuve d'usinage 3.

Par conséquent, lorsque l'eau est sélectionnée comme fluide diélectrique, seule la pompe d'alimentation en eau 14 est mise en fonctionnement, les électrovalves 16 et 25 sont ouvertes et les électrovalves 21 et 26 sont fermées, ce qui fait que seule l'eau est amenée dans la cuve d'usinage 3 par le tuyau d'alimentation 17, et le fluide diélectrique présent dans la cuve d'usinage 3 peut être évacué vers le réservoir d'eau 9 par le tuyau d'évacuation 22 et le tuyau de retour d'eau 23. Dans ce cas, du fait que la partie terminale du tuyau d'alimenta-

tion en eau 13 s'étend jusqu'à proximité du fond du réservoir d'eau 9 et que toute l'huile qui arrive à pénétrer dans le réservoir d'eau 9 flotte à la surface de l'eau, l'eau seule est pompée dans le tuyau d'alimentation 13.

5 D'autre part, lorsque l'huile est sélectionnée comme fluide diélectrique, seule la pompe d'alimentation en huile 19 est mise en fonctionnement, les électrovalves 21 et 26 sont ouvertes et les électrovalves 16 et 25 sont fermées, ce qui fait que seule l'huile est amenée à la cuve d'usi-

10 nage 3 par le tuyau d'alimentation 17, et le fluide diélectrique présent dans la cuve d'usinage 3 peut être évacué vers le réservoir d'huile 11 par le tuyau d'évacuation 22 et le tuyau de retour d'huile 24. Du fait que l'extré-

15 mité du tuyau d'alimentation en huile 18 est placée à une faible distance seulement sous la surface de l'huile dans le réservoir d'huile 11, et du fait que toute l'eau qui arrive à pénétrer dans le réservoir d'huile 11 se dépose au fond de ce dernier, l'huile seule est pompée par le tuyau d'alimentation en huile 18.

20 Les pompes 14 et 19 et les électrovalves 16, 21, 25 et 26 sont commandées par un dispositif de commande 31 qui est représenté sur la figure 2. Le dispositif de commande 31 est constitué essentiellement par une mémoire 32 et par une unité centrale 33. Les procédures et les

25 conditions de travail désirées sont enregistrées dans la mémoire 32 au moyen d'un pupitre 34, et le fonctionnement se déroule automatiquement sous la commande de l'unité centrale 33, conformément au contenu de la mémoire 32. Plus précisément, un moteur pas à pas 36 destiné à déplacer

30 la table d'usinage 7 dans la direction X, un moteur pas à pas 37 destiné à déplacer la table d'usinage 7 dans la direction Y, les pompes (P) 14 et 19 et les électrovalves (V) 16, 21, 25 et 26, sont actionnés par un circuit d'interface 35, selon un ordre prédéterminé, conformément aux

35 données D que l'unité centrale 33 lit dans la mémoire 32.

La figure 3 est un organigramme qui montre un programme pour le dispositif de commande 31. Tout d'abord, lorsqu'on appuie sur un bouton de démarrage (non représenté),

les électrovalves 16 et 25 sont ouvertes et la pompe 14 est mise en fonctionnement, ce qui fait que de l'eau est introduite en tant que fluide diélectrique dans la cuve d'usinage 3 (étape I). Dans ce cas, comme décrit ci-dessus, les électrovalves 21 et 26 sont fermées et la pompe 19 est arrêtée. Lorsque l'eau présente dans le réservoir d'eau 9 commence à arriver dans la cuve d'usinage 3, l'électrode d'outil 5 est déplacée vers la pièce à usiner 8, pour commencer l'usinage dans la direction Z. A cette étape, on effectue un usinage de dégrossissage avec une vitesse de travail élevée en utilisant de l'eau comme fluide diélectrique (étape II). Lorsque cet usinage de dégrossissage à grande vitesse dans la direction Z est terminé (étape III), l'huile est sélectionnée en tant que fluide diélectrique à la place de l'eau (étape IV). Ainsi, après arrêt du fonctionnement de la pompe 14 et après que toute l'eau contenue dans la cuve d'usinage 3 est retournée au réservoir d'eau 9, les électrovalves 16 et 25 sont fermées, les électrovalves 21 et 26 sont ouvertes et, ensuite, la pompe 19 est mise en fonctionnement pour amener l'huile dans la cuve d'usinage 3, en tant que fluide diélectrique (étape IV). Après le passage de l'eau à l'huile comme fluide diélectrique, les moteurs pas à pas 36 et 37 sont mis en fonctionnement pour produire un mouvement relatif prédéterminé dans le plan X-Y entre la pièce à usiner 8 et l'électrode d'outil 5, afin d'accomplir l'usinage de finition (étape V). Le mouvement relatif dans le plan X-Y est de préférence un mouvement de déplacement dans plusieurs directions dans le plan X-Y. Du fait qu'un tel procédé pour l'usinage de finition est bien connu (voir par exemple le brevet U.S. 3 433 919), on ne le décrira pas en détail. La pièce 8 est usinée avec une grande précision dimensionnelle par l'usinage de finition mentionné ci-dessus, employant de l'huile comme fluide diélectrique et, en particulier, on peut effectuer un usinage définissant avec une très grande précision les dimensions de la partie de coin de la pièce 8.

