



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**

⑲ Numéro de la demande: 4997/84

⑦ Titulaire(s):
Charmilles Technologies S.A., Genève 13

⑳ Date de dépôt: 17.10.1984

⑧ Inventeur(s):
Briffod, Jean Paul, Lucinges (FR)
Martin, Roland, Dingy-en-Vuache (FR)

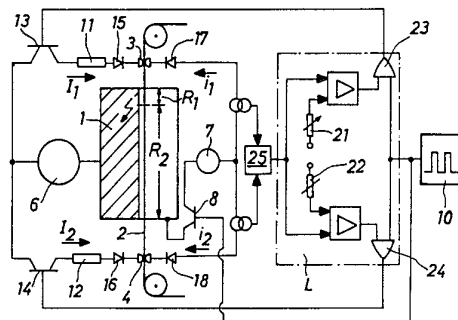
㉑ Brevet délivré le: 15.09.1987

④ Fascicule du brevet
publié le: 15.09.1987

⑦ Mandataire:
E. Blum & Co., Zürich

④ **Procédé de découpage électroérosif et dispositif pour sa mise en oeuvre.**

⑦ Pour réduire les pertes thermiques étrangères à l'étincelage proprement dit, le procédé consiste à déterminer la position (R_1/R_2) de l'étincelle d'amorçage qui précède l'étincelle d'usinage, et à commander ensuite l'arrivée du courant nécessaire à cette dernière par l'une (3), l'autre (4), ou les deux extrémités du segment du fil (2) servant à l'usinage. Lorsque l'étincelle d'usinage se trouve entre une extrémité (3) de ce segment et une première position de référence, le courant est amené par cette extrémité. Lorsque cette étincelle se trouve entre l'autre extrémité (4) du segment et une seconde position de référence, le courant est amené par cette autre extrémité. Enfin lorsque l'étincelle se trouve entre les deux positions de référence, le courant est amené simultanément par les deux extrémités (3, 4).



REVENDEICATIONS

1. Procédé pour découper par étincelage érosif une pièce-électrode, dans lequel le courant d'usinage est amené sur le fil-électrode par l'une et/ou l'autre des extrémités de la zone d'usinage s'étendant le long du fil et comprise entre ce dernier et la pièce à usiner et dans lequel on détecte la position de chaque étincelle le long de cette zone, caractérisé en ce qu'on amène le courant soit par les deux extrémités de la zone d'usinage, soit par l'une seulement de ces extrémités en fonction de la position où est détectée l'étincelle.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on amène le courant par l'une des extrémités de la zone d'usinage lorsque la position de l'étincelle est située entre cette extrémité et une première position de référence, en ce qu'on amène le courant par l'autre extrémité de cette zone lorsque la position de l'étincelle est située entre cette autre extrémité et une seconde position de référence, et en ce qu'on amène le courant simultanément par les deux extrémités de cette zone si l'étincelle se produit entre les deux positions de référence.

3. Procédé selon la revendication 2 selon lequel on détecte l'endroit où s'accumulent des défauts d'étincelage et on fait varier au moins l'une desdites positions de référence de manière que ces positions encadrent ledit endroit.

4. Procédé selon la revendication 2 selon lequel on injecte du fluide sous pression de chaque côté de la zone d'usinage, on détecte l'endroit où s'accumulent des défauts d'étincelage et on varie le rapport des pressions d'injection de manière à amener l'endroit où s'accumulent les défauts d'usinage entre lesdites positions de référence.

5. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 1, comprenant un générateur d'impulsions d'usinage, deux contacts d'amenée du courant d'usinage connectés à l'une des bornes du générateur et disposés chacun d'un côté de la zone d'usinage, et un circuit de mesure de la position de chaque étincelle le long de la zone d'usinage, caractérisé par un circuit logique coopérant avec le circuit de mesure et des moyens de commutation commandés par le circuit logique pour faire passer le courant d'usinage par l'un et/ou l'autre de ces contacts selon la position de l'étincelle le long de la zone d'usinage par rapport à des positions de référence.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé par un générateur auxiliaire de courant connecté entre les contacts d'amenée de courant sur le fil par l'intermédiaire d'un circuit d'inversion de polarité commandé par le circuit logique.

7. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé par des moyens de commutation agencés de manière à maintenir le courant passant par l'un et/ou l'autre des contacts à une valeur constante et prédéterminée.

8. Dispositif selon la revendication 5, comportant un circuit de détection des défauts d'étincelage ainsi qu'un circuit de réglage des positions de référence commandé par le circuit de détection des défauts d'usinage et par le circuit de mesure de la position des étincelles.

9. Dispositif selon la revendication 5, comportant un circuit de détection des conditions anormales d'étincelage, des moyens pour contrôler la pression avec laquelle un fluide d'usinage est injecté de chaque côté de la zone d'usinage, ainsi qu'un circuit de réglage coopérant avec le circuit de détection et le circuit de mesure pour commander les moyens de contrôle de la pression d'injection.

Sur une machine à découper par étincelage érosif une pièce au moyen d'un fil, la vitesse de découpe est limitée par les contraintes thermiques exercées sur le fil au cours de l'usinage. Ces contraintes sont dues d'une part à la chaleur dégagée par chaque étincelle et d'autre part à l'effet Joule du courant d'usinage circulant le long du

fil. Une partie importante de la chaleur produite au cours de l'usinage est évacuée par le liquide d'usinage qui circule entre le fil et la pièce; toutefois, cette dissipation de chaleur a des limites. La seule source de chaleur sur laquelle il est possible d'agir pour augmenter la vitesse d'usinage est celle produite par l'effet Joule.

Il est usuel d'amener le courant d'usinage sur le fil par deux contacts situés de chaque côté de la zone d'étincelage. La puissance dissipée dépend de l'endroit où se produit l'étincelle le long de la zone d'usinage, cette puissance étant minimale lorsque l'étincelle se produit à une extrémité de cette zone et maximale lorsqu'elle se produit au milieu de cette zone. Cependant, lorsque l'étincelle se produit à proximité de l'une des extrémités, la portion de courant amenée par l'autre extrémité produit un échauffement inutile du fil.

Le brevet japonais A 59-47 123 propose d'alterner l'amenée du courant par l'une et l'autre extrémité de la zone d'usinage avec une fréquence inférieure à celle des impulsions d'usinage. Cela permet un refroidissement relatif de chacune des moitiés de la zone d'usinage pendant la demi-période où le courant est amené par l'autre extrémité de cette zone, mais ne réduit que faiblement la perte thermique globale.

L'invention a pour but de réduire les pertes dues à une production de chaleur parasite. Elle permet aussi d'éviter un échauffement local exagéré par accumulation des défauts d'étincelage en un endroit donné du fil. A cet effet, l'invention est définie comme il est dit aux revendications 1 et 5. Ainsi, elle réalise une sélection du côté où se fait l'amenée de courant en relation avec la position de chaque étincelle de manière à réduire l'échauffement du fil par effet Joule, plus particulièrement dans la zone centrale, qui est la moins bien refroidie.

L'invention sera maintenant illustrée par la description de modes de réalisation et à l'aide du dessin, dans lequel:

la fig. 1 montre schématiquement le circuit d'alimentation du premier mode de réalisation du dispositif selon l'invention,

la fig. 2 est un diagramme illustrant la répartition le long du fil de la puissance dissipée sous forme de chaleur dans ce mode de réalisation,

la fig. 3 montre pour quelles positions de l'étincelle chacun des interrupteurs est conducteur ou non conducteur,

les fig. 4-6 et 8 montrent schématiquement les circuits d'alimentation de trois autres modes de réalisation, et

la fig. 7 illustre la répartition le long du fil de la puissance dissipée sous forme de chaleur dans la réalisation de la fig. 6.

Dans la fig. 1, une pièce 1 est découpée par un fil 2 qui défile entre deux guides 3, 4. Le générateur d'impulsions comporte deux circuits alimentés chacun par une source de courant 6, 7 ayant une de ses bornes connectée à la pièce et l'autre connectée aux deux contacts d'amenée de courant sur le fil. Dans les figures, ces contacts sont identiques avec les guides 3, 4 pour simplifier le dessin. Une première source de courant 7, et son organe de commutation 8 commandé par une base de temps 10, est destinée à l'amorçage d'une étincelle de faible courant.

