



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 693 262 A5

⑤① Int. Cl.⁷: B 23 H 007/06

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

⑫① Numéro de la demande: 00591/96

⑫② Date de dépôt: 05.03.1996

⑫③ Priorité: 06.03.1995 JP 7/45429

⑫④ Brevet délivré le: 15.05.2003

⑫⑤ Fascicule du brevet
publiée le: 15.05.2003

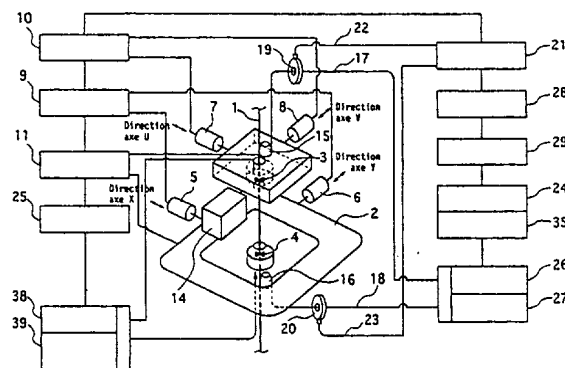
⑦③ Titulaire(s):
MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA,
2-3, Marunouchi 2-chome Chiyoda-ku,
Tokyo 100 (JP)

⑦② Inventeur(s):
Osamu Yasuda,
2-3, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku,
100 Tokyo (JP)
Yoshiro Nakayama,
2-3, Marunouchi 2 chome, Chiyoda-ku,
100 Tokyo (JP)

⑦④ Mandataire:
William Blanc & Cie,
conseils en propriété industrielle S.A., 9, rue du Valais,
1202 Genève (CH)

⑤④ Machine d'usinage à décharges à électrode en fil métallique et procédé pour sa mise en action.

⑤⑦ Une décharge est produite en approchant une électrode en fil métallique 1 d'une pièce à usiner 14 fixée sur une table 2. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique et la valeur de correction sont calculées en mesurant la décharge pendant une durée prescrite ou un nombre d'impulsions de décharge prescrit, et en prenant la position de décharge comme largeur ou comme distribution. Ensuite, on effectue la correction. Ceci permet de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce directement, en utilisant l'électrode en fil métallique. Dans ces conditions, il est possible de diminuer, d'une manière très importante, le temps nécessaire pour assurer une fixation précise de la pièce sur la table et le temps nécessaire pour des opérations telles que la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique pendant la décharge.



Description

La présente invention concerne une machine d'usinage à décharges à électrode en fil métallique et un procédé pour sa mise en action. Plus particulièrement, l'invention concerne une machine à décharges à électrode en fil métallique et un procédé pour détecter l'angle d'inclinaison d'une électrode en fil métallique par rapport à une pièce, de manière à corriger une inclinaison indésirable.

La publication de brevet japonaise mise à la disposition du public pour consultation N° 58-94 930 décrit un mécanisme de machine à décharges à électrode en fil métallique et un procédé dans lequel l'inclinaison d'une électrode en fil métallique par rapport à la table sur laquelle est fixée une pièce, est corrigée indirectement par l'intermédiaire de la table.

En se reportant à la fig. 19, on va décrire le procédé pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la table, qui est décrit dans la publication susmentionnée.

Sur la fig. 19, le chiffre de référence 1 est une électrode en fil métallique, 2 est une table sur laquelle la pièce est fixée, 3 est un guide supérieur de l'électrode en fil métallique, 4 est un guide inférieur de l'électrode en fil métallique, 5 est un moteur à axe X qui déplace la table 2 dans la direction de l'axe X, 6 est un moteur à axe Y qui déplace la table 2 dans la direction de l'axe Y, 7 est un moteur à axe U qui déplace le guide supérieur 3 du fil métallique dans la direction de l'axe U, 8 est un moteur à axe V qui déplace le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique dans la direction de l'axe V, 9 est un moyen de commande de la table qui contrôle le mouvement de la table 2 dans les directions de l'axe X et de l'axe Y, en provoquant la rotation du moteur 5 à axe X et la rotation du moteur 6 à axe Y, 10 est un moyen de commande de l'inclinaison qui contrôle le mouvement du guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V en entraînant le moteur 7 à axe U et le moteur 8 à axe V, 11 est un moyen de détection de position qui provoque le contact de l'électrode en fil métallique 1 avec la pièce et détecte le point de contact de l'électrode avec la pièce, 12 est un dispositif de réglage rectangulaire qui corrige l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la table 2, 13 est un moyen de détection de la verticalité qui détecte l'état de contact entre le dispositif de réglage rectangulaire 12 et l'électrode en fil métallique 1, et 25 est une unité de commande numérique qui gère le moyen 9 de commande de la table et le moyen 10 de commande de l'inclinaison sur la base des programmes prescrits ou d'une opération manuelle.

Les fig. 20a et 20b sont des dessins de construction qui montrent les détails du dispositif de réglage rectangulaire 12 de la fig. 19. La fig. 20a est une vue frontale du dispositif de réglage rectangulaire 12 et la fig. 20b est une vue d'en bas du dispositif de réglage rectangulaire 12.

Sur la fig. 20a, 30 représente une plaque supérieure de détection par contact, 31 est une plaque inférieure de détection par contact et 32 est un iso-

lant qui est disposé entre la plaque supérieure 30 de détection par contact et la plaque inférieure 31 de détection par contact, pour les isoler l'une de l'autre. Les contacts du côté supérieur et du côté inférieur de l'électrode 1 sont détectés respectivement par la plaque supérieure 30 de détection par contact et la plaque inférieure 31 de détection par contact. 33 est un conducteur supérieur de signaux, pour transmettre un signal, qui est produit quand l'électrode en fil métallique 1 vient en contact avec la plaque supérieure 30 de détection par contact, vers le moyen 13 de détection de l'inclinaison. Le chiffre de référence 34 est un conducteur inférieur de signaux, pour transmettre un signal, qui est produit quand l'électrode en fil métallique 1 vient en contact avec la plaque inférieure 31 de détection par contact, vers le moyen 13 de détection de la verticalité. 30a et 30b sont des parties de contact dans la direction de l'axe X, qui sont prévues respectivement sur la plaque supérieure 30 de détection par contact et sur la plaque inférieure 31 de détection par contact. Les chiffres de référence 31a et 31b sont des parties de contact dans la direction de l'axe Y, qui sont prévues respectivement sur la plaque supérieure 30 de détection par contact et la plaque inférieure 31 de détection par contact.

Le fonctionnement de ce système sera décrit ci-après.

Sur la fig. 19, l'électrode en fil métallique 1 est guidée par le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique et le guide inférieur 4 de l'électrode en fil métallique. Le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique est mobile et le guide inférieur 4 de l'électrode en fil métallique est fixe. Pour donner de l'inclinaison à l'électrode en fil métallique 1, le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique est déplacé par l'entraînement du moteur 7 à axe U dans la direction de l'axe U ou le moteur 8 à axe V dans la direction de l'axe V. Le dispositif de réglage rectangulaire 12 est fixé sur la table 2. La table 2 est déplacée par l'effet du moteur 5 à axe X dans la direction de l'axe X ou par l'effet du moteur à axe Y dans la direction de l'axe Y.

Une opération pour assurer le positionnement correct de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la table 2 est décrite ci-après.

L'électrode en fil métallique 1 est déplacée vers le dispositif de réglage rectangulaire 12 en déplaçant la table 2. Lorsqu'on continue à avancer la table, si l'électrode en fil métallique 1 n'est pas à angle droit par rapport à la table 2, l'électrode en fil métallique 1 touche soit la plaque supérieure 30 de détection par contact, soit la plaque inférieure 31 de détection par contact du dispositif de réglage rectangulaire 12. Par exemple, quand l'électrode en fil métallique 1 touche la plaque supérieure 30 de détection par contact, la table 2 est reculée d'une certaine distance par rapport au dispositif de réglage rectangulaire 12 et à ce moment le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique est incliné d'un certain degré dans la direction opposée au dispositif de réglage rectangulaire 12 par l'effet du moteur 7 à axe U ou du moteur 8 à axe V. Ensuite l'électrode en fil métallique 1 est déplacée vers le dispositif de réglage rectangulaire 12 par le dépla-

cement de la table 2. Si l'électrode en fil métallique 1 continue à toucher uniquement la plaque supérieure 30 de détection par contact du dispositif de réglage rectangulaire 12, l'opération ci-dessus est répétée jusqu'à ce que l'électrode 1 touche simultanément aussi bien la plaque supérieure 30 de détection par contact que la plaque inférieure 31 de détection par contact du dispositif de réglage rectangulaire 12. Grâce à ces opérations, l'électrode en fil métallique 1 se place verticalement par rapport à la table 2.

Par ailleurs, si l'électrode en fil métallique 1 touche d'abord la plaque inférieure 31 de détection par contact du dispositif de réglage rectangulaire 12, la table 2 est d'abord éloignée d'une certaine distance du dispositif de réglage rectangulaire 12. Ensuite, le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique est incliné d'un certain degré de manière à se rapprocher du dispositif de réglage rectangulaire 12 par l'entraînement du moteur 7 à axe U ou du moteur 8 à axe V. Encore une fois, l'électrode en fil métallique 1 est déplacée vers le dispositif de réglage rectangulaire 12 en déplaçant la table 2. Si l'électrode en fil métallique 1 continue à toucher la plaque inférieure 31 de détection par contact du dispositif de réglage rectangulaire en premier, l'opération susmentionnée est répétée jusqu'à ce que l'électrode en fil métallique 1 touche simultanément la plaque supérieure 30 de détection par contact et la plaque inférieure 31 de détection par contact du dispositif de réglage rectangulaire 12. Par ces procédés, l'électrode en fil métallique 1 est mise à la verticale par rapport à la table 2.

Comme décrit ci-dessus, le procédé pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la table, tout en utilisant la décharge électrique, se fait manuellement. Pour obtenir une décharge stable pour corriger l'inclinaison, il est nécessaire de produire une décharge non pas dans l'air, mais dans un fluide. Comme il est impossible à un opérateur de vérifier visuellement l'état de la décharge avec l'électrode immergée dans l'eau, l'opérateur doit vérifier la position de décharge avec l'électrode aspergée d'eau venant de buses supérieures et inférieures. La circulation du fluide rend difficile la détermination précise de la position de décharge, et il faut être expert pour corriger l'inclinaison.

En outre, une machine à décharges à électrode en fil métallique est une machine de précision qui nécessite une précision meilleure que le micron, et l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce fixée à la table influe directement sur la précision de l'usinage. Par conséquent, il est primordial de maintenir l'électrode en fil métallique verticale par rapport à la pièce fixée sur la table, pour arriver à la précision d'usinage souhaitée. Dans la machine à décharges à électrode, comme mentionné ci-dessus, il faut un dispositif de réglage spécifique pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la table. Toutefois, un problème avec le dispositif de réglage est que ses plaques supérieure et inférieure de détection de contact sont sujettes à une usure par corrosion électrolytique, qui dépend de la fréquence d'utilisa-

tion, de sorte qu'une correction précise de l'inclinaison du fil par rapport à la table devient difficile.

En outre, le dispositif de réglage peut être fixé sur la table d'une manière involontaire dans une position inclinée au moment de la fixation de la pièce, de sorte qu'il faut du temps pour ajuster le dispositif de réglage correctement sur la table. En outre, lorsque le dispositif de réglage est fixé sur la table même dans l'opération d'usinage, sa précision peut être affectée par l'usinage. Par conséquent, il est nécessaire de fixer le dispositif de réglage sur la table uniquement au moment de la correction de l'inclinaison du fil métallique par rapport à la table.

Il est possible d'automatiser l'opération de correction pour rendre l'électrode verticale par rapport à la table. Toutefois, la préparation et le montage du dispositif de réglage ci-dessus ne peuvent pas être automatisés, de sorte qu'il faut du temps supplémentaire. En outre, une erreur de montage ou similaire peut avoir lieu, en provoquant ainsi une détérioration de la précision des produits finis.

On connaît un procédé pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, utilisant une petite décharge. Toutefois, cette opération doit être effectuée manuellement, elle demande une certaine expertise pour une correction précise et elle demande un temps considérable. Ainsi, elle est loin d'être pratique à utiliser, sauf dans les usinages à haute précision exécutés par un opérateur spécialisé.

Dans ces conditions, on a réalisé la présente invention pour résoudre les problèmes ci-dessus, et un de ses objectifs est de fournir une machine à décharges à électrode en fil métallique qui est améliorée, et un procédé qui permet de corriger facilement l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à une pièce, sans utiliser un dispositif de réglage spécifique, mais en utilisant la pièce elle-même en cours d'usinage pour fournir un produit, ainsi que l'électrode en fil métallique, ladite machine étant conforme à la revendication 1, ledit procédé étant conforme à la revendication 12, des formes d'exécution particulières étant définies dans les revendications dépendantes.

Une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une première forme d'exécution de l'invention comprend: un premier moyen d'alimentation en fluide de travail entre une électrode en fil métallique et une pièce; une source de courant d'usinage pour appliquer une tension produisant une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce à travers le fluide de travail amené par le moyen d'alimentation en fluide; une table sur laquelle la pièce est fixée; un moyen de commande de la table pour contrôler le mouvement de la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; un moyen de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, en déplaçant un des guides de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; un moyen de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base

du courant fourni par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; un moyen de détermination de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour déterminer la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base du décalage de la position de décharge détectée par le moyen de détection de la position de décharge lorsque l'électrode en fil métallique se rapproche de la pièce; et un moyen de correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base de la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique déterminée par le moyen de vérification de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique.

Un procédé de décharge par électrode en fil métallique selon une deuxième forme d'exécution de l'invention comprend les étapes consistant à: appliquer une tension, par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers un fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique et la pièce; contrôler le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y d'une table à laquelle la pièce est fixée; ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique se trouvant respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce sur la base du courant fourni par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; déterminer la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce sur la base d'un décalage de la position de décharge lorsque l'électrode en fil métallique se rapproche de la pièce; et à corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce sur la base de la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique.

Une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une troisième forme d'exécution de l'invention comprend: un moyen d'alimentation en fluide de travail pour amener du fluide de travail entre une électrode en fil métallique et une pièce; une source de courant d'usinage pour appliquer une tension pour produire une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce à travers un fluide de travail fourni par le moyen d'alimentation en fluide de travail; une table sur laquelle la pièce est fixée; un moyen de commande de la table pour contrôler le mouvement de la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides de l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; un moyen de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant un des guides de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; un moyen de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre

l'électrode en fil métallique et la pièce sur la base du courant fourni par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant arrivant d'une source d'alimentation en courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; un moyen pour mesurer la position de décharge pendant une durée de temps prescrite détectée par le moyen de détection de la position de décharge lorsque l'électrode en fil métallique se rapproche de la pièce; un moyen de calcul de la largeur de décharge pour calculer la distance entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la position de décharge en tant que largeur de décharge dans la direction de l'épaisseur de la pièce; un moyen de calcul de la valeur de correction pour calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base de la largeur de décharge calculée par le moyen de calcul de la largeur de décharge, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge détectée par le moyen de détection de la position de décharge.

Un procédé de décharges par une électrode en fil métallique selon une quatrième forme d'exécution de l'invention comprend les étapes consistant à: appliquer une tension, par la source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers un fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce; contrôler le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y de la table à laquelle la pièce est fixée; ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique situées respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce sur la base du courant fourni par la ligne d'alimentation supérieure en courant et par la ligne inférieure d'alimentation en courant arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; mesurer la position de décharge pendant une période de temps prescrite lorsque l'électrode en fil métallique se rapproche de la pièce; calculer la distance entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la position de décharge en tant que largeur de décharge dans la direction de l'épaisseur de la pièce; et à calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce sur la base de la largeur de décharge, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge.

Une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une cinquième forme d'exécution de l'invention comprend: un moyen d'alimentation en fluide de travail pour amener un fluide de travail entre une électrode en fil métallique et une pièce; une source de courant d'usinage pour appliquer une tension pour produire une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce à travers un fluide de travail fourni par le moyen d'alimentation en fluide de travail; une table sur laquelle est fixée la pièce; un moyen de commande de la table pour la commande du mouvement de la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides de

l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; un moyen de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, en déplaçant un des guides de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; un moyen de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce sur la base du courant fourni par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant, arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; un moyen pour mesurer la position de décharge, pendant une période de temps prescrite, détectée par le moyen de détection de la position de décharge lorsque l'électrode en fil métallique se rapproche de la pièce; un moyen de comptage pour diviser d'une manière égale l'épaisseur de la pièce en un nombre spécifié par un programme prédéterminé et à compter un nombre d'impulsions de décharge à chacune des parties divisées de la pièce; et un moyen de calcul de la valeur de correction pour calculer la valeur de correction, afin de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base du nombre d'impulsions de décharge déterminé par le moyen de comptage, l'épaisseur de la pièce et la position de décharge détectée par le moyen de détection de la position de la décharge.

Un procédé de décharge d'une électrode en fil métallique selon une sixième forme d'exécution de l'invention comprend les étapes consistant à: appliquer une tension par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers un fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce; contrôler le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y d'une table sur laquelle la pièce est fixée; ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant, dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base du courant fourni par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; mesurer la position de décharge pendant une période de temps prescrite lorsque l'électrode en fil métallique se rapproche de la pièce; diviser d'une manière égale l'épaisseur de la pièce en un nombre spécifié dans un programme prédéterminé et compter un nombre d'impulsions de décharge à chacune des parties divisées de la pièce; et à calculer la valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base du nombre d'impulsions de décharges, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge.

Une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une septième forme d'exécution de l'invention, en plus des moyens d'une des première, troisième et cinquième formes d'exécution com-

prend en outre: un moyen de mémorisation des positions de décharge pour déplacer le guide de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V pour incliner l'électrode en fil métallique de manière à produire la décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce et mémoriser la position de décharge détectée par le moyen de détection de la position de décharge; et un moyen de calcul de l'épaisseur de la pièce pour calculer l'épaisseur de la pièce sur la base de la position de décharge mémorisée dans le moyen de mémorisation de la position de décharge.

Un procédé de décharges par une électrode en fil métallique selon une huitième forme d'exécution de l'invention, en plus des étapes décrites dans l'une d'entre la deuxième, la quatrième et la sixième formes d'exécution, comprend en outre les étapes consistant à: déplacer le guide de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V pour incliner l'électrode en fil métallique de manière à produire une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce et à mémoriser la position de décharge; et à calculer l'épaisseur de la pièce sur la base de la position de décharge mémorisée.

Une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une, neuvième forme d'exécution de l'invention, en plus des moyens prévus dans un d'entre la première, la troisième et la cinquième forme d'exécution, comprend en outre: la source de courant de détection de la position de décharge pour un usinage du contour, fournissant un courant pour un usinage par unité de temps inférieur à celui de la source de courant d'usinage.

Une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une dixième forme d'exécution de l'invention, en plus des moyens prévus dans l'une des première, troisième et cinquième formes d'exécution, comprend en outre: un moyen d'alimentation en fluide de travail pour la détection de la position de décharge, pour amener un fluide de travail pour la détection de la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce lors de la détection de la position de décharge par le moyen de détection de la position de décharge.

Une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une onzième forme d'exécution de l'invention, en plus des moyens prévus dans une d'entre la première, la troisième et la cinquième formes d'exécution, comprend en outre un moyen de détection d'une décharge irrégulière pour détecter une décharge concentrée en tant que décharge irrégulière si la décharge concentrée est produite en détectant la position de décharge par le moyen de détection de la position de décharge; et un moyen d'exclusion de la valeur de correction pour exclure la décharge irrégulière de la valeur de correction calculée par le moyen de calcul de la valeur de correction quand la décharge irrégulière est détectée par le moyen de détection d'une décharge irrégulière.

Un procédé de décharges par une électrode en fil métallique selon une douzième forme d'exécution de l'invention, en plus des moyens prévus dans une d'entre la deuxième, la quatrième et la cinquième formes d'exécution, comprend en outre les étapes

consistant à: détecter une décharge concentrée en tant que décharge irrégulière si la décharge concentrée est produite en détectant la position de décharge; et à exclure la décharge irrégulière de la valeur de correction lorsque la décharge irrégulière est détectée.

Une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une treizième formes d'exécution de l'invention comprend: un moyen d'alimentation en fluide de travail pour amener le fluide de travail entre une électrode en fil métallique et une pièce; une source de courant d'usinage pour appliquer une tension pour produire une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce à travers le fluide de travail amené depuis le moyen d'alimentation en fluide de travail; une table sur laquelle est fixée la pièce; un moyen de commande de la table pour contrôler le mouvement de la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides de l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; un moyen de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant un des guides de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; un moyen de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base du courant fourni par une ligne supérieure d'alimentation et une ligne inférieure d'alimentation, arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; un moyen de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour chacune d'une pluralité de pièces, sur la base de la position de décharge détectée par le moyen de détection de la position de décharge; un moyen de calcul de la valeur de correction pour calculer une valeur de correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique calculée par un moyen de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique; un moyen de mémorisation de la valeur de correction pour mémoriser la valeur de correction calculée par le moyen de calcul de la valeur de correction; et un moyen pour continuer l'usinage de la pièce en rappelant une des valeurs de correction mémorisées dans le moyen de mémorisation des valeurs de correction correspondant à la pièce à usiner, tout en exécutant un programme prescrit.

Un procédé de décharges d'une électrode en fil métallique selon une quatorzième forme d'exécution de l'invention comprend les étapes consistant à: appliquer une tension, par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers un fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce; contrôler le mouvement, dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, d'une table sur laquelle est fixée la pièce; ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique se trouvant respectivement au-dessus ou en dessous de la pièce; détecter la position de décharge entre

l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base du courant fourni par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à chacune des pièces d'une pluralité de pièces, sur la base de la position de décharge; calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique; mémoriser la valeur de correction; et à continuer l'usinage de la pièce en rappelant une des valeurs de correction correspondant à la pièce à usiner, pendant l'exécution du programme prescrit.

Une machine de décharges à électrode en fil métallique selon une quinzième forme d'exécution de l'invention comprend: un moyen d'alimentation en fluide de travail pour amener du fluide de travail entre une électrode en fil métallique et une pièce; une source de courant d'usinage pour appliquer une tension et produire une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce à travers un fluide de travail amené par le moyen d'alimentation en fluide de travail; une table sur laquelle est fixée la pièce; un moyen de commande de la table pour contrôler le mouvement de la table dans les directions de l'axe X et l'axe Y; deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; un moyen de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant un des guides de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et l'axe V; un moyen de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base du courant amené par la ligne supérieure d'alimentation en courant et la ligne inférieure d'alimentation en courant arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; un moyen de calcul de la largeur de la décharge pour calculer une largeur de décharge, sur la base de la valeur des décalages de position de décharge dans les directions de l'axe X et de l'axe Y, détectée par le moyen de détection de la position de décharge à des intervalles de temps fixés; un moyen de mémorisation de la largeur de la décharge pour mémoriser la largeur de décharge calculée par le moyen de calcul de la largeur de décharge; un moyen de calcul de la valeur de la variation pour calculer une valeur de variation de la largeur de la décharge calculée par le moyen de calcul de la largeur de la décharge; et un moyen de calcul pour calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique, sur la base de la valeur du décalage de la position de décharge dans les directions de l'axe X et l'axe Y détectée par le moyen de détection de la position de décharge, jusqu'à ce que la valeur de la variation devienne nulle après la production d'une première décharge.

Un procédé de décharges par une électrode en fil métallique selon une seizième forme d'exécution de l'invention comprend les étapes consistant à: ap-

plier une tension, par une source de courant d'usinage, afin de produire une décharge à travers un fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce; contrôler le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, d'une table sur laquelle est fixée la pièce; ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant, dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique se trouvant respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base du courant amené à l'électrode en fil métallique par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; calculer une valeur de largeur de décharge sur la base de la valeur des décalages de la position de décharge dans les directions de l'axe X et de l'axe Y à des intervalles de temps fixés; mémoriser la largeur de décharge; calculer la valeur de la variation de la largeur de décharge; et à calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique sur la base de la valeur du décalage de la position de décharge dans les directions de l'axe X et l'axe Y jusqu'à ce que la variation devienne nulle après la production d'une première décharge.

Une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une dix-septième forme d'exécution de l'invention comprend: un moyen d'alimentation en fluide de travail pour amener un fluide de travail entre une électrode en fil métallique et une pièce; une source de courant d'usinage pour appliquer une tension et produire une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce à travers le fluide de travail amené depuis le moyen d'alimentation en fluide de travail; une table sur laquelle est fixée la pièce; un moyen de commande de la table pour contrôler le mouvement de la table dans les directions de l'axe X et l'axe Y; deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; un moyen de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant un des guides de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; un moyen de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base du courant fourni par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant arrivant d'une source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; un moyen de calcul de la largeur de la décharge pour déplacer le guide de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V, tout en effectuant un usinage pour obtenir le contour de la pièce, en déplaçant la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y et en calculant la valeur de la variation de la largeur de la décharge sur la base de la valeur des décalages de la position de décharge dans les directions de l'axe U et de l'axe V, détectée par le moyen de détection de la position de décharge à des intervalles de temps fixés; un

moyen de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique où la valeur de la variation de la largeur de décharge calculée par le moyen de calcul de la largeur de décharge est minimale.

