



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 673 797 A5

⑤① Int. Cl.⁵: B 23 H

7/02

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

②① Numéro de la demande: 95/87

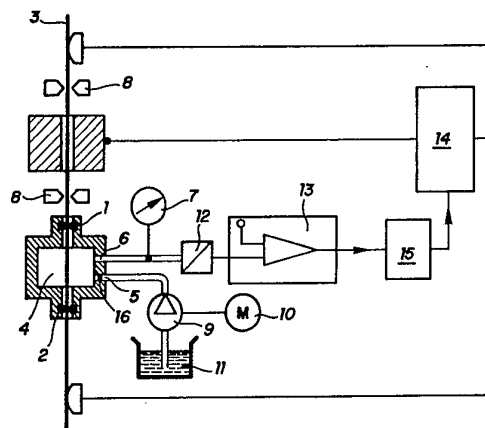
②② Date de dépôt: 13.01.1987

②④ Brevet délivré le: 12.04.1990

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 12.04.1990⑦③ Titulaire(s):
Charmilles Technologies S.A., Genève 13⑦② Inventeur(s):
Demellayer, René, Genève⑦④ Mandataire:
Christiane Hugelin, Meyrin 1

⑤④ Dispositif et procédé pour prévenir la rupture d'un fil métallique.

⑤⑦ Le dispositif placé à la sortie d'une zone d'usinage comporte une jauge à fuites (4) munie de deux canons (1, 2) dans lesquels passe un fil métallique (3), parcouru par un courant électrique et défilant sous tension entre deux guides (8). Une installation de pompage (9, 10, 11) injecte sous pression un fluide d'usinage à travers l'orifice (5) de cette jauge (4). Un organe (7) monté à l'orifice (6) de la jauge (4) mesure les fuites entre fil et canon de ce fluide et un transducteur (12) traduit cette mesure en grandeur électrique. Un comparateur (13) envoie un signal vers la commande numérique (15) dès que cette mesure atteint ou dépasse une valeur de référence. L'orifice (5) est muni d'un diaphragme (16). La commande (15) contrôle le générateur d'impulsions (14) de façon à modifier au moins un paramètre d'usinage de façon à ramener la mesure des fuites en dessous de ou à la valeur de référence. Ce dispositif est utile pour suivre la variation de la section du fil (3) et éviter sa rupture.



REVENDEICATIONS

1. Dispositif pour éviter la rupture d'un fil métallique défilant sous tension entre deux têtes de guidage, agencé pour évaluer l'usure de ce fil en suivant la variation au cours du temps de sa section à la sortie d'une zone d'usinage, comportant soit au moins un canon ou une bague à gicleurs dans lesquels passe le fil, soit au moins deux orifices calibrés ou deux palpeurs disposés symétriquement de part et d'autre du fil, ces organes étant disposés à la sortie de la zone d'usinage, des moyens pour injecter un fluide sous pression à travers ce canon, cette bague ou ces orifices ou dans ces palpeurs, des moyens pour mesurer les fuites de ce fluide soit entre fil et canon ou bague, ou à la sortie de ces orifices calibrés ou de ces palpeurs, au moins un comparateur comparant soit cette mesure ou une grandeur électrique dérivée de cette mesure à une valeur de référence, soit deux mesures simultanées, ou deux grandeurs dérivées de ces deux mesures, entre elles, et au moins un appareil envoyant un signal apte à agir automatiquement sur au moins un paramètre d'usinage dès que les mesures ou les grandeurs dérivées de ces mesures atteignent ou dépassent la valeur de référence, ou dès que l'écart entre deux mesures simultanées atteint ou dépasse un seuil donné.

2. Dispositif selon la revendication 1, comportant au moins un transducteur traduisant en grandeur électrique les mesures des fuites ou les écarts entre ces mesures et une valeur de référence, ou entre deux mesures simultanées.

3. Dispositif selon la revendication 1, comportant une jauge à fuites munie de deux canons à travers lesquels passe le fil et disposée à la sortie de la zone d'usinage.

4. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel les moyens pour injecter le fluide sont agencés pour l'injecter à débit constant, tandis que les moyens pour mesurer les fuites de ce fluide sont constitués par un manomètre mesurant la pression régnant dans la jauge.

5. Dispositif selon la revendication 3, dans lequel les moyens pour injecter le fluide sont agencés pour l'injecter à pression constante, tandis que les moyens pour mesurer les fuites de ce fluide sont constitués par un débitmètre mesurant le débit du fluide circulant à travers la jauge.

6. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 5, comportant une seconde jauge à fuites munie de deux canons à travers lesquels passe le fil et disposée à l'entrée de la zone d'usinage, des moyens pour injecter un fluide sous pression dans cette jauge, des moyens pour mesurer les fuites de fluide dans cette jauge simultanément à celles dans la première jauge, et un deuxième transducteur relié au comparateur.

7. Procédé de mise en action du dispositif selon la revendication 1, caractérisé par le fait que l'on fait passer le fil dans au moins un canon ou au moins une bague à gicleurs ou entre au moins deux orifices calibrés ou deux palpeurs disposés symétriquement de part et d'autre du fil, ces organes étant disposés à la sortie d'une zone d'usinage, que l'on mesure les fuites entre fil et canon ou bague, ou à la sortie de ces orifices ou palpeurs, d'un fluide injecté sous pression dans ce canon, cette bague ou entre ces orifices ou ces palpeurs, et que l'on agit sur au moins un paramètre d'usinage dès que les mesures ou l'écart entre deux de ces mesures simultanées atteignent ou dépassent une valeur déterminée indiquant que la variation de la section du fil atteint un seuil donné.

8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel on fait passer le fil dans le canon, la bague, l'orifice calibré ou le palpeur disposé à la sortie de la zone d'usinage de la machine EDM à découper par électroérosion.

9. Procédé selon la revendication 7, dans lequel le dispositif et la zone d'usinage sont immergés dans un liquide.

10. Procédé selon la revendication 8, dans lequel on diminue la puissance des décharges électriques produites par le générateur d'impulsions de la machine EDM dès que les résultats de la mesure des fuites atteignent une valeur prédéterminée.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel on diminue la fréquence ou l'intensité des décharges électriques produites par le gé-

nérateur d'impulsions de la machine EDM dès que les résultats de la mesure des fuites atteignent une valeur prédéterminée.

12. Procédé selon la revendication 7, dans lequel on agit sur la tension mécanique ou sur la vitesse de défilement du fil dès que les résultats de la mesure des fuites atteignent une valeur prédéterminée.

DESCRIPTION

La présente invention a trait à un dispositif et à un procédé pour prévenir la rupture d'un fil métallique défilant entre deux organes de guidage. Un tel dispositif se révèle plus particulièrement utile dans le domaine de l'électroérosion, pour des machines à découper munies d'un fil-électrode.

En effet, le fil-électrode d'une machine à découper par électroérosion est soumis à une usure importante lors de son passage dans la zone d'usinage. Cette usure est due à l'étincelage intensif subi par le fil dans cette zone et également aux frottements sur le guide et le contact d'amenée du courant situé en amont, cet effet étant encore augmenté du fait de l'échauffement du fil parcouru par le courant électrique d'usinage et de la tension mécanique qui lui est appliquée.

La surface du fil devient de plus en plus rugueuse (ce qui entraîne une augmentation des frottements), et sa section diminue asymétriquement d'un point à un autre de sa longueur. Cet amincissement du fil augmente son échauffement par effet Joule et, ainsi que la modification de son état de surface, a pour conséquence une réduction importante de sa résistance mécanique. Ces dégradations entraînent fréquemment la rupture du fil.

Depuis longtemps, en examinant le fil sortant en aval de la zone d'usinage, les praticiens de l'électroérosion savent prévoir une probable rupture du fil. En effet, au cours de l'usinage, la rugosité du fil augmente, en général de façon asymétrique, son diamètre pouvant présenter une striction. Il est connu que, dès que ce dernier prend un certain aspect reconnaissable à l'œil nu, il y a intérêt, par exemple, à réduire la fréquence des décharges électriques afin d'éviter la rupture.

En effet, bien que le fil passant dans la zone d'usinage soit renouvelé constamment et que les paramètres d'usinage restent constants et aient été choisis au départ de façon à obtenir une importante érosion de la pièce et une faible érosion du fil, les conditions de l'usinage se dégradent au cours du temps de manière imprévisible. Ainsi, des filtres peuvent se boucher, des pompes devenir moins efficaces, changeant ainsi les caractéristiques du fluide diélectrique dans lequel baignent la pièce à usiner et le fil-électrode. Des fuites peuvent se produire qui abaissent l'efficacité des buses injectant le liquide d'usinage, ce qui a pour conséquence une perte de pression, donc une mauvaise évacuation des particules métalliques érodées et un mauvais refroidissement du fil-électrode.

