



19



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

11 CH 694 523 A5

51 Int. Cl.⁷: B 23 H 007/26

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

12 FASCICULE DU BREVET A5

21 Numéro de la demande: 02169/03

22 Date de dépôt: 17.12.2003

30 Priorité: 24.07.2003 JP 2003-279258

24 Brevet délivré le: 15.03.2005

45 Fascicule du brevet
publié le: 15.03.2005

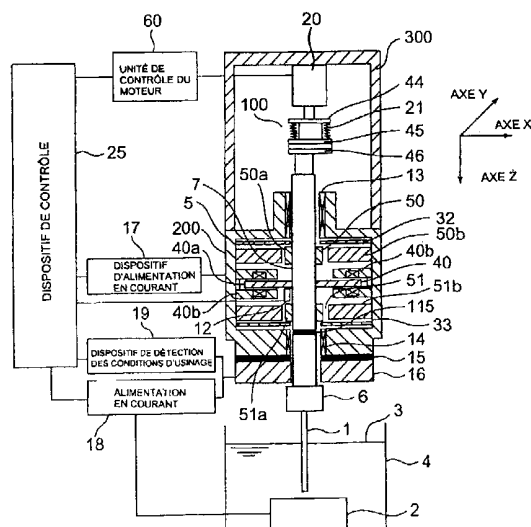
73 Titulaire(s):
Mitsubishi Denki Kabushiki Kaisha
No. 2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310 (JP)

72 Inventeur(s):
Takayuki Nakagawa
2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310 (JP)
Hidetaka Miyake
2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310 (JP)
Yoshihito Imai
2-3, marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8310 (JP)

74 Mandataire:
WILLIAM BLANC & CIE Conseils en Propriété
Industrielle SA
Avenue du Pailly 25
1220 Les Avanchets (CH)

54 Appareil d'usinage par étincelage.

57 Un appareil d'usinage par étincelage a une réaction améliorée aux commandes et permet une vitesse d'usinage améliorée. Une électrode-outil a son extrémité externe dirigée vers une pièce usinée et une tension est appliquée entre l'électrode-outil et la pièce usinée, pour provoquer une décharge. Un arbre d'entraînement est connecté à l'électrode-outil. Un dispositif de commande de l'électrode a des paliers magnétiques pour déplacer l'arbre d'entraînement dans trois directions – comprenant la direction de l'axe Z, qui est la direction axiale de l'arbre d'entraînement, la direction de l'axe Y, qui coupe perpendiculairement la direction de l'axe Z, et la direction de l'axe X qui coupe perpendiculairement la direction de l'axe Y et la direction de l'axe Z – en fournissant un courant électrique à des portions électromagnétiques, pour contrôler l'attraction magnétique de celles-ci. Un couplage mobile est connecté avec une extrémité de l'arbre d'entraînement et il peut être déplacé dans les trois directions. Un moteur électrique est connecté avec une extrémité du couplage pour assurer la rotation de l'arbre d'entraînement, par l'intermédiaire du couplage.



Description

La présente invention concerne un appareil d'usinage par étincelage, qui usine une pièce au moyen d'une décharge électrique, générée par l'application d'une tension entre une électrode-outil et la pièce usinée.

Un appareil conventionnel d'usinage par étincelage, tel qu'il était connu jusqu'à présent, comporte une électrode-outil qui est déplacée suivant la direction d'un axe X, d'un axe Y et d'un axe Z, grâce à un dispositif de commande de l'électrode avec un mécanisme à palier magnétique, servant à la commande de l'électrode-outil lors de l'usinage par étincelage (voir, par exemple, un premier document de brevet: Publication Internationale No. 02/024389A1).

Dans cet appareil conventionnel d'usinage par étincelage, un moteur électrique, qui sert à entraîner l'électrode-outil en rotation, est inclus dans le dispositif de commande de l'électrode.

Toutefois, dans l'appareil d'usinage par étincelage, l'électrode-outil est fixée à une extrémité d'un arbre d'entraînement qui entraîne l'électrode-outil et l'arbre d'entraînement sert également de rotor au moteur électrique. Il s'ensuit que le poids brut de l'arbre d'entraînement est augmenté, de sorte que la capacité de l'électrode à réagir aux commandes rapidement ou avec une grande vitesse peut parfois se détériorer, ce qui amène le problème que la rapidité ou la vitesse de l'usinage est diminuée.

En outre, une électrode-outil capable de réagir rapidement aux commandes peut être obtenue en augmentant les attractions des portions électromagnétiques du palier magnétique, c'est-à-dire en augmentant l'intensité du courant fourni aux portions électromagnétiques. Toutefois, la quantité de chaleur générée dans les portions électromagnétiques augmente avec l'augmentation du courant fourni, ce qui a pour conséquence que le dispositif de commande de l'électrode peut subir parfois – selon la quantité de chaleur ainsi générée – une dilatation thermique qui amène un autre problème, à savoir que la précision de l'usinage est diminuée.

La présente invention est destinée à surmonter les problèmes susmentionnés et elle a pour objectif de fournir un appareil d'usinage par étincelage réagissant mieux aux commandes et assurant également une vitesse d'usinage améliorée.

Un autre objectif de la présente invention est de fournir un appareil d'usinage par étincelage, dans lequel on empêche la déformation thermique du dispositif de commande de l'électrode, consécutive à la production de chaleur dans les portions électromagnétiques, ce qui permet d'obtenir une attraction stable et contrôlée sur les portions électromagnétiques.

Les objectifs de l'invention sont obtenus par un appareil d'usinage par étincelage tel que décrit dans la revendication 1.

Un appareil d'usinage par étincelage peut être réalisé comme suit. Une électrode-outil a son extrémité externe dirigée vers une pièce usinée et une tension est appliquée entre l'électrode-outil et la pièce usinée, pour provoquer une décharge. Un arbre d'entraînement est connecté à l'électrode-outil. Un dispositif de commande de l'électrode a des paliers

magnétiques pour déplacer l'arbre d'entraînement dans trois directions, comprenant la direction de l'axe Z, qui est la direction axiale de l'arbre d'entraînement, la direction de l'axe Y qui coupe perpendiculairement la direction de l'axe Z, et la direction de l'axe X qui coupe perpendiculairement la direction de l'axe Y et la direction de l'axe Z, en fournissant un courant électrique à des portions électromagnétiques, pour contrôler l'attraction magnétique de celles-ci. Un couplage mobile est connecté avec une extrémité de l'arbre d'entraînement et il peut être déplacé dans les trois directions. Un moteur électrique est connecté avec une extrémité du couplage pour entraîner l'arbre d'entraînement en rotation, par l'intermédiaire de ce couplage.

Dans l'appareil d'usinage par étincelage selon la présente invention, un mécanisme assurant la rotation de l'électrode-outil est séparé du dispositif de commande de l'électrode et, de ce fait, le poids de l'arbre d'entraînement est considérablement diminué, ce qui permet d'obtenir une réaction rapide de l'électrode-outil aux commandes.

Les objectifs, traits caractéristiques et avantages ci-dessus de la présente invention, ainsi que d'autres, deviendront plus clairement apparents à ceux versés dans l'art, à la lecture de la description détaillée qui suit de formes d'exécution préférées de la présente invention, faite en se reportant aux dessins annexés.

La Fig. 1 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une première forme d'exécution de la présente invention.

La Fig. 2 est une vue en perspective d'un couplage de la Fig. 1.

La Fig. 3 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une seconde forme d'exécution de la présente invention.

La Fig. 4 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une troisième forme d'exécution de la présente invention.

La Fig. 5 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une quatrième forme d'exécution de la présente invention.

La Fig. 6 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une cinquième forme d'exécution de la présente invention.

La Fig. 7 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une sixième forme d'exécution de la présente invention.

La Fig. 8 est une vue en plan de portions essentielles de la Fig. 7.

La Fig. 9 est une vue illustrant une manière d'utiliser une conduite d'entraînement en rotation de la Fig. 8.

La Fig. 10 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une septième forme d'exécution de la présente invention.

Dans la suite, on va décrire en détail des formes d'exécution préférées de la présente invention, en se reportant aux dessins annexés, dans lesquels les parties/éléments identiques ou correspondants sont identifiés par le même symbole.

La Fig. 1 est une vue de l'agencement d'un appa-

reil d'usinage par étincelage selon une première forme d'exécution de la présente invention.

Cet appareil d'usinage par étincelage comprend: une électrode-outil 1 ayant son extrémité externe orientée vers une pièce usinée 2, qui est placée au fond d'une cuve d'usinage 4 dans laquelle se trouve un fluide de travail, sous la forme d'une huile 3; un arbre d'entraînement 7 fixé solidement à l'électrode-outil 1 par une section 6 de montage de l'électrode, une plaque isolante 115 étant insérée dans une portion intermédiaire de l'arbre; un dispositif 5 de commande de l'électrode qui commande l'électrode-outil 1 par l'intermédiaire de l'arbre d'entraînement 7; un système d'alimentation 16 fixé solidement au dispositif 5 de commande de l'électrode, par l'intermédiaire d'une plaque isolante 15 réalisée sous la forme d'un disque en céramique, pour assurer l'alimentation en courant électrique au dispositif 5 de commande de l'électrode; un couplage 100, qui est connecté avec l'arbre d'entraînement 7 et qui peut être déplacé suivant trois directions et, en particulier, suivant la direction de l'axe Z (direction vers le haut et vers le bas dans le plan du dessin) qui constitue la direction axiale de l'arbre d'entraînement 7, suivant la direction de l'axe Y (direction verticale par rapport au plan du dessin) qui coupe perpendiculairement la direction de l'axe Z et suivant la direction de l'axe X (direction vers la gauche et vers la droite dans le plan du dessin) qui coupe perpendiculairement la direction de l'axe Y et la direction de l'axe Z; et un moteur électrique 20 connecté avec une extrémité du couplage 100, pour assurer la rotation de l'arbre d'entraînement 7 par l'intermédiaire du couplage 100.