Un procédé de décharges par une électrode en fil métallique selon une dix-huitième forme d'exécution de l'invention, comprend les étapes consistant à: appliquer une tension par une source de courant d'usinage pour produire une décharge à travers un fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce; commander le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, d'une table sur laquelle est fixée la pièce; ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique se trouvant respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce sur la base du courant fourni par une ligne d'alimentation supérieure en courant et une ligne d'alimentation inférieure d'alimentation en courant arrivant d'une source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; déplacer le guide de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V, tout en effectuant un usinage pour réaliser le contour de la pièce en déplaçant la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; calculer la valeur de la variation de la largeur de décharge, sur la base de la valeur des décalages de la position de décharge dans les directions de l'axe U et l'axe V à des intervalles de temps fixés; et à calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique où la valeur de la variation de la largeur de décharge est minimum.

Un procédé de décharges par une électrode en fil métallique selon une dix-neuvième forme d'exécution de l'invention comprend: un moyen d'alimentation en fluide de travail pour amener un fluide de travail entre l'électrode en fil métallique et une pièce; une source de courant d'usinage pour appliquer une tension pour produire une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce à travers un fluide de travail fourni par le moyen d'alimentation en fluide de travail; une table sur laquelle est fixée la pièce; un moyen de commande de la table pour contrôler le mouvement de la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides de l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; un moyen de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant un des guides de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; un moyen de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base du courant amené par une ligne d'alimentation supérieure en courant et une ligne d'alimentation inférieure en courant arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; et un moyen de calcul de la valeur de correction pour calculer une valeur de correction pour corriger l'in-

clinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base d'un décalage de la position de décharge, en effectuant un usinage d'approche, qui est un usinage de la pièce par l'électrode en fil métallique pour obtenir la forme correspondant au contour du produit.

Un procédé de décharges par une électrode en fil métallique selon une vingtième forme d'exécution de l'invention comprend les étapes consistant à: appliquer une tension, par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers un fluide de travail entre une électrode en fil métallique et la pièce; contrôler le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, d'une table sur laquelle est fixée la pièce; ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique se trouvant respectivement au-dessus et en dessous de la pièce; détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base du courant amené par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant, arrivant de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique; et à calculer une valeur de correction pour corriger la valeur de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base d'un décalage de la position de décharge, en effectuant un usinage d'approche, qui est un usinage de la pièce par l'électrode en fil métallique pour obtenir la forme correspondant au contour du produit.

La fig. 1 est une illustration schématique représentant une machine à décharges à électrode en fil métallique selon l'une des formes d'exécution de la présente invention, allant de la première à la neuvième.

La fig. 2 est un schéma des opérations d'un moyen de commande numérique d'une machine à décharges à électrode en fil métallique selon la première forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 3 est un schéma des opérations d'un moyen de commande numérique d'une machine à décharges à électrode en fil métallique selon la seconde forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 4 est un dessin explicatif montrant la relation entre l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à une pièce et la position de décharge, et une théorie pour calculer la valeur de la correction d'inclinaison dans la machine à décharges à électrode en fil métallique selon la première forme et la seconde forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 5 est un dessin explicatif montrant une autre théorie pour calculer une valeur de correction de l'inclinaison d'une électrode en fil métallique par rapport à une pièce dans la machine à décharges à électrode en fil métallique, selon la seconde forme d'exécution de la présente invention.

Les fig. 6a, 6b et 6c sont des dessins explicatifs montrant un procédé pour exclure une décharge irrégulière dans la machine à décharges électriques en fil métallique, selon la troisième forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 7 est une vue d'en haut montrant plusieurs pièces fixées sur une table d'une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une quatrième forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 8 est un schéma des opérations d'un moyen de commande numérique d'une machine à décharges à électrode en fil métallique selon la quatrième forme d'exécution de la présente invention.

Les fig. 9a et 9b sont des dessins explicatifs montrant une manière de mesurer l'épaisseur d'une pièce par une électrode en fil métallique avec une certaine inclinaison, dans une machine à décharges à électrode en fil métallique, selon une cinquième forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 10 est un dessin explicatif montrant deux sources de courant et une pièce dans une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une sixième forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 11 est un graphique montrant la forme d'onde de la tension et la forme d'onde du courant selon la fig. 10.

La fig. 12 est un graphique montrant une relation entre la profondeur de pénétration obtenue lors d'une décharge pour vérifier la verticalité et l'énergie d'usinage dans la machine à décharges à électrode en fil métallique, selon la sixième forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 13 est un dessin explicatif montrant deux moyens d'alimentation en fluide de travail dans une machine à décharges à électrode en fil métallique, selon une septième forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 14 est un graphique montrant une relation entre la distance de décharge entre une électrode en fil métallique et une pièce, et la résistivité du fluide de travail, lorsqu'on utilise comme paramètres, une source de courant d'usinage et la source de courant de détection de la position de décharge, dans une machine à décharges à électrode en fil métallique, selon la septième forme d'exécution de la présente invention.

Les fig. 15a, 15b et 15c sont des dessins explicatifs montrant un procédé pour corriger l'inclinaison d'une électrode en fil métallique par rapport à la pièce avec un usinage d'approche, dans une machine à décharges à électrode en fil métallique, selon une huitième forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 16 est un schéma des opérations d'un moyen de commande numérique d'une machine à décharges à électrode en fil métallique, selon la huitième forme d'exécution de la présente invention.

Les fig. 17a, 17b et 17c sont des dessins explicatifs d'un procédé pour corriger l'inclinaison d'une électrode en fil métallique par rapport à une pièce, tout en usinant la pièce par une machine à décharges à électrode en fil métallique, selon une neuvième forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 18 est un schéma des opérations d'un moyen de commande numérique d'une machine à décharges à électrode en fil métallique, selon la neuvième forme d'exécution de la présente invention.

La fig. 19 est une représentation schématique montrant une machine usuelle à décharges à électrode en fil métallique.

Les fig. 20a et 20b sont des dessins détaillés de la construction du dispositif de réglage rectangulaire de la fig. 19.

Selon la première et la deuxième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension d'une source de courant d'usinage pour produire une décharge à travers un fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce. On contrôle le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y d'une table sur laquelle est fixée la pièce. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant, dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique se trouvant respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni depuis la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. La direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est déterminée sur la base d'un décalage de la position de décharge détectée au moment où l'électrode en fil métallique s'approche de la pièce. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est corrigée sur la base de la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique. Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce directement, en utilisant l'électrode en fil métallique.

Conformément à la troisième et à la quatrième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension d'une source de courant d'usinage pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique et la pièce. On contrôle le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y d'une table sur laquelle la pièce est fixée. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est contrôlée en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni à l'électrode en fil métallique, depuis la source de courant d'usinage. La position de décharge est mesurée pendant une période de temps prescrite lorsque l'électrode en fil métallique s'approche de la pièce. La distance entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la position de décharge est calculée en tant que largeur de décharge dans la direction de l'épaisseur de la pièce. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est calculée sur la base de la largeur de décharge, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge. Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce directement, en utilisant l'électro-

de en fil métallique. En plus, il est possible de corriger rapidement l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce.

Selon une cinquième et une sixième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension par une source de courant d'usinage pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique et la pièce. On contrôle le mouvement de la table sur laquelle est fixée la pièce dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni par la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. La position de décharge est mesurée pendant une période de temps prescrite lorsqu'on approche l'électrode en fil métallique de la pièce. L'épaisseur de la pièce est également divisée d'une manière égale en un nombre spécifié par un programme prédéterminé et le nombre d'impulsions de décharge est compté pour chacune des parties divisées de la pièce. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est calculée sur la base du nombre d'impulsions de décharges, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge. Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce d'une manière directe en utilisant l'électrode en fil métallique. En plus, il est possible de corriger rapidement l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce.

Selon la septième et la huitième formes d'exécution de l'invention, on mémorise en plus la position de décharge qui est détectée par la décharge produite entre l'électrode en fil métallique et la pièce en déplaçant le guide de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V, pour incliner l'électrode en fil métallique. Ensuite, l'épaisseur de la pièce est calculée à partir de la position de décharge. Ainsi, l'épaisseur de la pièce est calculée automatiquement. Par conséquent, la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique, qui est habituellement faite après avoir mesuré correctement l'épaisseur de la pièce, peut s'effectuer dans une série d'opérations, si bien qu'il est possible d'améliorer la précision. En plus, l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 peut également être corrigée en même temps que la détection de la position de décharge.

Selon la neuvième forme d'exécution de l'invention, qui comprend en plus par rapport à la première, troisième et cinquième formes d'exécution, une source de courant de détection de la position de décharge pour un usinage du contour, fournissant du courant pour un usinage moindre par unité de temps moindre que celui de la source de courant d'usinage, permet de vérifier la verticalité de l'électrode en fil métallique par une décharge affectant peu la surface usinée. En plus, on peut utiliser à

volonté la source d'usinage pour vérifier la verticalité par décharge, tout en usinant un contour. En outre, il est possible de corriger l'inclinaison d'une électrode en fil métallique par rapport à la pièce en fonction des conditions.

Selon la dixième forme d'exécution de l'invention, comme le fluide de travail pour la détection de la position de décharge est amené entre l'électrode en fil métallique et la pièce dans la détection de la position de décharge, il est possible de rendre la décharge stable et d'ajuster l'espace de décharge d'une manière correcte au moment de la détection de la position de décharge. En outre, il est possible d'effectuer une vérification de la verticalité par la décharge, avec une haute précision.

Selon la onzième et la douzième formes d'exécution, la décharge irrégulière détectée par suite de la décharge concentrée est exclue de la valeur de correction. Par conséquent, il est possible de détecter la position de décharge avec une plus grande précision, en excluant la décharge irrégulière due à la décharge concentrée.

Selon la treizième et la quatorzième formes d'exécution de l'invention, la tension est appliquée par une source de courant d'usinage pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce. Le mouvement de la table portant la pièce est contrôlé dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni à l'électrode en fil métallique depuis la source de courant d'usinage. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à chacune d'une pluralité de pièces est calculée sur la base de la position de décharge. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est calculée sur la base de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique. L'usinage de la pièce est poursuivi en rappelant une des valeurs de correction mémorisée correspondant à la pièce à usiner, en exécutant un programme prescrit. Par conséquent, il n'est pas nécessaire de fixer avec une grande précision la pièce sur la table. Dans ces conditions, même si plusieurs pièces sont présentes, il est possible d'automatiser toutes les opérations de la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique pour un usinage du contour, uniquement en fixant les pièces à la table.

Selon la quinzième et la seizième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension, par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce. On contrôle le mouvement de la table sur laquelle est fixée la pièce dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant dans la direction de l'axe U et la di-

rection de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni à l'électrode en fil métallique depuis la source de courant d'usinage. La largeur de décharge est calculée sur la base de la valeur des décalages de la position de décharge dans les directions de l'axe X et de l'axe Y se produisant à des intervalles de temps fixés. La largeur de décharge est mémorisée. On calcule la valeur de la variation de la largeur de décharge. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique est calculée sur la base de la valeur du décalage de la position de décharge, dans les directions de l'axe X et de l'axe Y, détectée jusqu'à ce que la valeur de la variation devienne nulle après la production d'une première décharge. Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce d'une manière automatique sans spécifier l'épaisseur de la pièce.

Selon la dix-septième et la dix-huitième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce. On contrôle le mouvement de la table sur laquelle est fixée la pièce dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V un des deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant alimentant l'électrode en fil métallique depuis la source de courant d'usinage. Le guide de l'électrode en fil métallique est déplacé dans les directions de l'axe U et de l'axe V tout en effectuant un usinage du contour de la pièce par le déplacement de la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y. La valeur de la variation de la largeur de décharge est calculée sur la base de la valeur des décalages de la position de décharge dans les directions de l'axe U et de l'axe V à des intervalles de temps fixes. On calcule la pente de l'électrode en fil métallique pour laquelle la variation de la largeur de décharge est minimale. Il est donc possible de vérifier la verticalité de l'électrode en fil métallique par des décharges correctes dans la pièce usinée sans spécifier l'épaisseur de cette pièce.

Selon la dix-neuvième aspect et la vingtième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension par l'intermédiaire d'une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique et la pièce. On contrôle le mouvement de la table sur laquelle est fixée la pièce de travail dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y. On ajuste l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en déplaçant, dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique

disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni à l'électrode en fil métallique depuis la source de courant d'usinage. Une valeur de correction, pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est calculée sur la base d'un décalage de la position de décharge lors d'un usinage d'approche, qui est un usinage de la pièce par l'électrode en fil métallique pour obtenir la forme correspondant au contour du produit. Il est donc possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce d'une manière automatique en effectuant un usinage d'approche sans spécifier l'épaisseur de la pièce.

On décrit ci-après une machine à décharges à électrode en fil métallique et un procédé selon cette invention, sur la base de formes d'exécution spécifiques.

Première forme d'exécution

La fig. 1 est un dessin schématique d'une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une première forme d'exécution de la présente invention. Les mêmes chiffres de référence ou symboles sont appliqués aux mêmes structures ou aux parties correspondantes à celles de l'art antérieur susmentionné.

Sur la fig. 1, le chiffre de référence 1 indique une électrode en fil métallique, 14 est une pièce rectangulaire/parallélépipède, 2 est une table sur laquelle est fixée la pièce 14. Le chiffre de référence 3 est un guide supérieur de l'électrode en fil métallique, 4 est un guide inférieur de l'électrode en fil métallique, 5 est un moteur à axe X qui déplace la table 2 dans la direction de l'axe X, 6 est un moteur à axe Y qui déplace la table 2 dans la direction de l'axe Y, 7 est un moteur à axe U qui déplace le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique dans la direction de l'axe U, 8 est un moteur à axe V qui déplace le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique dans la direction V, 9 est un moyen de commande de la table qui contrôle le mouvement de la table 2 dans les directions de l'axe X et de l'axe Y par la rotation du moteur 5 à axe X et du moteur 6 à axe Y.

Le chiffre de référence 10 est un moyen de commande de l'inclinaison qui contrôle le mouvement du guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V par la rotation du moteur 7 à axe U et du moteur 8 à axe V. Le chiffre de référence 11 est un moyen de détection de position qui fait que l'électrode en fil métallique 1 vient en contact avec la pièce et détecte le point de contact avec celle-ci. Le chiffre de référence 15 est une filière supérieure d'alimentation en courant qui alimente en courant une partie supérieure de l'électrode en fil métallique 1. Le chiffre de référence 16 est une filière inférieure d'alimentation en courant qui alimente en courant une partie inférieure de l'électrode en fil métallique 1. Le chiffre de référence 17 est une ligne d'alimentation supérieure qui alimente en courant la filière supérieure

re d'alimentation 15. Le chiffre de référence 18 est une ligne inférieure d'alimentation qui alimente en courant la filière inférieure d'alimentation 16. Le chiffre de référence 19 est un détecteur du courant supérieur qui mesure le courant circulant dans la ligne supérieure d'alimentation 17. Le chiffre de référence 20 est un détecteur du courant inférieur qui mesure le courant circulant dans la ligne inférieure d'alimentation 18.

Le chiffre de référence 21 est un moyen de détection de la position de décharge qui détecte la position de décharge sur la base du courant mesuré par le détecteur du courant supérieur 19 et par le détecteur du courant inférieur 20. Le chiffre de référence 22 est une ligne supérieure pour signaux qui transmet un signal de détection du détecteur du courant supérieur 19. Le chiffre de référence 23 est une ligne inférieure pour signaux qui transmet un signal de détection depuis le détecteur de courant inférieur 20. Le chiffre de référence 24 est un moyen de mémorisation des positions de décharge qui mémorise des données telles que les positions de décharge détectées par le moyen de détection 21 de la position de décharge. Le chiffre de référence 25 est un moyen de commande numérique, 26 est une source de courant d'usinage, 27 est une source de courant de détection de la position de décharge, 28 est un moyen de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique qui calcule l'inclinaison de l'électrode en fil métallique sur la base de données telles que les positions de décharge détectées par le moyen 21 de détection de la position de décharge. Le chiffre de référence 29 est un moyen de calcul de la largeur de la décharge qui calcule la largeur de la décharge, c'est-à-dire la largeur de la position ou surface de décharge, sur la base de données telles que les positions de décharge détectées par le moyen de détection de la position de décharge 21. Le chiffre de référence 35 est un moyen de mémorisation de la valeur de la correction qui mémorise une valeur de correction, 38 est un moyen d'alimentation en fluide de travail et 39 est un moyen d'alimentation en fluide de travail pour la détection de la position de décharge.

Ensuite, on décrit le fonctionnement d'une machine à décharges à électrode en fil métallique selon cette forme d'exécution, en utilisant pour cela le schéma des opérations de la fig. 2. Chaque opération de la t se déroule automatiquement sur la base d'une valeur spécifiée au préalable par le moyen de commande numérique 25.

A l'étape S101, l'épaisseur de la pièce 14 est entrée dans la machine de commande numérique 25. Ensuite, à l'étape S102, le nombre d'axes à corriger est entré dans la machine de commande numérique 25.

Lorsque l'inclinaison de l'électrode en fil métallique n'est corrigée que dans une seule direction d'axe, c'est-à-dire de l'axe X (axe U) ou de l'axe Y (axe V), on entre le chiffre «1», et dans le cas de deux directions d'axe, c'est-à-dire de l'axe X (axe U) et de l'axe Y (axe V), on entre le chiffre «2». A l'étape S103, on entre la position pour commencer la correction. A ce moment, on indique si on commence la correction depuis la position en cours ou

depuis une position différente après décalage de la table 2, soit dans la direction de l'axe X, soit dans celle de l'axe Y. Lorsque l'inclinaison de l'électrode en fil métallique est corrigée dans les deux directions d'axes, on entre également la position de départ pour le second axe. Ces valeurs sont entrées en utilisant des valeurs de coordonnées ou la valeur du déplacement de la table. En outre, on entre l'instruction soit de décaler la table dans la direction du second axe de la distance la plus courte, soit de décaler la table dans la direction du second axe, de manière à éviter une collision entre l'électrode en fil métallique et la pièce 14. Si on veut éviter une collision, on spécifie une valeur de mouvement et on déplace la table sur la base de cette valeur, ou on spécifie des valeurs de coordonnées et on la déplace par ces points, et on entre de telles spécification ou valeurs.

La procédure passe ensuite à l'étape S104 et l'électrode en fil métallique 1 est tirée entre le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique et le guide inférieur 4 de l'électrode en fil métallique. Ensuite, la procédure passe à l'étape S105. On effectue une décharge électrique sur la position de la face terminale de la pièce 14 et on détermine la position de la face terminale de la pièce 14 pour déterminer l'emplacement où il faut appliquer la tension de décharge électrique pour vérifier la verticalité de l'électrode en fil métallique. Ensuite, la procédure passe à l'étape S106 et l'électrode en fil métallique est reculée de la position sur la face terminale de la table 2 détectée à l'étape S105 par une valeur prescrite en décalant la table 2 de manière à appliquer la tension de décharge électrique pour vérifier la verticalité de l'électrode en fil métallique 1. Ensuite, la procédure passe à l'étape S107, une tension de décharge électrique est appliquée et l'électrode en fil métallique 1 se rapproche de la pièce 14 fixée sur la table 2 depuis la direction de l'axe X, avec un mouvement lent. Dans cette opération, lorsqu'on détecte la période ou le nombre prescrit d'impulsions de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, le moteur 5 à axe X arrête de tourner et l'électrode en fil métallique 1 arrête de s'approcher de la pièce 14 depuis la direction de l'axe X. Ensuite, la procédure passe à l'étape S108 et on détermine si l'électrode en fil métallique 1 est verticale ou non par rapport à la pièce 14 dans la direction de l'axe X, sur la base de la position ou de la surface de décharge au moment où la décharge est détectée pendant la période prescrite ou sur la base de la position ou de la surface de décharge au moment où la décharge est détectée pendant les temps prescrits, dans la période précédant le temps où l'électrode en fil métallique 1 arrête de s'approcher de la pièce 14 dans la direction de l'axe X. Cela signifie que, lorsque la position ou la surface de décharge détectée ne présente pas de décalage, l'électrode en fil métallique 1 est verticale par rapport à la pièce 14 dans la direction de l'axe X. Si on trouve à l'étape S108 que l'électrode en fil métallique 1 n'est pas verticale, la procédure passe à l'étape S109. Ensuite, on vérifie la direction d'inclinaison positive ou négative dans la direction de l'axe U ou de l'axe V, sur la base de l'état de décalage de la

position de décharge. Ensuite, la procédure passe à l'étape S110 et l'inclinaison est corrigée par une valeur prescrite qui est fonction des résultats de l'étape S109. Après cela, la procédure retourne à l'étape S106 et la même procédure est répétée.

Si on trouve à l'étape S108 que l'électrode en fil métallique 1 est verticale par rapport à la pièce 14, la procédure passe à l'étape S111 et on détermine si l'axe qui a été corrigé est le premier axe ou non. Si on trouve à l'étape S111 qu'il s'agit du premier axe, la procédure passe à l'étape S112. Ensuite, on détermine si un seul axe doit être corrigé ou non, en d'autres termes si le second axe doit également être corrigé ou non, sur la base du nombre d'axes entré à l'étape S102. Si on décide à l'étape S112 que le nombre d'axes à corriger est égal à deux, la procédure passe à l'étape S113 et l'alimentation de l'électrode en fil métallique 1 est coupée. Ceci est une opération destinée à empêcher que l'électrode en fil métallique 1 n'interfère avec la pièce 14, par exemple ne se colle sur elle, pour éviter que la pièce 14 ne bouge ou que l'électrode en fil métallique 1 ne se casse lorsqu'on décale l'électrode en fil métallique 1 à l'étape S114 vers la position de départ pour corriger le second axe qui a été entré à l'étape S103. Ensuite, la procédure passe à l'étape S114 et la table 2 est décalée vers la position de départ pour corriger le second axe qui a été entré à l'étape S103 par la rotation du moteur 5 à axe X et du moteur 6 à axe Y. Après cela, la procédure retourne à l'étape S104 et le même procédé est répété. Si on décide à l'étape S111 qu'il s'agit du second axe ou que l'on trouve à l'étape S112 que le nombre d'axes à corriger est égal à un, le programme ci-dessus est terminé.

Comme exemple spécifique, on décrit le procédé dans le cas où le nombre d'axes à corriger est de 2, avec le schéma des opérations de la fig. 2.

A l'étape S101, on entre l'épaisseur de la pièce 14. A l'étape S102, on entre «2» comme étant le nombre d'axes à corriger. A l'étape S103, on entre dans le moyen de commande numérique 25 les positions de départ pour corriger le premier axe et le second axe, et une direction de mouvement du premier axe vers le second axe. A l'étape S104, l'électrode en fil métallique 1 est tirée. A l'étape S105, on déplace la table 2 dans la direction de l'axe X, pour que la pièce 14 fixée à la table 2 s'approche de l'électrode en fil métallique 1. Ensuite, on détecte le point de contact de l'électrode en fil métallique 1 et de la pièce 14 par le moyen 11 de détection de la position. A l'étape S106, la pièce 14 fixée à la table 2 est reculée d'une valeur prescrite dans la direction de l'axe X, du point de contact de l'électrode en fil métallique 1 avec la pièce 14. A l'étape S107, on applique une tension de décharge et l'électrode en fil métallique 1 se rapproche relativement de la pièce 14 fixée sur la table 2, en étant déplacée doucement. A l'étape S108, lorsqu'on détecte la période de temps prédéterminée ou le nombre d'impulsions de décharges prédéterminé entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, le moteur 5 à axe X arrête sa rotation et l'électrode en fil métallique 1 arrête de se rapprocher de la pièce 14 dans la direction de l'axe X.

A l'étape S108, on détermine si l'électrode en fil métallique 1 est verticale par rapport à la pièce 14 ou non, sur la base de la position ou de la surface de décharge, au moment où la décharge est détectée pendant la période de temps fixée ou sur la base de la position ou de la surface de décharge au moment où la décharge est détectée un nombre déterminé d'impulsions, à l'intérieur de la période de temps précédant le temps où l'électrode en fil métallique 1 s'arrête dans son approche relative de la pièce 14 dans la direction de l'axe X en arrêtant la rotation du moteur 5 à axe X. Si on trouve à l'étape S108 que l'électrode en fil métallique 1 n'est pas verticale, la procédure passe à l'étape S109 pour vérifier la direction d'inclinaison, c'est-à-dire la direction positive ou négative de l'axe U ou de l'axe V, sur la base de la position de décharge détectée. Ensuite, l'axe incliné est confirmé à l'étape S109. A l'étape S110, l'inclinaison est corrigée de la quantité prescrite dans une direction telle que l'axe est corrigé. Ensuite, le procédé retourne à l'étape S106 et l'électrode en fil métallique 1 est retournée relativement de la position où elle touche la pièce 14 par une valeur fixée, qui a été déterminée au préalable, dans la direction de l'axe X. Ensuite, la décharge est générée à l'étape S107 et la correction est répétée jusqu'à ce que l'on trouve à l'étape S108 que l'électrode en fil métallique 1 est verticale par rapport à la pièce 14.