Une seconde source de courant 6 est destinée à transformer l'étincelle amorcée par la première source en une étincelle de puissance traversée par le courant d'usinage. Cette seconde source de puissance est reliée à chaque contact 3, 4 d'amenée de courant sur le fil par l'intermédiaire d'un organe de commutation 13, 14, ce qui permet d'alimenter la zone d'étincelage par l'une de ses extrémités lorsque seul l'organe 13 est conducteur ou par l'autre de ses extrémités si seul l'organe 14 est conducteur. Lorsque les deux organes 13 et 14 sont conducteurs, l'amenée de courant se fait des deux côtés de la pièce par 11 et 12. Les impédances de lignes sont représentées par 11 et 12 et des diodes 15-18 sont prévues dans les lignes, de manière à empêcher le passage du courant de l'une des sources dans le circuit de l'autre source.

Les deux guides du fil et les contacts d'amenée du courant sur ce fil sont représentés par le même dispositif de manière à simplifier le dessin.

La position de l'étincelle le long de la zone d'usinage est détectée grâce au circuit logique L lors de l'amorçage de l'étincelle basse puissance en mesurant les courants i_1 et i_2 produits par la première source 7 et en traitant ces grandeurs dans un circuit 25, par exemple en calculant la différence entre ces courants, comme il est décrit dans le brevet US-4.329.558. Le signe de l'écart entre ces courants indique dans quelle moitié de la zone d'usinage se produit l'étincelle et sa valeur absolue est une mesure de la position de l'étincelle. Cet écart est comparé à deux grandeurs de référence matérialisées par les résistances variables 21, 22 et représentant une première et une seconde position de référence de l'étincelle dans la zone d'étincelage. Lorsque l'étincelle se produit entre une des extrémités de la zone d'étincelage et la première position de référence, l'amplificateur correspondant émet un signal qui permet au moyen d'une porte ET 23 de faire passer le signal de la base de temps 10 vers l'organe de commutation 13 de manière à le rendre conducteur. Ce même signal avait été utilisé pour rendre conducteur l'interrupteur du circuit d'amorçage à partir duquel une mesure de la position de l'étincelle a été faite. On obtient de la même manière la fermeture de l'organe de commutation 14 si l'étincelle se produit entre l'autre extrémité de la zone d'étincelage et la seconde position de référence. En revanche, si l'étincelle se produit entre les deux positions de référence, les deux organes 13 et 14 seront simultanément conducteurs.

La figure 2 illustre la répartition de la puissance dissipée dans le fil lorsque l'alimentation en courant de la zone d'étincelage se fait, selon l'invention, d'une manière sélective. R11 et R12 représentent les première et seconde positions de référence déterminées par les résistances 21 et 22.

La position d'une étincelle est représentée en abscisse par la résistance R1 du fil entre une extrémité de la zone d'usinage et l'étincelle, la résistance du fil entre la même étincelle et l'autre extrémité étant égale à R2. La puissance relative P dissipée dans le fil varie selon la fonction A si l'arrivée de courant se fait aux deux extrémités de la zone d'usinage, elle est maximale au milieu de cette zone et minimale aux deux extrémités. Si l'arrivée de courant se fait d'un seul côté, cette puissance varie linéairement selon la droite B jusqu'au milieu de la zone.

Si l'amenée de courant est faite, selon l'invention, d'une manière sélective en relation avec la position de l'étincelle comme le montre l'exemple de la figure 3, l'organe de commutation 14 sera ouvert lorsque l'étincelle se produira entre l'extrémité de la zone et la première position et fermé à partir de cette position. L'autre organe de commutation 13 sera fermé jusqu'à la seconde position et ouvert entre cette position et l'autre extrémité de la zone.