En effet, comme le montre la figure 4, lorsque la

partie de coin 8a de la pièce 8 est soumise à un usinage par décharge électrique en utilisant de l'eau comme fluide diélectrique, la partie de coin 8a est usinée à partir des deux faces latérales, du fait que l'eau est électrolysée, ce qui fait que l'usinage donne une partie de coin arrondie 8a, représentée par une ligne continue. Au contraire, lorsqu'on emploie de l'huile comme fluide diélectrique, du fait qu'aucune action électrolytique n'a lieu, la partie de coin 8a peut être usinée avec précision, uniquement par une décharge dans l'espace entre l'électrode 5 et la pièce 8, pour donner la configuration qui est représentée par une ligne en pointillés sur la figure 4.

Ce procédé d'usinage par décharge électrique conforme à l'invention offre l'avantage de permettre d'accomplir l'usinage par décharge électrique avec une vitesse de travail élevée, du fait que l'usinage par décharge électrique pour la finition précise est effectué en employant de l'huile comme fluide diélectrique, après l'accomplissement d'un usinage par décharge électrique à grande vitesse, en tant qu'étape d'usinage de dégrossissage, en employant de l'eau comme fluide diélectrique.

Bien qu'on utilise l'étape V en tant qu'étape d'usinage de finition dans l'exemple qui est représenté sur la figure 3, on peut remplacer l'étape V par une étape V' consistant à tremper la surface usinée de la pièce, par usinage par décharge électrique utilisant de l'huile comme fluide diélectrique, et par une étape V'' d'usinage de finition final, dans laquelle on utilise à nouveau de l'eau comme fluide diélectrique pour l'usinage par décharge électrique. Dans l'étape V'', l'usinage par décharge électrique est accompli pour enlever la surface trempée qui est formée à l'étape V' (c'est-à-dire la surface usinée), jusqu'à une profondeur qui correspond à la rugosité de la surface trempée. De cette manière, la rugosité de la surface de la pièce est réduite au degré désiré pour obtenir un produit fini. Conformément à ce procédé, on peut éviter un ramollissement de la surface ré-

sultant de la rouille qui apparaît sur la surface de la pièce lorsqu'on utilise de l'eau comme fluide diélectrique, ce qui permet d'obtenir une surface usinée ayant une bonne durabilité.

5 L'explication précédente concerne un cas dans lequel l'appareil représenté sur la figure 1 est actionné par le dispositif de commande. Cependant, l'appareil peut bien entendu être actionné manuellement par un opérateur, en fonctionnant d'une manière similaire à celle décrite ci-dessus.