Si on trouve à l'étape S108 que l'électrode en fil métallique 1 est verticale par rapport à la pièce 14, la procédure passe à l'étape S111 et on détermine si l'axe qui a été corrigé est le premier axe ou non. A l'étape S112, on décide si un axe seulement doit être corrigé ou non. Dans ce cas, il faut corriger l'inclinaison dans une autre direction d'axe. Par conséquent, l'alimentation de l'électrode en fil métallique 1 est coupée à l'étape S113. A l'étape S114, l'électrode en fil métallique 1 est rapprochée relativement de la pièce 14 de la valeur de mouvement prescrite, grâce à la rotation du moteur 5 à axe X et à celle du moteur 6 à axe Y. De cette manière, comme dans le cas de la procédure pour la correction du premier axe, la direction de mouvement de l'électrode 1 est changée de la direction de l'axe X vers la direction de l'axe Y, alors que la direction de correction de l'inclinaison est changée de la direction de l'axe U vers la direction de l'axe V, de sorte que l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 se trouve corrigée. Après cela, on décide à l'étape S111 si l'axe qui a été corrigé est le premier axe ou non. Dans ce cas, la correction concerne le second axe, si bien que ce procédé est arrêté.

Dans la suite, on décrit la fig. 4 montrant la relation entre l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à une surface de référence de la pièce 14 et la position ou surface de décharge.

Sur la fig. 4, la référence 1 indique une électrode en fil métallique, 14 est une pièce, 40 est l'épaisseur de la pièce 14 qui a été spécifiée au préalable, 41 est l'extrémité supérieure de décharge et 42 est l'extrémité inférieure de décharge.

Le fonctionnement est décrit ci-après.

Comme représenté sur la fig. 4, lorsque l'électro-

de en fil métallique 1 s'approche de la pièce 14 fixée à la table 2, il se produit une décharge entre la pièce 14 et l'électrode en fil métallique 1 à la position où la distance entre les deux prend une certaine valeur. On fait se déplacer l'électrode en fil métallique 1 vers la pièce 14 jusqu'à ce qu'une décharge se produise pendant une durée de temps prédéterminée ou pendant un nombre d'impulsions prédéterminé. La position de décharge, qui est définie comme une zone s'étendant verticalement entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 fixée sur la table 2, est mesurée pendant la période prédéterminée de temps ci-dessus ou le nombre prédéterminé de temps de décharge. La position supérieure 41 et la position inférieure 42 de la décharge sont détectées et mémorisées dans le moyen de mémorisation 24 des positions de décharge. L'approche de l'électrode en fil métallique 1 vers la pièce 14 continue jusqu'après la période de temps fixée ou le nombre d'impulsions de décharge fixé. Si la position supérieure 41 et la position inférieure 42 de décharge varient ou se décalent durant la décharge, ceci indique que l'électrode en fil métallique 1 est inclinée et n'est donc pas verticale par rapport à la pièce 14.

Dans le cas contraire où la position supérieure 41 et la position inférieure 42 de décharge ne se décalent pas, cela signifie que l'électrode en fil métallique 1 est verticale par rapport à la pièce 14. Lorsque l'électrode en fil métallique 1 n'est pas verticale par rapport à la pièce 14, comme mentionné ci-dessus, l'inclinaison de l'axe est confirmée et l'inclinaison de l'électrode 1 est corrigée par une certaine valeur dans une direction telle que l'axe soit vertical par rapport à la pièce 14. Ensuite, on répète la même procédure jusqu'à ce que la position supérieure 41 et la position inférieure 42 de décharge ne se décalent plus. Par ce procédé, l'électrode en fil métallique 1 devient verticale par rapport à la pièce 14 dans la direction de l'axe X ou dans la direction de l'axe Y. Lorsque le nombre d'axes à corriger est égal à 2, le second axe est corrigé de la même manière.

Comme mentionné ci-dessus, la machine à décharges à électrode en fil métallique de la présente forme d'exécution comprend un moyen 38 d'alimentation en fluide de travail, pour amener du fluide de travail entre une électrode en fil métallique 1 et une pièce 14; une source 26 de courant d'usinage pour appliquer une tension permettant de produire une décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 à travers un fluide de travail fourni par le moyen 38 d'alimentation en fluide de travail; une table 2 sur laquelle est fixée la pièce 14; un moyen de commande 9 de la table pour contrôler le mouvement de la table 2 dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides 3 et 4 de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14; un moyen 10 de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 en déplaçant un des guides 3 et 4 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; un moyen 21 de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge en-

tre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, sur la base du courant appliqué par la ligne supérieure 17 d'alimentation en courant et la ligne inférieure 18 d'alimentation en courant de la source de courant d'usinage 26 vers l'électrode en fil métallique 1; un moyen de détermination de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique constitué par un moyen de commande numérique 25, pour déterminer la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 sur la base d'un décalage de la position de décharge détecté par le moyen 21 de détection de la portion de décharge lorsque l'électrode en fil métallique 1 s'approche de la pièce 14; et le moyen de correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique, constitué par un moyen de commande numérique 25 pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14, sur la base de la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1, déterminée par le moyen de vérification de l'inclinaison de l'électrode. L'invention concerne également le procédé d'usinage par décharges avec une électrode en fil métallique, effectué par l'appareil ci-dessus.

Dans ces conditions, la tension est appliquée par la source 26 de courant d'usinage pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 depuis le moyen 38 d'alimentation en fluide de travail. Le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y de la table 2 sur laquelle est fixée la pièce 1 est commandé par le moyen 25 de commande de la table. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est ajustée par le moyen 10 de commande de l'inclinaison, en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique, disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 est détectée par le moyen 21 de détection de la position de décharge sur la base du courant fourni par la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. La direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est déterminée par le moyen de commande numérique 25 servant de moyen de détermination de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique, sur la base d'un décalage de la position de décharge au moment où l'électrode en fil métallique 1 s'approche de la pièce 14. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est corrigée par le moyen de commande numérique 25, servant de moyen de correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique, sur la base de la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique.

Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 et cela directement en utilisant l'électrode en fil métallique 1. Il s'ensuit qu'il est possible de diminuer considérablement le temps nécessaire pour fixer la pièce 14 sur la table 2 et le temps nécessaire pour des opérations telles que la vérification de la verticalité de la pièce.

Dans la forme d'exécution décrite ci-dessus, lors-

que l'électrode en fil métallique 1 n'est pas verticale par rapport à la pièce 14, l'électrode en fil métallique 1 est rendue verticale dans la direction de l'axe X ou la direction de l'axe Y en confirmant l'axe d'inclinaison, en corrigeant l'axe par une certaine valeur dans une direction propre à le rendre vertical et en répétant le procédé jusqu'à ce que les positions de l'extrémité de décharge supérieure 41 et l'extrémité de décharge inférieure 42 deviennent stationnaires. Cependant, la présente invention n'est pas limitée à ce qui précède, mais les agencements qui suivent peuvent également être utilisés.

Cela signifie que l'axe d'inclinaison peut être déplacé par une distance relativement importante lors d'une correction dans une direction permettant de le rendre vertical, en inclinant l'axe dans la direction opposée. Pour cela, on calcule la direction et la valeur du mouvement de l'axe pour amener l'électrode en fil métallique 1 à la verticale par rapport à la pièce 14, sur la base du changement des positions de l'extrémité supérieure 41 de décharge et de l'extrémité inférieure 42 de décharge confirmant l'inclinaison initiale de l'axe.

Puis, on détermine le changement des positions de l'extrémité supérieure 41 de décharge et de l'extrémité inférieure 42 de décharge après inclinaison de l'axe dans la position opposée. Si l'électrode en fil métallique 1 n'est pas ramenée à la verticale par rapport à la pièce 14 même après avoir déplacé l'axe, la même procédure est répétée. Par ce procédé, l'électrode en fil métallique 1 peut finalement être rendue verticale par rapport à la pièce 14.

Seconde forme d'exécution

La fig. 3 est un schéma des opérations qui représente une procédure pour le fonctionnement de la machine à décharges à électrode en fil métallique, selon une seconde forme d'exécution de la présente invention. La construction générale de la machine à décharges à électrode en fil métallique, selon la présente invention, est la même que celle de la fig. 1 et, par conséquent, on ne va pas la décrire plus en détail et on peut se référer à la fig. 1 si nécessaire. Chaque opération de la fig. 3 s'effectue automatiquement sur la base des valeurs spécifiées au préalable par un moyen de commande numérique 25.

Sur la fig. 3, l'épaisseur de la pièce 14 est entrée dans la machine de commande numérique 25 à l'étape S201. Ensuite, à l'étape S202, le nombre d'axes à corriger est entré dans la machine de commande numérique 25. Dans le cas où l'inclinaison de l'électrode en fil métallique est corrigée uniquement dans une direction d'axe, celle de l'axe X (axe U) ou de l'axe Y (axe V), on entre «1» et dans le cas de deux directions d'axe, celles de l'axe X (axe U) et de l'axe Y (axe V), on entre «2». A l'étape S203, on entre une position pour commencer la correction. A ce moment, l'ordre est émis de commencer la correction à partir de la position en cours ou de commencer à partir d'une position différente après avoir décalé la table 2 soit dans la direction de l'axe X, soit dans la direction de l'axe Y. Si l'in-

clinaison de l'électrode en fil métallique est corrigée dans les deux directions d'axes, on entre également la position de départ pour le second axe. Ces valeurs sont entrées en utilisant les valeurs des coordonnées ou en déplaçant la table d'une certaine distance. En outre, on donne l'ordre de déplacer la table dans la seconde direction d'axe par la distance la plus courte ou de déplacer la table dans la seconde direction d'axe de manière à éviter une collision entre l'électrode en fil métallique et la pièce 14. Pour éviter la collision, l'ordre est donné de spécifier une valeur de mouvement et de déplacer la table ou d'entrer les valeurs des coordonnées d'entrée et de la déplacer par ces points.

La procédure passe à l'étape S204 et l'électrode en fil métallique 1 est tirée entre le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique et le guide inférieur 4 de l'électrode en fil métallique. Ensuite, la procédure passe à l'étape S205. La décharge électrique est réalisée sur la position de la face terminale de la pièce 14 et la position de la face terminale de la pièce 14 est détectée pour déterminer une place pour appliquer une tension de décharge électrique pour vérifier la verticalité de l'électrode en fil métallique. Ensuite, la procédure continue à l'étape S206 et l'électrode en fil métallique est reculée par rapport à la position de la face terminale de la table 2, détectée à l'étape S205, par une distance prescrite en décalant la table 2, de manière à appliquer une tension de décharge électrique pour vérifier la verticalité de l'électrode en fil métallique 1. Ensuite, la procédure passe à l'étape S207, où on applique une tension de décharge électrique et l'électrode en fil métallique 1 se rapproche de la pièce 14 fixée à la table 2 depuis la direction de l'axe X, tout en se déplaçant lentement. Dans cette opération, lorsqu'on détecte une durée spécifiée ou un nombre spécifié d'impulsions de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, le moteur 5 à axe X arrête de tourner et l'électrode en fil métallique 1 arrête de s'approcher de la pièce 14 depuis la direction de l'axe X.

La procédure passe ensuite à l'étape S208 et les positions de décharge sont détectées dans chaque décharge pendant la durée prédéterminée ou le nombre d'impulsions prédéterminé. Ensuite, à l'étape S209, on calcule l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14, sur la base de la position de décharge détectée à l'étape S208. La procédure passe à l'étape S210 et la valeur de correction est calculée sur la base de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 calculée à l'étape S209. Ensuite, à l'étape S211, l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 est corrigée sur la base de la valeur de correction calculée à l'étape S210. A l'étape S212, on décide si l'axe qui a été corrigé est le premier ou non. Si on trouve à l'étape S212 que la correction est faite pour le premier, la procédure continue à l'étape S213 et on décide si un seul axe doit être corrigé ou non, c'est-à-dire si le second axe doit être également corrigé ou non, sur la base du nombre d'axes entrés à l'étape S202. Si on décide à l'étape S213 que le nombre d'axes à corriger est de 2, la procédure passe à l'étape 214 et l'alimentation de l'électrode en fil métallique 1 est

coupée. Ceci est un procédé pour empêcher l'électrode en fil métallique 1 d'interférer avec la pièce 14, c'est-à-dire par exemple de se coller sur cette pièce et de la déplacer ou à l'électrode en fil métallique 1 de se casser lorsqu'on déplace l'électrode en fil métallique 1 dans l'étape suivante S215 vers la position de départ pour corriger le second axe qui a été entré à l'étape S203. Ensuite, la procédure passe à l'étape S215 et la table 2 est décalée vers la position de départ pour corriger le second axe qui a été entré à l'étape S203, en tournant le moteur 5 à axe X et le moteur 6 à axe Y. Après cela, la procédure retourne à l'étape S204 et le même procédé est répété. Si on décide à l'étape S212 que c'est le second axe, ou si on décide à l'étape S213 que le nombre d'axes à corriger est un, le programme ci-dessus est terminé.

Comme exemple spécifique, on décrit un procédé dans le cas où les axes à corriger sont au nombre de deux. Ce cas est illustré sur le schéma des opérations de la fig. 3.

A l'étape S201, on entre l'épaisseur de la pièce 14. A l'étape S202, on entre «2» comme étant le nombre d'axes à corriger. A l'étape S203, les positions de départ pour corriger le premier axe et le second axe, ainsi qu'une trajectoire de mouvement du premier axe vers le second axe sont entrés dans la moyen de commande numérique 25. A l'étape S204, l'électrode en fil métallique 1 est tendue. A l'étape S205, la table 2 est déplacée dans la direction de l'axe X, de sorte que la pièce 14 fixée sur la table 2 s'approche de l'électrode en fil métallique 1. Ensuite, le point de contact de l'électrode en fil métallique 1 et de la pièce 14 est détecté par le moyen de détection 11 de la position. A l'étape S206, la pièce 14 fixée sur la table 2 est reculée d'une valeur prescrite dans la direction de l'axe X depuis le point de contact de l'électrode en fil métallique 1 avec la pièce 14. A l'étape S207, la tension de décharge est appliquée et l'électrode en fil métallique 1 se rapproche relativement de la pièce 14 fixée sur la table 2, tout en se déplaçant lentement. A l'étape S208, lorsque la durée prédéterminée ou le nombre d'impulsions de décharges prédéterminé est détecté entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, le moteur 5 à axe X arrête de tourner et l'électrode en fil métallique 1 arrête de se rapprocher de la pièce 14 dans la direction de l'axe X. Cela signifie que les positions de décharge sont détectées pour chaque décharge durant une durée spécifiée ou durant un nombre d'impulsions spécifié durant la période de temps avant que l'électrode en fil métallique 1 arrête de se rapprocher de la pièce 14 dans la direction de l'axe X en arrêtant de tourner le moteur 5 à axe X.

Ensuite, à l'étape S209, on calcule l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14. A l'étape S210, la valeur de la correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est calculée, puis cette valeur est mémorisée dans le moyen de mémorisation 24 de la position de décharge. A l'étape S211, on corrige l'inclinaison en tournant le moteur 7 à axe U sur la base de la valeur de correction mémorisée dans le moyen 24 de mémorisation de la position

de décharge. Le nombre de corrections à l'étape S211 est limité à une par axe. A l'étape S212, on décide si l'axe qui a été corrigé est le premier axe ou non. A l'étape S213, on décide si un seul axe doit être corrigé ou non. Dans ce cas, il est nécessaire de corriger l'inclinaison dans une autre direction d'axe. Par conséquent, l'alimentation de l'électrode en fil métallique 1 est coupée à l'étape S214. A l'étape S215, l'électrode en fil métallique 1 est déplacée par rapport à la pièce 14 de la valeur de déplacement prescrite en tournant le moteur 5 à axe X et le moteur 6 à axe Y. De cette manière, comme dans la procédure pour la première correction d'axe, la direction de mouvement de l'électrode 1 est changée de la direction de l'axe X vers la direction de l'axe Y, alors que la direction de correction de l'inclinaison est changée de la direction de l'axe U à la direction de l'axe V, de sorte que l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est corrigée. Après cela, on décide à l'étape S212 si l'axe qui a été corrigé est le premier axe ou non. Dans ce cas, la correction est pour le second, de sorte que le procédé est terminé.

Lorsqu'on se reporte à la fig. 4, on décrit une théorie pour calculer la valeur de la correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à une surface de référence de la pièce 14.

Tout d'abord, sur la fig. 4, 1 indique l'électrode en fil métallique, 14 est la pièce, 40 est l'épaisseur de la pièce qui est spécifiée au préalable, 41 est une extrémité supérieure de décharge, 42 est une extrémité inférieure de décharge, 43 est une largeur de décharge définie entre l'extrémité supérieure de décharge 41 et l'extrémité inférieure de décharge 42 dans la direction de l'épaisseur 40, 44 est la différence de la distance de décharge entre l'extrémité supérieure de décharge 41 et l'extrémité inférieure de décharge 42 dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, 45 est l'inclinaison de l'électrode en fil métallique (angle θ) et 49 est la valeur de correction (valeur de correction = δ).

On va décrire maintenant le fonctionnement de cet appareil.

Comme représenté sur la fig. 4, lorsque l'électrode en fil métallique 1 s'approche relativement de la pièce 14 fixée sur la table 2, il se produit une décharge entre la pièce 14 et l'électrode en fil métallique 1 dans la position où la distance entre les deux atteint une certaine valeur. On continue à déplacer l'électrode en fil métallique 1 vers la pièce 14 jusqu'à ce que la décharge se produise pendant une durée prédéterminée ou pendant un nombre d'impulsions prédéterminé. La position de décharge, qui est définie comme représentant une zone s'étendant verticalement entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 fixée sur la table 2 est mesurée pour la durée prédéterminée ou pour le nombre d'impulsions de décharge prédéterminé. La distance verticale entre la position supérieure 41 et la position inférieure 42 de la décharge est enregistrée en tant que largeur de décharge 43 dans le moyen de mémorisation de la position de décharge 24. L'approche de l'électrode en fil métallique 1 vers la pièce 14 continue jusqu'après la durée fixée ou le nombre d'impulsions temps de décharge fixé. La

distance de déplacement durant laquelle la décharge est produite, est prise comme étant la différence 44 entre le point de départ de la distance de décharge et la distance de décharge au point final de décharge. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 est calculée par l'unité 28 de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique, sur la base de la différence 44 des distances de décharge et de la largeur de la décharge 43. Ensuite, la valeur de correction 49 est calculée sur la base de l'épaisseur 40 de la pièce 14, qui a été spécifiée auparavant, et de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1, et on effectue la correction.

Ensuite, on décrit comment calculer l'inclinaison 45 de l'électrode en fil métallique (angle θ) par rapport à la table 2 et la valeur de correction 49, en se reportant à la fig. 4. En utilisant la largeur de décharge 43 et la différence 44 des distances de décharge, l'angle d'inclinaison θ de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 fixée à la table 2 est calculée comme suit:

$\tan \theta = (\text{différence 44 de la distance de décharge}) / (\text{largeur de la décharge 43})$

Quand la valeur de $\tan \theta$ est calculée, l'épaisseur de la pièce est le numérateur et la valeur de correction 49 le dénominateur, de sorte que la valeur de correction δ est calculée comme suit:

$\delta = (\text{différence de la distance de décharge 44}) \times (\text{épaisseur de la pièce 40}) / (\text{largeur de décharge 43})$

Comme mentionné ci-dessus, la machine à décharges à électrode en fil métallique de la présente forme d'exécution comprend: un moyen 38 d'alimentation en fluide de travail entre une électrode en fil métallique 1 et une pièce 14; une source 26 de courant d'usinage pour appliquer une tension pour produire une décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 à travers le fluide de travail arrivant du moyen d'alimentation 38 en fluide de travail; une table 2 capable de tenir la pièce 14; un moyen de commande 9 pour contrôler le mouvement de la table suivant les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides 3 et 4 de l'électrode en fil métallique, disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14; un moyen 10 de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 en déplaçant un des guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U ou de l'axe V; le moyen 21 de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 sur la base du courant fourni par une ligne supérieure 17 d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant 18 depuis la source de courant d'usinage 26 à l'électrode en fil métallique 1; un moyen de mesure, constitué par le moyen de commande numérique 25, pour mesurer la position de décharge, pendant une durée prescrite de temps, détectée par le moyen de détection 21 de la position de décharge, pendant l'approche de l'électrode en fil métallique 1 vers la pièce 14; un moyen 29 de calcul de la largeur de la décharge pour calculer la distance entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la position de décharge en tant que largeur de décharge dans la direc-

tion de l'épaisseur de la pièce 14; et un moyen de calcul de la valeur de correction, constitué par le moyen de commande numérique 25, pour calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport la pièce 14 sur la base de la largeur de décharge calculée par le moyen 29 de calcul de la largeur de décharge, de l'épaisseur de la pièce 14 et de la position de décharge détectée par le moyen 21 de détection de la position de décharge. L'invention concerne également le procédé d'usinage par décharges avec une électrode en fil métallique mettant en œuvre l'appareil ci-dessus.

Dans ces conditions, la tension est appliquée par la source 26 de courant d'usinage à travers le fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, depuis le moyen d'alimentation 38 en fluide de travail. Le mouvement, dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y de la table 2 sur laquelle est fixée la pièce 14 est contrôlé par le moyen de commande de la table 25. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est commandée par le moyen 10 d'ajustement de l'inclinaison en déplaçant, dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 est détectée par le moyen 21 de détection de la position de décharge, sur la base du courant fourni par la source 26 de courant d'usinage vers l'électrode en fil métallique 1. La position de décharge est mesurée par le moyen de commande numérique 25 utilisé comme moyen de mesure, pendant une durée prédéterminée lorsque l'électrode en fil métallique 1 se rapproche de la pièce 14. La distance entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la position de décharge est calculée en tant que largeur de décharge dans la direction de l'épaisseur de la pièce 14, par le moyen 29 de calcul de la largeur de décharge. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est calculée sur la base de la largeur de décharge, de l'épaisseur de la pièce 14 et de la position de décharge, dans le moyen de commande numérique 25 utilisé comme moyen de calcul de la valeur de correction.

Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 directement en utilisant l'électrode en fil métallique 1. En plus, il est possible de corriger rapidement l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14. Dans ces conditions, il est possible de diminuer d'une manière très importante le temps nécessaire pour fixer les pièces 14 sur la table 2, à cause de la précision requise moindre, ainsi que le temps nécessaire pour vérifier par décharge la verticalité de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce.

Une autre technique pour calculer la valeur de correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 va être décrite en se reportant à la fig. 5.

Sur la fig. 5, le chiffre de référence 1 est l'élec-

trode en fil métallique, 14 est la pièce, 40 est l'épaisseur de la pièce 14 indiquée précédemment, 41 est l'extrémité supérieure de décharge, 42 est l'extrémité inférieure de décharge, 45 est l'inclinaison de l'électrode en fil métallique (angle θ), et 49 est la valeur de correction (valeur de correction = δ). Le chiffre de référence 62 est une largeur d'une division de l'épaisseur 40 de la pièce 14, qui est divisée en «n» parties égales pour le calcul dans le moyen de commande numérique 25. Le chiffre de référence 63 est une longueur ou une surface de division produisant une décharge qui est définie entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure des parties divisées 62 où la décharge se produit, à l'intérieur des divisions de l'épaisseur 40 de la pièce 14 divisée en «n» parties égales pour le calcul par le moyen de commande numérique 25. 65 est le nombre d'impulsions de décharge à la partie d'extrémité supérieure des divisions, ce qui est représenté par un graphique de barres depuis la face d'extrémité droite de l'épaisseur 40 de la pièce 14 divisée en «n» parties égales pour le calcul dans le moyen de commande numérique 25. 66 est un nombre d'impulsions temps de décharge à la partie à l'extrémité inférieure des divisions, ce qui est représenté par un graphique de barres depuis la face d'extrémité droite de la surface produisant une décharge de l'épaisseur 40 de la pièce 14 divisée en «n» parties égales pour calcul dans le moyen de commande numérique 25.

Le fonctionnement est décrit ci-après.