La Fig. 2 est une vue en perspective du couplage 100 de la Fig. 1.

Le couplage 100 comprend un élément 46 coulissant dans la direction X, un élément 45 coulissant dans la direction Y, connecté avec l'élément 46 coulissant dans la direction X, et mobile dans la direction Y, un élément 44 coulissant dans la direction Z, connecté avec l'élément 45 coulissant dans la direction Y, et mobile dans la direction Z, ainsi qu'un ressort sous la forme d'un ressort hélicoïdal 21, qui, bien que non représenté sur la Fig. 2, est placé entre l'élément 45 coulissant dans la direction Y et l'élément 44 coulissant dans la direction Z.

L'élément 46 coulissant dans la direction X est fixé solidement à une extrémité de l'arbre d'entraînement 7 et il a une portion de disque 46a avec une paire de saillies 46b formées sur sa surface supérieure de manière à s'étendre parallèlement à celle-ci suivant la direction de l'axe X. Les saillies 46b sont disposées pour s'engager de manière coulissante dans des gorges 30a correspondantes, formées sur une surface inférieure d'une portion de disque intermédiaire 30. Egalement, l'élément 45 coulissant dans la direction Y a une paire de saillies 45a formées sur sa surface inférieure de manière à s'étendre parallèlement à celle-ci suivant la direction de l'axe Y, ces saillies 45a étant prévues pour s'engager de manière coulissante dans des gorges correspondantes 30b formées sur une surface supérieure de la portion de disque intermédiaire 30. L'élément 44 coulissant dans la direction Z a une

première portion de guidage 44a qui s'étend verticalement et qui est fixée solidement par une extrémité à une surface supérieure de l'élément 45 coulissant dans la direction Y. La première portion de guidage 44a a une paire de saillies (non représentées) qui sont disposées pour s'engager de manière coulissante dans des gorges correspondantes 44c formées dans une seconde portion de guidage 44b s'étendant verticalement de l'élément 44 coulissant dans la direction Z. Cette seconde portion de guidage 44b est fixée solidement à une portion de disque 44d de l'élément 44 coulissant dans la direction Z.

L'appareil d'usinage par étincelage comporte, en outre, une alimentation en courant 18 pour appliquer une tension entre l'électrode-outil 1 et la pièce usinée 2, un dispositif 19 de détection des conditions d'usinage, pour détecter la tension inter-bornes, qui correspond à la distance relative entre l'électrode-outil 1 et la pièce usinée 2, un dispositif 17 d'alimentation en courant pour assurer l'alimentation en courant électrique du dispositif 5 de commande de l'électrode, une unité 60 de contrôle du moteur qui est connectée électriquement au moteur électrique 20 pour contrôler le nombre de rotations par minute ou la vitesse de rotation du moteur électrique 20, un dispositif de contrôle 25 connecté électriquement respectivement à l'alimentation en courant 18, au dispositif 19 de détection des conditions d'usinage, au dispositif 17 d'alimentation en courant et à l'unité 60 de contrôle du moteur, pour contrôler l'opération de commande de l'électrode-outil 1, et une plaque isolante 15 placée entre le dispositif 5 de commande de l'électrode et le système d'alimentation 16 pour empêcher le courant électrique de circuler de l'alimentation en courant 18 vers le dispositif 5 de commande de l'électrode ainsi que pour empêcher le courant électrique de circuler du dispositif 17 d'alimentation en courant électrique vers le système d'alimentation 16.

Le dispositif 5 susmentionné de commande de l'électrode comporte un palier magnétique de poussée 40, agencé de manière à entourer l'arbre d'entraînement 7 dans un boîtier 200, une paire de paliers magnétiques radiaux 50, 51 agencés autour de l'arbre d'entraînement 7 de manière à ce que le palier magnétique de poussée 40 se trouve pris en sandwich entre eux, une paire de paliers auxiliaires ou de guidage 13, 14 se trouvant entre le boîtier 200 et l'arbre d'entraînement 7, une paire de portions 32, 33 de détection de la position radiale pour détecter la position radiale de l'arbre d'entraînement 7 et une partie 12 de détection de la position en poussée, pour détecter la position en poussée de l'arbre d'entraînement 7.

Le palier magnétique de poussée 40 susmentionné comporte une plaque d'attraction 40a ayant la forme d'un disque, réalisée en un matériau magnétique et montée de manière fixe sur l'arbre d'entraînement 7, ainsi qu'une paire de portions électromagnétiques 40b agencées en opposition sur les surfaces latérales respectivement opposées de la plaque d'attraction 40a.

Les paliers magnétiques radiaux 50, 51 susmentionnés comportent, respectivement, des portions d'attraction 50a, 51a qui sont réalisées en un maté-

riau magnétique et qui sont montées de manière fixe sur l'arbre d'entraînement 7 et des portions électromagnétiques 50b, 51b qui sont agencées pour entourer, respectivement, les circonférences des portions d'attraction 50a, 51a, en laissant un jeu annulaire entre elles.

Ensuite, on va décrire le fonctionnement de l'appareil d'usinage par étincelage réalisé comme décrit ci-dessus.

Tout d'abord, on va examiner les mouvements de l'électrode-outil 1 dans la direction de poussée et dans la direction radiale.

Quand une tension est appliquée depuis l'alimentation de courant 18 entre l'électrode-outil 1 et la pièce usinée 2, la tension inter-bornes, correspondant à la distance relative entre l'électrode-outil 1 et la pièce usinée 2, est mesurée par le dispositif 19 de détection des conditions d'usinage. Une valeur de correction pour la position de l'électrode-outil 1 correspondant à la déviation entre la tension inter-bornes mesurée et une tension inter-bornes de consigne est calculée par le dispositif de contrôle 25.

D'autre part, dans le dispositif 5 de commande de l'électrode, la position effective de la plaque d'attraction 40a est mesurée par la partie 12 de détection de la position en poussée. Comme la plaque d'attraction 40a du palier magnétique de poussée 40 est montée sur l'arbre d'entraînement 7 et que l'électrode-outil 1 est également montée sur l'arbre d'entraînement 7 par l'intermédiaire de la section 6 de montage de l'électrode, la position en poussée de l'électrode-outil 1 est ajustée en contrôlant la position de la plaque d'attraction 40a.

Quand la valeur détectée par la partie 12 de détection de la position en poussée est entrée dans le dispositif de contrôle 25, l'amplitude du mouvement de la plaque d'attraction 40a et la magnitude de l'attraction requise pour positionner la plaque d'attraction 40a à la position prescrite sont déterminées par le dispositif de contrôle 25 à partir de l'écart entre la position de consigne et la position effective de l'électrode-outil 1, et le dispositif de contrôle 25 calcule les valeurs des courants à fournir aux portions électromagnétiques 40b. Ensuite, les valeurs du courant à fournir sont indiquées au dispositif 17 d'alimentation en courant par le dispositif de contrôle 25, de manière à ce que les courants électriques requis soient fournis depuis le dispositif 17 d'alimentation en courant, aux portions électromagnétiques 40b. Il en résulte que la plaque d'attraction 40a, prise en sandwich entre les portions électromagnétiques 40b, est attirée vers l'une ou l'autre des portions électromagnétiques 40b, ce qui assure le déplacement de l'arbre d'entraînement 7 en poussée.

En plus, les positions effectives des paliers magnétiques radiaux 50, 51 sont mesurées par les portions 32, 33 de détection de la position radiale. Comme les portions d'attraction 50a, 51a des paliers magnétiques radiaux 50, 51 sont montées sur l'arbre d'entraînement 7 et que l'électrode-outil 1 est également montée sur l'arbre d'entraînement 7 par la section 6 de montage de l'électrode, la position radiale de l'électrode-outil 1 est ajustée en contrôlant les positions radiales des paliers magnétiques 50, 51.

Lorsque les valeurs détectées par les portions 32,

33 de détection de la position radiale sont fournies au dispositif de contrôle 25, l'amplitude du mouvement des portions d'attraction 50a, 51a et la magnitude de l'attraction requises pour supporter magnétiquement et positionner les portions d'attraction 50a, 51a à leurs positions prescrites sont déterminées par le dispositif de contrôle 25, à partir de l'écart entre la position de consigne et la position effective de l'électrode-outil 1, ce qui permet de calculer les valeurs des courants à fournir aux portions électromagnétiques 50b, 51b. Ensuite, le dispositif de contrôle 25 indique les valeurs du courant de sortie au dispositif 17 d'alimentation en courant, pour que les courants électriques requis soient fournis par le dispositif 17 d'alimentation en courant aux portions électromagnétiques 50b, 51b. A ce moment, les portions d'attraction 50a, 51a sont attirées magnétiquement par les portions électromagnétiques 50b, 51b, grâce à quoi l'arbre d'entraînement 7 se trouve déplacé dans la direction radiale.

De cette manière, on obtient une réaction et une commande rapides de l'électrode-outil 1 dans la direction de poussée et dans la direction radiale en contrôlant les valeurs des courants fournis aux portions électromagnétiques 40b du palier magnétique de poussée 40 et aux portions électromagnétiques 50b, 51b des paliers magnétiques radiaux 50, 51, pour changer les attractions magnétiques de celles-ci.