10 La figure 5 représente un séparateur de fluides diélectriques 40 qui peut être utilisé dans l'appareil représenté sur la figure 1. Le séparateur de fluides diélectriques 40 est un dispositif destiné à séparer et
15 à extraire l'huile mélangée dans l'eau du réservoir d'eau 9 et l'eau mélangée dans l'huile du réservoir d'huile 11, et à les ramener respectivement au réservoir d'huile 11 et au réservoir d'eau 9. Le séparateur 40 comporte un conduit d'huile 43 qui est utilisé pour ramener
20 vers une cuve de séparation 42 l'huile 41 qui flotte sur la surface de l'eau dans le réservoir d'eau 9, et un conduit d'eau 45 qui est utilisé pour ramener vers la cuve de séparation 42 l'eau 44 qui s'est déposée au fond du réservoir d'huile 11. Le conduit d'huile 43 et le conduit
25 d'eau 45 comportent des pompes respectives 46 et 47, et l'huile et l'eau qui se trouvent dans les réservoirs respectifs sont dirigées vers la cuve de séparation 42 à une vitesse relativement faible. Par conséquent, la cuve de séparation 42 contient conjointement de l'eau et de l'huile.
30 Cependant, l'eau forme une couche inférieure et l'huile forme une couche supérieure séparée.

Pour détecter le niveau de la surface frontière entre la couche d'eau et la couche d'huile, un détecteur 48 est placé dans la cuve de séparation 42. Le détecteur
35 48 a une densité qui est supérieure à celle de l'huile, mais inférieure à celle de l'eau. Pour que le détecteur 48 puisse monter et descendre dans la cuve de séparation 42, avec une attitude prédéterminée, en suivant la variation

du niveau de la surface frontière entre l'eau et l'huile, ce détecteur est constitué par un disque 48a d'un diamètre légèrement inférieur au diamètre intérieur de la cuve de séparation 42, et par un élément cylindrique 48b accou-
5 plé au disque 48a de manière coaxiale. Un interrupteur 49 est placé à une hauteur intermédiaire sur la paroi latérale de la cuve de séparation 42 et l'interrupteur 49 est actionné sous l'effet du mouvement montant/descendant du détecteur 48. Un tuyau 50 destiné au retour de l'eau
10 est branché à la paroi latérale de la cuve de séparation 42, à une position légèrement inférieure à celle de l'interrupteur 49, et le tuyau 50 communique avec le réservoir d'eau 9. Le tuyau 50 est équipé d'une électrovalve 51, du type fermé au repos, qui est connectée à une
15 source d'alimentation 52, de façon à s'ouvrir lorsque le détecteur 48 monte et lorsque le disque 48a appuie sur l'interrupteur 49. Lorsque l'électrovalve 51 est ouverte, l'eau qui s'est séparée de l'huile et déposée dans la cuve de séparation 42 retourne vers le réservoir
20 d'eau 9 par le tuyau 50. De ce fait, le niveau de la surface frontière s'abaisse et, simultanément, le détecteur 48 descend pour ouvrir l'interrupteur 49 et fermer à nouveau l'électrovalve 51. L'opération décrite ci-dessus est accomplie de façon répétée et seule l'eau présente
25 dans la cuve de séparation 42 retourne vers le réservoir d'eau 9.

D'autre part, un tuyau 53 destiné au retour de l'huile est branché à la partie supérieure de la cuve de séparation 42, au-dessus de l'interrupteur 49, et ce
30 tuyau fait communiquer la cuve de séparation 42 et le réservoir d'huile 11, ce qui fait que l'huile qui se sépare de l'eau et flotte dans la cuve de séparation 42 peut être ramenée vers le réservoir d'huile 11 par le tuyau 53, à cause de la différence de niveau entre les surfaces de
35 l'huile.

Avec cette configuration, l'eau et l'huile contenues respectivement dans le réservoir d'huile 11 et le réservoir d'eau 9 sont séparées dans les réservoirs respec-

tifs, à cause de leur différence de densité, et l'huile séparée et l'eau séparée sont transférées progressivement vers la cuve de séparation 42 dans laquelle l'eau et l'huile se séparent également pour former la couche d'huile supérieure et la couche d'eau inférieure. Par conséquent, il n'y a aucune difficulté même si l'eau qui est transférée à partir du réservoir d'huile 11 contient un peu d'huile et/ou si l'huile qui est transférée à partir du réservoir d'eau 9 contient un peu d'eau. Lorsque le détecteur 48 détecte que le niveau de la surface frontière est supérieur à un niveau prédéterminé presque égal au niveau de l'interrupteur 49, l'électrovalve 51 est ouverte de façon que l'eau retourne vers le réservoir d'eau 9. L'électrovalve 51 n'est pas ouverte tant que le niveau de la surface frontière n'est pas supérieur au niveau de l'ouverture du tuyau 50 du côté de la cuve de séparation, ce qui fait que seule l'eau séparée de l'huile dans la cuve de séparation 42 retourne vers le réservoir d'eau 9. D'autre part, l'huile qui se sépare de l'eau dans la cuve de séparation 42 retourne vers le réservoir d'huile 11 par le tuyau 53. Du fait que le niveau de la surface frontière est limité par le fonctionnement du détecteur 48, de façon à ne pas s'élever au-dessus du niveau de l'interrupteur 49, seule l'huile retourne vers le réservoir d'huile.