Comme représenté sur la fig. 5, l'épaisseur 40 de la pièce 14 est divisée en un nombre prescrit d'intervalles égaux dans la direction de l'axe Z, direction qui est perpendiculaire à l'axe X et à l'axe Y. Quand l'électrode en fil métallique 1 est déplacée vers la pièce 14 fixée sur la table 2, une décharge se produit entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 à une certaine distance. L'électrode en fil métallique 1 continue à se déplacer vers la pièce 14 jusqu'à la fin d'une durée prédéterminée ou d'un nombre d'impulsions prédéterminé de décharge. Les positions de décharge définies entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 fixée à la table 2 sont mesurées pendant la durée prescrite ou pendant le nombre d'impulsions prescrit. Ensuite, on compte combien de fois la décharge est générée à chaque division et la valeur est enregistrée dans le moyen de mémorisation 24 de la position de décharge. L'inclinaison 45 de l'électrode en fil métallique 1 est calculée par l'unité 28 de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique sur la base de l'épaisseur 40 de la pièce 14, qui est spécifiée au départ, du nombre de divisions et du nombre, d'impulsions de décharge à chaque division. La valeur de correction 49 est calculée à partir de l'épaisseur et de l'inclinaison 45 de l'électrode en fil métallique 1, de manière à corriger l'inclinaison.

En se reportant à la fig. 5, on va décrire maintenant comment calculer l'inclinaison 45 de l'électrode (angle = θ) par rapport à la table 2 et la valeur de correction 49 (valeur de correction = δ).

En utilisant la différence entre les impulsions de décharge à l'extrémité supérieure 65, qui correspond à la partie la plus haute parmi les parties éga-

lement divisées en «n» pour le calcul dans le moyen de commande numérique 25, et les impulsions de décharge à l'extrémité inférieure 66, qui correspond à la partie la plus basse parmi les parties également divisées en «n» pour le calcul dans le moyen de commande numérique 25, et l'épaisseur 40 de la pièce 14, qui est la longueur des parties depuis l'extrémité supérieure de la pièce 14 jusqu'à l'extrémité inférieure produisant une décharge parmi les parties également divisées en «n» pour calcul dans le moyen de commande numérique 25, l'angle d'inclinaison θ de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 fixée sur la table 2 est calculée comme suit. K dans l'équation indique une constante de proportionnalité.

$\tan \theta = K \times \{(\text{nombre d'impulsions de décharge à l'extrémité supérieure 65}) - (\text{nombre d'impulsions de décharge à l'extrémité inférieure 66})\} / (\text{longueur de division produisant une décharge 63})$

Lorsque l'on calcule $\tan \theta$, l'épaisseur de la pièce 40 est le numérateur et la valeur de correction 49 est le dénominateur, de sorte que la valeur de correction δ est calculée comme suit:

$\delta = k \times \{(\text{nombre d'impulsions de décharge à l'extrémité supérieure 65}) - (\text{nombre d'impulsions de décharge à l'extrémité inférieure 66})\} \times (\text{épaisseur 40}) / (\text{longueur de division produisant une décharge 63})$

Comme mentionné ci-dessus, la machine à décharges à électrode en fil métallique de la présente forme d'exécution comprend: un moyen 38 d'alimentation en fluide de travail pour amener un fluide de travail entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14; une source 36 de courant d'usinage pour appliquer une tension pour générer une décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 à travers le fluide de travail fourni du moyen 38 d'alimentation en fluide de travail; une table 2 capable de tenir la pièce 14; un moyen de commande 9 de la table pour contrôler le mouvement de la table 2 dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique, disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14; un moyen 10 de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 en déplaçant un des guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; le moyen 21 de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 sur la base du courant fourni par une ligne supérieure 17 d'alimentation en courant et une ligne inférieure 18 d'alimentation en courant de la source 26 de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique 1; un moyen de mesure constitué par le moyen de commande numérique 25, pour mesurer la position de décharge, pendant une durée prescrite, détectée par le moyen 21 de détection de la position de décharge, lorsque l'électrode en fil métallique 1 s'approche de la pièce 14; un moyen de comptage constitué par un moyen de commande numérique 25, pour diviser d'une manière égale l'épaisseur de la pièce 14 en un nombre spécifié dans un programme prédéterminé et compter un nombre d'impulsions de décharge à chacune des parties divisées de la pièce 14; et un moyen de

calcul de la valeur de correction, constitué par le moyen de commande numérique 25, pour calculer la valeur de correction, afin de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14, sur la base du nombre d'impulsions de décharge compté par le moyen de comptage, l'épaisseur de la pièce 14 et la position de décharge détectée par le moyen de détection 21 de la position de décharge. En outre, l'invention concerne également le procédé d'usinage par décharges avec une électrode en fil métallique selon lequel l'appareil ci-dessus fonctionne.

Dans ces conditions, une tension est appliquée par la source de courant d'usinage 26, pour produire une décharge à travers un fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 depuis le moyen 38 d'alimentation en fluide de travail. Le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y de la table 2 sur laquelle est fixée la pièce 14 est contrôlé par le moyen de commande 25 de la table. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est ajustée par le moyen 10 de commande de l'inclinaison en déplaçant, dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14. La position de décharge entre l'électrode 1 et la pièce 14 est détectée par le moyen de détection de la position de décharge 21, sur la base du courant fourni depuis la source 26 de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique 1. La position de décharge est mesurée par le moyen de commande numérique 25 servant de moyen de mesure, pendant une durée prescrite lorsque l'électrode en fil métallique 1 s'approche de la pièce 14. L'épaisseur de la pièce 14 est également divisée en un nombre spécifié dans un programme prédéterminé et on compte le nombre d'impulsions de décharge à chacune des parties divisées de la pièce 14, dans le moyen de commande 25 utilisé comme moyen de calcul. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est calculée sur la base du nombre d'impulsions de décharge, de l'épaisseur de la pièce 14 et de la position de décharge, dans le moyen de commande numérique utilisé comme moyen de calcul de la valeur de correction.

Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 directement en utilisant l'électrode en fil métallique 1. En plus, il est possible de corriger rapidement l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14. Il s'ensuit qu'il est possible de diminuer d'une manière considérable le temps nécessaire pour assurer la précision requise lorsque la pièce 14 est fixée à la table 2 et le temps nécessaire pour opérations telles que la vérification de la verticalité d'un fil métallique 1 par décharge.

Troisième forme d'exécution

Les fig. 6a, 6b et 6c sont des dessins explicatifs qui montrent une procédure pour exclure une dé-

charge irrégulière ou anormale dans une machine à décharges à électrode en fil métallique, selon une troisième forme d'exécution de la présente invention. La structure de la machine à décharges à électrode en fil métallique est la même que celle de la fig. 1, et, par conséquent, la description détaillée de la structure sera omise. On peut se référer à la fig. 1 si cela est nécessaire.

Dans les fig. 6a, 6b et 6c, 1 représente une électrode en fil métallique, 14 est une pièce, 40 est l'épaisseur de la pièce 14, 41 est l'extrémité supérieure de décharge, 42 est l'extrémité inférieure de décharge, 46 est un point de décharge irrégulier pour détecter une décharge irrégulière, 47 est une largeur spécifiée, 48 est une largeur de décharge irrégulière qui est une largeur où la décharge irrégulière est détectée, et 75 est une décharge concentrée.

Le fonctionnement de cette machine de décharges à électrode en fil métallique est décrit ci-après en se référant aux fig. 6a, 6b et 6c.

La fig. 6a montre les points 46 de décharge irrégulière qui se trouvent en dehors de la pièce 14 (en dehors de l'épaisseur 40). Dans les données concernant des positions de décharge mesurées pour la durée prescrite ou pour le nombre d'impulsions prescrit de décharge, les positions d'extrémité supérieure et inférieure de la pièce 14 sont mémorisées sur la base de l'épaisseur 40 de la pièce 14, qui est spécifiée au préalable. Si les points 46 de décharge irrégulière sont détectés au-dessus de l'extrémité supérieure ou en dessous de l'extrémité inférieure de la pièce 14, ces points sont reconnus comme étant des valeurs irrégulières et elles sont exclues des données pour calculer l'angle d'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 quand on vérifie sa verticalité par rapport à la pièce.

La fig. 6b montre les points de décharge irrégulière 46 qui se trouvent à l'intérieur de la pièce 14 (à l'intérieur de l'épaisseur 40). Dans les données concernant les positions de décharge mesurées pendant une durée prescrite ou pendant un nombre d'impulsions de décharge prescrit, les positions supérieure et inférieure de la pièce 14 sont enregistrées sur la base de l'épaisseur 40 de la pièce 14, qui est spécifiée au préalable. Lorsqu'un point de décharge irrégulier 46 est détecté au-dessus de l'extrémité supérieure ou en dessous de l'extrémité inférieure de la pièce 14, alors qu'un tel point 46 est éloigné de la largeur spécifiée 47, le point de décharge 46 est reconnu comme étant un point de décharge irrégulière et il est exclu des données pour calculer l'angle d'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 lorsqu'on vérifie sa verticalité par rapport à la pièce 14. Même s'il y a deux intervalles de points de décharge irrégulière espacés de moins de la largeur spécifiée 47, à ce moment l'intervalle ou la largeur de décharge irrégulière 48 est éloignée de la largeur spécifiée 47, ces points sont reconnus comme étant des valeurs irrégulières et sont exclues des données pour calculer l'angle d'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 lorsqu'on vérifie la verticalité par rapport à la pièce 14.

La fig. 6c montre une décharge concentrée 75.

Si des décharges se produisent plus souvent qu'un nombre prescrit d'impulsions à la même position de décharge, elles sont reconnues comme étant des décharges irrégulières et on arrête la décharge et le décalage de l'axe pendant une certaine durée. Ensuite la décharge et le décalage de l'axe sont effectués jusqu'à ce qu'une durée prescrite ou qu'un nombre prescrit de temps de décharge se soit produit. Les décharges reconnues comme étant des décharges irrégulières sont exclues des données pour le calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1.

Comme mentionné ci-dessus, en plus de la structure des premières et secondes formes d'exécution décrites ci-dessus, la machine à décharges à électrode en fil métallique de la présente forme d'exécution comprend en outre: un moyen de détection des décharges irrégulières constitué par un moyen de commande numérique 25, pour détecter une décharge concentrée en tant que décharge irrégulière si la décharge concentrée est générée en détectant la position de décharge par le moyen 21 de détection de la position de décharge; et un moyen d'exclusion et de correction, constitué par le moyen de commande numérique 25, pour exclure la décharge irrégulière de la valeur de correction calculée par le moyen de calcul de la valeur de correction, constitué par le moyen de commande numérique 25, lorsqu'une décharge irrégulière est détectée par le moyen de détection des décharges irrégulières. En outre, l'invention concerne également le procédé pour un usinage par décharges avec une électrode en fil métallique mise en œuvre par l'appareil ci-dessus.

Dans ces conditions, la décharge irrégulière détectée par le moyen de détection des décharges irrégulières, par suite de la décharge concentrée 75, est exclue de la valeur de correction, qui est calculée par le moyen de commande numérique 25 utilisé comme moyen de calcul de la valeur de correction.

Par conséquent, il est possible de détecter la position de décharge avec une précision plus élevée en excluant la décharge irrégulière due à la décharge concentrée 75.

Quatrième forme d'exécution

La fig. 7 est une vue d'en haut qui montre plusieurs pièces fixées sur une table 2 d'une machine à décharges à électrodes en fil métallique selon une quatrième forme d'exécution de la présente invention. Le dispositif de base de la machine à décharge à électrode en fil métallique est le même que celui de la fig. 1 et, par conséquent, une description détaillée du mécanisme est omise, et on peut se référer à la fig. 1 si nécessaire.

Sur la fig. 7, les chiffres de référence 50, 51 et 52 sont des pièces, 53 montre une valeur de correction pour la pièce 50, 54 montre une valeur de correction pour la pièce 51. Le chiffre de référence 55 indique une valeur de correction pour la pièce 52. Le chiffre de référence 56 montre une position de départ de décharges pour vérifier la verticalité de la pièce 50 par décharge, 57 montre une posi-

tion de départ pour décharges pour vérifier la verticalité de la pièce 51 par décharge, 58 montre une position de départ de décharge pour vérifier la verticalité par rapport à la pièce 52 par décharge, 59 montre une position de départ d'usinage de la pièce 50, 60 montre une position de départ d'usinage de la pièce 51 et 61 montre une position de départ d'usinage de la pièce 52.

Plusieurs pièces 50, 51 et 52 sont fixées à la table 2 et il est nécessaire de vérifier la verticalité de chaque pièce par décharge. La verticalité de chaque pièce 50, 51, 52 est vérifiée par décharge, et la valeur de correction 53, 54, 55 est établie pour chacun. Les valeurs de correction 53, 54 et 55 correspondant aux pièces respectives 50, 51 et 52 sont mémorisées dans le moyen 24 de mémorisation de la position de décharge. Lors de l'usinage, chacune de la pluralité de pièces 50, 51 et 52 fixées sur la table 2, est traitée successivement et l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à chaque pièce 50, 51, 52 est corrigée sur la base de chacune des valeurs de correction 53, 54 et 55 enregistrées dans le moyen 24 de mémorisation de la position de décharge.

Le fonctionnement de la machine à décharges à électrode en fil métallique selon la présente forme d'exécution est décrit sur la base du schéma des opérations de la fig. 8, en se reportant également à la fig. 1, fig. 2, fig. 3 et fig. 7. La fig. 8 montre le cas dans lequel, après que l'on a effectué une vérification de la verticalité pour toutes les pièces par décharge, toutes les pièces sont usinées par des décharges électriques. Toute l'opération de la fig. 8 est exécutée automatiquement sur la base de valeurs spécifiées au préalable par le moyen de commande numérique 25. Les positions de départ de décharge pour vérifier la verticalité de chaque pièce et les positions de départ d'usinage pour chaque pièce sont entrées au préalable. Comme représenté sur la fig. 7, les différentes pièces 50, 51 et 52 sont fixées sur la table 2 et usinées dans l'ordre croissant de leur chiffre de référence, c'est-à-dire en commençant par la pièce 50.

A l'étape S301, le moteur 5 à axe X et le moteur 6 à axe Y tournent de manière à ce que la table 2 se déplace vers la position 56 de démarrage des décharges pour vérifier la verticalité de la pièce 50. A l'étape S302, l'électrode en fil métallique 1 est tendue entre le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique et le guide inférieur 4 de l'électrode en fil métallique. A l'étape S303, l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 50 est corrigée selon le procédé susmentionné pour vérifier la verticalité de la pièce 50, comme représenté sur la fig. 2 et la fig. 3. A l'étape S304, la valeur de correction 53, qui est utilisée pour la correction à l'étape S303, est mémorisée dans le moyen 35 de mémorisation des valeurs de correction. A l'étape S305, l'alimentation de l'électrode en fil métallique 1 est coupée, ceci pour empêcher la position de la pièce de changer, tout en évitant à l'électrode en fil métallique 1 des casses par suite d'interférences, par exemple si l'électrode en fil métallique 1 était prise par la pièce 14 au moment du déplacement de la pièce suivante de la table 2.

A l'étape S306, on détermine si la pièce sur laquelle la correction a été faite est la première ou non.

S'il est décidé à l'étape S306 que la pièce sur laquelle la correction a été effectuée est la première, la procédure passe à l'étape S307, pour la correction de la seconde pièce. Lorsque la pièce est la seconde pièce ou la troisième, la procédure s'arrête à l'étape S308. A l'étape S307, le moteur 5 à axe X et le moteur 6 à axe Y tournent de manière à ce que la table 2 soit déplacée vers la position de départ de décharge 57 pour vérifier la verticalité de la seconde pièce 51. Ensuite, la procédure retourne à l'étape S302 et la même procédure est répétée. A l'étape S308, on décide si la pièce pour laquelle la correction a été effectuée est la seconde pièce ou non. Si on décide à l'étape S308 que la pièce pour laquelle la correction a été effectuée est la seconde pièce, la procédure passe à l'étape S309 pour la correction de la troisième pièce. A l'étape S309, le moteur 5 à axe X et le moteur 6 à axe Y sont tournés de manière à ce que la table 2 soit déplacée vers la position 58 de début de décharge, pour vérifier la verticalité de la troisième pièce 52. Ensuite, la procédure revient à l'étape S302, et la même procédure est répétée.

En outre, si on décide à l'étape S308 que la pièce sur laquelle la correction a été effectuée est la troisième, la procédure passe à l'étape S310 pour usiner les pièces 50, 51 et 52. A l'étape S310, le moteur 5 à axe X et le moteur 6 à axe Y sont mis en rotation pour que la table 2 se déplace vers la position de départ 59 de la machine pour la première pièce 50. A l'étape S311, le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique est déplacé dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe Y par la valeur de correction 53 pour la première pièce 50 mémorisée dans le moyen 35 de mémorisation de la correction. A l'étape S312, l'électrode en fil métallique 1 est tendue entre le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique et le guide inférieur 4 de l'électrode en fil métallique. A l'étape S313, la pièce est usinée pour lui donner la forme prévue par la commande numérique 25 et ensuite la procédure passe à l'étape S314 pour couper l'alimentation de l'électrode en fil métallique 1. Ceci est fait pour éviter que la position de la pièce ne change ou que l'électrode en fil métallique 1 ne casse par suite d'interférence, par exemple si l'électrode en fil métallique 1 était prise par la pièce 14 lorsque la seconde pièce est déplacée par la table 2.

A l'étape S315, on détermine si la pièce qui a été usinée est la première ou non. Si on détermine à l'étape S315 que la pièce est la première, la procédure passe à l'étape S316 pour usiner la seconde pièce. Lorsque la pièce usinée est la seconde ou la troisième, la procédure passe à l'étape S318. A l'étape S316, le moteur 5 à axe X et le moteur 6 à axe Y tournent de manière à ce que la table 2 se déplace vers la position de démarrage de l'usinage 60, pour la seconde pièce 51. A l'étape S317, le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique est déplacé dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe Y, par la valeur de correction 54 pour la seconde pièce 51, mémorisée dans le moyen 35 de mémorisation des valeurs de correc-

tion. Ensuite, lorsque la procédure retourne à l'étape S312, la même procédure est répétée.

A l'étape S318, on détermine si la pièce qui a été usinée est la seconde pièce ou non. Si on trouve à l'étape S318 que la pièce est la seconde, la procédure continue à l'étape S319 pour usiner la troisième pièce. Si on trouve à l'étape S318 que la pièce est la troisième pièce, la procédure est terminée. A l'étape S319, le moteur 5 à axe X et le moteur 6 à axe Y tournent de sorte que la table 2 est déplacée vers la position de départ de l'usinage 61 pour la troisième pièce 52. A l'étape S320, le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique est déplacé dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe Y par la valeur de correction 55 pour la troisième pièce 52 mémorisée dans le moyen 35 de mémorisation des valeurs de correction. Ensuite, la procédure retourne à l'étape S312 et la même procédure est répétée. Après la décision de l'étape S318, la procédure est terminée.

Comme mentionné ci-dessus, la machine à décharges à électrode en fil métallique de cette forme d'exécution comprend: un moyen 38 d'alimentation en fluide de travail pour amener le fluide de travail entre une électrode en fil métallique 1 et une pièce 14; une source 26 de courant d'usinage pour appliquer une tension pour produire une décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 à travers le fluide de travail amené par le moyen 38 d'alimentation en fluide de travail; une table 2 capable de fixer la pièce 14; un moyen de commande 9 de la table pour contrôler le mouvement de la table 2 dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides 3 et 4 de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14; un moyen 10 de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 en déplaçant un des guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; le moyen 21 de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 sur la base du courant fourni à l'électrode en fil métallique 1 par une ligne supérieure 17 d'alimentation en courant et une ligne inférieure 18 d'alimentation en courant de la source 26 de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique 1; un moyen 28 de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à chacune d'une pluralité de pièce 50, 51, 52, sur la base de la position de décharge détectée par le moyen 21 de détection de la position de décharge; un moyen de calcul de la valeur de correction constitué par un moyen de commande numérique 25, pour calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 50, 51, 52, sur la base de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 calculée par le moyen 28 de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique; un moyen 35 de mémorisation de la valeur de correction pour mémoriser la valeur de la correction calculée par le moyen de calcul de la quantité de correction; et un moyen d'usinage en continu constitué par le moyen de commande numérique 25, pour continuer l'usina-

ge de la pièce 50, 51, 52 en rappelant une des valeurs de correction mémorisées dans le moyen 35 de mémorisation des valeurs de correction correspondant à la pièce 50, 51, 52 à usiner pendant l'exécution d'un programme prescrit. En outre, l'invention va également comprendre le procédé d'usinage par des décharges avec une électrode en fil métallique utilisé par l'appareil ci-dessus.

Dans ces conditions, une tension est appliquée par la source 26 de courant d'usinage pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, depuis le moyen 38 d'alimentation en fluide de travail. Le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, de la table 2 sur laquelle est fixée la pièce 1 est commandé par le moyen de commande 25 de la table. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est commandé par le moyen 10 de commande de l'inclinaison en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique, disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 est détectée par le moyen 21 de détection de la position de décharge sur la base du courant fourni de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à chacune d'une pluralité de pièce 50, 51, 52 est calculée sur la base de la position de décharge, dans le moyen 28 de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode 1 en fil métallique par rapport à la pièce 50, 51, 52 est calculée sur la base de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1, dans le moyen de commande numérique 25 servant de moyen de calcul de la valeur de correction. L'usinage de la pièce 50, 51, 52 est poursuivi en rappelant une des valeurs de correction mémorisées correspondant à la pièce 50, 51, 52 à usiner en exécutant un programme prescrit, le moyen de commande numérique 25 servant de moyen de commande de l'usinage.

Dans ces conditions, il est possible de diminuer considérablement avec ce système le temps nécessaire pour fixer les pièces 50, 51, 52 sur la table 2. En plus, même s'il y a plusieurs pièces 50, 51 et 52, l'automatisation de toutes les opérations depuis la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique 1 pour l'usinage suivant un contour peut facilement être réalisée en fixant la pièce 50, 51 et 52 sur la table 2. Dans ces conditions, il est possible d'effectuer les opérations sur une longue durée sans intervention.

Cinquième forme d'exécution

Les fig. 9a et 9b sont des dessins explicatifs qui illustrent une procédure pour mesurer l'épaisseur d'une pièce en utilisant une électrode en fil métallique, qui est inclinée par une certaine quantité, dans une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une cinquième forme d'exécution de la présente invention. Sur les fig. 9a et 9b, une élec-

trode en fil métallique 1 est déplacée vers une pièce 14 dans la direction de la flèche, de la droite vers la gauche. La structure générale de la machine à décharges à électrode en fil métallique de la présente forme d'exécution est la même que celle de la fig. 1 et, par conséquent, elle n'est pas décrite davantage et on peut se référer à la fig. 1 si cela est souhaité.

Sur les fig. 9a et 9b, 1 est une électrode en fil métallique, 3 est un guide supérieur de l'électrode en fil métallique, 4 est le guide inférieur de l'électrode en fil métallique, 14 est une pièce, 68 est un point de décharge, et 69 et 70 sont des valeurs de décalage respectives.

Lorsqu'on se réfère aux fig. 9a et 9b, le fonctionnement de la machine ci-dessus est comme décrit ci-après.

Comme représenté sur la fig. 9a, l'électrode en fil métallique 1 est inclinée avec une inclinaison prescrite. L'électrode en fil métallique 1 est d'abord positionnée à la droite de la pièce 14, puis décalée dans la direction de la flèche. La direction de mouvement est limitée soit dans la direction de l'axe X, soit dans la direction de l'axe Y. Quand l'électrode en fil métallique 1 est déplacée dans la direction soit de l'axe X, soit de l'axe Y par la valeur du mouvement-69, la première décharge a lieu entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 au point de décharge 68. La position de décharge à ce point de décharge 68 est mémorisée dans le moyen 24 de mémorisation de la position de décharge. Ensuite, l'électrode en fil métallique 1 est déplacée vers la position initiale à droite et inclinée vers l'arrière par la valeur prescrite ci-dessus pour être parfaitement verticale.

Ensuite, comme représenté sur la fig. 9b, l'électrode en fil métallique 1 est inclinée dans la direction opposée à la première inclinaison par la même valeur prescrite que dans la première inclinaison. Ensuite, elle est déplacée dans la direction de la flèche. Après cela, la procédure représentée sur la fig. 9a est répétée et la position de décharge du point de décharge 68 est mémorisée dans le moyen 24 de mémorisation de la position de décharge. La distance entre les deux points de décharge 68 est calculée par le moyen 29 de calcul de la largeur de décharge 29 et le résultat du calcul est utilisé comme l'épaisseur 40 de la pièce 14. Comme la différence des valeurs de décalage 69 et 70 correspond à la quantité d'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14, la différence des quantités de décalage 69 et 70 est considérée comme étant la valeur de correction et la correction s'effectue sur cette base.