Moins empiriquement, on a essayé, par des procédés connus, de détecter automatiquement l'état de détérioration du fil laissant prévoir sa rupture prochaine, en mesurant la variation d'une caractéristique physique du fil suite à son passage dans la zone d'usinage. Ainsi, certains des procédés connus font appel à un contrôle de l'usure du fil au cours de l'usinage, par exemple en suivant l'augmentation de la rugosité par voie optique, en particulier en mesurant la réflexion spéculaire (demande de brevet japonaise publiée sous le numéro 54-71496), ou par voie mécanique, au moyen d'un palpeur (demande de brevet japonaise publiée sous le numéro 59-219119). Mais ces méthodes ne tiennent pas compte du mouvement de vrille du fil, qui a pour effet de modifier continuellement l'orientation de la zone dégradée et perturbe ainsi les mesures de contrôle.

D'autres méthodes connues consistent à suivre la diminution de la section du fil, en mesurant sa résistivité (demande de brevet japonaise publiée sous le numéro 59-102529) ou ses caractéristiques magnétiques (demande de brevet japonaise publiée sous le numéro 60-29222).

Cependant, comme les variations de résistivité et d'effets magnétiques peuvent être aussi provoquées par une variation de la tempé-

rature du fil et non par une modification de sa section, l'interprétation des résultats des mesures reste très incertaine et ne permet pas de prévoir et de prévenir efficacement la rupture du fil.

La présente invention a pour objet un dispositif pour éviter la rupture d'un fil métallique défilant sous tension entre deux têtes de guidage, agencé pour évaluer l'usure de ce fil en suivant la variation au cours du temps de sa section à la sortie d'une zone d'usinage. Il comporte;

- soit au moins un canon ou une bague à gicleurs dans lesquels passe le fil, soit au moins deux orifices calibrés ou deux palpeurs disposés symétriquement de part et d'autre du fil, ces organes étant disposés à la sortie de la zone d'usinage,

- des moyens pour injecter un fluide sous pression à travers ce canon, cette bague ou ces orifices ou dans ces palpeurs,

- des moyens pour mesurer les fuites de ce fluide soit entre fil et canon ou bague, ou à la sortie de ces orifices calibrés ou de ces palpeurs,

- au moins un comparateur comparant soit cette mesure ou une grandeur électrique dérivée de cette mesure à une valeur de référence, soit deux mesures simultanées, ou deux grandeurs dérivées de ces deux mesures, entre elles,

- au moins un appareil envoyant un signal apte à agir automatiquement sur au moins un paramètre d'usinage dès que les mesures ou les grandeurs dérivées de ces mesures atteignent ou dépassent la valeur de référence, ou dès que l'écart entre deux mesures simultanées atteint ou dépasse un seuil donné.

Grâce à ce dispositif, on peut suivre la progression de l'usure du fil en mesurant au cours du temps la variation de sa section à la sortie de la zone d'usinage. Le fil passe en général à travers un organe du type des bagues à gicleurs ou des jauges à fuites munies d'au moins un canon ou dans une jauge pneumatique de calibrage. Cet organe est disposé en particulier à la sortie de la zone d'usinage d'une machine EDM, et il permet de mesurer les fuites d'un fluide injecté sous pression soit entre fil et canon ou fil et bague, soit à la sortie des orifices calibrés ou des palpeurs disposés de part et d'autre du fil.

La présente invention a également trait à un procédé tel que défini à la revendication 7.

Par «canon», on entend un orifice calibré disposé à la sortie d'un boîtier étanche.

Par «mesurer les fuites», on entend «mesurer la pression ou le débit» du fluide passant à travers le canon ou la bague, ou entre les orifices calibrés ou les palpeurs disposés de part et d'autre du fil. Ce fluide peut être un gaz ou un liquide. En électroérosion, il s'agit de préférence du liquide diélectrique d'usinage, mais on peut aussi utiliser de l'air ou un autre gaz. Grâce à un circuit électronique, on peut, par exemple, comparer à chaque instant chaque mesure à une valeur de référence et faire varier au moins un paramètre d'usinage défini ci-dessous de façon à ramener l'écart entre la mesure et la valeur de référence au-dessous d'un seuil donné. On peut également effectuer simultanément une mesure en amont de la zone d'usinage et comparer l'écart entre les deux mesures obtenues respectivement en amont et en aval à un écart de référence, puis, dès qu'il atteint ou dépasse cette valeur de référence, agir sur un paramètre d'usinage approprié de manière à ramener cet écart au-dessous de la valeur de référence. Ces seuils, écarts et valeurs de référence peuvent être déterminés expérimentalement ou par calcul théorique.

Le temps de réponse de ces mesures est très faible. L'apparition d'une usure anormale peut en général être décelée en moins de quelques dixièmes de seconde. Le retour à des conditions normales d'usure se fait en général en moins de quelques secondes.