La description qu'on vient de faire porte sur un mode de réalisation qui est représenté sur la figure 1, mais l'invention n'est pas limitée à ce mode de réalisation. Par exemple, on peut également appliquer l'invention à une machine à décharge électrique à électrode en forme de fil mince, en remplaçant simplement la machine à décharge électrique 2 par une machine à décharge électrique à électrode en forme de fil mince.

Dans ce cas, on alimente tout d'abord la machine avec de l'eau, à partir de l'appareil d'alimentation en fluide diélectrique 4, pour usiner la pièce par un usinage par décharge électrique à grande vitesse. Ceci produit le profil 54 qui est représenté sur la figure 6. Comme le montre la figure 6, la partie de coin 8a ne présente pas un

angle vif, à cause de l'action électrolytique. Ensuite, on sélectionne l'huile au lieu de l'eau, comme fluide diélectrique, on effectue un usinage de plus grande précision, et on trempe la surface par usinage par décharge électrique. Ceci a pour effet de changer le profil de la pièce pour donner le profil 55 de la figure 6. Ensuite, on sélectionne à nouveau l'eau comme fluide diélectrique et on effectue un usinage de finition pour enlever la surface de la pièce jusqu'à une profondeur qui correspond à la rugosité de la surface usinée. La rugosité du profil 55 de la pièce 8 est exagérée sur la figure 6, et le profil désiré est représenté en trait mixte.

La figure 7 représente un autre mode de réalisation du séparateur de fluides diélectriques. Le principe de fonctionnement du séparateur de fluides diélectriques 60 est le même que celui du séparateur 40 représenté sur la figure 5, et le séparateur de fluides diélectriques 60 comporte une cuve de séparation 62 qui est fixée sur une base 61. Des orifices d'évacuation 63 et 64 sont respectivement formés dans une partie supérieure et une partie inférieure de la paroi circonférentielle de la cuve de séparation 62, et l'orifice 63 est relié au réservoir d'huile 11 par un tuyau 65 tandis que l'orifice d'évacuation 64 est relié au réservoir d'eau 9 par un tuyau 66, une électrovalve 67 et un tuyau 68. Deux orifices d'entrée 69 et 70 sont établis dans une partie intermédiaire de la paroi circonférentielle de la cuve de séparation 62 et ils sont respectivement reliés à des pompes à palettes 73 et 74 par des tuyaux 71 et 72. La pompe à palettes 73 est reliée à une extrémité d'un tuyau 75 dont l'autre extrémité se trouve près du fond du réservoir d'huile 11, et l'eau qui est déposée près du fond du réservoir 11 est pompée par le tuyau 75 et s'élève pour passer dans la cuve de séparation 62 par l'orifice d'entrée 69. D'autre part, la pompe à palettes 74 est reliée à une extrémité d'un tuyau 77 dont l'autre extrémité est reliée à un dispositif d'extraction d'huile 76, destiné à prélever l'huile qui flotte sur la surface de l'eau dans

le réservoir d'eau 9. L'huile prélevée par le dispositif extracteur d'huile 76 est pompée par le tuyau 77 et elle est introduite dans la cuve de séparation 62 par l'orifice d'entrée 70.

5 La cuve de séparation 62 comporte un dispositif à flotteur 81 qui comprend un flotteur 79 et un poids 80 qui sont fixés à une tige 78 qui se trouve dans cette cuve. La tige 78 est guidée par un manchon de guidage 83 qui est fixé sur un couvercle 82 de la cuve de séparation
10 62 et par un autre manchon de guidage 85 qui est fixé à un capot 84 lui-même fixé sur le couvercle 82, de façon que la tige soit mobile dans la direction verticale. La densité du dispositif à flotteur 81 est choisie de façon que le niveau de la surface frontière 88 entre une couche
15 d'huile 86 et une couche d'eau 87 formées dans la cuve de séparation 62, coïncide avec l'équateur 89 du flotteur 79. Il en résulte que le dispositif à flotteur 81 se déplace dans la direction verticale conformément à la variation du niveau de la surface frontière 88.