Comme mentionné ci-dessus, en plus de la structure dans la première ou la seconde forme d'exécution susmentionnée, la machine à décharges à électrode en fil métallique de la présente forme d'exécution comprend en outre: le moyen de mémorisation 24 de la position de décharge pour déplacer le guide supérieur 3 de l'électrode dans les directions de l'axe U et de l'axe V pour incliner l'électrode en fil métallique 1, de manière à produire une décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 et à mémoriser la position de décharge

détectée par le moyen 21 de détection de la position de décharge; et un moyen de calcul de l'épaisseur de la pièce constitué par un moyen de commande numérique 25, pour calculer l'épaisseur de la pièce 14 sur la base de la position de décharge mémorisée dans le moyen 24 de mémorisation de la position de décharge. En outre, l'invention concerne également le procédé d'usinage par décharges électriques avec l'électrode en fil métallique utilisant l'appareil ci-dessus.

Dans ces conditions, on mémorise la position de décharge, qui est détectée par la décharge générée entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 en déplaçant le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V, pour incliner l'électrode en fil métallique 1. Ensuite, l'épaisseur de la pièce est calculée à partir de la position de décharge dans le moyen de commande numérique 25 utilisé comme moyen de calcul de l'épaisseur de la pièce.

Dans ces conditions, l'épaisseur de la pièce est calculée automatiquement. Par conséquent, la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique 1, qui se fait habituellement après avoir mesuré correctement l'épaisseur de la pièce et l'avoir spécifiée, peut être effectuée dans une série d'opérations, de sorte qu'il est possible d'améliorer la précision. En plus, l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 peut être corrigée en même temps que la détection de la position de décharge.

Sixième forme d'exécution

La fig. 10 est un dessin explicatif qui montre deux sources de courant et une pièce d'une machine à décharges à électrode en fil métallique selon une sixième forme d'exécution de la présente invention. La structure générale de la machine à décharges à électrode en fil métallique est la même que celle de la fig. 1 et, de ce fait, une description plus détaillée de la structure est omise et on peut se référer à la fig. 1 si nécessaire.

Sur la fig. 10, le chiffre de référence 1 est l'électrode en fil métallique, 3 est le guide supérieur de l'électrode en fil métallique, 4 est le guide inférieur de l'électrode en fil métallique, 14 est une pièce, 17 est une ligne supérieure d'alimentation, 18 est une ligne inférieure d'alimentation, 21 est le moyen de détection de la position de décharge, 22 est une ligne supérieure pour les signaux, 23 est une ligne inférieure pour les signaux, 26 est une source de courant d'usinage, 27 est une source de courant de détection de la position de décharge et 76 est une ligne latérale d'alimentation en courant de la pièce.

La fig. 11 est un graphique montrant la forme d'onde de la tension et la forme d'onde du courant dans l'usinage par décharges avec l'électrode en fil métallique de la fig. 10.

Vo est une tension de source de courant dans un état isolé, Vm est une tension d'usinage moyenne, le temps de coupure indique l'intervalle de temps pendant lequel il n'y a pas de décharge entre la fin d'une opération de décharge et un commencement de la tension de source appliquée sui-

vante V_0 , I_P est une valeur de pic de courant quand l'isolation est interrompue et qu'une décharge a lieu, et I_m est le courant d'usinage moyen.

L'énergie d'usinage pour l'usinage par décharges avec une électrodes en fil métallique se réfère à une valeur obtenue en multipliant la tension d'usinage moyenne V_m par le courant d'usinage moyen I_m . Pour obtenir une énergie d'usinage suffisamment élevée pour un usinage correct, la tension d'usinage moyenne V_m ou le courant moyen d'usinage I_m est maintenu élevé. Pour conserver la tension moyenne d'usinage V_m élevée, il est nécessaire d'augmenter la tension V_0 de la source de courant et de diminuer le temps de coupure. Pour maintenir un courant d'usinage moyen I_m élevé, il est nécessaire d'augmenter le pic de courant I_P et de diminuer le temps de coupure. Quand on vérifie la verticalité de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à une surface de référence, on peut utiliser une énergie d'usinage appropriée pour détecter la position de décharge précise avec moins d'effets néfastes sur le plan de référence comme suit: d'abord, il est nécessaire de maintenir l'énergie de la machine aussi faible que possible pour ne pas abîmer le plan de référence et maintenir le pic de courant I_P aussi élevé que possible pour détecter la position de décharge précise.

La fig. 12 est un graphique représentant la relation entre un espace de décharge et l'énergie d'usinage dans la vérification de la verticalité dans un usinage par décharge avec l'électrode en fil métallique de la fig. 10.

La source 26 de courant d'usinage convient bien à l'usinage de produits à cause de son volume d'énergie d'usinage très élevé. Toutefois, une fissure ou une éraflure sur la surface usinée devient profonde quand on vérifie la verticalité de la pièce. Par conséquent, ceci ne convient pas à l'objectif de protection de la surface contre les détériorations, lors de la vérification de la verticalité. Par ailleurs, la source 27 de courant de détection de la position de décharge convient à cet effet car les défauts produits lors de la vérification de la verticalité par décharge sont peu profonds à cause de la faible énergie d'usinage. Toutefois, ceci ne convient pas pour un usinage. Aucune des sources de courant 26 et 27 ne peut vraiment être utilisée aussi bien pour vérifier la verticalité que pour l'usinage. Toutefois, elles ne sont pas strictement limitées à une seule utilisation, et peuvent servir aux deux, de sorte que chacune d'elles peut être choisie et utilisée.

Comme mentionné ci-dessus, en plus de la structure dans la première ou la seconde forme d'exécution susmentionnées, la machine à décharges à l'électrode en fil métallique dans la présente forme d'exécution peut comprendre en outre: la source 27 de courant de détection de la position de décharge, pour un usinage du contour, permettant de fournir du courant pour un usinage moindre par unité de temps, par comparaison avec la source 26 de courant d'usinage.

Dans ces conditions, comme on prévoit une source 27 de courant de détection de la position de décharge, pour un usinage du contour, qui permet de fournir du courant pour un usinage moindre par

unité de temps par comparaison avec la source 26 de courant d'usinage, il est possible de vérifier la verticalité de l'électrode en fil métallique 1 par décharge avec peu de dégâts sur la surface d'usinage. En plus, une des sources de courant d'usinage 26 et 27 peut être choisie à titre facultatif, de sorte qu'il est possible de les choisir librement pour vérifier la verticalité par décharge durant l'usinage du contour. En outre, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 en fonction des conditions.

Septième forme d'exécution

La fig. 13 est un dessin explicatif qui montre deux moyens d'alimentation en fluide de travail et une machine à décharges à électrode en fil métallique selon la septième forme d'exécution de la présente invention. La structure générale de la machine à décharges à fil métallique est la même que celle de la fig. 1 et sa description est omise. On peut se reporter à la fig. 1 si nécessaire.

Sur la fig. 13, le chiffre de référence 1 est une électrode en fil métallique, 38 est le moyen d'alimentation en fluide de travail, 39 est le moyen d'alimentation en fluide de travail pour la détection de la position de décharge, 77 est une buse pour fluide de travail et 78 est une conduite pour l'alimentation en fluide de travail.

La fig. 14 est un graphique montrant la relation entre l'espace de décharge et la résistivité du fluide de travail, où l'espace de travail est la distance à laquelle la décharge est produite entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, tout en utilisant la source 26 de courant d'usinage et la source 27 de courant de détection de la position de décharge comme paramètres. Comme on peut le voir clairement sur le graphique, l'espace de décharge devient plus petit lorsque la résistivité devient importante pour les deux sources de courant 26 et 27. Lorsqu'on commute la source de courant de la source 26 de courant d'usinage sur la source 27 de courant de détection de la position de décharge pour vérifier la verticalité de la pièce, l'espace de décharge devient plus petit. Si on compare la source 26 de courant d'usinage avec la source 27 de courant de détection de la position de décharge, l'espace de décharge est plus petit dans le cas d'une utilisation d'une source 27 de courant de détection de la position de décharge que lorsqu'on utilise la source 26 de courant d'usinage.

Le moyen 38 d'alimentation en fluide de travail et le moyen d'alimentation en fluide pour la détection de la position de décharge sont prévus d'une manière indépendante. La résistivité du fluide de travail dans chaque moyen 38 et 39 d'alimentation en fluide de travail peut être ajustée en toute liberté. Habituellement, le moyen 39 d'alimentation en fluide de travail pour la détection de la position de décharge contient un fluide de travail d'une résistivité supérieure à celui du fluide du moyen 38 d'alimentation en fluide de travail. Plus la résistivité du fluide de travail est élevée, plus l'espace de décharge devient petit, de sorte que la précision du transfert de la forme augmente et la précision du produit s'amé-

liore. Toutefois, maintenir une résistivité élevée revient cher. Par ailleurs, plus la résistivité du fluide de travail est faible, plus la distance de décharge devient importante, de sorte que la précision du transfert de la forme diminue et la précision des produits se détériore. Toutefois, le coût d'entretien est bas car il est inutile de garder une résistivité élevée. La précision d'usinage et le coût sont inverses dans le cas d'un fluide de travail à haute résistivité et d'un fluide de travail à faible résistivité. Toutefois, il est possible de choisir et d'utiliser le produit optimum en fonction de la situation pour que la détection de la position de décharge et l'usinage puissent s'effectuer dans les meilleures conditions possible en fonction de la situation. Un moyen de commande numérique 25 commande l'opération de commutation du moyen d'alimentation 39 en fluide de travail et du moyen 39 d'alimentation en fluide pour la détection de la position de décharge. Ici il est possible de fournir uniquement un moyen d'alimentation en fluide de travail et de l'utiliser tout en maintenant une résistivité élevée uniquement dans le cas de la vérification de la verticalité de la pièce.

Comme mentionné ci-dessus, en plus de la structure desdites première et seconde forme d'exécution, la machine à décharges à électrode en fil métallique de la présente forme d'exécution peut comprendre en outre: un moyen 39 d'alimentation en fluide de travail pour la détection de la position de décharge, pour amener un fluide de travail pour la détection de la position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 dans la détection de la position de décharge par le moyen 21 de détection de la position de décharge.

Dans ces conditions, comme le fluide de travail pour la détection de la position de travail est amené entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 dans la détection de la position de décharge, il est possible de rendre la décharge stable et d'ajuster l'espace de décharge d'une manière correcte au moment de la détection de la position de décharge. En outre, il est possible d'effectuer une vérification de la verticalité par décharge avec une très grande précision.

Huitième forme d'exécution

Les fig. 15a et 15b sont des dessins explicatifs qui montrent un procédé de correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce en utilisant un usinage d'approche dans la machine à décharges à électrode en fil métallique selon une huitième forme d'exécution de la présente invention. Un usinage d'approche correspond à un usinage temporaire depuis le point de départ d'usinage pour effectuer le contour ou le profil du produit fini. La structure générale de la machine à décharges à électrode en fil métallique est la même que celle de la fig. 1. Une description plus poussée sera donc omise et on peut se référer à la fig. 1 si nécessaire.

Sur les fig. 15a et 15b, le chiffre de référence 1 est une électrode en fil métallique, 14 est une pièce, 40 est l'épaisseur de la pièce 14, 41 est une

extrémité supérieure de décharge, 42 est une extrémité inférieure de décharge, 49 est une valeur de correction, 62 est un point de décharge. Une flèche 67 montre une direction d'usinage par l'électrode en fil métallique. Sur la fig. 15a, l'électrode en fil métallique incliné s'approche de la pièce 14 dans la direction de la flèche 67 et la première décharge est produite au point de décharge 68. Sur la fig. 15b, l'électrode en fil métallique 1 continue à avancer dans la direction de la flèche 67 et l'extrémité supérieure de décharge 41 et l'extrémité inférieure de décharge 42 se situent respectivement au même niveau que l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la pièce 14. La fig. 15c est un graphique qui montre une relation entre la valeur du mouvement de l'électrode en fil métallique 1 et la largeur de décharge. L'axe de l'abscisse indique la valeur du mouvement de l'électrode 1 dans la direction de l'axe X ou de l'axe Y, et l'axe des ordonnées indique la largeur de décharge calculée. Le point «a» sur l'abscisse correspond à l'état de la fig. 15a, le point «b» correspond à l'état de la fig. 15b, le point «c» montre un état après un certain temps lorsque la largeur de la décharge devient constante et le point «d» montre un état où la correction est terminée.

Si on se reporte à la fig. 15c, l'opération est décrite ci-après.

La largeur de décharge est nulle jusqu'à ce que l'électrode en fil métallique 1 décalée dans la direction de la flèche 67 génère la première décharge au point «a». La largeur de décharge continue à augmenter jusqu'à ce que l'extrémité supérieure de décharge 41 et l'extrémité inférieure de décharge 42 soient au même niveau que, respectivement, l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la pièce 14. L'électrode en fil métallique 1 continue à avancer dans la direction de la flèche 67 et la largeur de décharge devient constante à partir du point «b» vers le point «c». Au point «c», qui montre l'état lorsqu'une durée prédéterminée s'est écoulée après que la largeur de décharge soit devenue constante, on rappelle la valeur de mouvement de l'électrode 1 dans la direction de l'axe X ou de l'axe Y qui est nécessaire pour changer la largeur de décharge du point «a» au point «b». Cette valeur du mouvement est reconnue comme étant une valeur de correction, et le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique se déplace dans la direction de l'axe U ou de l'axe V par cette valeur de correction, pour corriger l'inclinaison. Au point «d», la correction est terminée et la largeur de décharge correspond à l'épaisseur 40 de la pièce 14.

On décrit le fonctionnement du moyen de commande numérique 25 de la machine à décharges à électrode en fil métallique en relation avec la fig. 16, tout en se reportant aux fig. susmentionnées 15a, 15b et 15c.

Tout d'abord, à l'étape S401, le moteur 5 à axe X et le moteur 6 à axe Y tournent pour décaler la table 2 jusqu'à ce que la première décharge soit produite, ce qui permet de détecter la position de départ de la décharge (voir fig. 15a, en particulier le point «a» dans la valeur du mouvement de l'électrode 1 représentée sur la fig. 15c). La procédure

et le temps nécessaire pour la mise en œuvre de l'installation peut être diminué d'une manière considérable.

La machine à décharges à électrode en fil métallique de cette forme d'exécution comprend: un moyen 38 d'alimentation en fluide de travail pour amener le fluide de travail entre une électrode en fil métallique 1 et une pièce 14, une source 26 de courant d'usinage pour appliquer une tension pour générer une décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 à travers un fluide de travail fourni depuis le moyen 38 d'alimentation en fluide; une table 2 pouvant tenir la pièce 14; un moyen de commande 9 de la table pour contrôler le mouvement de la table 2 dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14; un moyen 10 de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 en déplaçant un des deux guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; le moyen 21 de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, sur la base du courant fourni par la ligne supérieure 17 d'alimentation en courant et la ligne inférieure 18 d'alimentation en courant depuis la source 26 de courant d'usinage, à l'électrode en fil métallique 1; et un moyen de calcul de la valeur de correction constitué par un moyen de commande numérique 25, pour calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14, sur la base du décalage de la position de décharge, tout en effectuant un usinage d'approche, qui est un usinage de forme pour la pièce 14, jusqu'à ce que l'électrode en fil métallique 1 atteigne un contour de produit. En outre, dans une forme d'exécution du procédé d'usinage par une électrode en fil métallique, on peut changer chaque moyen de la machine à électrode à fil métallique de la présente invention, en une étape.

Dans ces conditions, on applique par la source 26 de courant d'usinage une tension pour générer une décharge à travers le fluide de travail fourni entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, depuis le moyen 38 d'alimentation en fluide de travail. Le mouvement, dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y de la table 2 sur laquelle est fixée la pièce 14, est commandé par le moyen de commande 25 de la table. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est ajustée par le moyen 10 de commande de l'inclinaison, en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 sont détectées par le moyen 21 de détection de la position de la décharge, sur la base du courant fourni par la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la

pièce 14 est calculée sur la base d'un décalage de la position de décharge, tout en effectuant un usinage d'approche, qui est un usinage de forme pour la pièce 14, jusqu'à ce que l'électrode en fil métallique 1 réalise le contour de produit, par le moyen de commande numérique servant de moyen de calcul de la valeur de correction.

Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 (correction sur un axe), d'une manière automatique sans avoir à spécifier l'épaisseur 40 de la pièce 14. Dans ces conditions, la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique 1 par décharge avant l'usinage est inutile, et le temps nécessaire pour la mise en œuvre de l'appareil peut être diminué d'une manière considérable.

Neuvième forme d'exécution

Les fig. 17a et 17b sont des dessins explicatifs qui montrent un procédé pour corriger l'inclinaison d'une électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce tout en usinant la pièce dans la machine à décharges à électrode en fil métallique selon une neuvième forme d'exécution de la présente invention. La structure générale de la machine à décharges à électrode en fil métallique est la même que celle de la fig. 1 et sa description sera donc omise. On peut se reporter à la fig. 1 si nécessaire.

Sur les fig. 17a et 17b, 1 est l'électrode en fil métallique et 14 est une pièce. Sur la fig. 17a, l'électrode en fil métallique 1 est inclinée par rapport à la surface d'usinage de décharge de la pièce 14. Sur la fig. 17b, l'électrode en fil métallique 1 est parallèle à la surface d'usinage par décharges de la pièce 14. La fig. 17c est un graphique qui montre la relation entre l'angle d'inclinaison et la largeur de la décharge. Les abscisses indiquent l'angle d'inclinaison et les ordonnées indiquent la largeur de décharge.

Ensuite, l'opération est expliquée en se reportant à la fig. 17c.

Comme représenté sur le graphique de la fig. 17c, si on considère la relation entre l'angle d'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce et la largeur de décharge, la largeur de décharge devient la plus étroite à l'angle d'inclinaison de degré zéro. En outre, plus l'angle d'inclinaison augmente, plus la largeur de décharge augmente. Grâce à cela, une quantité prescrite de l'inclinaison est donnée à l'électrode en fil métallique 1 dans la position positive ou négative de l'axe U et l'axe V durant l'usinage par décharges électriques, de sorte que l'on trouve l'angle pour lequel la largeur de décharge est la plus petite. Il est clair que l'électrode en fil métallique 1 est parallèle à la surface d'usinage par décharges électriques de la pièce 14 à cet angle. Ensuite, l'électrode en fil métallique est inclinée à cet angle et la correction est terminée. Dans cette opération, la précision de la détection de la position de décharge est d'environ un micromètre quand l'épaisseur 40 de la pièce 14 est d'environ 40 millimètres.

Le fonctionnement du moyen de commande numérique 25 de la machine à décharges à électrode en fil métallique de la présente invention est décrit

sur la base de la fig. 18, en se reportant aux fig. 17a, 17b et 17c susmentionnées.

D'abord, à l'étape S501, le moteur 7 à axe U tourne pour déplacer l'électrode 1 dans la direction de l'axe U, ce qui démarre le mouvement du guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique. A l'étape suivante S502, on commence la mesure de la largeur de la décharge. A l'étape suivante S503, on calcule une position de l'électrode 1 sur l'axe U où la largeur de décharge mesurée à l'étape S502 devient minimale (la position de l'angle d'inclinaison zéro représentée sur la fig. 17c). La procédure passe à l'étape suivante S504, l'électrode 1 est déplacée sur l'axe U vers la position verticale où la largeur de décharge calculée à l'étape S503 devient minimale dans la direction de l'axe U, par rotation du moteur 7 à axe U. A l'étape suivante S505, on détermine si le nombre d'axes à corriger est uniquement d'un ou de deux. Si le résultat à l'étape S505 est «oui» et qu'il n'y a pas d'autre axe à corriger, cette routine est terminée.

D'autre part, si le résultat à l'étape S505 est «non», la procédure passe à l'étape S506 et le guide supérieur 3 de l'électrode en fil métallique commence à se déplacer dans la direction de l'axe V, par la rotation du moteur 8 à axe V. A l'étape suivante S507, on commence la mesure de la largeur de la décharge. A l'étape suivante S508, on calcule la position de l'électrode 1 sur l'axe V où la largeur de décharge mesurée à l'étape S507 devient minimale (la position de l'angle d'inclinaison zéro représentée sur la fig. 17c). A l'étape suivante S509, l'électrode est déplacée suivant l'axe V vers la position verticale où la largeur de décharge calculée à l'étape S508 devient minimale dans la direction de l'axe V, par rotation du moteur 8 à axe V. A ce moment, la routine est terminée.

Comme mentionné ci-dessus, la machine à décharges à électrode en fil métallique de cette forme d'exécution comprend: un moyen 38 d'alimentation en fluide de travail pour amener du fluide de travail entre une électrode en fil métallique 1 et une pièce 14; une source 26 de courant d'usinage pour appliquer une tension destinée à produire une décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 à travers un fluide de travail fourni par le moyen 38 d'alimentation en fluide de travail; une table 2 capable de tenir la pièce 14; un moyen de commande 9 de la table permettant de contrôler le mouvement de la table 2 dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; deux guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14; un moyen 10 de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 en déplaçant un des guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V; le moyen 21 de détection de la position de décharge pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14, sur la base du courant fourni par la ligne supérieure 17 d'alimentation en courant et la ligne inférieure 18 d'alimentation en courant, depuis la source 26 de courant d'usinage, à l'électrode en fil métallique 1; un moyen 29 de calcul de la largeur de décharge

pour déplacer le guide 3 de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V, tout en effectuant un usinage pour obtenir de contour de la pièce 14, en déplaçant la table 2 dans les directions de l'axe X et de l'axe Y, et en calculant la valeur de la variation de la largeur de décharge sur la base de la valeur des décalages de position de décharge dans les directions de l'axe U et de l'axe V, détectée par le moyen 21 de détection de la position de décharge à des intervalles de temps fixés; et un moyen 28 de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 où la valeur de la variation de la largeur de décharge calculée par le moyen 29 de calcul de la largeur de la décharge est minimale. En outre, l'invention concerne le procédé de mise en œuvre de cette machine.

Dans ces conditions, la tension est appliquée par la source 26 de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers le fluide de travail fourni entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 à partir de la source 38 d'alimentation en fluide de travail. Le mouvement, dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, de la table 2 sur laquelle est fixée la pièce 1, est contrôlé par le moyen de commande 25 de la table. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 est ajustée par le moyen 10 de commande de l'inclinaison en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides 3, 4 de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce 14. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique 1 et la pièce 14 est détectée par le moyen 21 de détection de la position de décharge, sur la base du courant fourni de la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. Le guide 3 de l'électrode en fil métallique est déplacé dans les directions de l'axe U et de l'axe V pendant que l'usinage se déroule pour réaliser le contour de la pièce 14 en déplaçant la table 2 dans les directions de l'axe X et de l'axe Y. La valeur de la variation de la largeur de décharge est calculée sur la base de la valeur du décalage de la position de décharge dans les directions de l'axe U et de l'axe V à des intervalles de temps fixes, par le moyen 29 de calcul de la largeur de décharge. On calcule l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1, où la valeur de la variation de la largeur de la décharge est minimale, par le moyen 28 de calcul de l'inclinaison de l'électrode.

Par conséquent, il est possible de vérifier automatiquement la verticalité de l'électrode en fil métallique 1 par décharge et effectuer une correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 (correction de deux axes) durant l'usinage, sans spécifier l'épaisseur 40 de la pièce 14. Dans ces conditions, le temps nécessaire pour la mise en œuvre de l'usinage peut être diminué d'une manière considérable.

Comme décrit ci-dessus, dans la machine à décharges à électrode en fil métallique selon la première et la deuxième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension par la source de courant d'usinage, pour produire une décharge à

travers le fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce. On ajuste le mouvement, dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, d'une table sur laquelle la pièce de travail est fixée. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant, dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni par la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. La direction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est déterminée sur la base d'un décalage de la position de décharge détecté au moment où l'électrode en fil métallique s'approche de la pièce. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est corrigée sur la base de la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique. Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce directement en utilisant l'électrode en fil métallique. Dans ces conditions, il est possible de diminuer d'une manière très importante le temps nécessaire pour fixer avec précision la pièce sur la table ainsi que le temps nécessaire à des opérations telles que la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique, par décharge.

Dans le procédé mettant en œuvre la machine à décharges à électrode en fil métallique selon la troisième et la quatrième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension par la source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique et une pièce. On contrôle le mouvement dans la direction de l'axe X et la direction de l'axe Y d'une table sur laquelle la pièce est fixée. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni depuis la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. La position de décharge est mesurée pendant une durée prescrite en approchant l'électrode en fil métallique de la pièce. La distance entre l'extrémité supérieure et l'extrémité inférieure de la position de décharge est calculée en tant que largeur de décharge dans la direction de l'épaisseur de la pièce. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est calculée sur la base de la largeur de décharge, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge. Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce directement, en utilisant l'électrode en fil métallique pour corriger rapidement l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce. Dans ces conditions, il est possible de diminuer d'une manière très importante le temps nécessaire pour

obtenir la précision requise dans la fixation de la pièce sur la table et le temps nécessaire pour des opérations telles que la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique, par décharge.