On choisit de préférence un paramètre d'usinage sur lequel on peut agir rapidement et dont la variation fait diminuer rapidement l'usure du fil. Le paramètre peut être également la vitesse de défilement du fil, c'est-à-dire la durée de son passage à travers la zone d'usinage, ou encore sa tension entre les organes de guidage ou bien l'une des caractéristiques de l'injection des liquides d'usinage. En électroérosion, on agit de préférence sur la puissance des décharges

électriques, en particulier sur leur fréquence ou leur intensité. On peut également agir sur le régime d'usinage en modifiant aussi le temps d'attente des impulsions, la durée ou la fréquence des étincelles, la tension aux bornes du générateur, ou encore commander une série de courtes coupures des impulsions.

Les mesures ainsi effectuées selon le dispositif et le procédé de la présente invention donnent une indication fiable de la diminution de la section du fil, et donc de son degré d'usure.

Contrairement aux différents dispositifs et procédés proposés dans l'état de la technique, la présente invention permet de détecter avec précision l'apparition d'un processus d'usure anormale du fil, et cela quelles que soient l'orientation et la température de ce dernier.

Le dispositif de la présente invention peut présenter de nombreuses formes d'exécution. Seules certaines seront illustrées schématiquement, et à titre d'exemples, par le dessin annexé.

La figure 1 est une coupe longitudinale d'une jauge à fuites pouvant être utilisée dans un dispositif selon la présente invention.

La figure 2 schématise un circuit dans lequel un dispositif selon la présente invention permet de mesurer la pression du fluide traversant le canon monté à la sortie d'une jauge à fuites disposée en aval de la zone d'usinage d'une machine EDM à découper.

La figure 3 représente un circuit dans lequel un dispositif selon la présente invention permet de mesurer le débit du fluide traversant le canon placé à la sortie d'une jauge à fuites disposée en aval de la zone d'usinage d'une machine EDM à découper.

La figure 4 schématise un circuit dans lequel un dispositif selon la présente invention permet d'effectuer simultanément deux mesures, l'une en amont et l'autre en aval de la zone d'usinage d'une machine EDM à découper.

La figure 5 est une coupe longitudinale d'une jauge à fuites différente de celle schématisée à la figure 1 et pouvant être également utilisée dans un dispositif selon la présente invention.

La jauge à fuites représentée à la figure 1 comporte deux canons 1 et 2 présentant un diamètre de quelques dixièmes de millimètre, de préférence légèrement supérieur, par exemple de quelques microns, au diamètre du fil 3 dont on veut suivre l'usure. Ils sont réalisés en diamant ou en saphir, ou dans une autre matière dure, telles certaines céramiques, non déformable et résistant aux frottements. Ils sont montés dans deux orifices ménagés aux deux extrémités d'un boîtier étanche 4, et permettant au fil 3 de traverser la jauge. Du liquide est injecté sous pression dans le boîtier 4 grâce au canal 5 percé sur le côté du boîtier 4. Un autre canal 6 permet de monter sur ce boîtier 4 soit un manomètre, soit un débitmètre ou un fuitomètre. Le canal 5 est muni d'un diaphragme 16 destiné à diminuer le débit à l'entrée de la jauge, afin de pouvoir rendre plus sensibles les variations de pression ou de débit mesurées par ce manomètre ou ce débitmètre. Ce diaphragme peut être placé, comme indiqué à la figure 1, dans la paroi du boîtier 4, mais il peut également être situé à un autre endroit dans le canal 5, entre l'orifice ménagé dans le boîtier 4 et l'emplacement où est branché le manomètre ou le débitmètre.

La figure 2 représente un dispositif permettant de réguler les paramètres d'usinage, par exemple la puissance des décharges électriques, lors d'un usinage par électroérosion, en mesurant la pression régnant dans le boîtier 4 d'une jauge à fuites telle que celle décrite en référence à la figure 1 et placée sur le fil-électrode 3 à la sortie de la zone d'usinage, c'est-à-dire sur le guide-fil aval 8 ou à proximité de celui-ci. C'est un manomètre 7 qui est relié à la jauge à fuites par le canal 6. L'organe de pompage 9 actionné par le moteur 10 permet de prélever le liquide d'usinage hors du réservoir 11 et de l'injecter sous pression dans le boîtier 4 par le canal 5. Le transducteur 12 traduit la mesure de pression effectuée par le manomètre 7 en une grandeur électrique. Le comparateur 13, monté entre ce transducteur 12 et la commande numérique 15 de la machine EDM, compare cette grandeur électrique à une valeur de référence prédéterminée. Si cette dernière est atteinte ou dépassée, il émet et amplifie un signal qu'il envoie vers la commande numérique 15, elle-même reliée au générateur d'impulsions 14 de la machine EDM.