Si on examine maintenant le fonctionnement en rotation de l'électrode-outil 1, une commande de rotation est fournie par le dispositif de contrôle 25 à l'unité de contrôle 60 du moteur qui ajuste alors le nombre de rotations par minute ou la vitesse de rotation du moteur électrique 20. Après cela, le couple de rotation du moteur électrique 20 est transmis à l'arbre d'entraînement 7 par l'intermédiaire du couplage 100, grâce à quoi l'électrode-outil 1 est entraînée en rotation par la section 6 de montage de l'électrode.

Ainsi, avec un appareil d'usinage par étincelage réalisé comme décrit ci-dessus, l'électrode-outil 1 est, d'une part, entraînée en rotation grâce au couple de rotation du moteur électrique 20, et d'autre part, elle est commandée pour se déplacer dans la direction radiale, par les forces magnétiques des portions électromagnétiques 50b, 51b des paliers magnétiques radiaux 50, 51. En plus, l'électrode-outil 1 est également commandée pour se déplacer dans la direction de poussée par l'effet des forces magnétiques des portions électromagnétiques 40b du palier magnétique de poussée 40, grâce à quoi il est possible de faire réagir l'électrode-outil 1 aux commandes avec des vitesses élevées dans toutes les directions et, en particulier suivant les directions de l'axe X, de l'axe Y et de l'axe Z.

A ce propos, il y a lieu de noter que, même dans un état où la rotation du moteur électrique 20 est interrompue par un signal de l'unité 60 de contrôle du moteur, l'électrode-outil 1 peut réagir aux commandes à des vitesses élevées suivant toutes les directions correspondant à l'axe X, à l'axe Y et à l'axe Z.

En outre, comme le mécanisme assurant la rotation de l'électrode-outil 1 est séparé du dispositif 5 de commande de l'électrode, le poids de l'arbre

d'entraînement 7 est considérablement diminué et, par conséquent, la réaction aux commandes de l'électrode-outil 1 est nettement améliorée par comparaison avec l'art antérieur, dans lequel l'arbre d'entraînement sert de rotor à un moteur électrique.

Par ailleurs, bien que le moteur électrique 20 soit fixé solidement sur la surface supérieure d'un carter 300, l'élément 46 coulissant dans la direction X, l'élément 45 coulissant dans la direction Y et la portion de disque intermédiaire 30 sont tous sollicités dans la direction du moteur électrique 20, grâce à la force de rappel du ressort hélicoïdal 21 et cette sollicitation ou force de rappel du ressort hélicoïdal 21 est sensiblement égale en magnitude à la force compensant la charge totale de l'élément 46 coulissant dans la direction X, de l'élément 45 coulissant dans la direction Y et de la portion de disque intermédiaire 30. Dans ces conditions, l'influence de la charge en poussée de l'arbre d'entraînement 7 due aux poids propres de l'élément 46 coulissant dans la direction X, de l'élément 45 coulissant dans la direction Y et de la portion de disque intermédiaire 30 peut être restreinte à un niveau bas.

Bien que, dans la forme d'exécution ci-dessus, le couplage 100 comprenne l'élément 46 coulissant dans la direction X, la portion de disque intermédiaire 30, l'élément 45 coulissant dans la direction Y et l'élément 44 coulissant dans la direction Z, on peut mettre en œuvre un autre type de couplage, comme par exemple un joint universel, tel qu'un tube de torsion, un arbre flexible ou similaire.

Par ailleurs, la disposition de l'élément 46 coulissant dans la direction X et de l'élément 45 coulissant dans la direction Y du couplage 100 peut être opposée ou inversée.

La Fig. 3 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une seconde forme d'exécution de la présente invention.

Cette seconde forme d'exécution est similaire dans sa conception à la première forme d'exécution, à l'exception de ce qui suit: la conception du couplage 150 est différente de celle du couplage 100 de la première forme d'exécution et le ressort 21 de la première forme d'exécution est omis.

Dans cette seconde forme d'exécution, le couplage 150 est réalisé comme suit. L'élément 44 coulissant dans la direction Z est monté sur une portion d'extrémité supérieure de l'arbre d'entraînement 7, l'élément 45 coulissant dans la direction Y est monté sur l'élément 44 coulissant dans la direction Z et l'élément 46 coulissant dans la direction X est monté sur l'élément 45 coulissant dans la direction Y, par la portion de disque intermédiaire 30. Le moteur électrique 20 a son arbre de rotation connecté avec l'élément 46 coulissant dans la direction X.

Le couplage 150 est réalisé de manière à ce que l'agencement de l'élément 44 coulissant dans la direction Z et de l'élément 46 coulissant dans la direction X, soit inversé par rapport à celui de la première forme d'exécution.

Dans le cas de ce couplage 150, la charge totale de l'élément 46 coulissant dans la direction X, de l'élément 45 coulissant dans la direction Y et de la portion de disque intermédiaire 30, est supportée par le moteur électrique 20 monté de manière fixe sur le

carter 300, de sorte que la charge n'agit pas sur l'arbre d'entraînement 7. A ce moment, il n'est plus nécessaire de prévoir le ressort 21 de la première forme d'exécution, qui était nécessaire pour ramener à un niveau bas l'influence de la charge en poussée de l'arbre d'entraînement 7, due aux poids propres de l'élément 46 coulissant dans la direction X, de l'élément 45 coulissant dans la direction Y et de la portion de disque intermédiaire 30.

La Fig. 4 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une troisième forme d'exécution de la présente invention.

Dans cette troisième forme d'exécution, une échelle 151 donnant la position en rotation est montée sur l'élément 44 coulissant dans la direction Z en un emplacement entre l'élément 44 coulissant dans la direction Z et le moteur électrique 20, son axe central coïncidant avec l'axe de rotation du moteur électrique 20 et un lecteur 152 de l'échelle donnant la position en rotation est monté sur le moteur électrique 20. A ce propos, il y a lieu de noter que l'échelle 151 donnant la position en rotation et le lecteur 152 de l'échelle donnant la position en rotation, forment ensemble une unité de détection de la rotation permettant d'obtenir une information sur la rotation de l'arbre d'entraînement 7.

Excepté ce qui précède, l'agencement de cette troisième forme d'exécution est identique à celui de l'appareil d'usinage par étincelage, selon la première forme d'exécution.

Dans cette troisième forme d'exécution, le lecteur 152 de l'échelle donnant la position en rotation lit l'angle effectif ou la vitesse angulaire effective de l'axe central de l'arbre d'entraînement 7 à partir de l'échelle 151 donnant la position en rotation et il génère un signal de détection correspondant qui est fourni au dispositif de contrôle 25. Ensuite, une commande d'angle de rotation pour l'arbre d'entraînement 7 est générée par le dispositif de contrôle 25 et fournie à l'unité 60 de contrôle du moteur, pour que le nombre de rotations par minute ou la vitesse de rotation du moteur électrique 20 soit adapté ou adaptée par l'unité 60 de contrôle du moteur. Dans ces conditions, le couple de rotation du moteur électrique 20 est transmis à l'électrode-outil 1 par l'intermédiaire du couplage 100, de l'arbre d'entraînement 7 et de la section 6 de montage de l'électrode, grâce à quoi l'électrode-outil 1 est entraînée en rotation.

Dans l'appareil d'usinage par étincelage de cette troisième forme d'exécution, comme la rotation de l'arbre d'entraînement 7 est contrôlée à partir de l'information concernant la rotation de l'arbre d'entraînement 7, détectée par l'unité de détection de la rotation, il est possible d'améliorer la précision de la rotation de l'électrode-outil 1.

La Fig. 5 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une quatrième forme d'exécution de la présente invention.

Alors que la plage de commande ou de déplacement de l'électrode-outil 1 est de l'ordre de centaines de microns avec le dispositif 5 de commande de l'électrode de l'appareil d'usinage par étincelage selon les première à troisième formes d'exécution, dans les cas où des éléments coulissant dans les directions X, Y et Z sont utilisés tels quels et que la

plage de commande est de 1 millimètre ou plus, la structure du couplage est agrandie, ce qui rend difficile une réaction rapide de l'arbre d'entraînement 7 aux commandes.

Dans le cas d'un tel appareil d'usinage par étincelage avec une plage de commande importante, l'amplitude du mouvement ou la course de l'arbre d'entraînement 7 est toutefois localement de l'ordre de centaines de microns, ce qui correspond à l'amplitude de contrôle de la distance inter-bornes dans l'usinage par étincelage et, dans ces conditions, il n'est pas nécessaire d'avoir une réaction rapide aux commandes sur toute la plage de commande de l'arbre d'entraînement 7, mais au lieu de cela, il suffit que l'arbre d'entraînement 7 présente une réaction rapide ou à haute vitesse d'une amplitude limitée, de l'ordre de centaines de microns, sur toute la plage de commande. Dans ces conditions, la vitesse à laquelle l'arbre d'entraînement 7 se déplace sur toute la plage de commande est d'environ 30 mm/min et il suffit donc que le moteur électrique 20 soit adapté à cette vitesse.

Dans cette quatrième forme d'exécution, un étage 70 affecté à la direction Z, déplaçable dans la direction Z, est monté sur le carter 300. Le moteur électrique 20 est monté sur l'étage 70 affecté à la direction Z. En outre, un étage 71 affecté à la direction Y est monté sur l'étage 70 affecté à la direction Z et un étage 72 affecté à la direction X est monté sur l'étage 71 affecté à la direction Y. A ce propos, il y a lieu de noter que la relation de position entre l'étage 72 affecté à la direction X et l'étage 71 affecté à la direction Y peut être opposée ou inversée.