Dans le cas de la machine à décharges à électrode en fil métallique selon la cinquième et la sixième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension, par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers le fluide de travail fourni entre une électrode en fil métallique et une pièce. On contrôle le mouvement, dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, d'une table sur laquelle la pièce est fixée. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique situés respectivement au-dessus ou en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni par la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. La position de décharge est mesurée pendant la période de temps prescrite lorsque l'électrode en fil métallique s'approche de la pièce. L'épaisseur de la pièce est divisée d'une manière égale en un nombre spécifié dans un programme prédéterminé et le nombre d'impulsions de décharge est compté à chacune des parties divisées de la pièce. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est calculée sur la base du nombre d'impulsions de décharge, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge. Par conséquent, il est possible de corriger directement l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, en utilisant l'électrode en fil métallique et de corriger très rapidement l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce. Dans ces conditions, il est possible de diminuer d'une manière considérable le temps nécessaire pour assurer la fixation précise de la pièce sur la table et le temps nécessaire pour des opérations telles que la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique par décharge.

Dans le cas de la machine à décharges à électrode en fil métallique et du procédé selon la septième et la huitième formes d'exécution de l'invention, on mémorise la position de décharge, qui est détectée par la décharge produite entre l'électrode en fil métallique et la pièce en déplaçant le guide de l'électrode en fil métallique suivant les directions de l'axe U et de l'axe V pour incliner l'électrode en fil métallique. Ensuite, l'épaisseur de la pièce est calculée à partir de la position de décharge. Ainsi, l'épaisseur de la pièce est calculée automatiquement. Par conséquent, la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique, qui était normalement faite après avec mesuré correctement l'épaisseur de la pièce, peut s'effectuer en une série d'opérations, ce qui permet d'améliorer la précision. En plus, l'inclinaison de l'électrode en fil métallique 1 par rapport à la pièce 14 peut être corrigée au moment où on détecte la position de décharge, de sorte qu'il est possible de diminuer le temps.

Dans la machine à décharges à électrode en fil

métallique selon la neuvième forme d'exécution de l'invention, comme la source de courant de détection de la position de décharge est prévue pour un usinage de contour, pour fournir un courant pour un moindre usinage par unité de temps par comparaison avec la source de courant d'usinage, il est possible de vérifier la verticalité de l'électrode en fil métallique par une décharge avec très peu de détérioration de la surface d'usinage. En plus, on peut choisir une d'entre deux sources de courant d'usinage, si bien que l'on peut les choisir librement pour vérifier la verticalité par décharge tout en effectuant un usinage du contour. En outre, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce en fonction des conditions, en effectuant ainsi un usinage d'une très grande précision et d'une très grande qualité.

Dans la machine à décharges à électrode en fil métallique de la revendication 10, en plus des effets d'une des revendications 1, 3 ou 5, comme le fluide de travail pour la détection de la position de décharge est fourni entre l'électrode en fil métallique et la pièce dans la détection de la position de décharge, on peut rendre la décharge stable et ajuster correctement l'espace de décharge au moment de la détection de la position de décharge. En outre, il est possible d'effectuer une vérification de la verticalité par décharge, avec une très grande précision.

Dans le cas de la machine et du procédé à décharges à électrode en fil métallique selon la onzième et la douzième formes d'exécution de l'invention, on évite la décharge irrégulière détectée, grâce au fait que la décharge concentrée est exclue de la valeur de correction. Par conséquent, il est possible de détecter la position de décharge avec une précision plus élevée en excluant la décharge irrégulière due à la décharge concentrée.

Dans le cas de la machine et au procédé à décharges à électrode en fil métallique selon les treizième et quatorzième aspects de l'invention, on applique une tension, par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique et une pièce. On contrôle le mouvement, dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, d'une table sur laquelle est fixée la pièce. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni par la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à chacune des différentes pièces est calculée sur la base de la position de décharge. Une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est calculée sur la base de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique. L'usinage de la pièce est poursuivi en rappelant une des valeurs de correction mémorisée correspondant à la pièce à usiner, tout en exécutant un programme prescrit. Par conséquent, il n'est pas nécessaire

d'utiliser un degré élevé de précision lors de la fixation de la pièce sur la table. Dans ces conditions, même lorsque plusieurs pièces sont présentes, il est possible d'automatiser toutes les opérations de la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique à l'usinage du contour, uniquement en fixant les pièces sur la table. Par conséquent, il est possible d'effectuer des opérations de longue durée sans intervention humaine.

Dans le cas de la machine et du procédé à décharges à électrode en fil métallique selon les quinzième et seizième aspects l'invention, on applique une tension, par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre une électrode en fil métallique et une pièce. On contrôle le mouvement, dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, d'une table sur laquelle est fixée la pièce. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant, dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni par la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. Une largeur de décharge est calculée sur la base de la valeur des décalages de position de décharge dans les directions de l'axe X et de l'axe Y, à des intervalles de temps fixes. La largeur de la décharge est mémorisée. On calcule la valeur de la variation de la largeur de la décharge. On calcule l'inclinaison de l'électrode en fil métallique sur la base de la valeur du décalage de la position de décharge, dans les directions de l'axe X et de l'axe Y, détectée jusqu'à ce que la valeur de variation soit nulle après la production de la première décharge. Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce automatiquement sans spécifier l'épaisseur de la pièce. Dans ces conditions, la vérification de la verticalité de l'électrode en fil métallique par décharge avant l'usinage est inutile et le temps nécessaire pour la mise en route peut être diminué d'une manière très importante.

Dans le cas de la machine et du procédé à décharges à électrode en fil métallique selon les dix-septième et dix-huitième aspects de l'invention, on applique une tension, par une source de courant d'usinage, pour générer une décharge à travers un fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique et une pièce. On contrôle le mouvement, dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y, d'une table sur laquelle est fixée la pièce. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant amené depuis la source de courant d'usinage à l'électrode en fil métallique. Le guide de l'électrode en fil métallique est déplacé dans les directions de l'axe U et de l'axe V pendant que l'on effectue un

usinage sur le contour de la pièce en déplaçant la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y. La valeur de la variation de la largeur de décharge est calculée sur la base de la valeur des décalages de la position de décharge dans les directions de l'axe U et de l'axe V à des intervalles de temps fixes. On calcule l'inclinaison de l'électrode en fil métallique, où la valeur de la variation de la largeur de décharge est minimale. Il est donc possible de vérifier la verticalité de l'électrode en fil métallique en effectuant une décharge appropriée dans la pièce en cours d'usinage, sans avoir à spécifier l'épaisseur de la pièce. Dans ces conditions, le temps nécessaire pour les opérations préliminaires à l'usinage peut être diminué d'une manière très importante.

Dans le cas de la machine et du procédé à décharges à électrode en fil métallique selon la dix-neuvième et la vingtième formes d'exécution de l'invention, on applique une tension, par une source de courant d'usinage, pour produire une décharge à travers le fluide de travail amené entre l'électrode en fil métallique et une pièce. On contrôle le mouvement dans la direction de l'axe X et dans la direction de l'axe Y d'une table sur laquelle est fixée la pièce. L'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce est ajustée en déplaçant, dans la direction de l'axe U et dans la direction de l'axe V, un des guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce. La position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce est détectée sur la base du courant fourni depuis une source de courant d'usinage, à l'électrode en fil métallique. On calcule une valeur de correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce sur la base d'un décalage de la position de décharge, pendant que l'on effectue un usinage d'approche, qui est un usinage de la forme de la pièce par l'électrode en fil métallique suivant le contour du produit. Par conséquent, il est possible de corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce d'une manière automatique, en effectuant un usinage d'approche sans spécifier l'épaisseur de la pièce. Dans ces conditions, une vérification de la verticalité de l'électrode par décharge avant l'usinage est inutile et le temps nécessaire pour la mise en œuvre peut être diminué d'une manière très importante.

Revendications

1. Machine à décharges à électrode en fil métallique, comprenant:

- un moyen d'alimentation en fluide de travail pour amener un fluide de travail entre une électrode en fil métallique et une pièce;
- une source de courant d'usinage pour appliquer une tension, afin de produire une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, à travers le fluide de travail fourni par le moyen d'alimentation en fluide de travail;
- une table sur laquelle est fixée la pièce;
- un moyen de commande de la table pour le contrôle du mouvement de la table dans les directions de deux axes X et Y perpendiculaires;

– deux guides de l'électrode en fil métallique disposés respectivement au-dessus et en dessous de la pièce;

5 – un moyen de commande de l'inclinaison pour ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, en déplaçant un des guides de l'électrode en fil métallique dans les directions de deux axes U et V perpendiculaires;

10 – un moyen de détection de la position de décharge, pour détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, sur la base d'un courant fourni à l'électrode en fil métallique par une ligne supérieure d'alimentation en courant et une ligne inférieure d'alimentation en courant, depuis la source de courant d'usinage; et

15 – un moyen de commande numérique comprenant: – un moyen de détermination de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour déterminer une direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base d'un décalage de la position de décharge détectée par le moyen de détection de la position de décharge, lorsque l'électrode en fil métallique s'approche de la pièce; et – un moyen de correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base de la direction d'inclinaison de l'électrode en fil métallique trouvée par le moyen de détermination de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique.

20 2. Machine selon la revendication 1, le moyen de commande numérique comprenant:

– un moyen pour mesurer la position de décharge, pour une période de temps prescrite, détectée par le moyen de détection de la position de décharge lorsque l'électrode en fil métallique s'approche de la pièce; et

35 – la machine comprenant en outre: – un moyen de calcul de la largeur de décharge pour calculer une distance entre une extrémité supérieure et une extrémité inférieure de la position de décharge, pour obtenir une largeur de décharge dans la direction de l'épaisseur de la pièce;

– le moyen de commande numérique comprenant en outre:

45 – un moyen de calcul de la valeur de correction pour calculer la valeur de la correction de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base de la largeur de décharge calculée par le moyen de calcul de la largeur de décharge, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge détectée par le moyen de détection de la position de décharge.

3. Machine selon la revendication 1, le moyen de commande numérique comprenant:

55 – un moyen pour mesurer la position de décharge, pour une période de temps prescrite, détectée par le moyen de détection de la position de décharge lorsque l'électrode en fil métallique s'approche de la pièce;

60 – un moyen de comptage pour diviser également une épaisseur de la pièce en un nombre spécifié de parties selon un programme prédéterminé et compter un nombre d'impulsions de décharge à chacune des parties divisées de la pièce; et

65 – un moyen de calcul de la valeur de correction

pour calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base du nombre d'impulsions de décharge comptés par le moyen de comptage, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge détectée par le moyen de détection de la position de décharge.

4. Machine selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, comprenant en outre:

- un moyen de mémorisation de la position de décharge pour déplacer le guide de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V, pour incliner l'électrode en fil métallique de manière à produire une décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, et mémoriser la position de décharge détectée par le moyen de détection de la position de décharge; et
- un moyen de calcul de l'épaisseur de la pièce, pour calculer l'épaisseur de la pièce, sur la base de la position de décharge mémorisée dans le moyen de mémorisation de la position de décharge.

5. Machine selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, comprenant en outre:

- une source de courant pour détecter la position de décharge, pour un usinage de contour pour fournir un courant pour usinage inférieur par unité de temps à celui de la source de courant d'usinage.

6. Machine selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, comprenant en outre:

- un moyen d'alimentation en fluide de travail pour la détection de la position de décharge, permettant de fournir un fluide de travail pour la détection de la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce, lors de la détection de la position de décharge par le moyen de détection de la position de décharge.

7. Machine selon l'une des revendications 1, 2 ou 3, comprenant en outre:

- un moyen de détection d'une décharge irrégulière pour détecter une décharge concentrée en tant que décharge irrégulière si la décharge concentrée est produite en détectant la position de décharge par le moyen de détection de la position de décharge; et
- un moyen de correction excluant la valeur de correction pour exclure la décharge irrégulière de la valeur de correction calculée par le moyen de calcul de la valeur de correction lorsque la décharge irrégulière est détectée par le moyen de détection de décharge irrégulière.

8. Machine selon la revendication 1, comprenant

- un moyen de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à chaque pièce d'une pluralité de pièces, sur la base d'une position de décharge détectée par le moyen de détection de position de décharge;

- le moyen de commande numérique comprenant:
- un moyen de calcul de la valeur de correction pour calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique calculée par le moyen de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique;
- la machine comprenant en outre:
- un moyen de mémorisation de la valeur de cor-

rection pour mémoriser la valeur de correction calculée par le moyen de calcul de la valeur de correction; et

5 - le moyen de commande numérique comprenant en outre:

10 - un moyen pour continuer l'usinage permettant de continuer l'usinage de la pièce en rappelant une des valeurs de correction mémorisées dans le moyen de mémorisation de la valeur de correction correspondant à la pièce à usiner, sous la commande d'un programme d'usinage.

9. Machine selon la revendication 1, comprenant:

- un moyen de calcul de la largeur de décharge pour calculer une largeur de décharge basée sur la valeur des décalages de la position de décharge dans les directions de l'axe X et de l'axe Y détectées par le moyen de détection de la position de décharge à des intervalles de temps fixés; et

15 - un moyen de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique, sur la base de la valeur de décalage de la position de décharge dans les directions de l'axe X et de l'axe Y, détectée par le moyen de détection de la position de décharge jusqu'à ce que la valeur de la variation de la largeur de décharge devienne nulle après la production d'une première décharge; et

20 - un moyen de mémorisation de la largeur de la décharge pour mémoriser la largeur de décharge calculée par le moyen de calcul de la largeur de décharge; et

25 - un moyen de calcul d'une valeur de variation pour calculer une valeur de variation de la largeur de décharge calculée par le moyen de calcul de la largeur de la décharge.

30 10. Machine selon la revendication 1, comprenant en outre:

35 - un moyen de calcul de la largeur de décharge pour déplacer le guide de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V, tout en effectuant un usinage du contour de la pièce en déplaçant la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y et calculer la valeur de la variation de la largeur de décharge sur la base de la valeur des décalages de la position de décharge dans les directions de l'axe U et de l'axe V détectée par le moyen de détection de la position de décharge à des intervalles de temps fixés; et

40 - un moyen de calcul de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique pour calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique où la valeur de la variation de la largeur de décharge calculée par le moyen de calcul de la largeur de décharge est minimale.

45 11. Machine selon la revendication 1, le moyen de commande numérique comprenant:

50 - un moyen de calcul de la valeur de correction pour calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce sur la base d'un décalage de la position de décharge, pendant l'exécution d'un usinage d'approche, qui est un usinage de la forme de la pièce, jusqu'à ce que l'électrode en fil métallique atteigne le profil du produit fini.

55 12. Procédé de mise en action d'une machine à décharges à électrode en fil métallique selon l'une

des revendications 1 à 11 pour l'usinage d'une pièce comprenant les étapes consistant à:

- appliquer une tension entre l'électrode et la pièce au moyen de la source de courant d'usinage,
- commander le mouvement de la table à l'aide du moyen de commande de table,
- ajuster l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce à l'aide du moyen de commande d'inclinaison,
- détecter la position de décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce à l'aide du moyen de détection de décharge,

- déterminer la direction d'inclinaison de l'électrode à l'aide du moyen de détermination de l'inclinaison de l'électrode,

- corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce à l'aide du moyen de correction de l'inclinaison de l'électrode.

13. Procédé selon la revendication 12, l'étape de détermination de la direction d'inclinaison consistant à:

- mesurer la position de décharge pendant une période de temps prescrite, lorsque l'électrode en fil métallique s'approche de la pièce; et

- calculer une distance entre une extrémité supérieure et une extrémité inférieure de la position de décharge, constituant une largeur de décharge dans la direction de l'épaisseur de la pièce; l'étape de correction d'inclinaison consistant à:

- calculer la valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base de la largeur de décharge, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge.

14. Procédé selon la revendication 12, l'étape de détermination de la direction d'inclinaison consistant à:

- mesurer la position de décharge pendant une période de temps prescrite, lorsque l'électrode en fil métallique s'approche de la pièce; et

- diviser d'une manière égale l'épaisseur de la pièce en un nombre spécifié de parties selon un programme prédéterminé et compter un nombre d'impulsions de décharge à chacune des parties divisées de la pièce; l'étape de correction consistant à:

- calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base du nombre d'impulsions de décharge, de l'épaisseur de la pièce et de la position de décharge.

15. Procédé selon l'une des revendications 12, 13 ou 14, comprenant en outre les étapes consistant à:

- déplacer le guide de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V pour incliner l'électrode en fil métallique de manière à produire la décharge entre l'électrode en fil métallique et la pièce,

- à mémoriser la position de décharge; et à

- calculer l'épaisseur de la pièce sur la base de la position de décharge.

16. Procédé selon l'une des revendications 12, 13 ou 14, comprenant en outre les étapes consistant à:

- détecter une décharge concentrée en tant que décharge irrégulière si la décharge concentrée est

produite lors de la détection de la position de décharge; et à

- exclure la décharge irrégulière de la valeur de correction lorsque la décharge irrégulière est détectée.

17. Procédé selon la revendication 12, l'étape de détermination consistant à:

- calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à une pluralité desdites pièces, sur la base de la position de décharge; l'étape de correction consistant à:

- calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base de l'inclinaison de l'électrode en fil métallique; le procédé comprenant en outre les étapes consistant à:

- mémoriser la valeur de correction; et à

- continuer l'usinage de la pièce en rappelant une des valeurs de correction correspondant à la pièce, tout en exécutant un programme d'usinage.

18. Procédé selon la revendication 12, l'étape de détermination consistant à:

- calculer une largeur de décharge sur la base de la valeur des décalages de la position de décharge à des intervalles de temps fixés;

- mémoriser la largeur de décharge;

- calculer une valeur de variation de la largeur de décharge; et à

- calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique, sur la base de la valeur du décalage de la position de décharge dans les directions de l'axe X et de l'axe Y jusqu'à ce que la valeur de la variation de la largeur de décharge devienne nulle après la production d'une première décharge.

19. Procédé selon la revendication 12, l'étape de détermination consistant à:

- déplacer le guide de l'électrode en fil métallique dans les directions de l'axe U et de l'axe V, tout en effectuant un usinage du contour de la pièce, en déplaçant la table dans les directions de l'axe X et de l'axe Y; et

- calculer la valeur de la variation de la largeur de décharge sur la base de la valeur des décalages de la position de décharge dans les directions de l'axe U et de l'axe V, à des intervalles de temps fixés; et à

- calculer l'inclinaison de l'électrode en fil métallique où la valeur de la variation de la largeur de la décharge est minimale.

20. Procédé selon la revendication 12, l'étape de correction consistant à:

- calculer une valeur de correction pour corriger l'inclinaison de l'électrode en fil métallique par rapport à la pièce, sur la base d'un décalage de la position de décharge, tout en effectuant un usinage d'approche, qui est un usinage de forme de la pièce jusqu'à ce que l'électrode en fil métallique atteigne le profil du produit fini.