Le nombre d'étincelles produites pendant un laps de temps déterminé sera le même dans toutes les parties de la zone d'usinage. En revanche, la puissance dissipée le long du fil, qui est proportionnelle à ce nombre de décharges, correspond au segment de droite B lorsqu'un seul organe de commutation amène le courant dans la zone d'usinage, mais ne peut plus être représenté par la fonction A lorsque les deux organes de commutation sont conducteurs, entre R11 et R12. En effet, à chaque fois qu'une étincelle se produit dans l'une ou l'autre des zones extrêmes délimitées respectivement par R11 et R12 aucun courant ne passe dans la zone centrale de sorte que la puissance dissipée dans cette zone pendant le même laps de temps sera réduite proportionnellement à la longueur R11-R12 de cette zone, de sorte que la fonction A devient une fonction C dont la valeur est réduite dans les mêmes proportions. L'énergie totale dissipée dans le fil pendant ledit laps de temps est représentée par les surfaces délimitées par le segment de droite B dans les zones extrêmes et la fonction C dans la zone centrale. On constate dans l'exemple de la figure 2 que, dans les parties extrêmes de la zone d'usinage qui sont les mieux refroidies, la puissance dissipée n'a pas beaucoup diminué; en revanche, dans la partie centrale, qui est moins bien refroidie, la diminution de la puissance dissipée est beaucoup plus importante.

Le contraire peut se produire si on rapproche les positions de référence R11 et R12 des extrémités.

La figure 4 montre une autre forme de réalisation de l'invention dans le cas où la source de courant 6 de la figure 1 est remplacée par une source de tension 36 et où des résistances de limitation de courant 31 sont beaucoup plus grandes que la résistance totale du fil de manière à faire passer la moitié du courant d'usinage dans chaque ligne d'amenée de courant quelle que soit la position de l'étincelle le long du fil. Dans ce cas, l'effet sélectif des organes de commutation de la figure 1 est obtenu par un circuit auxiliaire alimenté par une source de courant 30 qui fait passer le long du fil un courant égal à la moitié du courant d'usinage de manière à annuler le courant dans une partie du fil. Ce circuit comporte un inverseur 35 permettant de choisir l'extrémité de la zone d'étincelage par laquelle arrive le courant. L'inverseur 35 est commandé par un circuit logique 32 identique au circuit L de la figure 1. L'organe de commutation 37 du circuit de puissance est synchronisé avec la base de temps 10 par une porte «ET» 33 qui laisse passer le signal de commande d'une porte «OU» 34, dès qu'un signal de sélection est élaboré par le circuit logique 32.

La figure 5 montre une autre variante de l'invention qui comporte un générateur d'amorçage 7 avec détection de la position de l'étincelle comme dans le cas de la figure 1 et un générateur de tension 48 connecté de chaque côté de la zone d'étincelage par l'intermédiaire des organes de commutation 43, 44. La sélection des amenées de courant est obtenue toujours au moyen du même aiguillage, cependant chaque organe 43, 44 a en plus une autre fonction qui consiste à maintenir le courant d'étincelle constant quel que soit l'endroit où se produit l'étincelle. En effet, en l'absence de cette fonction, le courant d'étincelle varie si la source de tension 48 est reliée au fil par des lignes dont l'impédance est du même ordre de grandeur que celle du fil. Dans ce cas, les courants I_1 et I_2 alimentant la zone d'étincelage sont mesurés respectivement par les shunts 45 et 46 et l'écart entre la somme de ces courants et une référence 47 est amplifié par un circuit de réglage, de manière à maintenir le courant moyen d'étincelle à la valeur de cette référence par une oscillation à haute fréquence de chacun des organes de commutation produite pendant chaque impulsion de courant.

La figure 6 concerne une réalisation de l'invention destinée à améliorer les contraintes thermiques exercées sur le fil. Le schéma fonctionnel de l'installation diffère de celui de la figure 1 par le fait que les positions de référence sont modifiées automatiquement en relation avec une zone où l'étincelage est perturbé, par exemple par une fréquence élevée de courts-circuits. Pour détecter l'endroit de cette zone perturbée, on utilise un signal élaboré par un circuit 50 indiquant un défaut d'étincelage et le signal élaboré par le circuit 25 indiquant l'endroit de ce défaut. Ces signaux commandent un circuit de réglage de position 51 qui modifie les valeurs de référence de manière à maintenir la zone perturbée entre ces deux valeurs de référence.

La figure 7 illustre le cas où des perturbations sont détectées dans une zone Rcc où les valeurs de référence R11 et R12 ont été déplacées en conséquence. De cette manière, la zone perturbée Rcc se trouve à un endroit de la zone d'étincelage où la puissance dissipée est le plus faible, ce qui permet d'éviter une surcharge thermique du fil et un risque de rupture.