L'étage 72 affecté à la direction X, l'étage 71 affecté à la direction Y et l'étage 70 affecté à la direction Z sont connectés à un dispositif 75 de contrôle des étages affectés aux directions XYZ qui est lui-même connecté au dispositif de contrôle 25. A ce propos, il y a lieu de noter que l'étage 72 affecté à la direction X, l'étage 71 affecté à la direction Y et l'étage 70 affecté à la direction Z constituent ensemble une unité de transport pour transporter ou déplacer le moteur électrique 20, respectivement dans la direction de l'axe X, dans la direction de l'axe Y et dans la direction de l'axe Z.

Dans cette forme d'exécution, la position centrale de l'arbre d'entraînement 7 est détectée par les portions 32, 33 de détection de la position radiale et par la partie 12 de détection de la position en poussée. Quand l'écart entre la position détectée de l'axe central de l'arbre d'entraînement 7 et la position de l'axe central de l'arbre de rotation du moteur électrique 20 devient égal ou supérieur à une valeur prescrite, le dispositif de contrôle 25 émet, en direction du dispositif 75 de commande des étages affectés aux directions XYZ, un ordre pour actionner l'étage 72 affecté à la direction X, l'étage 71 affecté à la direction Y et l'étage 70 affecté à la direction Z, de manière à corriger l'écart. A la réception de cet ordre, le dispositif 75 de commande des étages affectés aux directions XYZ actionne l'étage 72 affecté à la direction X, l'étage 71 affecté à la direction Y et l'étage 70 affecté à la direction Z, pour les amener, respectivement, vers leurs positions prescrites.

Avec cet appareil d'usinage par étincelage, même

lorsque la plage de commande de l'électrode-outil 1 est large, le couplage 100 connectant le moteur électrique 20 et l'arbre d'entraînement 7 l'un avec l'autre, l'échelle 151 donnant la position en rotation et le lecteur 152 de l'échelle donnant la position en rotation peuvent être similaires à ceux utilisés dans la troisième forme d'exécution ci-dessus et la rapidité de la réponse aux commandes de l'électrode-outil 1 n'est pas diminuée, de sorte qu'il devient possible d'effectuer une opération de rotation et une opération de commande de l'électrode-outil 1 dans une plage importante.

La Fig. 6 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage, selon une cinquième forme d'exécution de la présente invention.

Dans cette cinquième forme d'exécution, la commande de l'électrode-outil 1 dans la direction radiale est limitée par les paliers auxiliaires ou de guidage 13, 14.

En plus, un mécanisme 121 de transmission de la rotation est agencé entre une extrémité d'un arbre de rotation 20a du moteur électrique 20 et l'arbre d'entraînement 7, pour transmettre la rotation de l'arbre de rotation 20a à l'arbre d'entraînement 7. Le mécanisme 121 de transmission de la rotation comprend une poulie 121a montée de manière fixe sur l'arbre de rotation 20a du moteur électrique 20, une portion d'enroulement 121b, montée de manière fixe sur une portion d'extrémité de l'arbre d'entraînement 7 et une courroie de synchronisation 121c, s'étendant entre la poulie 121a et la portion d'enroulement 121b. La tension sur la courroie de synchronisation 121c peut être ajustée de manière appropriée pour que le mécanisme 121 de transmission de la rotation ne résiste pas à une commande de réaction rapide de l'arbre d'entraînement 7 dans la direction de poussée et pour que le couple de rotation de l'arbre de rotation 20a puisse être transmis à l'arbre d'entraînement 7.

A ce propos, il y a lieu de noter qu'un mécanisme de transmission à engrenages peut être utilisé en tant que mécanisme 121 de transmission de la rotation et que, dans ce cas, il est préférable qu'un espacement ou un jeu d'environ 300 microns, par exemple, soit prévu entre les roues d'engrenage en prise mutuelle. Egalement, un tube de torsion ou un arbre flexible peut être utilisé en tant que mécanisme 121 de transmission de la rotation.

En outre, un étage 41 affecté à la direction Z est fixé solidement, par une de ses extrémités, au carter 300 et, par son autre extrémité, au moteur électrique 20. Un dispositif 76 de contrôle de l'étage, affecté à la direction Z, est connecté à l'étage 41 affecté à la direction Z, ainsi qu'au dispositif de contrôle 25. Le moteur électrique 20 est guidé au moyen d'un guide 400 pour se déplacer suivant la direction Z.

Dans l'appareil d'usinage par étincelage de cette cinquième forme d'exécution, quand la plage de commande dans la direction de l'axe Z de l'arbre d'entraînement 7 est égale ou supérieure à 1 mm par exemple, et quand l'écart entre la position de la poulie 121a du mécanisme 121 de transmission de la rotation, monté sur l'arbre de rotation 20a du moteur électrique 20, et la position de poussée de l'arbre d'entraînement 7 ou la position de la portion

d'enroulement 121b, détectée par la partie 12 de détection de la position en poussée, est égal ou supérieur à une valeur prescrite, le dispositif de contrôle 25 émet une commande au dispositif 76 de contrôle de l'étage affecté à la direction Z pour actionner l'étage 41 affecté à la direction Z, de manière à corriger l'écart. A la réception de la commande, le dispositif 76 de contrôle de l'étage affecté à la direction Z, actionne l'étage 41 affecté à la direction Z pour le déplacer vers une position prescrite, ce qui provoque également un déplacement correspondant du moteur électrique 20 suivant la direction Z, guidé par le guide 400.

En plus, l'angle effectif ou la vitesse angulaire effective du centre de l'arbre d'entraînement 7 est détecté ou détectée à partir de l'échelle 151 donnant la position en rotation, au moyen du lecteur 152 de l'échelle donnant la position en rotation et fourni ou fournie au dispositif de contrôle 25. A ce moment, une commande de rotation pour l'arbre d'entraînement 7 est générée par le dispositif de contrôle 25 et fournie depuis celui-ci à l'unité 60 de contrôle du moteur, pour que le nombre de rotations par minute ou la vitesse de rotation du moteur électrique 20 soit ajusté ou ajustée par l'unité 60 de contrôle du moteur. Dans ces conditions, le couple de rotation du moteur électrique 20 est transmis à l'arbre d'entraînement 7 par le mécanisme 121 de transmission de la rotation, grâce à quoi l'arbre d'entraînement 7 tourne à la vitesse angulaire ou à la vitesse de rotation requise.

Avec l'appareil d'usinage par étincelage de cette cinquième forme d'exécution, même lorsque la plage de commande dans la direction de l'axe Z de l'électrode-outil 1 est importante, le poids de l'arbre d'entraînement 7 est diminué comme dans les première à quatrième formes d'exécution, et l'électrode-outil 1 ne subit pas de diminution de la rapidité de sa réponse aux commandes, de sorte qu'il devient possible d'effectuer une opération de rotation et une opération de commande de l'électrode-outil 1 dans une plage large.

La Fig. 7 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage selon une sixième forme d'exécution de la présente invention et la Fig. 8 est une vue en plan de portions essentielles de la Fig. 7.

Cet appareil d'usinage par étincelage comprend une partie 101 d'alimentation en fluide, une soupape 107 de contrôle du débit en communication avec la partie 101 d'alimentation en fluide pour contrôler le débit du fluide, fourni depuis celle-ci, une pluralité d'ailettes 106 fixées solidement à l'arbre d'entraînement 7 et s'étendant radialement depuis celui-ci, une conduite 103 d'entraînement en rotation qui a son extrémité externe dirigée sur les ailettes 106 et qui est déformable par une partie 105 de changement de la direction de rotation, une conduite de refroidissement 104 ayant une extrémité externe dirigée sur les portions électromagnétiques 40b, 50b, 51b, pour les refroidir et une partie 102 de contrôle du débit ayant une extrémité connectée avec la soupape 107 de contrôle du débit et l'autre extrémité connectée avec le dispositif de contrôle 25.

A ce propos, il y a lieu de noter que, quand le

diamètre de l'arbre d'entraînement 7 est de 20 mm par exemple, 12 ailettes 106 – constituées chacune d'une plaque d'environ 15 mm de hauteur, d'environ 15 mm de largeur et d'environ 1 mm d'épaisseur – sont fixées à l'arbre d'entraînement 7.

Dans l'appareil d'usinage par étincelage, réalisé comme on vient de le décrire, une valeur de commande pour le débit du fluide est transmise depuis le dispositif de contrôle 25 à la partie 102 de contrôle du fluide, qui agit alors sur la soupape 107 de contrôle du débit de manière à ce que le débit du fluide fourni par la partie 101 d'alimentation en fluide à la conduite 103 d'entraînement en rotation et à la conduite de refroidissement 104 soit ajusté de manière appropriée.

Le fluide de la conduite 103 d'entraînement en rotation est projeté sur les ailettes 106 de l'arbre d'entraînement 7, pour pousser et faire tourner ainsi les ailettes 106, et donc provoquer la rotation simultanée de l'arbre d'entraînement 7 avec les ailettes 106. Dans ces conditions, le nombre de rotations par minute ou la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 7 est contrôlé ou contrôlée en ajustant le débit du fluide au moyen de la soupape 107 de contrôle du débit.

Dans ce contexte, quand la direction de rotation de l'arbre d'entraînement 7 doit être changée vers la direction opposée ou inverse, la partie 105 de changement de la direction de rotation est actionnée pour changer la position de l'extrémité externe de la conduite de refroidissement 104, comme illustré sur la Fig. 9.