FIG.1

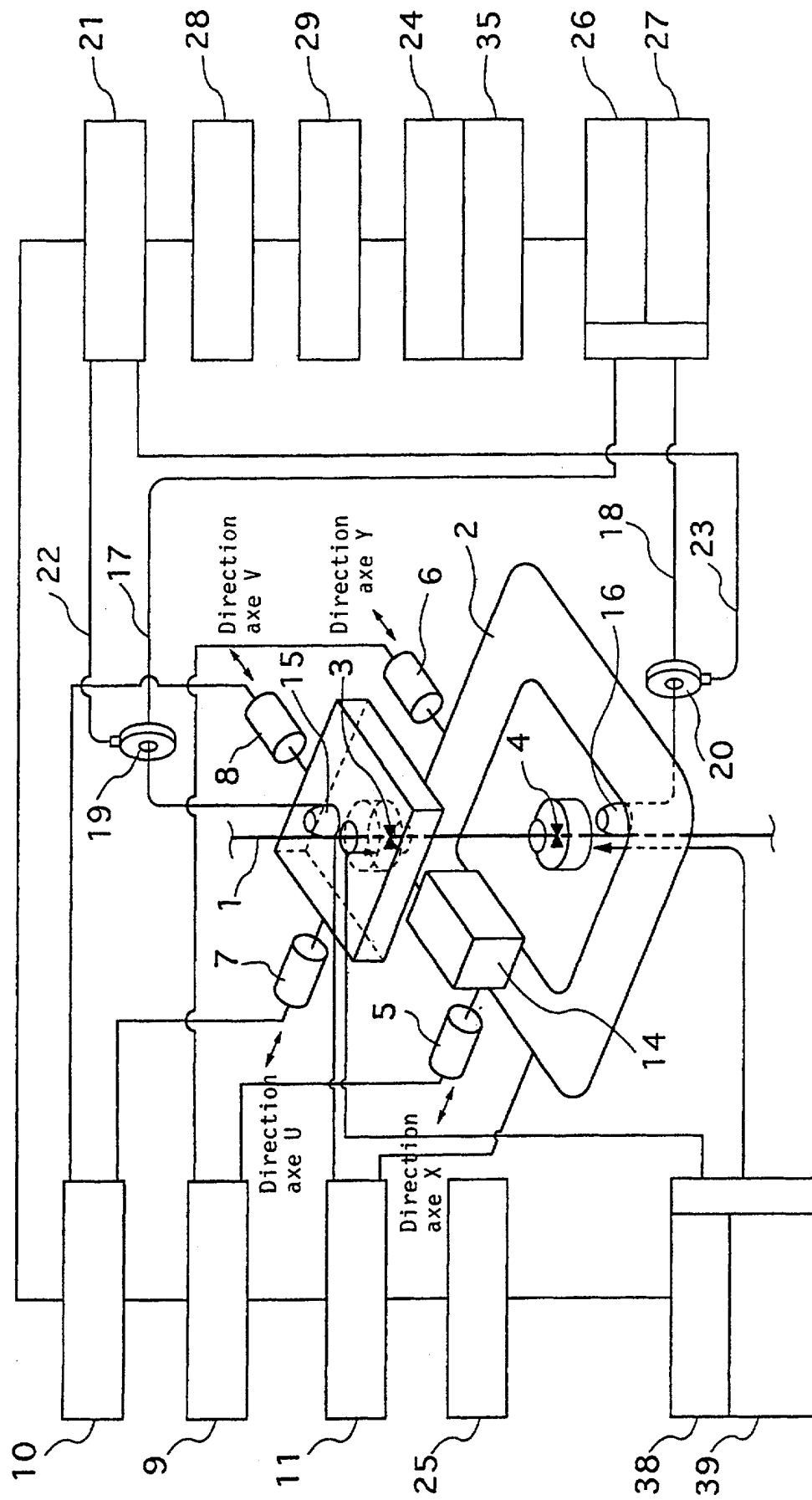


FIG.2

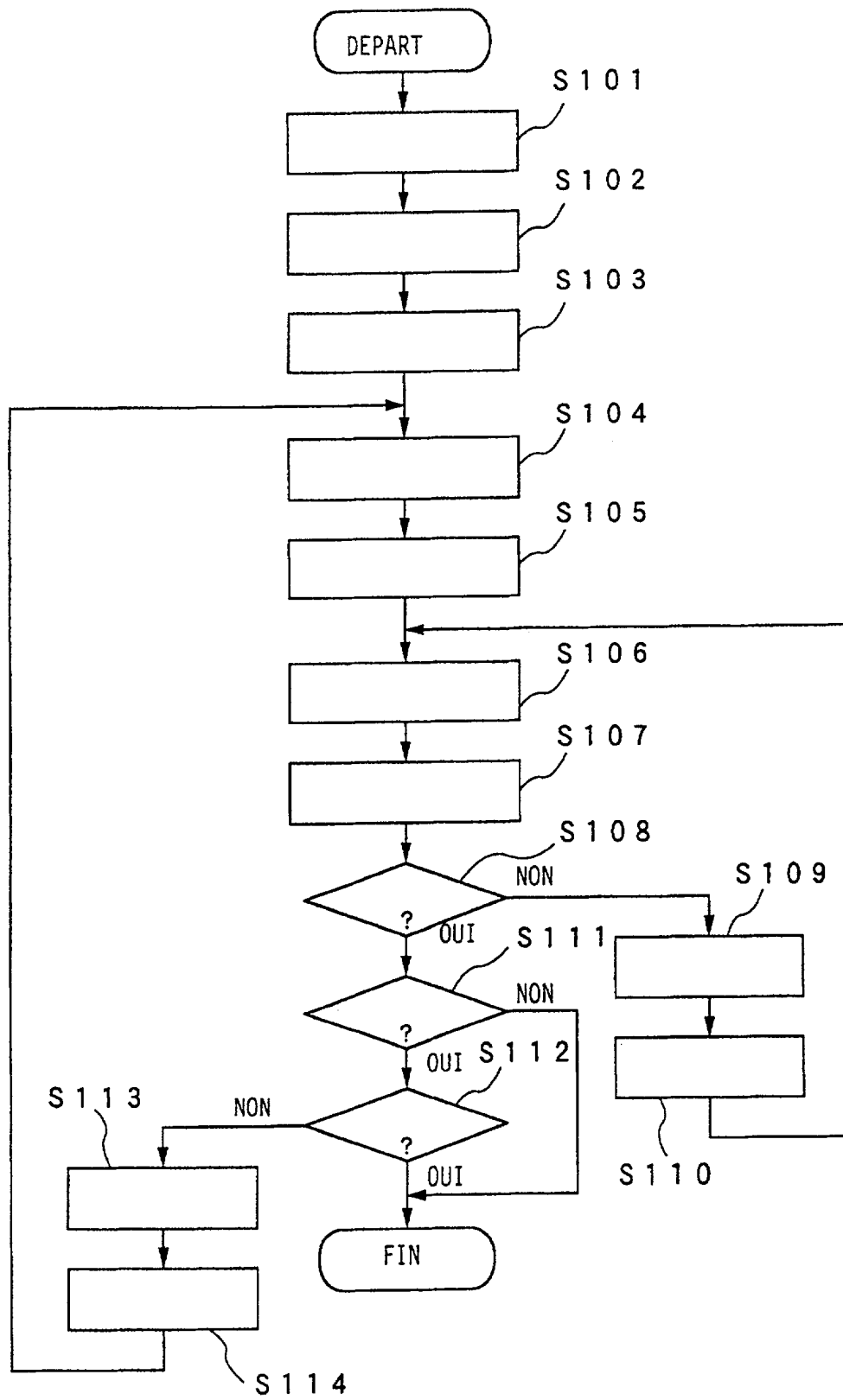


FIG.3

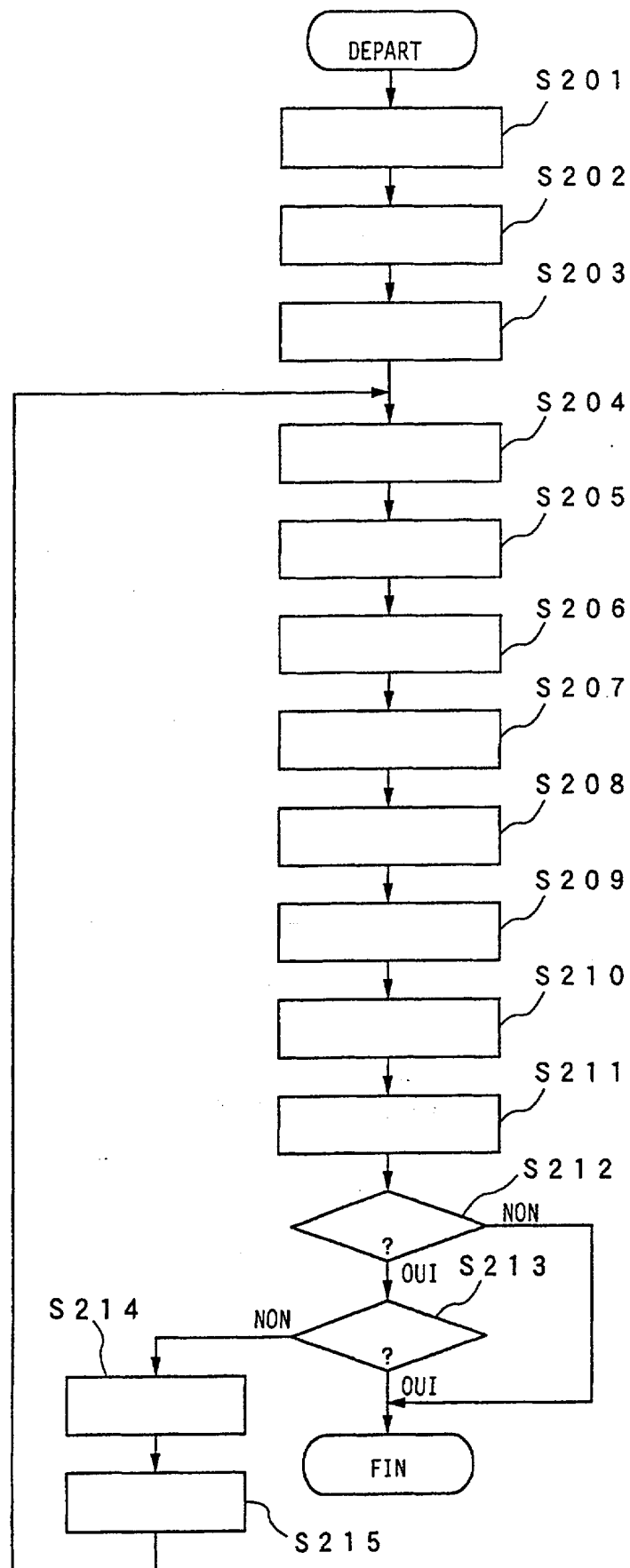


FIG.4

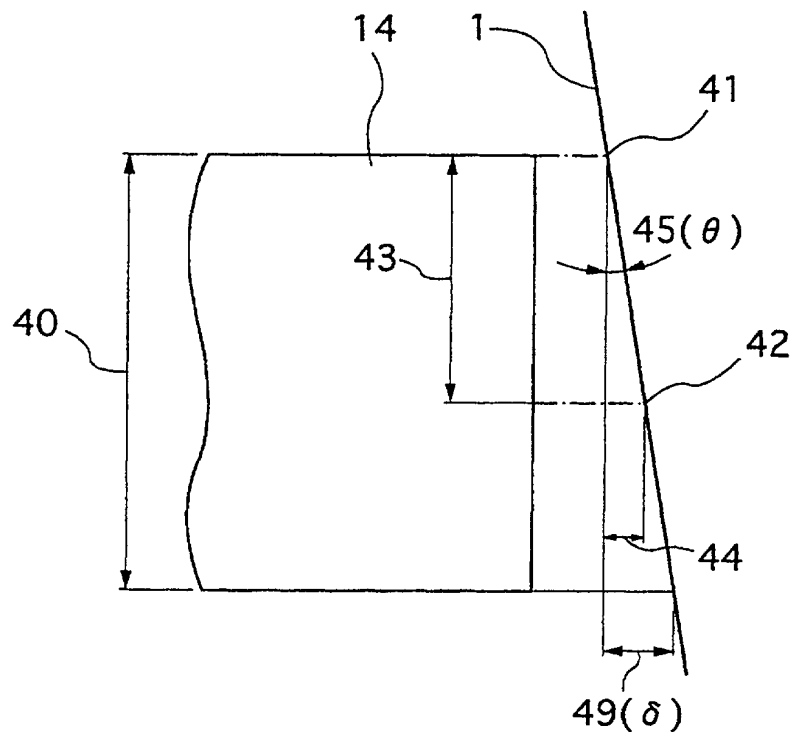


FIG.5

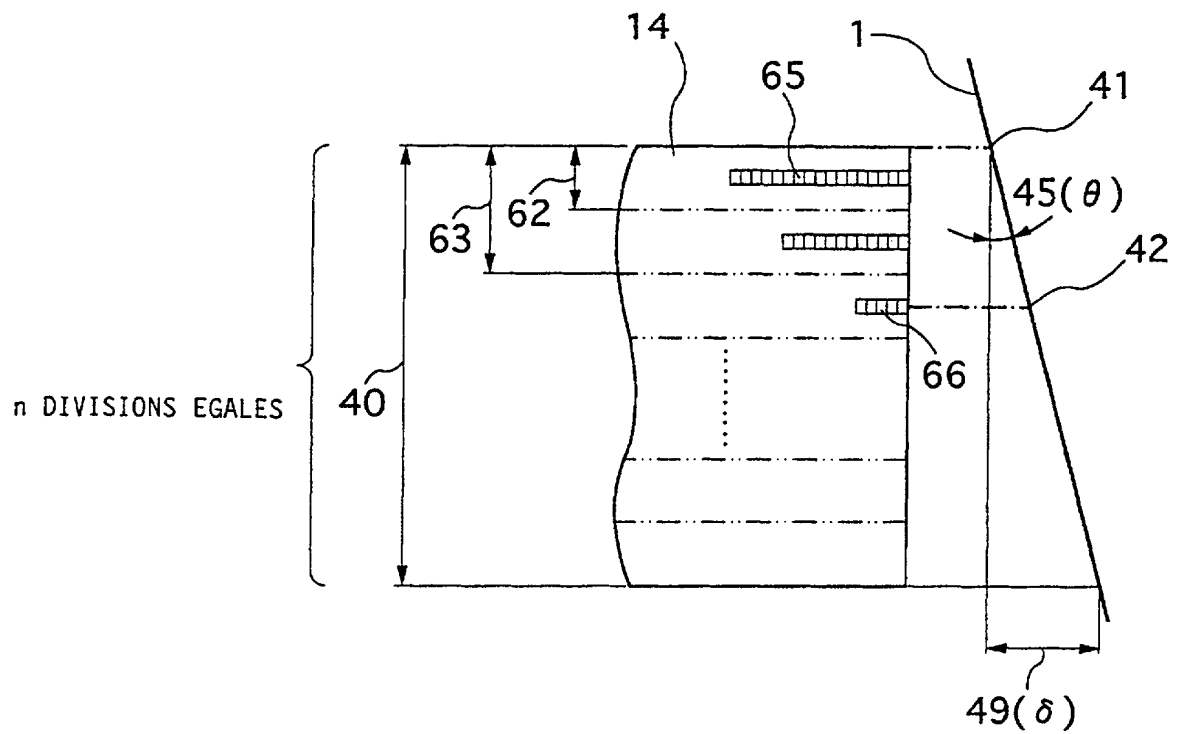


FIG.6a

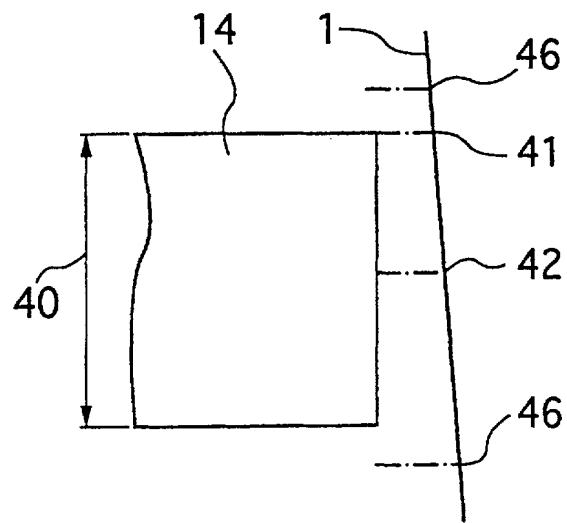


FIG.6b

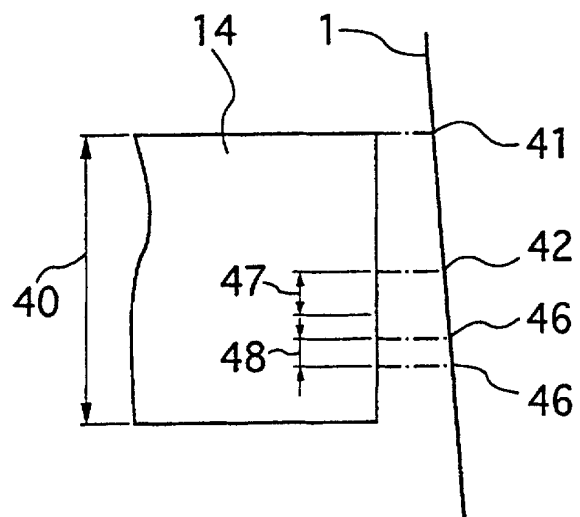


FIG.6c

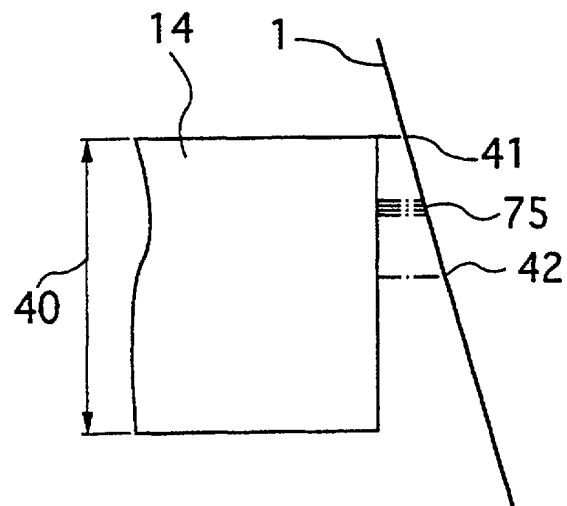


FIG.7

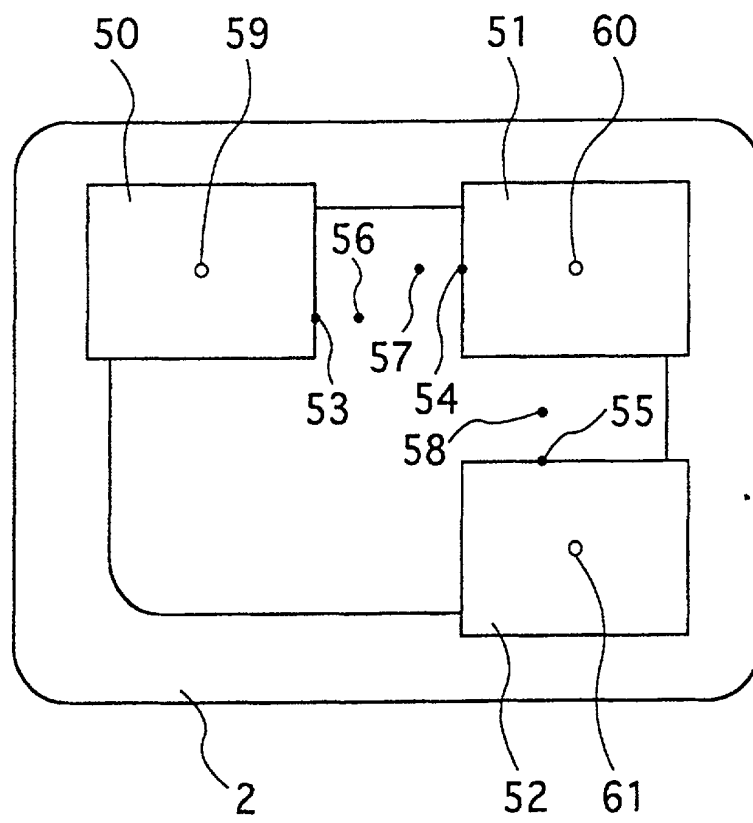


FIG.8

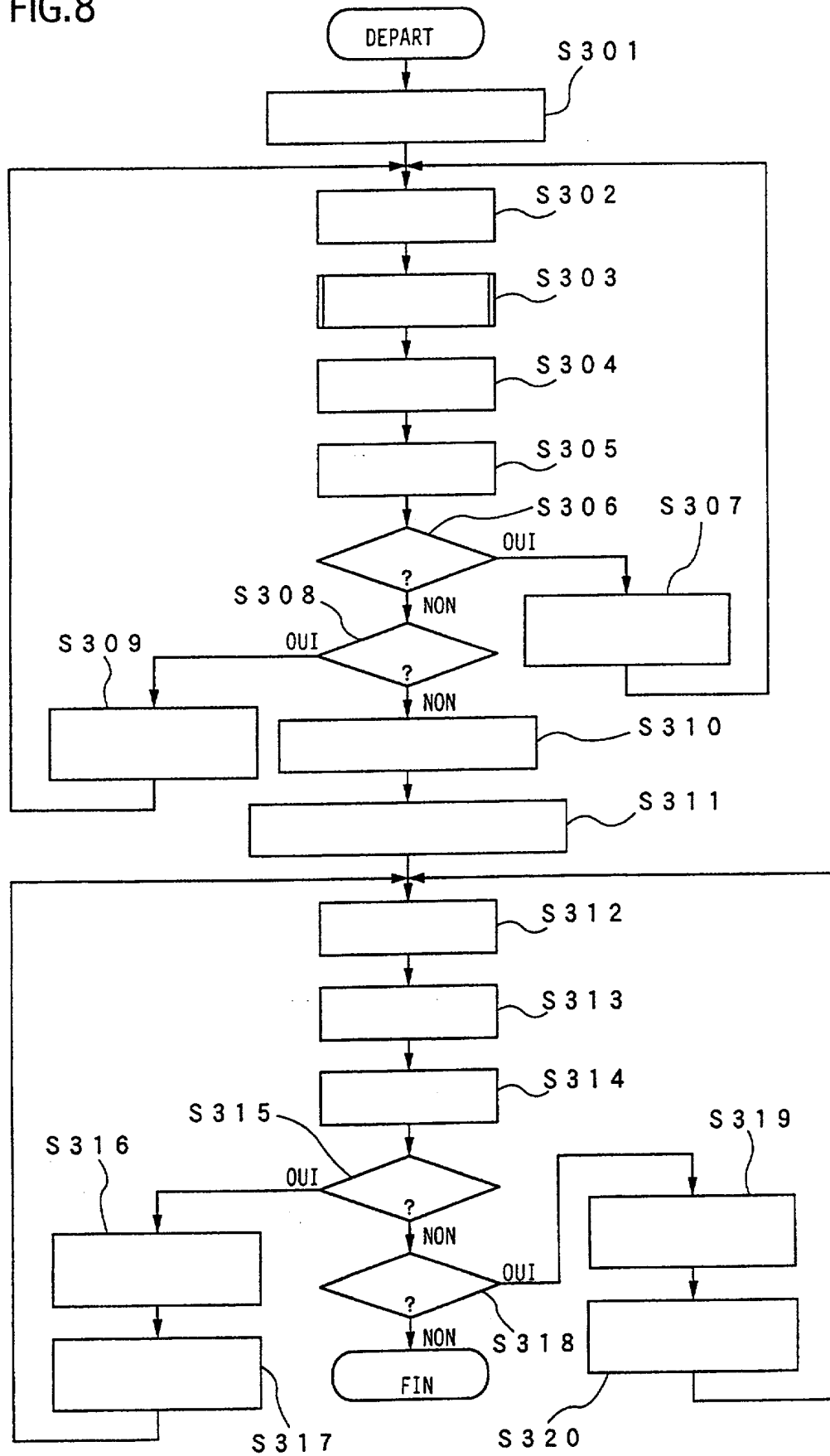


FIG.9a

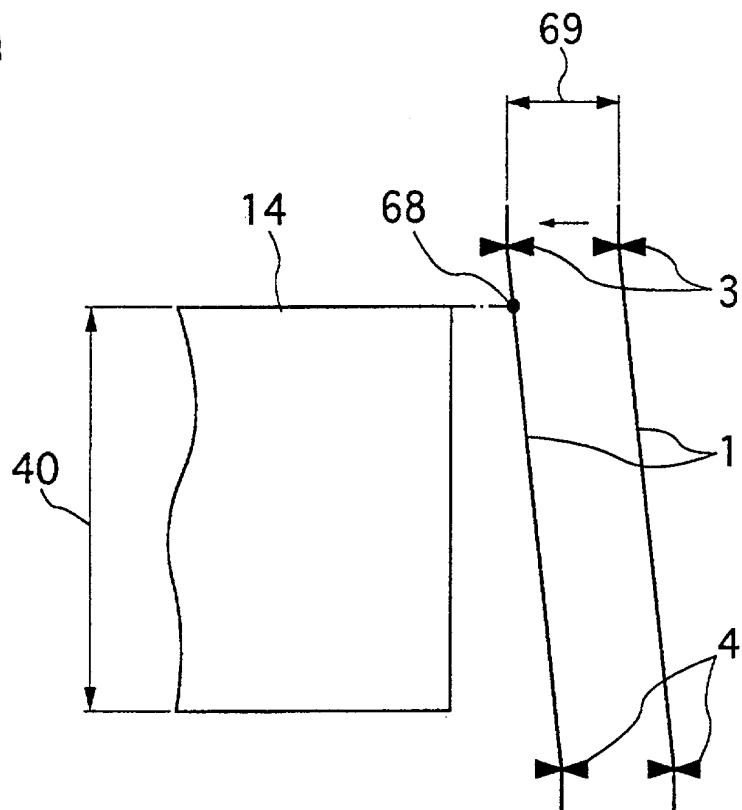


FIG.9b

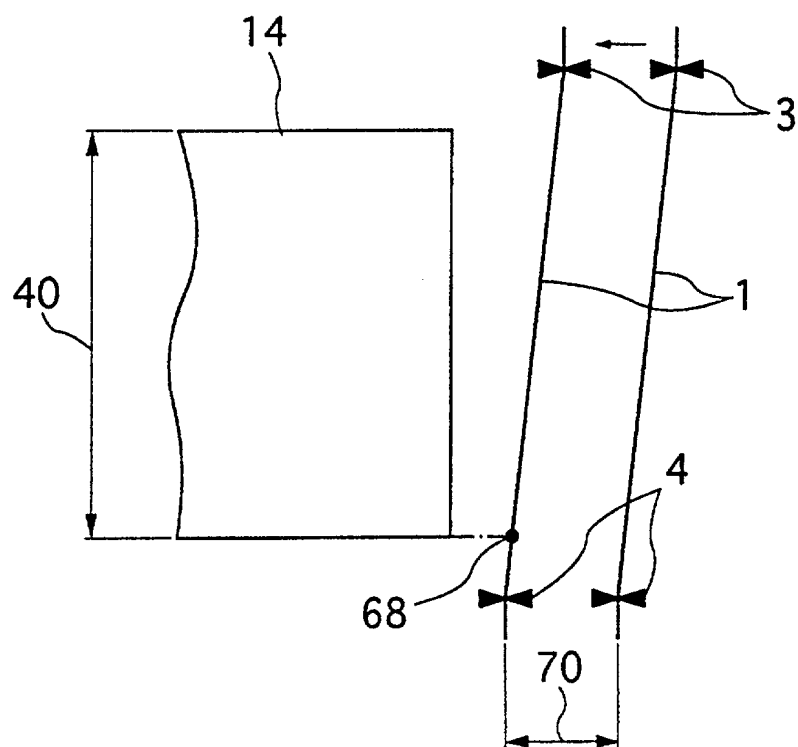


FIG.10

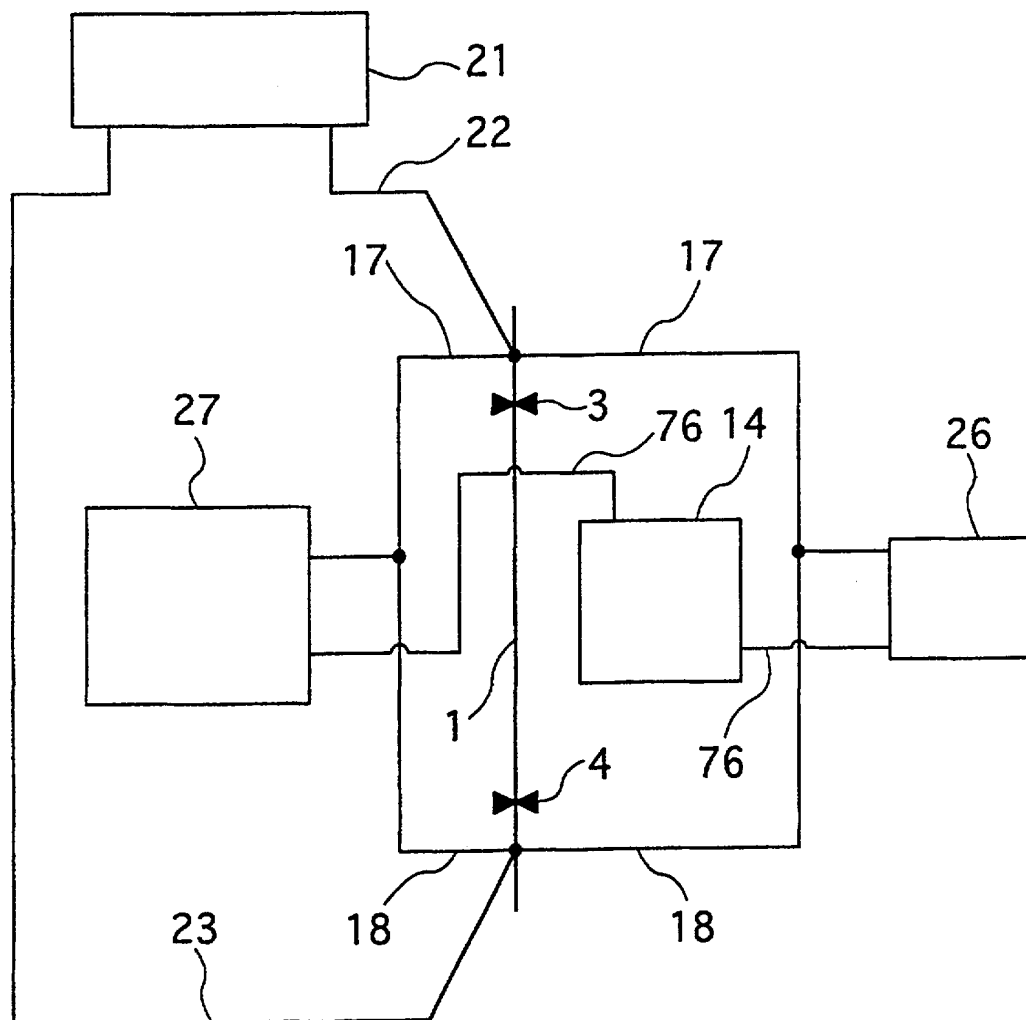


FIG.11

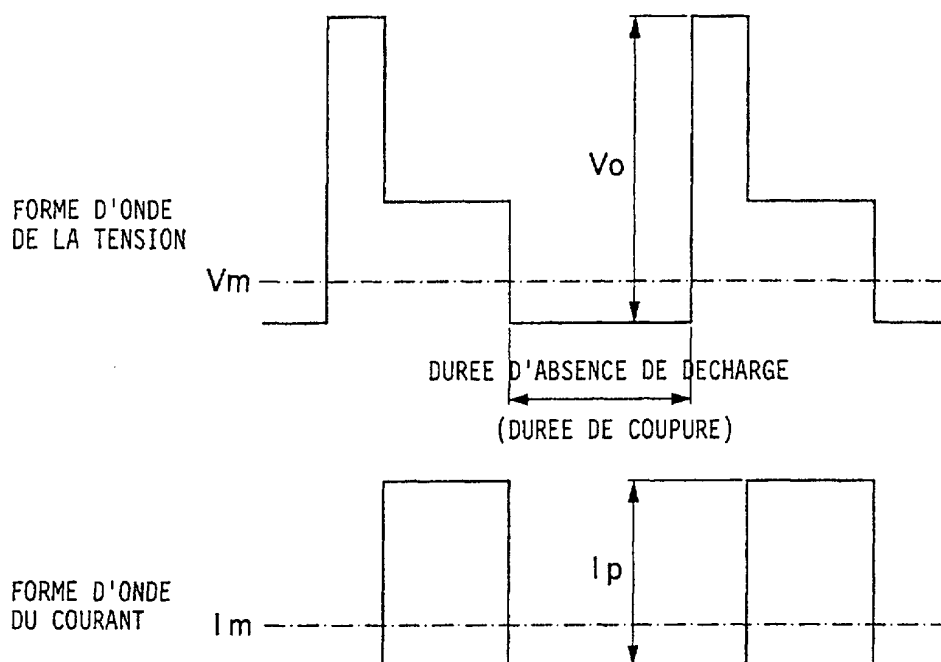