La figure 8 montre une autre réalisation de l'invention pour éviter des contraintes thermiques sur le fil trop élevées à l'endroit où se produisent des courts-circuits. L'installation comprend les mêmes éléments que ceux de la figure 6, mais dans ce cas, un paramètre d'usinage, par exemple la pression d'injection du liquide d'usinage dans la zone d'étincelage, est réglé au moyen d'un circuit de réglage 60, dont les deux grandeurs de sortie commandent respectivement des vannes 63 et 64 destinées à régler la pression du liquide d'usinage injecté à chaque extrémité de la zone d'étincelage.

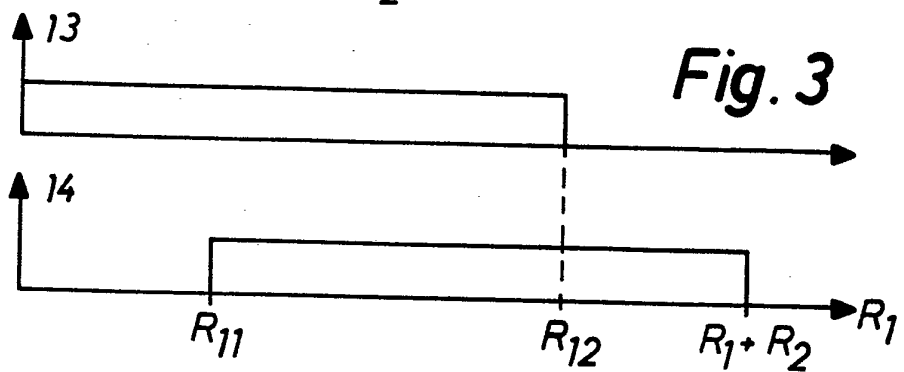
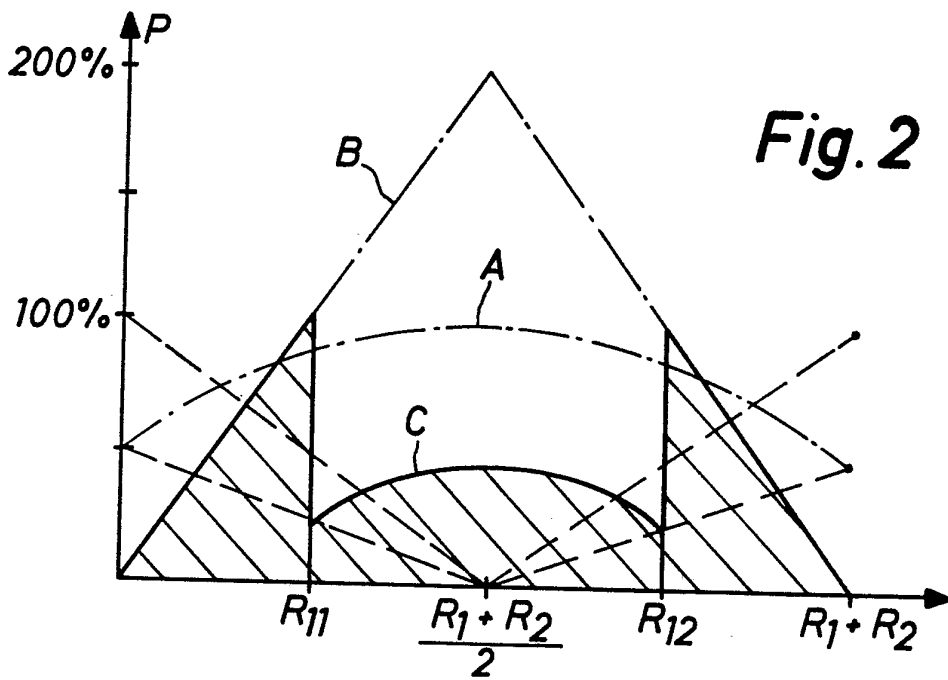
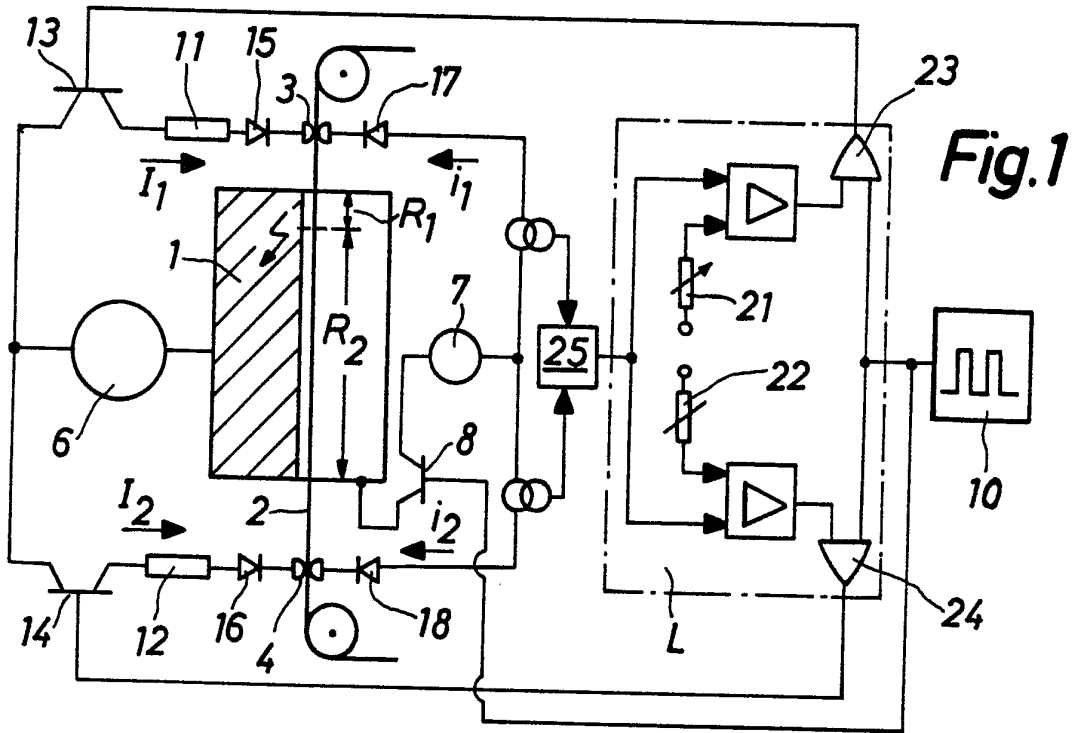


