

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 82 06043**

---

⑤④ Dispositif et procédé de commande d'une machine de soudage à l'arc à modulation d'impulsions de courant continu.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. 2). B 23 K 9/09.

②② Date de dépôt..... 7 avril 1982.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : *EUA, 9 avril 1981, n° 252.564, 252.568 et 252.534.*

④① Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 41 du 15-10-1982.

---

⑦① Déposant : CARRIER CORPORATION, résidant aux EUA.

⑦② Invention de : William E. Wright, Jr., Dale E. Jackson et Ross A. Moyer.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Regimbeau, Corre, Martin et Schrimpf,  
26, av. Kléber, 75116 Paris.

---

La présente invention se rapporte à des dispositifs de commande de machines de soudage à l'arc et à des procédés de soudage à l'arc et elle a trait plus particulièrement à des circuits, dispositifs et procédés de commande pour le sou-  
5 dage à l'arc à courant continu pulsé.

Il existe de nombreuses situations dans lesquelles il est désirable de souder à l'arc deux pièces de métal. Par exemple, un échangeur de chaleur pour un climatiseur peut être composé de tronçons de tube d'aluminium à paroi mince qui sont  
10 joints entre eux pour former un circuit continu permettant la circulation du fluide frigorigène. Les tronçons de tube doivent être joints de façon qu'il n'y ait pas de fuites. Un procédé utilisable pour obtenir ce résultat est le soudage à l'arc.

L'un des problèmes qui se pose lors du soudage à l'arc est la présence de matières étrangères sur les surfaces  
15 des pièces qui sont soudées entre elles. Ces matières étrangères peuvent dégrader la qualité de la soudure si elles ne sont pas éliminées. Des métaux, tels que l'aluminium, le magnésium et le cuivre au béryllium, posent un problème de contamination de surface particulièrement difficile étant donné que des  
20 oxydes se forment instantanément sur les surfaces de ces métaux lorsqu'ils sont exposés à l'air. On peut éliminer ces oxydes en utilisant un décapant à base de chlorure ou de fluorure non métallique pendant le processus de soudage mais  
25 ce décapant est corrosif et n'est pas compatible avec le milieu environnant. Par conséquent, il est désirable d'effectuer le soudage à l'arc et en particulier d'effectuer le soudage à l'arc de métaux, tels que l'aluminium, le magnésium et le cuivre au béryllium, sans utiliser de décapant.

30 Le soudage sans décapant peut être effectué en utilisant certaines techniques de soudage à l'arc à courant alternatif. Le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 894 210, aux noms de Smith et autres, et le brevet des Etats-Unis d'Amérique n° 3 818 177 aux noms de Needham et autres, décri-  
35 vent de telles techniques de soudage à l'arc à courant alternatif. Ces techniques sont particulièrement utiles pour souder certaines matières, telles que l'aluminium, le magnésium et

le cuivre au béryllium étant donné qu'on peut effectuer une soudure même si des oxydes sont présents sur les surfaces des pièces à travailler. Cependant, il existe de nombreuses situations dans lesquelles il est désirable d'utiliser le soudage à l'arc à courant continu. Par exemple, il est difficile de souder des tronçons de tube d'aluminium à mince paroi, qui sont utilisés pour la fabrication d'échangeurs de chaleur pour des climatiseurs, en utilisant une technique de soudage à l'arc à courant alternatif. Ceci est dû au fait que le soudage à l'arc à courant alternatif nécessite qu'un flux d'énergie important soit fourni aux pièces pour effectuer une soudure et éliminer les oxydes sans utiliser de décapant. Ce flux d'énergie chauffe les pièces à une température indésirable du fait que le tube à mince paroi ne fournit pas un puits thermique suffisant pour évacuer l'énergie calorifique. Ainsi, il peut se produire un fléchissement important dans la région de la soudure et il existe une possibilité de perforation des pièces. Cette déformation de la région de la soudure peut être réduite si l'on utilise le soudage à l'arc à courant continu. En outre, la durée de vie de l'électrode peut être accrue si on utilise le soudage à l'arc à courant continu plutôt que le soudage à l'arc à courant alternatif. Au surplus, le flux d'énergie fourni aux pièces peut être commandé de manière plus précise lorsqu'on utilise le soudage à l'arc à courant continu. Ces avantages ne sont que quelques uns des avantages inhérents au soudage à l'arc à courant continu pour le soudage de certaines matières, telles que les tronçons de tube d'aluminium à mince paroi utilisés dans la fabrication d'échangeurs de chaleur pour des climatiseurs. Par conséquent, il est préférable de souder ces matières en utilisant le soudage à l'arc à courant continu plutôt que d'autres techniques, telles que le soudage à l'arc à courant alternatif sans décapant.