En outre, le fluide de la conduite de refroidissement 104 est projeté sur les portions électromagnétiques 40b, 50b, 51b, de sorte que les portions électromagnétiques 40b, 50b, 51b sont, de ce fait, refroidies. Le fluide fourni depuis la conduite 103 d'entraînement en rotation et la conduite de refroidissement 104 est évacué vers l'extérieur par des orifices d'évacuation (non représentés) aménagés à travers le carter 300.

Les orifices d'évacuation sont agencés à des emplacements du carter 300 qui sont disposés diagonalement par rapport aux portions de celui-ci où les conduites 103, 104 traversent le carter 300, de sorte que le fluide peut circuler dans le carter 300 sans y stagner.

Dans cette sixième forme d'exécution, par exemple de l'air sous environ 5 atmosphères est utilisé comme fluide pour faire tourner l'arbre d'entraînement 7, ainsi que pour refroidir les portions électromagnétiques 40b, 50b, 51b. A cet égard, il est préférable que le fluide, amené à la conduite de refroidissement 104, soit refroidi d'abord à une température basse au moyen d'un système de refroidissement (non représenté) et ensuite amené aux portions électromagnétiques 40b, 50b, 51b, ce qui permet d'améliorer l'effet de refroidissement.

Dans l'appareil d'usinage par étincelage de cette sixième forme d'exécution, le mécanisme pour entraîner en rotation l'arbre d'entraînement 7, comprend un mécanisme d'entraînement en rotation faisant appel à un fluide sous pression et le mécanisme assurant la rotation de l'électrode-outil 1 est séparé du dispositif 5 de commande de l'électrode.

Avec un tel agencement, le poids de l'arbre d'entraînement 7 peut être considérablement diminué, par comparaison avec un appareil conventionnel d'usinage par étincelage ayant un arbre d'entraînement qui sert de rotor au moteur électrique. Dans ces conditions, il est possible d'assurer une réponse rapide de l'électrode-outil 1 aux commandes.

Par ailleurs, le fluide est également utilisé pour refroidir les portions électromagnétiques 40b, 50b, 51b et pour empêcher ainsi une déformation thermique des portions électromagnétiques 40b, 50b, 51b, ce qui permet d'assurer une attraction magnétique stable et contrôlée des portions électromagnétiques 40b, 50b, 51b et donc d'améliorer la précision de l'usinage.

Bien que cela n'ait pas été décrit dans cette forme d'exécution, même dans un appareil d'usinage par étincelage où la commande de l'électrode-outil dans la direction radiale est limitée par des paliers de guidage ou auxiliaires, tout en permettant à l'électrode-outil de se déplacer suivant seulement la direction de l'axe Z, comme cela est le cas de la cinquième forme d'exécution ci-dessus, cet appareil peut être réalisé de manière à ce que l'arbre d'entraînement soit entraîné en rotation en projetant du fluide sur une pluralité d'ailettes fixées à l'arbre d'entraînement.

La Fig. 10 est une vue de l'agencement d'un appareil d'usinage par étincelage, selon une septième forme d'exécution de la présente invention.

Dans cette septième forme d'exécution, par comparaison avec la sixième forme d'exécution ci-dessus, la différence principale est que les ailettes 106 sont fixées solidement à une portion d'extrémité inférieure de l'arbre d'entraînement 7.

En l'occurrence, dans cet appareil d'usinage par étincelage, un couvercle 109 pour les ailettes est monté sur le système d'alimentation 16 et les ailettes 106 sont fixées à une portion d'extrémité inférieure de l'arbre d'entraînement 7, à l'intérieur du couvercle 109 pour les ailettes. Le couvercle 109 pour les ailettes est en communication avec la partie 101 d'alimentation en fluide par l'intermédiaire de la conduite 103 d'entraînement en rotation. La partie 101 d'alimentation en fluide est en communication par l'intermédiaire de la soupape 107 de contrôle du débit avec la partie 102 de contrôle du débit, laquelle est, à son tour, connectée avec le dispositif de contrôle 25.

Dans l'appareil d'usinage par étincelage, selon cette septième forme d'exécution, la partie 102 de contrôle du débit contrôle la soupape 107 de contrôle du débit, en fonction de la commande de rotation pour l'arbre d'entraînement 7 générée, par le dispositif de contrôle 25, grâce à quoi la quantité de fluide fournie par la partie 101 d'alimentation en fluide est ajustée de manière appropriée. Le fluide fourni depuis la partie 101 d'alimentation en fluide est introduit dans le couvercle 109 pour les ailettes par la conduite 103 d'entraînement en rotation, de manière à provoquer la rotation des ailettes 106, grâce à quoi l'arbre d'entraînement 7 est entraîné en rotation. Le fluide qui a servi à faire tourner les ailettes 106 est évacué à l'extérieur du couvercle 109 pour les ailettes par un orifice 108 d'évacuation du fluide.

A ce propos, il y a lieu de noter que le nombre de rotations par minute ou la vitesse de rotation de l'arbre d'entraînement 7 est contrôlé ou contrôlée en ajustant le débit du fluide au moyen de la soupape 107 de contrôle du débit.

Dans l'appareil d'usinage par étincelage de cette septième forme d'exécution, des effets avantageux similaires à ceux obtenus dans la sixième forme d'exécution ci-dessus peuvent être atteints. En plus, comme les ailettes 106 sont disposées dans le voisinage de l'électrode-outil 1, on peut restreindre les fluctuations latérales ou horizontales de l'axe de rotation de l'électrode-outil 1 à des niveaux bas.

En outre, il y a également un espace autour d'une portion supérieure de l'arbre d'entraînement 7 pour le montage d'ailettes 106 et, si on applique une force de rotation à l'arbre d'entraînement 7 en deux points séparés l'un de l'autre, il devient possible de faire tourner l'arbre d'entraînement 7 d'une manière plus stable.

Alors que l'invention a été décrite à l'aide de formes d'exécution préférées, ceux versés dans l'art comprendront que l'invention peut être mise en œuvre avec des modifications, sans sortir du domaine de l'invention défini par les revendications annexées ou se départir de son esprit.

Revendications

1. Appareil d'usinage par étincelage comprenant: une électrode-outil ayant son extrémité externe dirigée vers une pièce usinée, une tension étant appliquée entre ladite électrode-outil et ladite pièce usinée, pour provoquer une décharge; un arbre d'entraînement connecté à ladite électrode-outil; un dispositif de commande de l'électrode ayant des paliers magnétiques pour déplacer ledit arbre d'entraînement dans trois directions, en particulier dans la direction de l'axe Z, qui est la direction axiale dudit arbre d'entraînement, la direction de l'axe Y qui coupe perpendiculairement la direction dudit axe Z, et la direction de l'axe X qui coupe perpendiculairement la direction dudit axe Y et la direction dudit axe Z, en fournissant un courant électrique à des portions électromagnétiques desdits paliers magnétiques, pour contrôler l'attraction magnétique de celles-ci; un couplage mobile connecté avec une extrémité dudit arbre d'entraînement et capable d'être déplacé dans lesdites trois directions; et un moteur électrique connecté avec une extrémité dudit couplage pour entraîner ledit arbre d'entraînement en rotation, par l'intermédiaire dudit couplage.

2. Appareil d'usinage par étincelage selon la revendication 1, dans lequel ledit couplage comprend: un élément coulissant dans la direction Z qui est connecté avec ledit moteur électrique, disposé au-dessus dudit arbre d'entraînement et qui peut être déplacé dans la direction dudit axe Z; un élément coulissant dans la direction Y qui peut être déplacé dans la direction dudit axe Y; un élément coulissant dans la direction X qui peut être déplacé dans la direction dudit axe X; et un ressort disposé entre ledit élément coulissant dans la direction Z et ledit élément coulissant dans la direction X ou entre ledit élément coulissant dans la direction Z et ledit

élément coulissant dans la direction Y, pour solliciter ledit élément coulissant dans la direction X et ledit élément coulissant dans la direction Y vers ledit moteur électrique.

3. Appareil d'usinage par étincelage selon la revendication 1, dans lequel ledit couplage comprend un joint universel.

5

4. Appareil d'usinage par étincelage selon la revendication 1, comprenant, en outre, une unité de transport montée sur ledit moteur électrique, pour déplacer ledit moteur électrique dans lesdites trois directions.