FIG.12

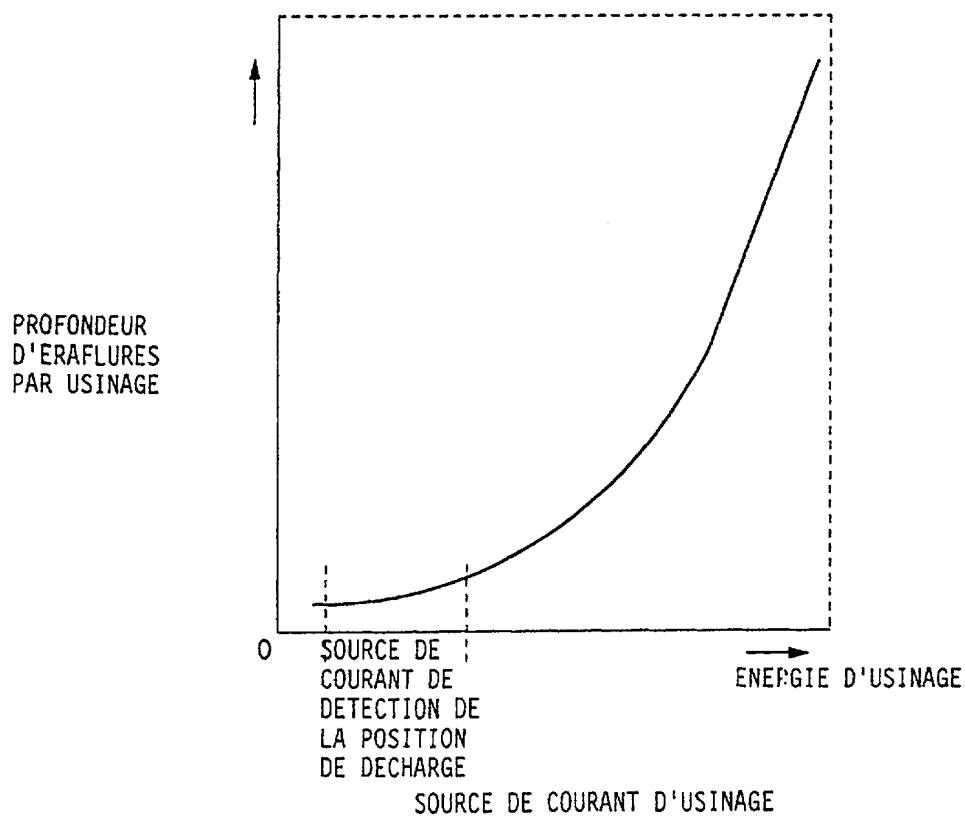


FIG.13

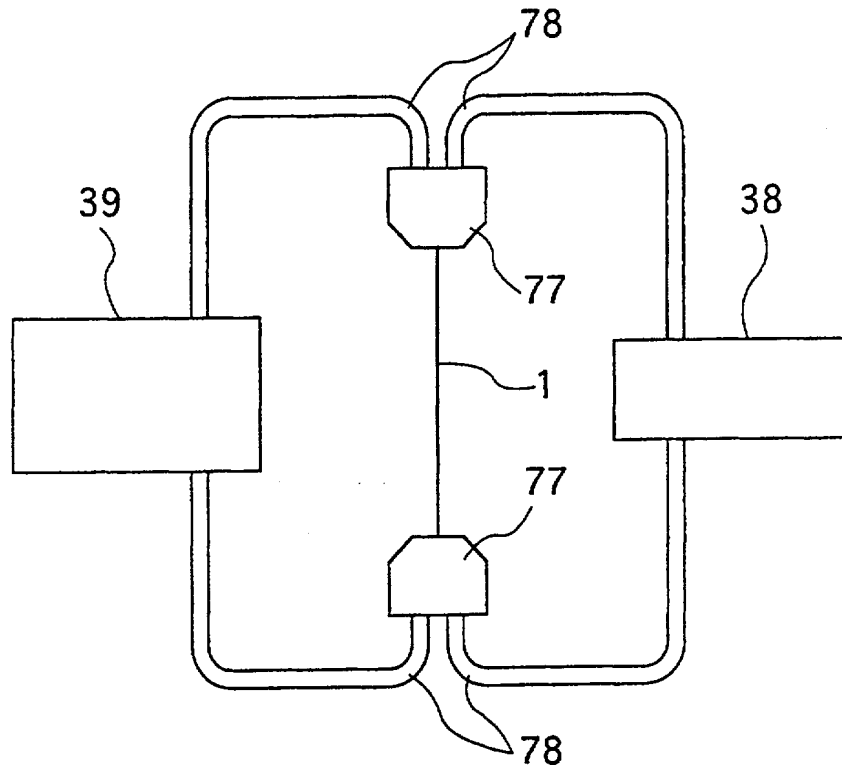


FIG.14

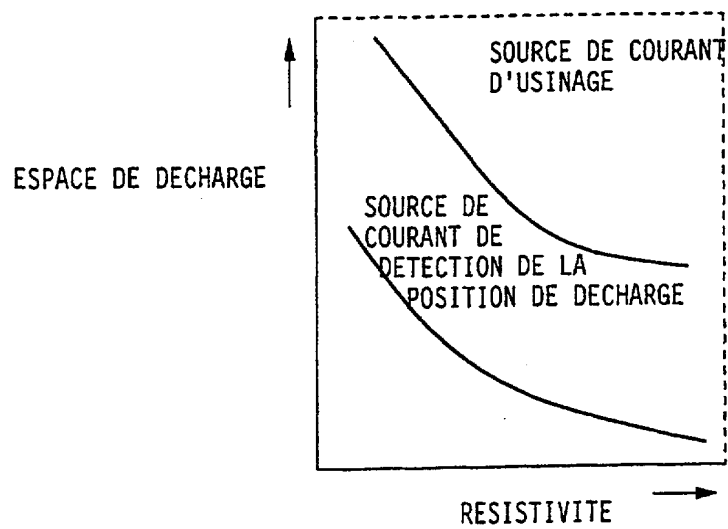


FIG.15a

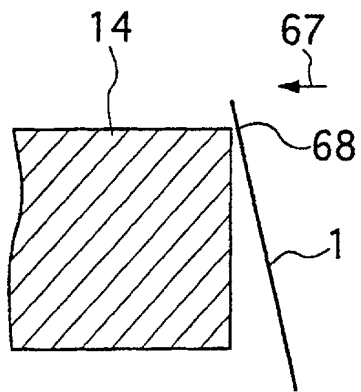


FIG.15b

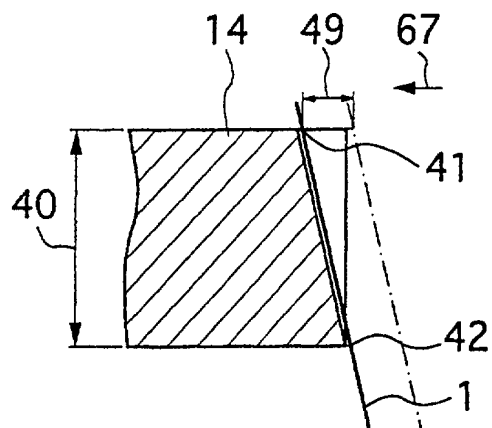


FIG.15c

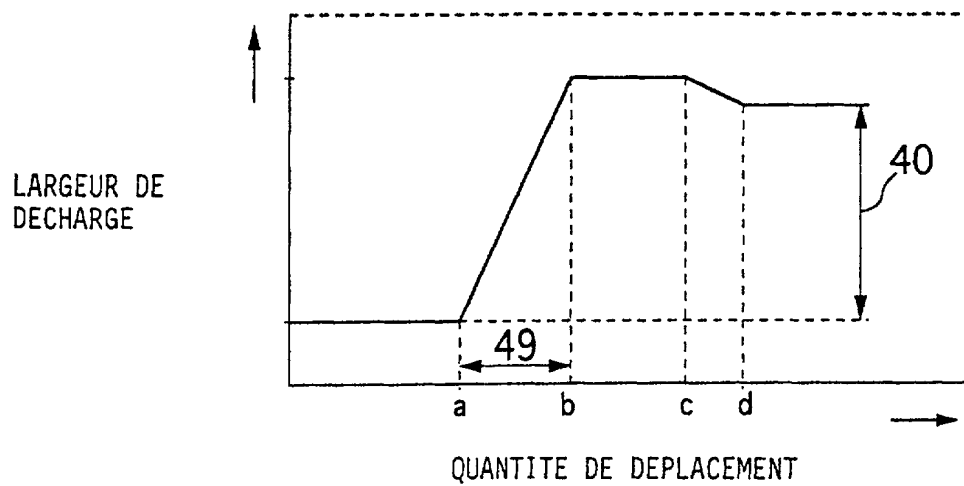


FIG.16

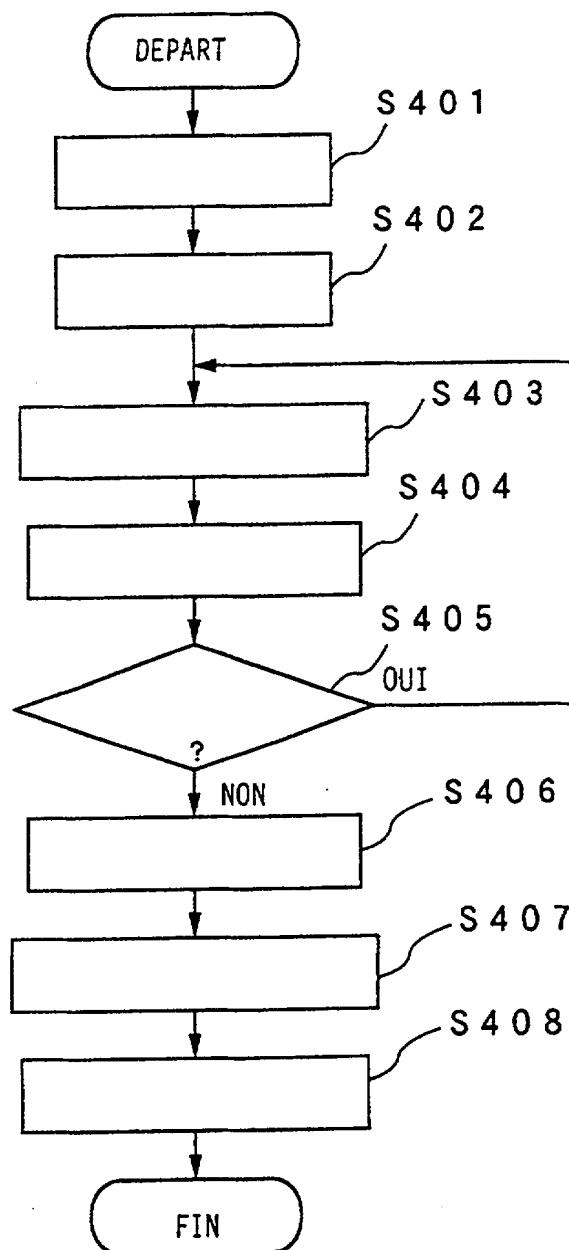


FIG.17a

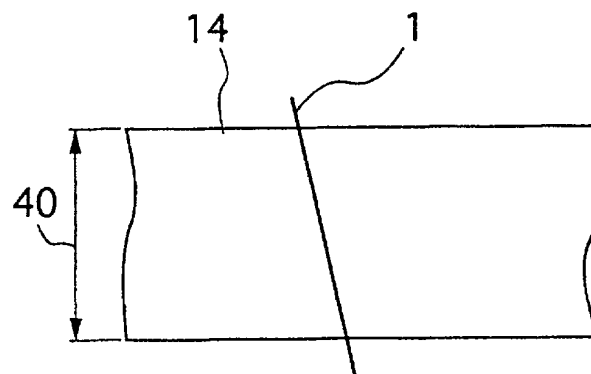


FIG.17b

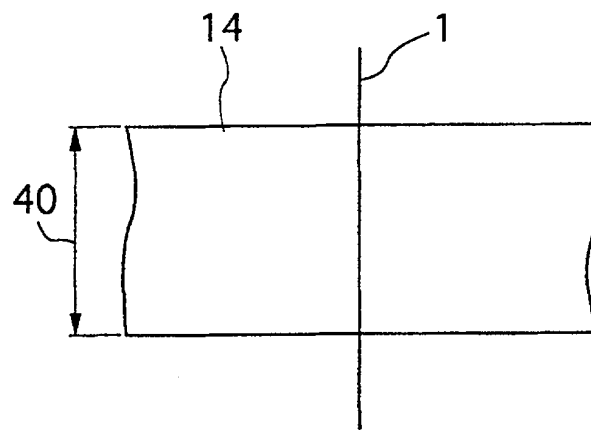


FIG.17c

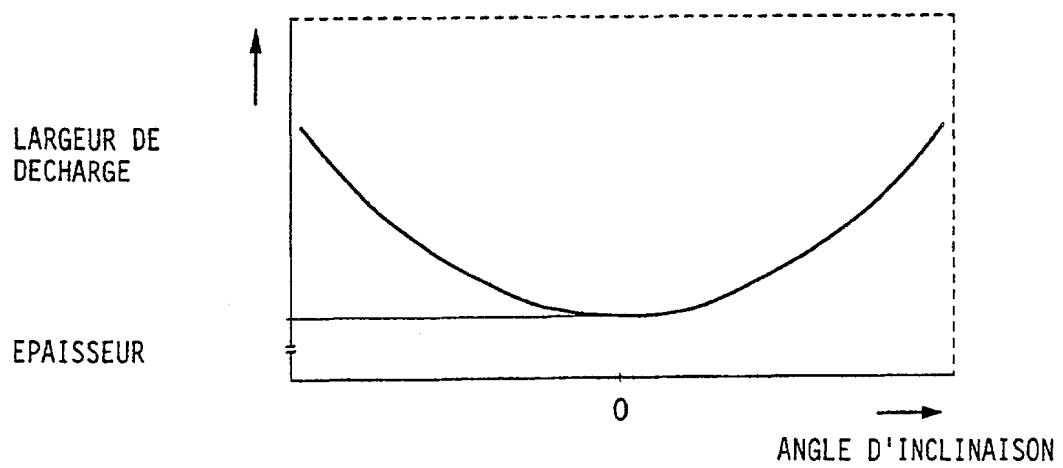


FIG.18

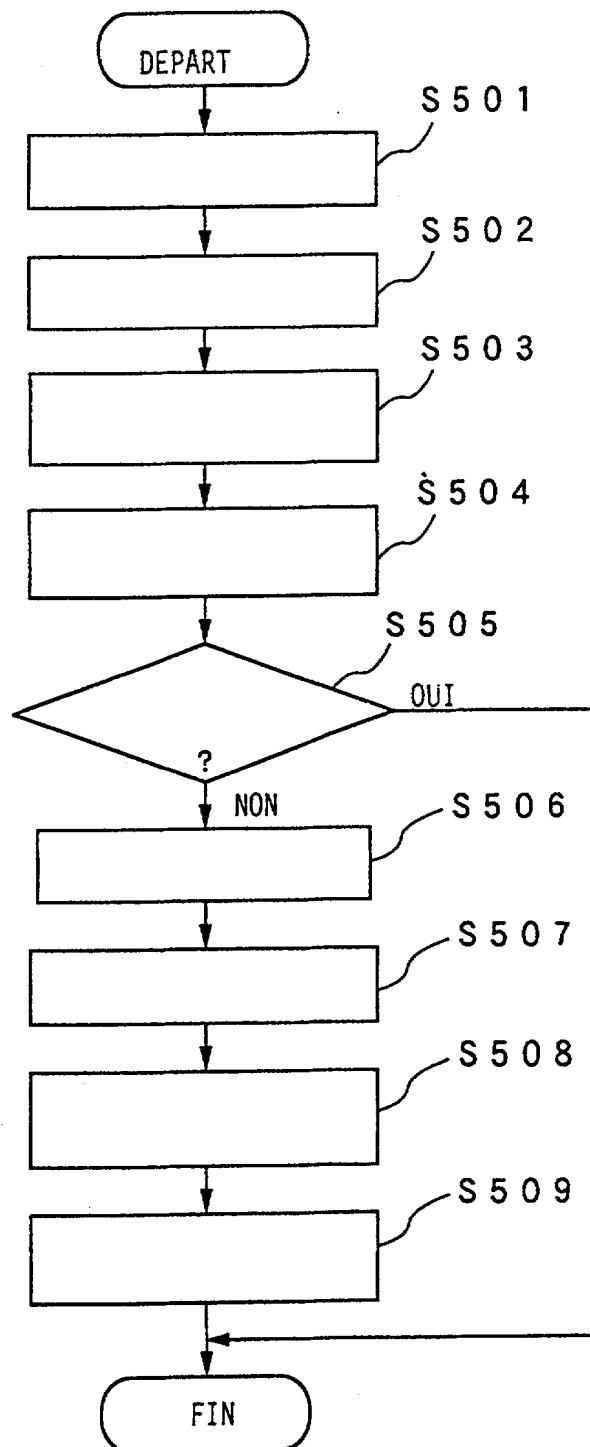


FIG.19

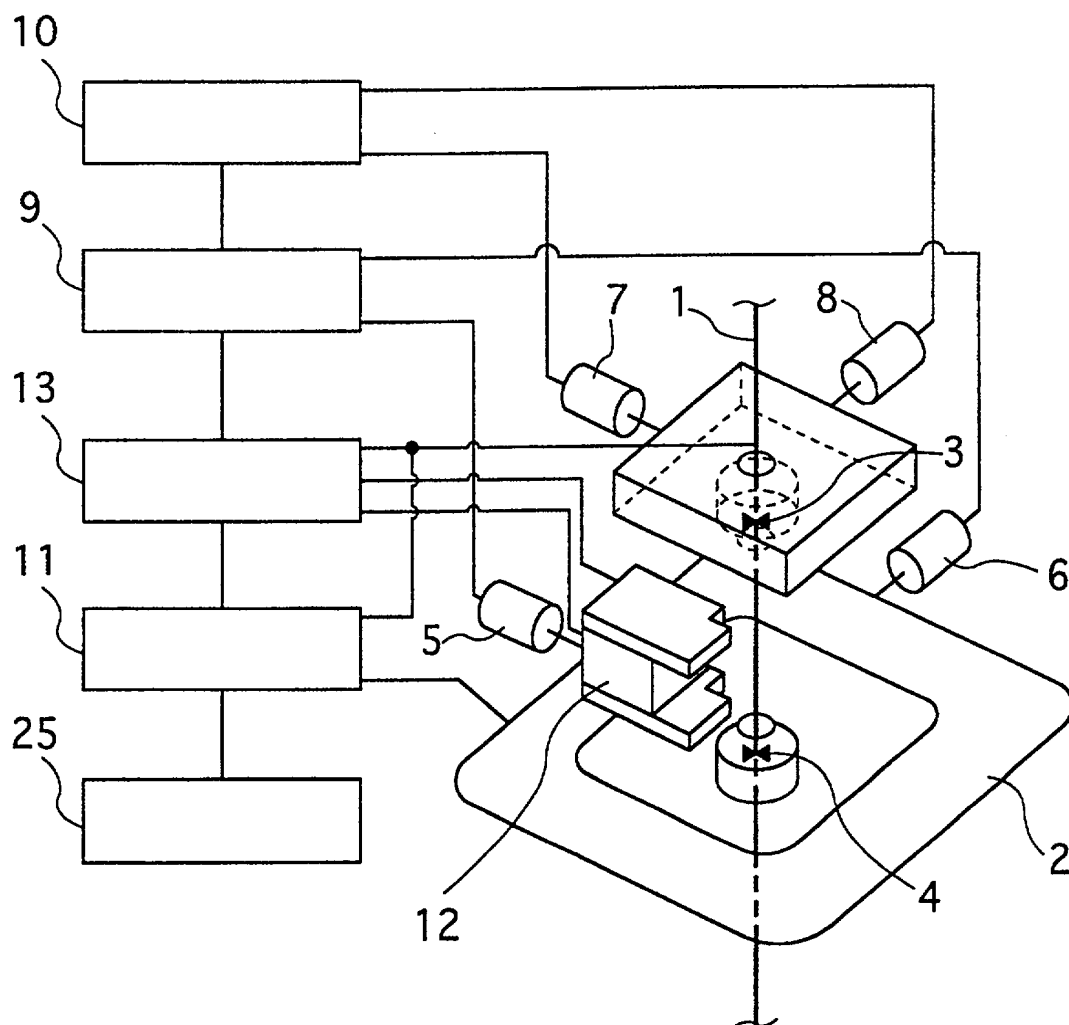


FIG.20a

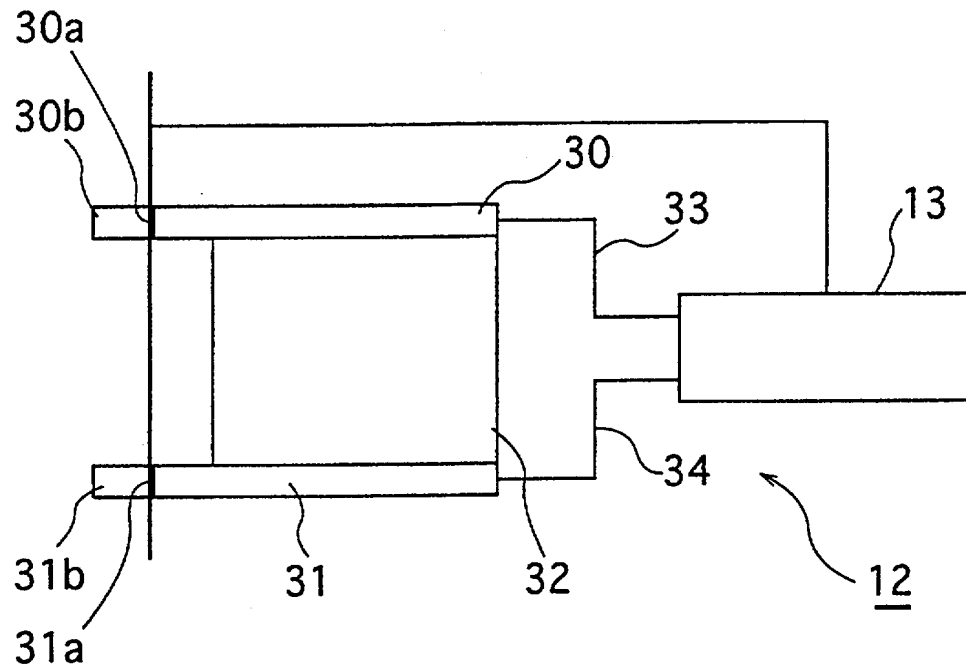


FIG.20b