Fig. 4

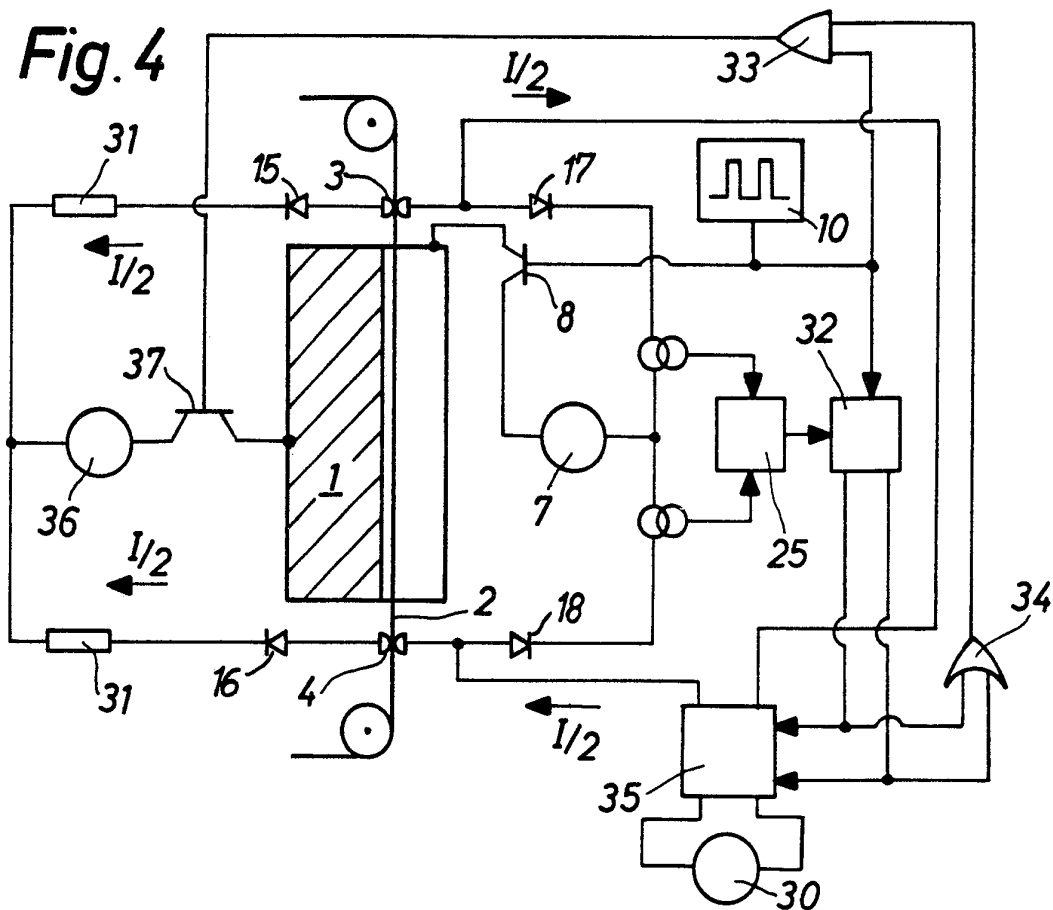


Fig. 5

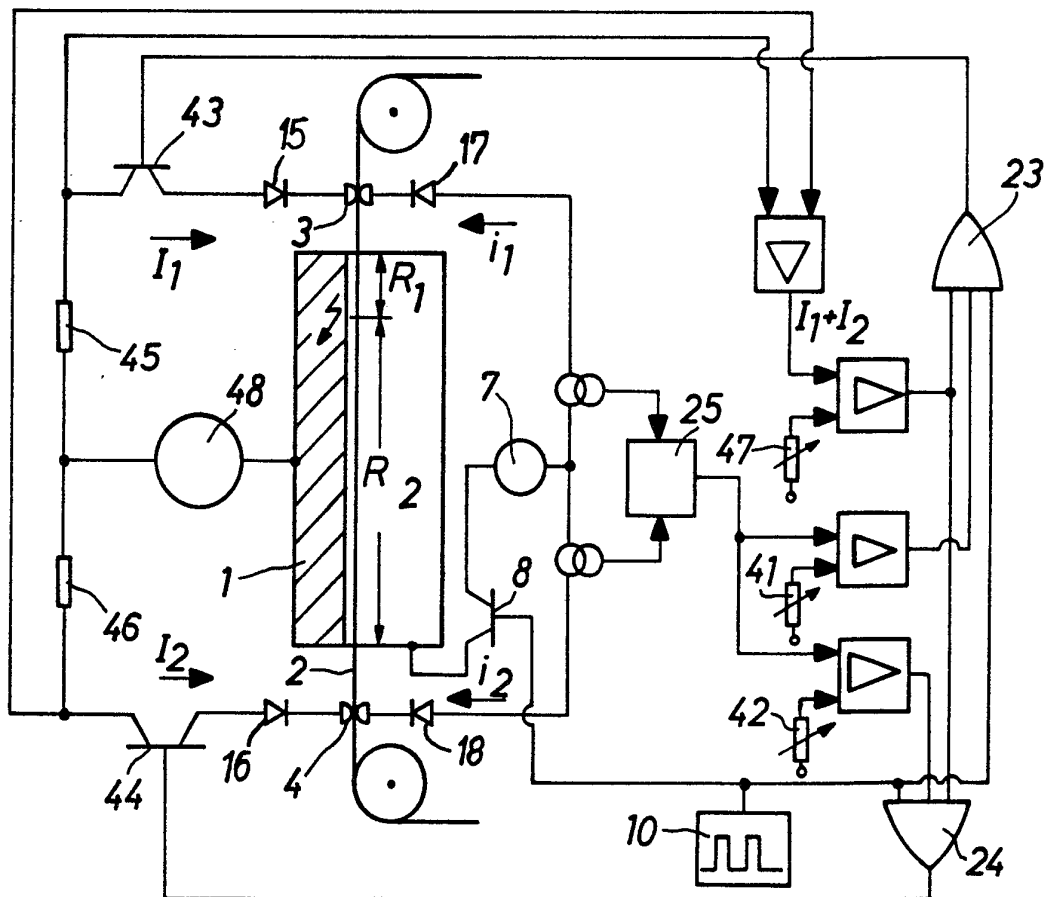