10

5. Appareil d'usinage par étincelage selon la revendication 1, comprenant, en outre, une unité de détection de la rotation, montée sur ledit moteur électrique, pour obtenir une information concernant la rotation dudit arbre d'entraînement, où la rotation dudit arbre d'entraînement est contrôlée par un signal de ladite unité de détection de la rotation.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

9

FIG. 1

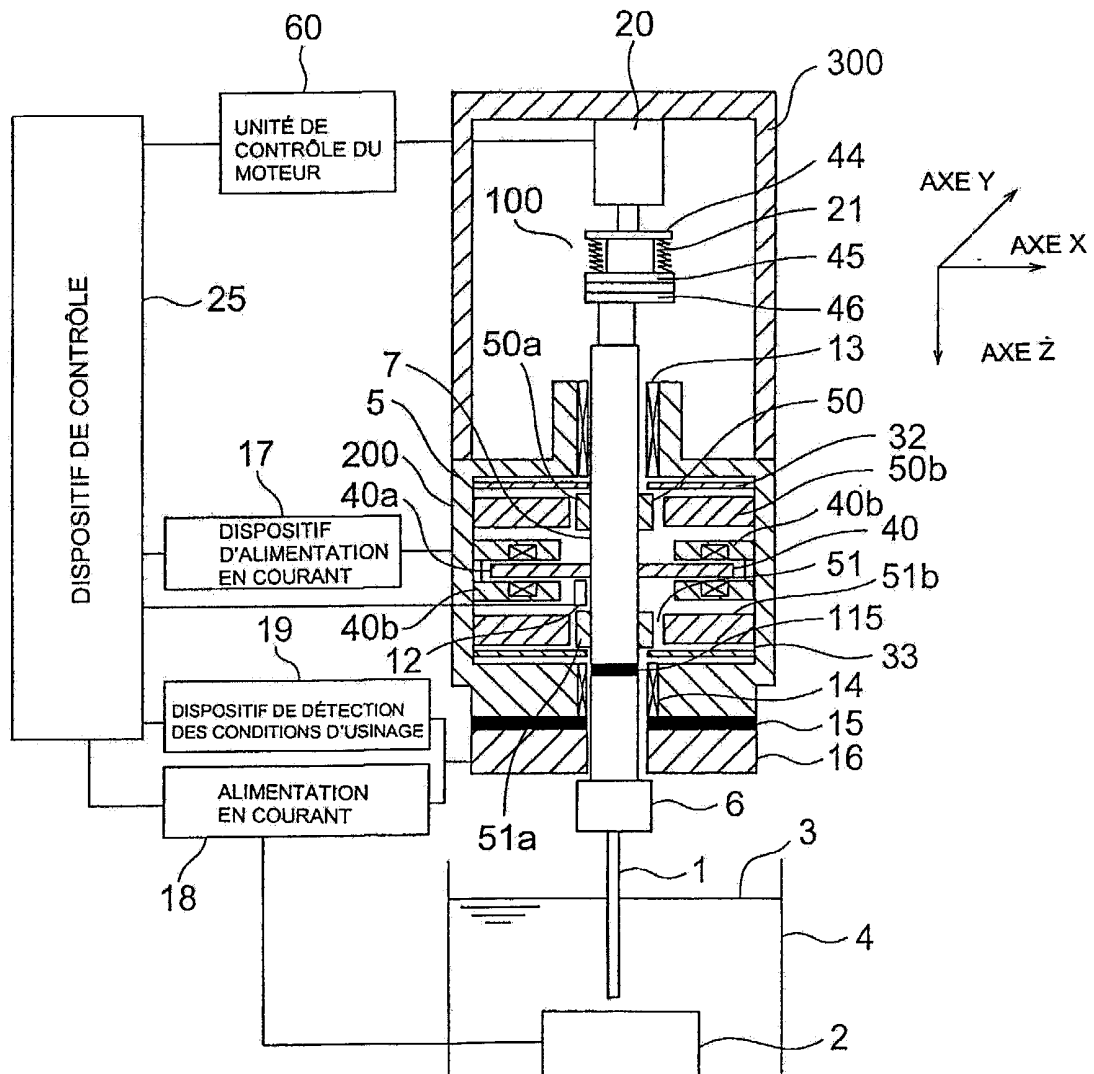


FIG. 2

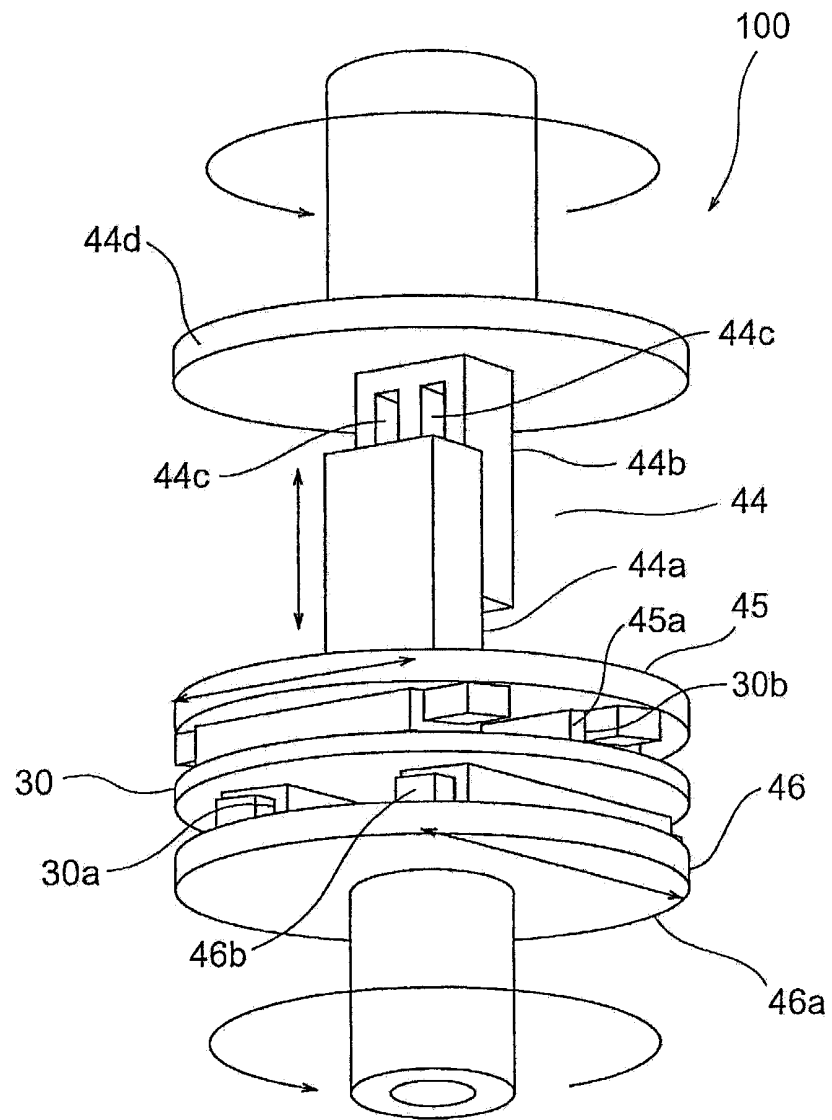


FIG. 3

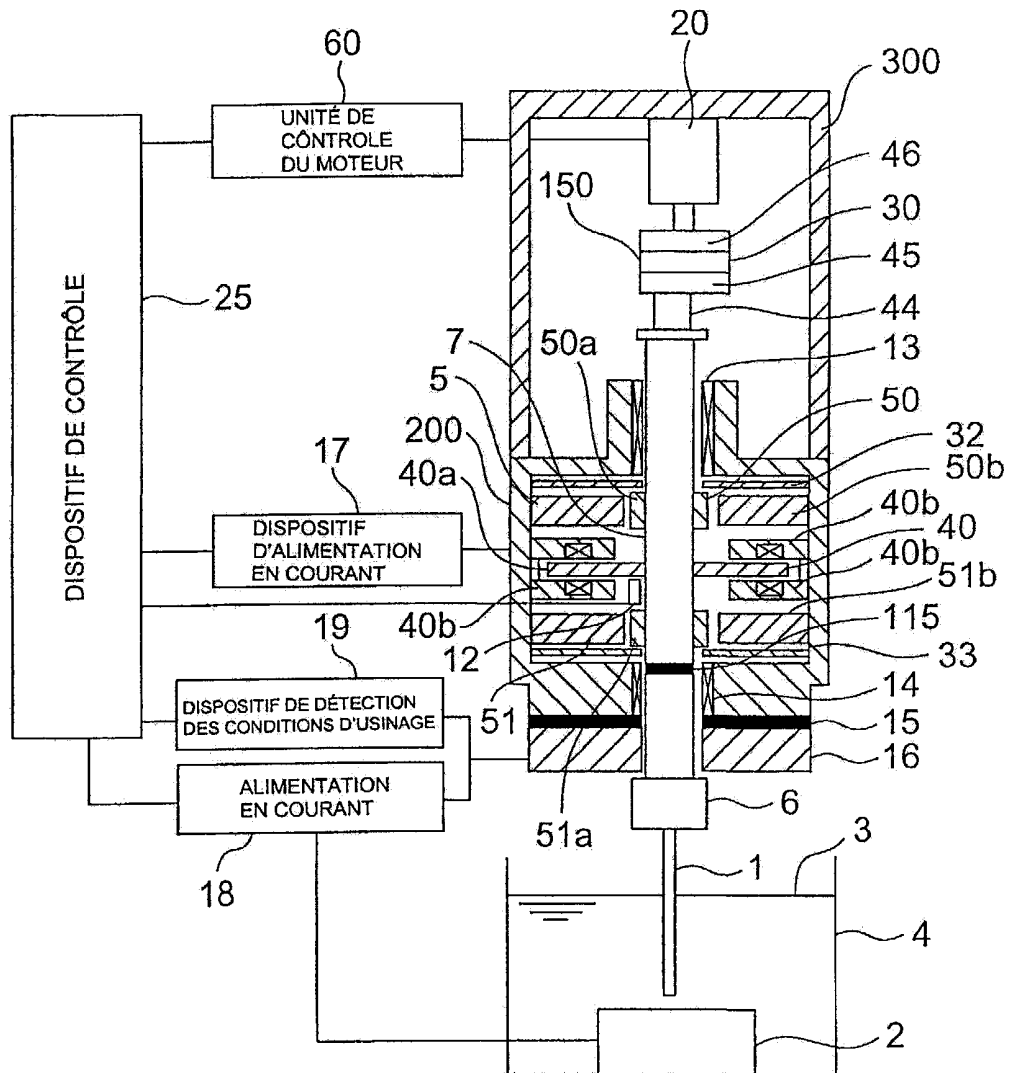


FIG. 4