20 Pour maintenir le niveau de la surface frontière 88 entre les niveaux des orifices d'entrée 69 et 70, il existe un interrupteur de fin de course 90 destiné à détecter le niveau de la surface frontière 88. L'interrupteur de fin de course 90 est actionné par un élément de
25 manoeuvre 92 qui est fixé à la tige 78. On détermine la position de montage de l'élément de manoeuvre 92 de telle manière que l'interrupteur de fin de course 90 soit fermé lorsque le niveau de la surface frontière 88, c'est-à-dire le niveau de l'équateur 89, atteint une position qui se
30 trouve légèrement au-dessous du niveau de l'orifice d'entrée 69. Un relais 93 destiné à commander l'ouverture/fermeture de l'électrovalve 67 est excité/déexcité par l'interrupteur de fin de course 90, et l'électrovalve 67 est ouverte de façon que l'eau formant la couche 87 soit
35 évacuée de la cuve de séparation 62, lorsque l'interrupteur de fin de course 90 est fermé. Il en résulte que le niveau de la surface frontière 88 s'abaisse et le dispositif à flotteur 81 descend. Cependant, du fait de la caracté-

ristique d'hystérésis de l'interrupteur de fin de course 90 au moment de son ouverture et de sa fermeture, ce dernier ne s'ouvre pas immédiatement, mais s'ouvre après que le dispositif à flotteur est descendu d'une distance pré-déterminée. On détermine la hauteur de l'orifice d'entrée 70 en prenant en considération la course d'hystérésis de l'interrupteur 90, et on la fixe au-dessous du niveau de la surface frontière 88 à l'endroit où l'interrupteur de fin de course 90 est commuté de l'état fermé à l'état ouvert.

Comme décrit ci-dessus, le dispositif à flotteur 81 monte et descend en fonction de la quantité d'eau dans la cuve de séparation 62, et l'électrovalve 67 s'ouvre pour abaisser le niveau de la surface frontière 88, lorsque cette dernière s'approche du niveau de l'orifice d'entrée 69. Il en résulte que le niveau de la surface frontière 88 est toujours maintenu entre les orifices d'entrée 69 et 70. Par conséquent, l'huile qui provient de l'orifice d'entrée 69 passe toujours dans la couche d'huile 86 et l'eau qui provient de l'orifice d'entrée 70 passe toujours dans la couche d'eau 87. De ce fait, la séparation de l'huile et de l'eau dans la cuve de séparation 62 est effectivement réalisée rapidement. De plus, d'une manière similaire à celle du mode de réalisation de la figure 5, l'huile ou la couche d'huile 86 est évacuée par l'orifice d'évacuation 63 en fonction de la variation du niveau de la surface du liquide dans la cuve de séparation 62.

Les figures 8 et 9 représentent de façon plus détaillée le dispositif d'extraction d'huile 76. L'huile qui a pénétré dans le réservoir d'eau 9 flotte à la surface de l'eau. Pour enlever cette couche d'huile de la surface de l'eau, un dispositif d'extraction d'huile 76 est monté dans le réservoir d'eau 9. Le dispositif d'extraction d'huile 76 comprend: une paire de tiges de guidage verticales et espacées 105, 105, qui s'élèvent à partir du fond du réservoir d'eau 9, deux flotteurs 106, 106 qui sont montés sur les tiges de guidage verticales