Nous allons décrire le fonctionnement de ce dispositif en référence aux figures 1 et 2. Il suffit de mesurer la pression à l'intérieur du boîtier 4, au début du cycle d'usinage, lorsque le fil 3 ne présente pas encore d'usure anormale, pour connaître les conditions correspondant à un fil non usé et à la jauge et au fluide d'usinage utilisés (figure 1a). L'organe de pompage 9 est agencé de manière à injecter ce fluide à débit constant, tandis que le manomètre 7 effectue des mesures successives de la pression interne régnant dans le boîtier 4. Ces mesures indiquent que la pression diminue au cours du temps, cette baisse de pression étant due à une augmentation des fuites aux orifices 1 et 2 par suite d'une diminution de la section du fil 3, et donc d'une augmentation de son usure (figure 1b).

Dès que la baisse de pression atteint un seuil prédéterminé (qui est un indice significatif que le fil 3 commence à être usé à un degré tel qu'il va risquer de casser), un signal est émis par le comparateur 13, déclenchant automatiquement l'envoi au générateur 14 d'un ordre de la commande numérique 15, lui commandant par exemple une diminution de la fréquence ou de l'intensité des décharges électriques, ou une autre modification d'un paramètre d'usinage apte à faire diminuer rapidement l'usure du fil. La commande 15 peut également agir sur plusieurs paramètres d'usinage.

La figure 3 représente un dispositif permettant de réguler les paramètres d'usinage, par exemple la puissance des décharges électriques lors d'un usinage par électroérosion, en mesurant le débit du fluide traversant le boîtier 4 d'une jauge à fuites telle que celle décrite en référence à la figure 1 et placée sur le fil-électrode 3 à la sortie de la zone d'usinage, comme décrit précédemment en référence à la figure 2.

C'est un débitmètre 17 qui est relié à la jauge par le canal 6. Le dispositif comporte une station de pompage (18, 10, 11) du type de celle décrite plus haut. Le transducteur 12 traduit la mesure de débit effectuée par le débitmètre 17 en une grandeur électrique. Le comparateur 13 joue le même rôle que dans le dispositif décrit ci-dessus.

Nous allons décrire le fonctionnement de ce dispositif en nous référant aux figures 1 et 3. Il suffit de mesurer le débit du fluide circulant de l'orifice d'amenée 5 à l'orifice aval 2 ou amont 1 de la jauge illustrée à la figure 1, au début du cycle d'usinage, pour connaître le débit correspondant à un fil non usé de diamètre donné, ainsi qu'à la jauge et au fluide d'usinage utilisés (figure 1a). L'organe de pompage 18 est agencé de manière à injecter le fluide à pression constante, tandis que le débitmètre 17 effectue des mesures successives du débit du fluide traversant la jauge à fuites. Ces mesures indiquent que le débit augmente au cours du temps, cette augmentation étant due, comme expliqué plus haut, à une augmentation des fuites aux orifices 1 et 2 par suite d'une augmentation de l'usure du fil 3 (figure 1b). Dès que cette augmentation de débit atteint un seuil critique prédéterminé, un signal est émis par le comparateur 13, déclenchant automatiquement un abaissement de la puissance des décharges électriques, par exemple, ou la modification d'un ou de plusieurs autres paramètres diminuant l'usure du fil.

Au lieu d'être émis lorsque la pression ou le débit varient au-delà d'une valeur de référence prédéterminée, le signal peut également être émis lorsque l'augmentation du débit ou la diminution de la pression s'accroissent au cours du temps avant d'atteindre ce seuil, ce qui est le signe d'une accélération de l'usure du fil suite à une dégradation des conditions d'usinage.