Fig. 6

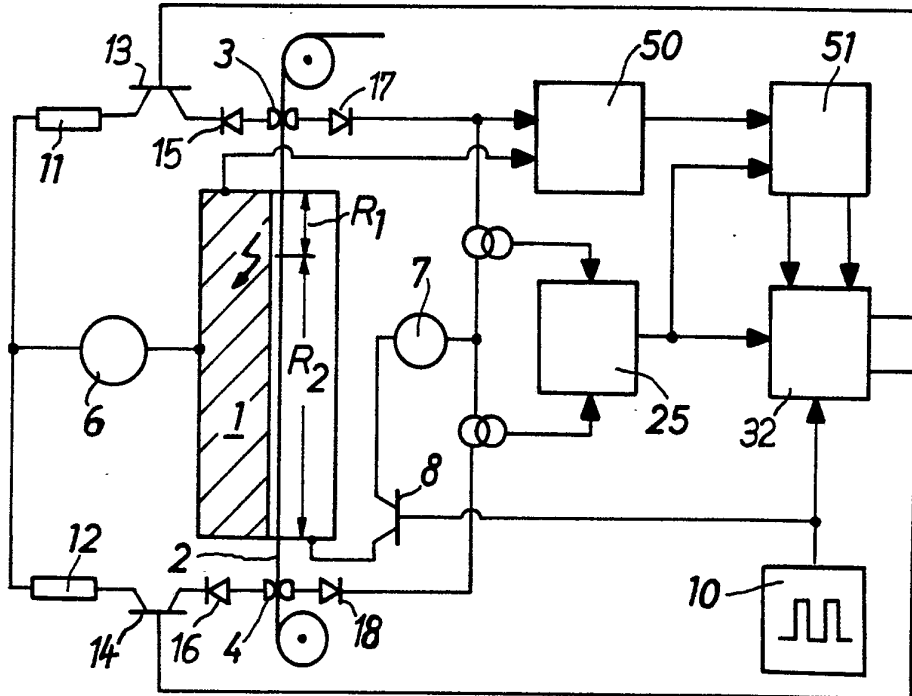


Fig. 7

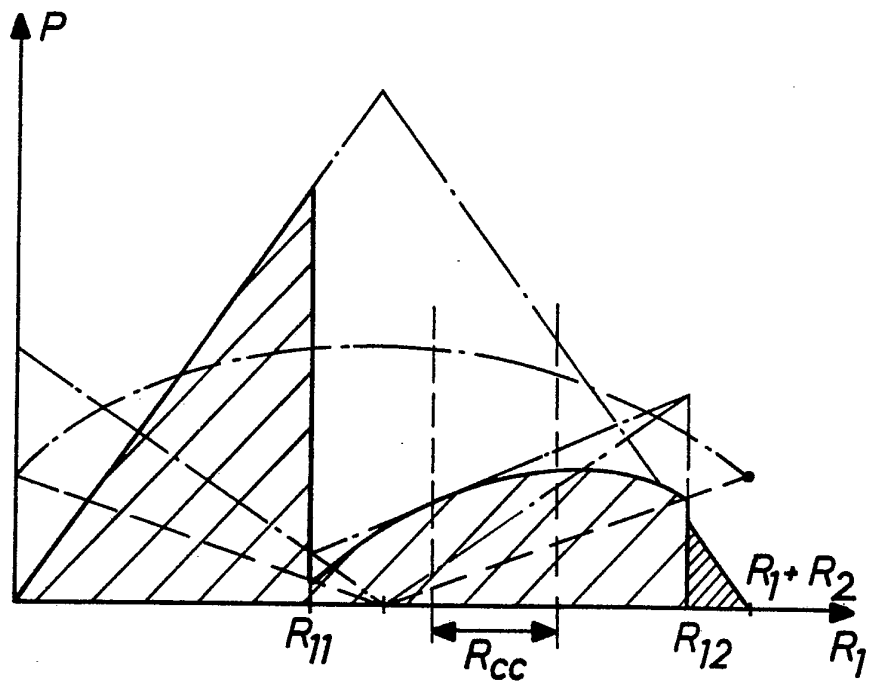


Fig.8