105, 105 de façon à pouvoir se déplacer verticalement le long des tiges de guidage, en flottant dans l'eau à l'intérieur du réservoir d'eau 9; une patte d'accouplement 107 montée au sommet des flotteurs 106, 106; un réceptacle d'huile 111 qui comporte une ouverture 112 par laquelle l'huile est aspirée dans le réceptacle à partir de la surface de l'eau, et ce réceptacle d'huile 111 est monté sur un arbre horizontal 110 dont les extrémités sont introduites de façon coulissante et tournante dans des trous verticaux allongés 109, 109, formés dans les surfaces intérieures 108, 108 des deux flotteurs 106, 106; et un mécanisme à réglage automatique, 114, qui a pour fonction de régler la position de l'ouverture 112 du réceptacle d'huile 111 de façon qu'une lèvre supérieure 113 de l'ouverture 112 soit toujours en contact avec la couche d'huile qui flotte sur la surface de l'eau, dans le réservoir d'eau 9. Le mécanisme à réglage automatique 114 est constitué par des crémaillères 116, 116 qui sont fixées aux faces 108, 108 des flotteurs 106, 106, et par des pignons 117, 117, chacun d'eux étant fixé en position adjacente à une extrémité de l'arbre horizontal 110, en engrenant avec les crémaillères 116, 116. Un tuyau 77 destiné à l'extraction par pompage de l'huile recueillie dans le réceptacle d'huile 111 comporte une extrémité immergée dans l'huile, à l'intérieur du réceptacle d'huile 111, et son autre extrémité est branchée à la pompe 74. Le réceptacle d'huile 111 se présente de préférence sous la forme d'une boîte cylindrique creuse, comme la figure 9 le montre le mieux.

30 On va maintenant décrire le fonctionnement du dispositif d'extraction d'huile.

Les deux flotteurs 106, 106 qui flottent dans l'eau à l'intérieur du réservoir d'eau 9 sont mutuellement accouplés par la patte d'accouplement 107. Par conséquent, 35 lorsque le niveau de l'eau dans le réservoir 9 change, les flotteurs 106, 106 montent et descendent le long des tiges de guidage 105, 105. Le réceptacle d'huile 111 flotte également dans l'eau et, du fait que l'ouverture 112 du

réceptacle d'huile 111 est disposée de façon que la lèvre inférieure 113 de l'ouverture 112 soit adjacente à la couche d'huile qui flotte à la surface de l'eau, ou soit en contact avec elle, l'huile de la couche d'huile pénètre progressivement dans le réceptacle d'huile 111, en passant par dessus la lèvre inférieure 113. Il en résulte que l'huile de la couche d'huile est progressivement enlevée de la surface de l'eau. L'huile qui pénètre dans le réceptacle d'huile 111 augmente progressivement le poids de ce réceptacle, ce qui fait que le réceptacle d'huile 111 descend progressivement dans l'eau. Par conséquent, les extrémités de l'arbre horizontal 110 sur lequel le réceptacle d'huile 111 est monté descendent dans les trous allongés verticalement 109, 109. Cette descente de l'arbre horizontal 110 le fait tourner autour de son propre axe, du fait que les pignons 117, 117 que porte l'arbre 110 se déplacent le long des crémaillères 116, 116 qui sont fixées aux flotteurs 106, 106. Il en résulte que le réceptacle d'huile 111 monté sur l'arbre 110 tourne également lentement autour de l'axe de l'arbre 110. Par conséquent, l'ouverture 112 est dirigée dans le sens montant de façon que la lèvre 113 vienne en position adjacente à la couche d'huile. Ainsi, au fur et à mesure que le réceptacle d'huile 111 s'emplit avec de l'huile et descend dans l'eau, ce réceptacle tourne simultanément de façon que la lèvre inférieure 113 de l'ouverture 112 du réceptacle d'huile 111 tourne automatiquement vers le haut jusqu'à ce qu'elle revienne en contact avec la couche d'huile à la surface de l'eau. Il en résulte que le réceptacle d'huile 111 fonctionne toujours de manière à enlever l'huile de la surface de l'eau.

D'autre part, lorsque l'huile contenue dans le réceptacle d'huile 111 est pompée par le tuyau 77, le poids du réceptacle d'huile 111 diminue, et ce réceptacle monte progressivement dans l'eau. A ce stade, le réceptacle d'huile 111 et l'arbre horizontal 110 tournent conjointement dans un sens opposé à celui correspondant au cas de la descente mentionnée précédemment du réceptacle d'huile 111.

Par conséquent, la lèvre inférieure 113 de l'ouverture 112 du réceptacle d'huile 111 demeure toujours en contact avec la couche d'huile qui flotte à la surface de l'eau. L'huile pénètre donc toujours dans le réceptacle d'huile 111, et l'huile présente à la surface de l'eau est enlevée.