La figure 4 illustre un dispositif dans lequel deux jauges à fuites telles que celle décrite à la figure 1 sont disposées de part et d'autre de la zone d'usinage, ce qui permet de comparer le degré d'usure du fil en amont et en aval de la zone d'usinage. Un manomètre (27 et 37) est monté sur chacune des jauges. La station de pompage 9, du même type que celle décrite plus haut en référence à la figure 2, est reliée au canal 5 de chacune des jauges et agencée de manière à injecter le fluide d'usinage à débit constant, tandis que chacun des manomètres 27 et 37 effectue simultanément des mesures de la pression interne régnant dans chacun des boîtiers 4. Ces deux mesures sont traduites en grandeurs électriques par les transducteurs 22 et 32 reliés chacun à l'un des manomètres 27 et 37, ainsi qu'à un compara-

teur 23. Ce dernier comporte un ampli différentiel agencé de façon à comparer les deux grandeurs électriques transmises par chacun des transducteurs 22 et 32 et à émettre un signal vers la commande numérique 15 de la machine EDM dès que l'écart entre ces deux grandeurs atteint ou dépasse une valeur de référence. Cette dernière a été prédéterminée de façon à être significative d'une accélération de l'usure du fil (et donc d'une dégradation des conditions d'usinage et d'un risque de cassure du fil). La commande numérique 15 transmet alors l'ordre au générateur d'impulsions 14 de la machine EDM de diminuer la puissance des décharges électriques, par exemple, ou de modifier un ou plusieurs autres paramètres diminuant l'usure du fil.

Il est bien entendu que les formes d'exécution décrites ci-dessus ne présentent aucun caractère limitatif. On notera en particulier que des jauges à fuites d'un type différent de celui de la jauge décrite en référence à la figure 1 peuvent être avantageusement utilisées dans un dispositif selon la présente invention, par exemple des organes du type des bagues à gicleurs ou des jauges telles que celle représentée à la figure 5.

Cette jauge ne présente qu'un seul canon 20 situé en aval. Elle est constituée par un récipient 21 contenant un certain volume de fluide 30. Un flotteur 24 relié à une jauge de niveau 31 permet de mesurer le niveau de ce fluide. Un moteur 25 actionnant une valve 26 est commandé par un signal émis par un comparateur 28 en réponse à l'écart entre la mesure du niveau et une valeur de référence de ce niveau. Grâce à cette valve 26, disposée sur le canal d'amenée de fluide 35 débouchant dans le récipient 21 par l'orifice 36, entre cet orifice et une station de pompage 39 du fluide (par exemple du type de celle décrite en référence aux figures 2 à 4), un niveau constant est maintenu dans le récipient 21. La position de cette valve 26 est une mesure des fuites entre le fil 3 et le canon 20, c'est-à-dire qu'elle permet d'évaluer et de suivre la variation de la section du fil 3. La position de la valve 26 est comparée par le comparateur 29, auquel peuvent, par exemple, être incorporés un débitmètre et un transducteur hydraulico-électrique, à une valeur de référence. Cette dernière est déterminée, par exemple, expérimentalement en début d'usinage, pour un fil non usé. Lorsque cet écart atteint ou dépasse un seuil prédéterminé, le comparateur 29 émet et amplifie un signal vers l'unité de commande numérique 15 afin que cette dernière commande la modification d'au moins un paramètre d'usinage apte à réduire l'usure du fil 3. Une jauge de ce type peut, par exemple, être utilisée dans le cas d'un usinage réalisé avec une lubrification par aspersion.

Au lieu d'utiliser des jauges à fuites ou des bagues à gicleurs, on peut utiliser des palpeurs suiveurs constitués, en particulier, par un vérin pneumatique à membrane portant à l'extrémité de son axe une buse pneumatique. Les déplacements du vérin correspondent aux variations de la surface contrôlée qui sont mesurées, par exemple, par un capteur de déplacement à transformateur différentiel fixé à l'arrière des palpeurs. On dispose, de préférence, au moins deux de ces palpeurs symétriquement de part et d'autre du fil, perpendiculairement à l'axe de ce dernier. Ils permettent d'effectuer les mesures sans autre contact avec le fil que celui du jet d'air à très basse pression issu de la buse pneumatique.

Par ailleurs, le transducteur n'est pas forcément placé entre le manomètre ou le débitmètre et le comparateur, comme montré aux figures 2 à 4. Il peut aussi être placé après ce dernier, de façon à transformer en grandeur électrique le résultat de la comparaison effectuée soit entre le débit ou la pression mesurés et une valeur de référence, soit entre deux mesures simultanées de pression ou de débit, de façon à émettre un signal vers l'unité de commande 15.

Les dispositifs tels que ceux décrits ci-dessus ont non seulement comme avantages d'être précis, de pouvoir être montés immédiatement à la sortie de la zone d'usinage, de présenter des temps de réponse brefs et de permettre une évaluation fiable du degré d'usure du fil sans que les mesures soient perturbées par le vrillage du fil autour de son axe et par son échauffement, mais aussi celui d'être simples, peu coûteux et de pouvoir être montés très facilement sur des machines EDM existantes.