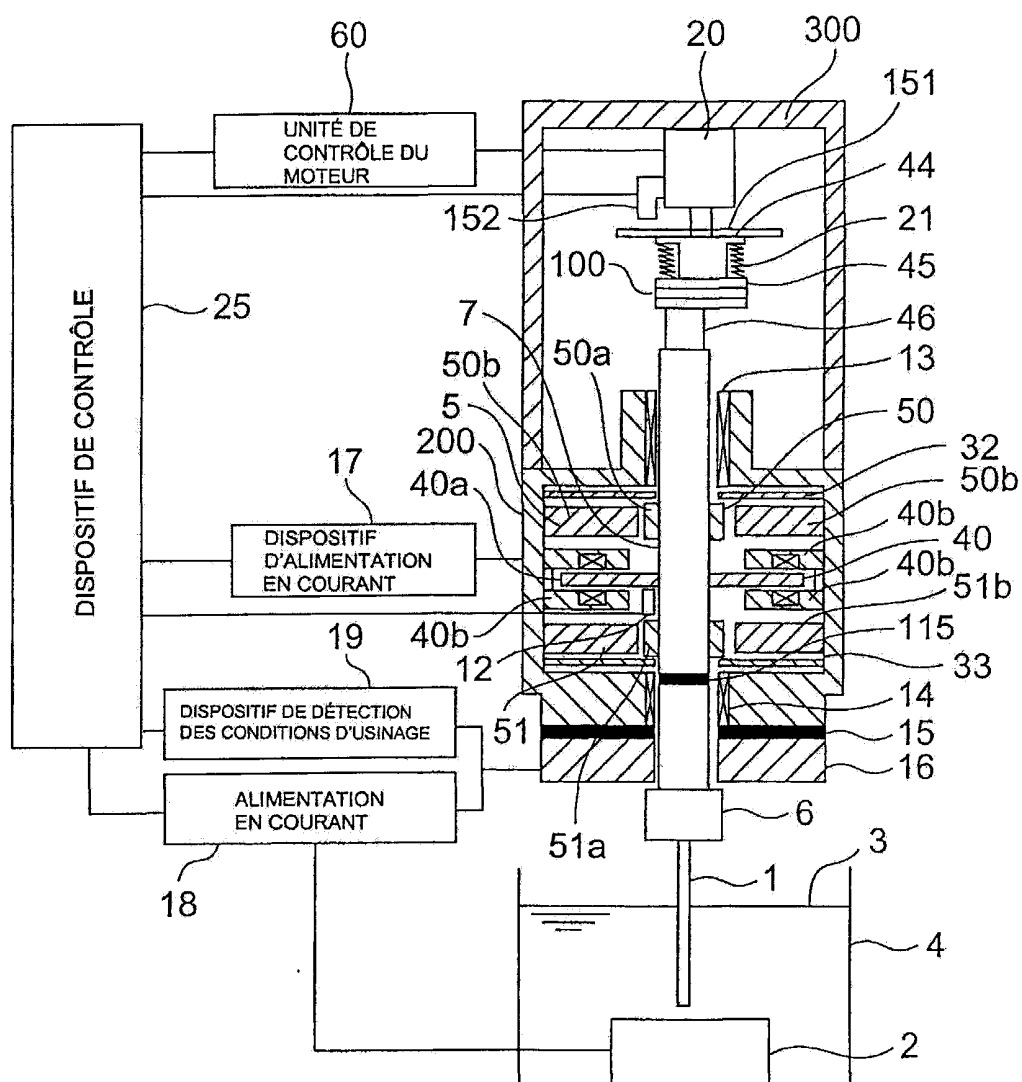


FIG. 5

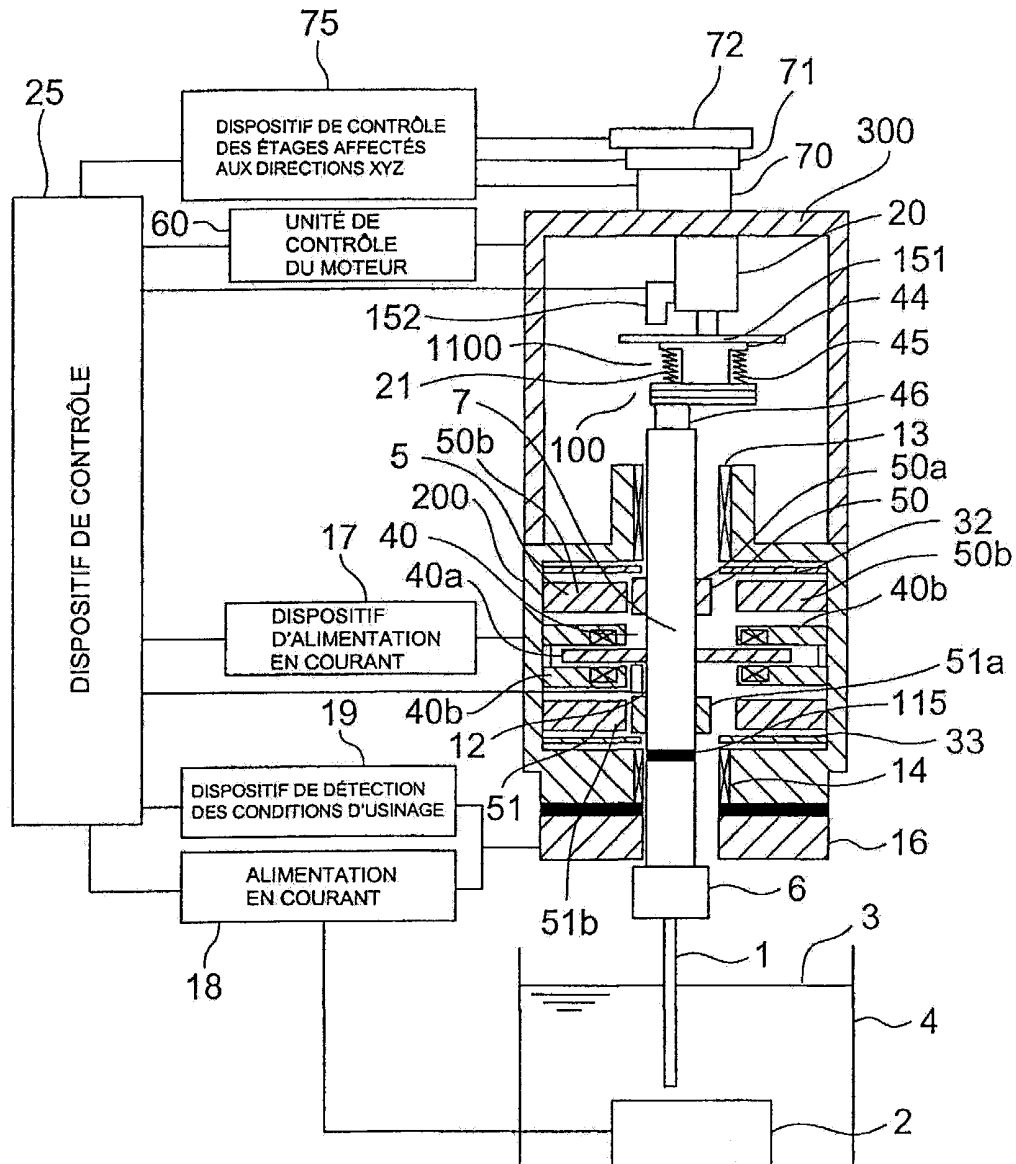


FIG. 6

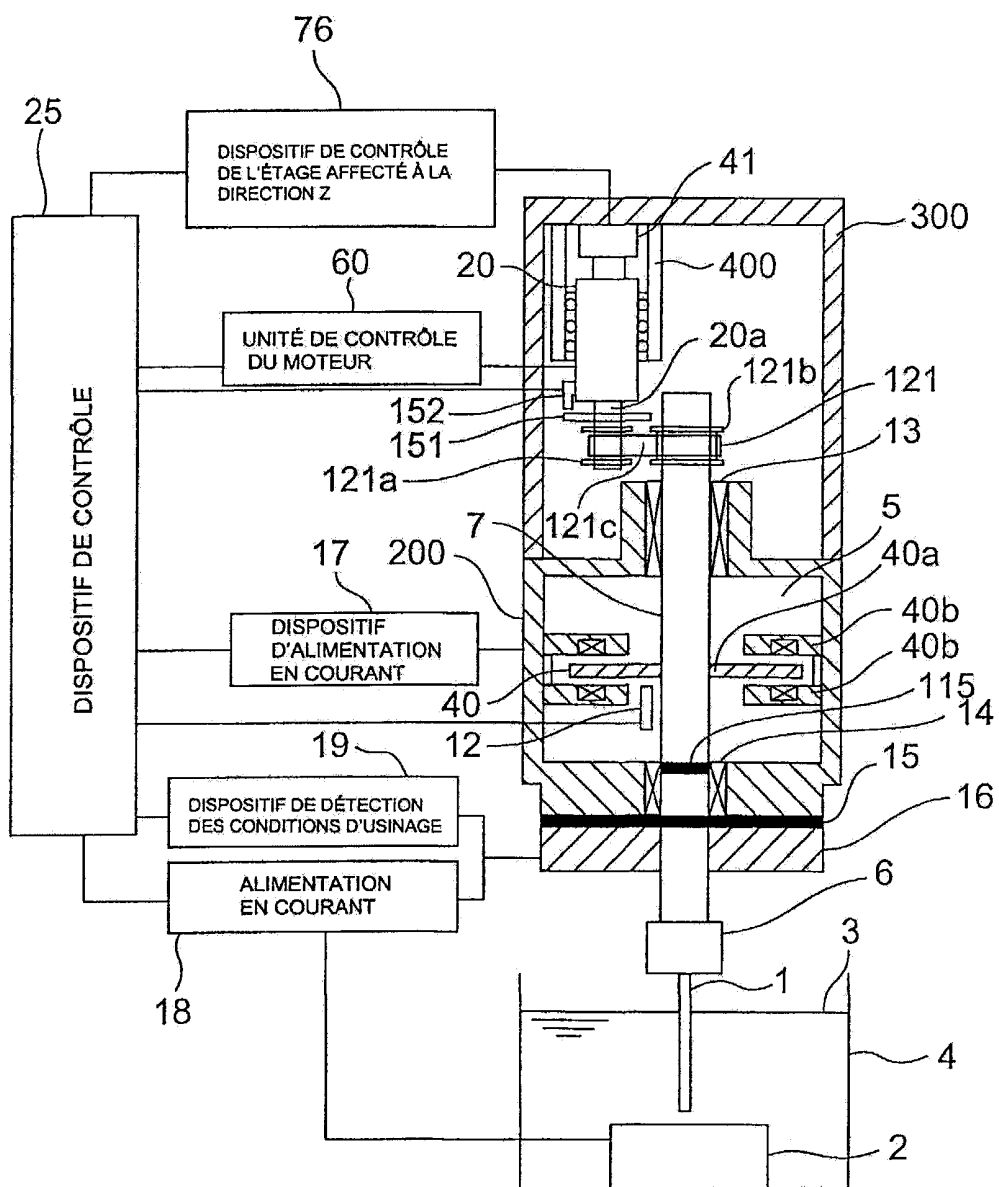


FIG. 7

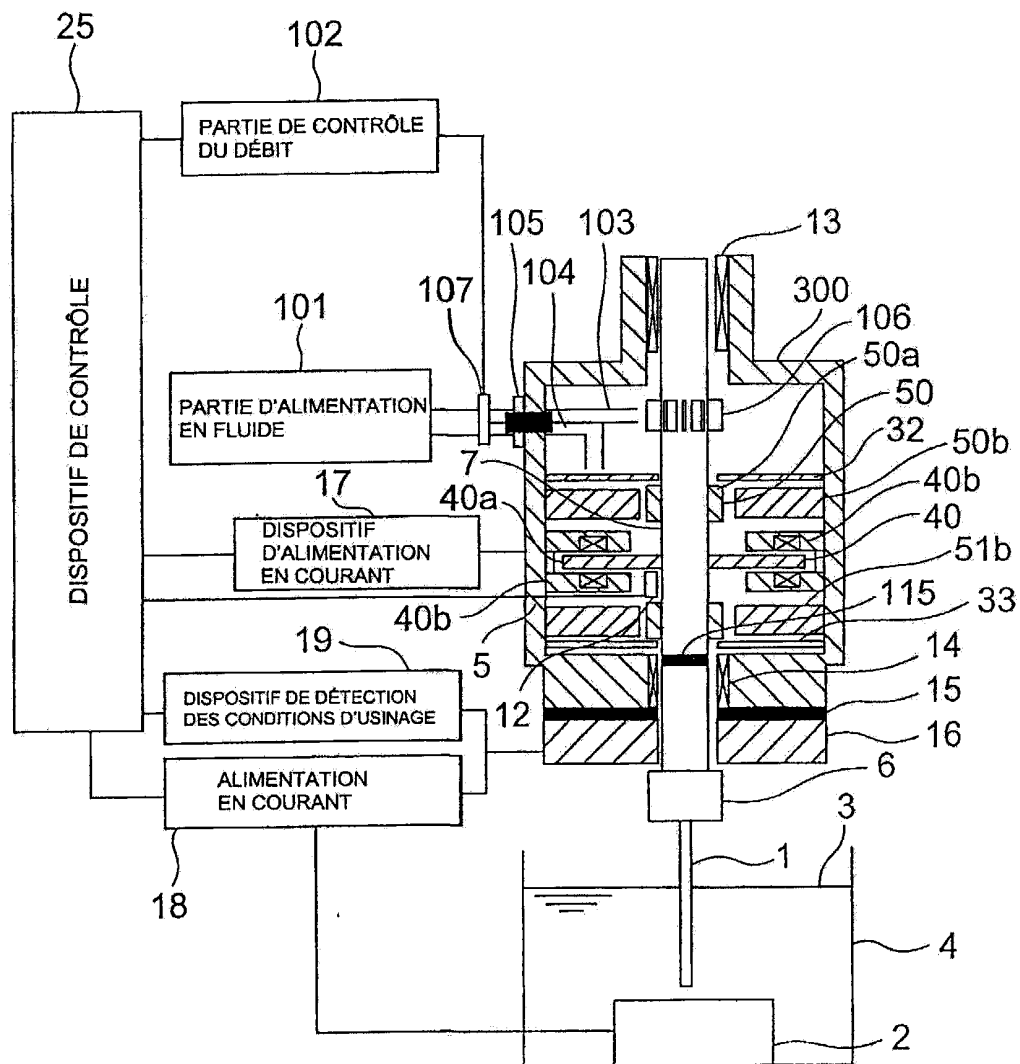


FIG. 8

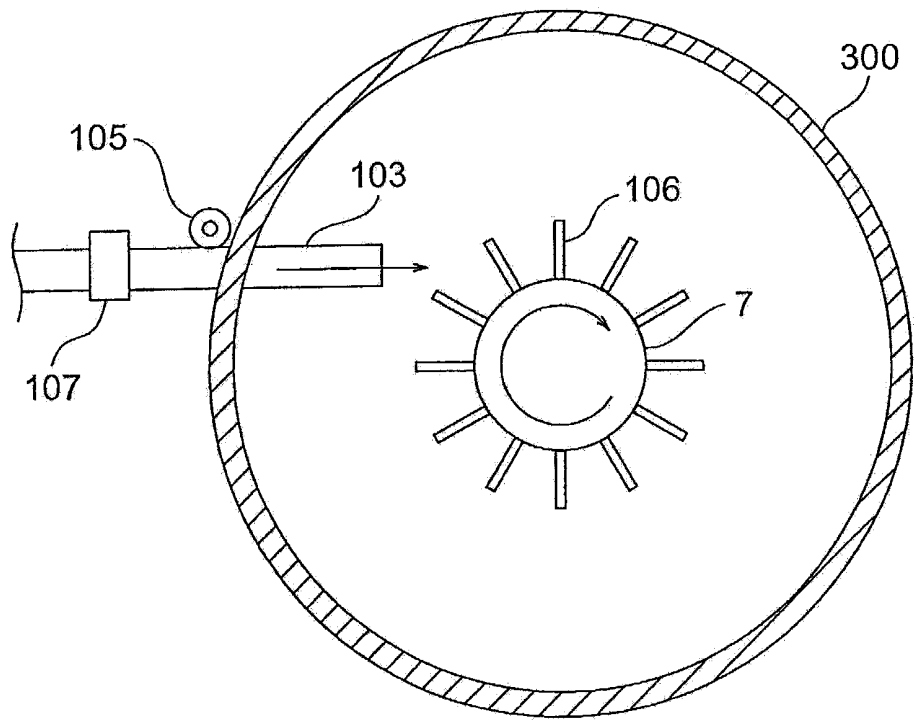


FIG. 9

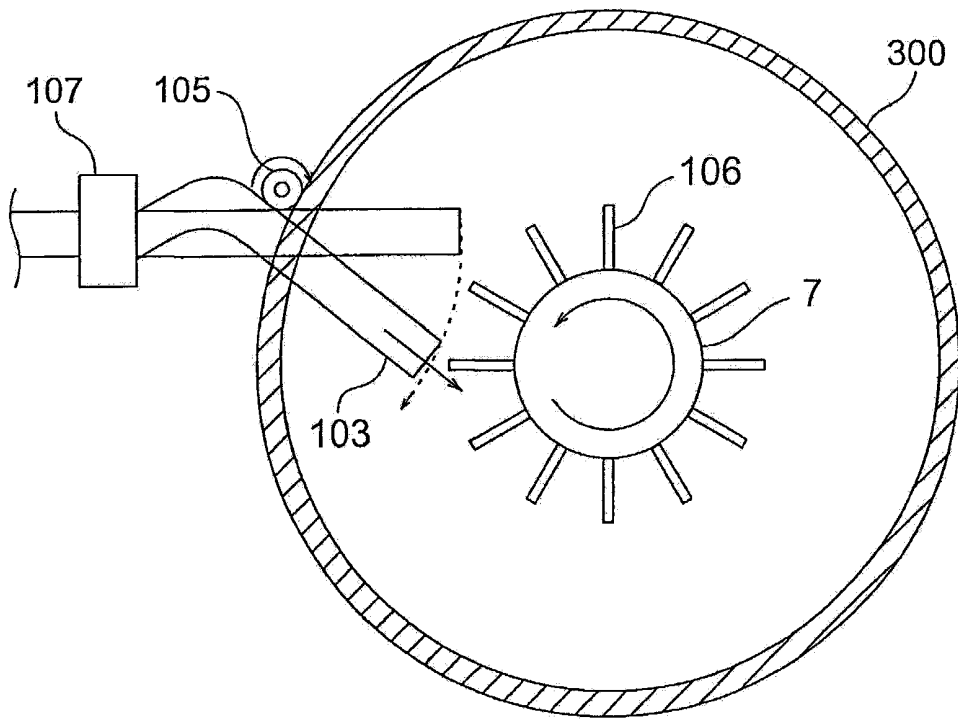


FIG. 10