Ce qui précède permet de comprendre que le dispositif d'extraction d'huile 76 est toujours capable d'enlever l'huile qui flotte à la surface de l'eau, en réglant automatiquement la position de l'ouverture du réceptacle d'huile 111 tant que de l'huile demeure présente à la surface de l'eau, même si la quantité d'eau dans le réservoir d'eau 9 change.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif et au procédé décrits et représentés, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'usinage par décharge électrique qui est mis en oeuvre pendant qu'un fluide diélectrique est amené dans un espace d'usinage entre une pièce à usiner et une électrode d'outil, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes : on effectue un usinage de dégrossissage de la pièce à grande vitesse, en utilisant de l'eau comme fluide diélectrique; on remplace le fluide diélectrique par de l'huile après l'usinage de dégrossissage; et on effectue un usinage de finition de la pièce.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pendant les opérations d'usinage, la pièce est déplacée d'une manière prédéterminée par rapport à l'électrode d'outil, dans un plan perpendiculaire à la direction du mouvement relatif de l'électrode d'outil vers la pièce.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que la pièce est soumise à un déplacement relatif sur des distances prédéterminées dans plusieurs directions dans ledit plan.
4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'eau et l'huile sont amenées sélectivement à l'espace d'usinage par un dispositif d'alimentation en fluide diélectrique.
5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pièce est usinée à des dimensions précises dans l'opération d'usinage de finition.
6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre l'opération consistant à tremper la surface de la pièce par usinage par décharge électrique.
7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre les opérations consistant à remplacer l'huile par l'eau en tant que fluide diélectrique et à enlever la surface trempée de la pièce jusqu'à une profondeur correspondant à la rugosité de celle-ci.
8. Appareil pour l'usinage par décharge électri-

que, au moyen duquel on effectue un usinage par décharge électrique pendant qu'un fluide diélectrique est amené dans un espace (3) d'usinage entre une pièce à usiner (8) et une électrode d'outil (5), caractérisé en ce qu'il comprend: un système (12) d'alimentation en huile qui comporte un réservoir (11) d'huile; un système (10) d'alimentation en eau qui comporte un réservoir (9) d'eau; des moyens (16,21) d'alimentation destinés à amener sélectivement de l'eau ou de l'huile dans l'espace (3) d'usinage, en tant que fluide diélectrique, en sélectionnant le système (10) d'alimentation en eau ou le système (12) d'alimentation en huile; et des moyens (22,25,26) destinés à faire retourner vers le réservoir (9,11) correspondant le fluide diélectrique qui a été utilisé dans l'espace (3) d'usinage.

9. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens de retour consistent en moyens de commande de direction qui comportent une électrovalve (25,26).

10. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un dispositif de récupération de fluide diélectrique qui comporte une cuve (42) de séparation destinée à séparer l'huile et l'eau en une couche supérieure et une couche inférieure, des premiers moyens (45) d'alimentation destinés à envoyer vers la cuve (42) de séparation le fluide qui se trouve près du fond du fluide diélectrique présent dans le réservoir (11) d'huile, des seconds (46) moyens d'alimentation destinés à envoyer vers la cuve (42) de séparation le fluide qui se trouve près de la surface du fluide diélectrique contenu dans le réservoir (9) d'eau, et des moyens (50,53) destinés à récupérer l'huile et l'eau séparées dans la cuve (42) de séparation et à les envoyer respectivement vers le réservoir (11) d'huile et le réservoir (9) d'eau.

11. Appareil selon la revendication 10, caractérisé en ce que le dispositif de récupération comporte un premier conduit (50) qui est branché entre un premier

point de la cuve (42) de séparation et le réservoir (9) d'eau, un second conduit (53) qui est branché entre un second point de la cuve (42) de séparation et le réservoir (11) d'huile, ce second point étant plus haut que
5 le premier point, une valve (51) branchée dans le premier conduit (50), un détecteur (48) placé dans la cuve (42) de séparation, qui monte et descend en suivant la variation du niveau de la surface frontière entre la couche supérieure et la couche inférieure, et des moyens
10 (49) destinés à ouvrir la valve (51) lorsque le détecteur (48) s'élève au moins jusqu'au niveau du premier point.