En effet, les organes de mesures utilisés dans la présente invention pourraient, par exemple, être incorporés dans les guide-fil existants, ou encore sur les buses d'injection du fluide d'usinage déjà incorporées aux têtes d'usinage des machines EDM actuelles.

Grâce à eux, on peut prévoir efficacement une rupture prochaine du fil par suite de la dégradation des conditions d'usinage et empêcher rapidement et automatiquement cette rupture en modifiant un ou plusieurs paramètres d'usinage. La durée de fonctionnement automatique et la productivité de la machine EDM sont ainsi sensiblement augmentées, car l'intervention d'un opérateur ou la mise en action d'un dispositif de renfilage automatique du fil n'est plus nécessaire, et les arrêts dus à une cassure du fil sont évités.

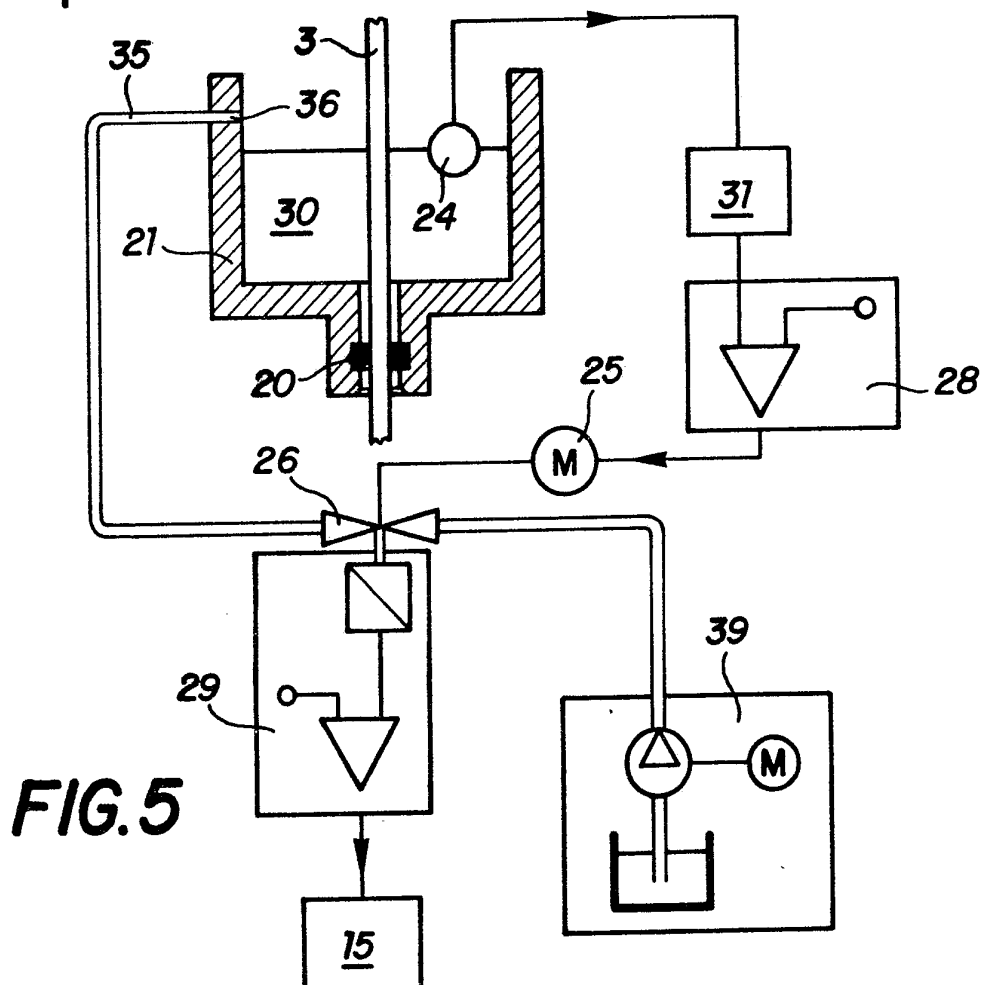
De plus, comme il n'y a pas de contact direct entre les canons des jauges à fuites, les bagues à gicleurs ou les palpeurs et le fil, l'organe de mesure n'intervient pas dans la grandeur mesurée. Comme les dispositifs selon la présente invention n'exercent aucun frottement