12. Appareil selon la revendication 11, caractérisé en ce que le détecteur est un flotteur (48) dont
15 la densité est supérieure à celle de l'huile mais inférieure à celle de l'eau.

13. Appareil selon la revendication 11, caractérisé en ce que le niveau auquel l'eau est introduite dans la cuve de séparation (42) par les premiers moyens
20 (50) d'alimentation est inférieur au niveau auquel l'huile est introduite dans la cuve de séparation (42) par les seconds moyens (53) d'alimentation.

14. Appareil selon la revendication 13, caractérisé en ce que la valve (51) est commandée de manière
25 que le niveau de la surface frontière se trouve toujours entre les deux niveaux précités.

15. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que les seconds moyens (53) d'alimentation comprennent un dispositif (43) d'extraction d'huile
30 destiné à enlever l'huile qui flotte à la surface de l'eau dans le réservoir (9) d'eau.

FIG. 3

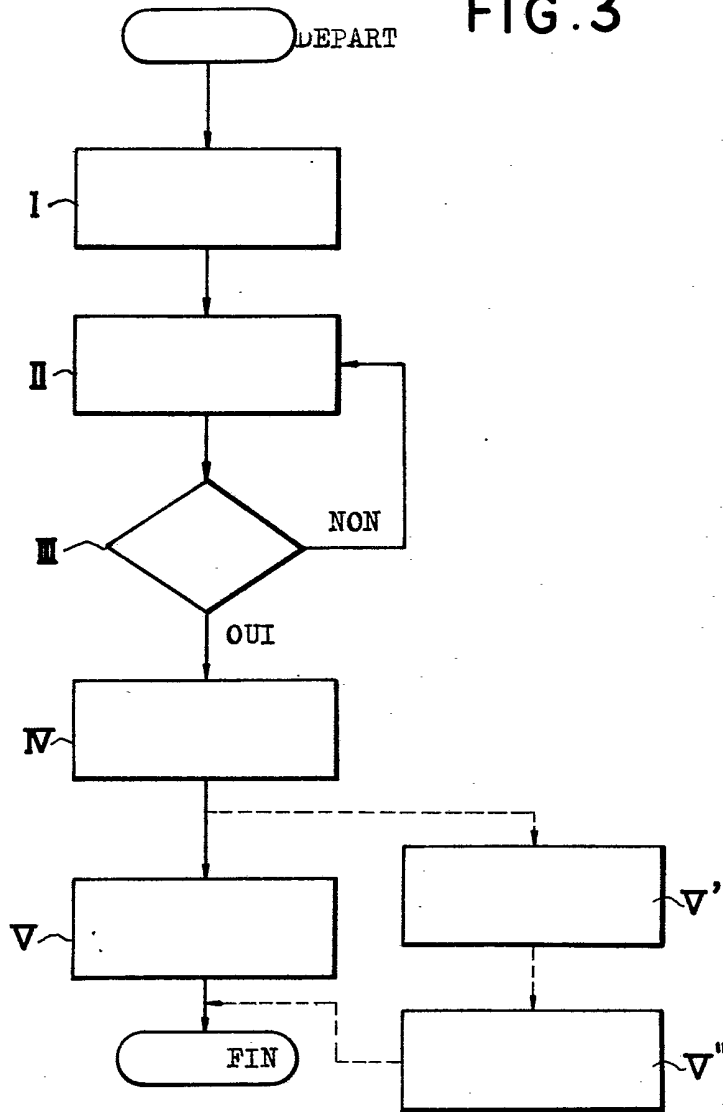


FIG. 4

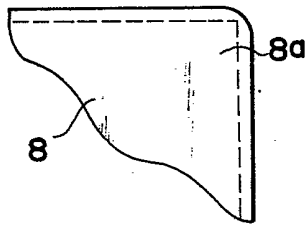


FIG. 6

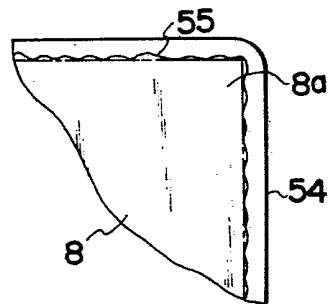


FIG.7