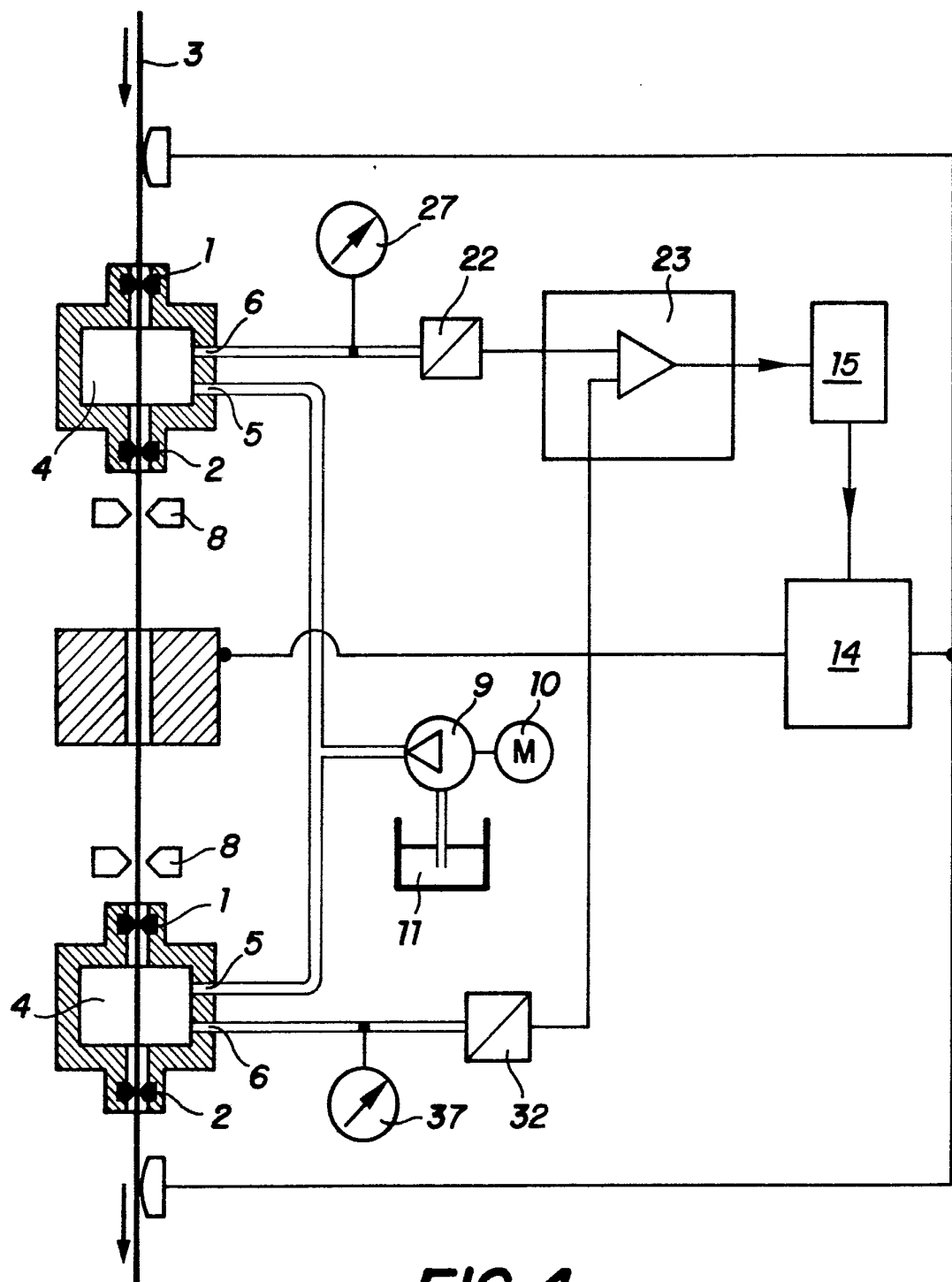
sur le fil, ils ne sont à l'origine d'aucune usure supplémentaire. Les mesures peuvent être effectuées en continu sans inconvénients.

Les dispositifs de la présente invention permettent donc de régler en cours d'usinage les paramètres conditionnant ce dernier et de l'optimiser en maintenant un bon usinage, avec le meilleur rendement possible, mais sans risquer de casser le fil par suite de décharges électroérosives trop puissantes par exemple, et en choisissant le régime d'usinage le plus approprié.

Ajoutons encore qu'il est d'autant plus utile d'évaluer le degré d'usure d'un fil utilisé comme électrode en électroérosion, que ce fil est de plus en plus souvent un fil stratifié composé de plusieurs couches de métaux et, éventuellement, d'alliages et d'oxydes métalliques. Il est donc très important de prévoir ou de détecter et d'empêcher, par une modification rapide des paramètres d'usinage, la disparition par usure de la couche superficielle d'un fil stratifié, car on évite ainsi une dégradation brutale de l'usinage.





**FIG. 4**