Un inconvénient du soudage à l'arc à courant continu classique est que ce type de soudage à l'arc n'est

généralement pas capable d'effectuer le soudage sans décapant de certaines matières, telles que l'aluminium, le magnésium et le cuivre au béryllium qui forment sur leurs surfaces des oxydes difficiles à réduire. Cependant, il existe un nouveau  
5 procédé de soudage à l'arc à courant continu pulsé pour souder ces matières sans utiliser de décapant. Conformément à ce nouveau procédé, des impulsions spéciales de courant continu positif sont appliquées à un intervalle d'arc pour souder des pièces situées à l'emplacement de l'intervalle d'arc. Les impulsions  
10 spéciales ont une forme qui est similaire à celles des impulsions de courant continu classiques excepté que le rapport de la grandeur du courant de pointe à la grandeur du courant d'entretien, au front avant de chaque impulsion de courant, est choisi de façon à présenter une caractéristique spéciale. Essentiellement,  
15 ce rapport est accru au maximum et l'accroissement du niveau de courant d'entretien à la valeur de courant de pointe est réglé de façon à se produire en un intervalle de temps tel qu'un effet de choc thermique est engendré. Un type voisin d'effet de choc thermique est bien connu dans le domaine du brasage sous  
20 vide en tant que partie d'un processus de traitement thermique à plusieurs étapes au cours duquel des matières sont jointes entre elles par brasage. Essentiellement, cet effet de choc thermique résulte du chauffage rapide des pièces qui ont des oxydes superficiels dont le coefficient de dilatation thermique est nettement inférieur au coefficient de dilatation thermique  
25 est nettement inférieur au coefficient de dilatation thermique de la matière pure sous-jacente. Le chauffage rapide provoque un taux de dilatation inégal qui brise et fracture les oxydes présents sur les surfaces des pièces.

Les oxydes fracturés sont repoussés en éloignement  
30 de la région de soudure du fait de la fusion et de la jonction de matières pures sous-jacentes pendant le nouveau processus de soudage à l'arc décrit ci-dessus. D'autres phénomènes physiques peuvent être également responsables de l'obtention des soudures de haute qualité formées lorsqu'on utilise ce nouveau  
35 procédé de soudage à l'arc mais on estime que l'effet de choc

thermique est le mécanisme primaire grâce auquel les oxydes sont éliminés. Quels que soient les phénomènes physiques exacts qui sont à l'origine de l'élimination des oxydes, la caractéristique qui consiste à accroître au maximum le rapport  
5 du courant de pointe au courant d'entretien au front avant de chaque impulsion de courant est un élément essentiel de ce nouveau procédé de soudage à l'arc à courant continu. Cette caractéristique est expliquée plus facilement si l'on admet que l'effet de choc thermique est le mécanisme principal grâce  
10 auquel les oxydes sont éliminés.

On choisit les valeurs optimales pour le courant d'entretien, le courant de pointe et la durée de la période de temps au cours de laquelle l'accroissement du niveau de courant d'entretien à la valeur de courant de pointe se produit,  
15 lors du soudage à l'arc selon le nouveau procédé de soudage à l'arc décrit ci-dessus, en procédant par tâtonnement. Ces valeurs optimales dépendent du type de matière qui est soudé, de l'épaisseur des pièces qui sont soudées et d'autres facteurs similaires.

En outre, le flux d'énergie qui s'écoule de l'électrode de soudage jusqu'aux pièces est un important facteur pour la détermination de la qualité de la soudure. Des soudures de bonne qualité ne peuvent pas toujours être effectuées du fait des changements qui se produisent dans ce flux d'énergie  
25 en fonction du temps. Il est particulièrement difficile d'effectuer continuellement des soudures de bonne qualité sur certaines matières telles que des tubes d'aluminium à paroi mince, lors de la fabrication en série de produits tels que des échangeurs de chaleur pour des climatiseurs, du fait de cette variation du  
30 flux d'énergie. Ce problème existe même lorsqu'on utilise dans le processus de fabrication le nouveau procédé de soudage à l'arc à courant continu sans décapant décrit ci-dessus.

Ces changements du flux d'énergie sont habituellement provoqués par des variations de la résistance entre l'électrode de soudage et les pièces, variations qui sont dues à des  
35

défauts d'homogénéité du gaz ionisé, à des variations des dimensions des pièces qui ont pour résultat un changement de la dimension de l'intervalle d'arc, à des fluctuations qui se produisent naturellement dans la tension de sortie de l'alimentation en courant et à d'autres phénomènes similaires. Cette variation de la résistance entre l'électrode de soudage et les pièces influe directement sur la quantité d'énergie qui parvient aux pièces en provenance de l'électrode de soudage. Il est désirable de maintenir ce flux d'énergie à une valeur optimale constante étant donné que c'est ce flux d'énergie qui détermine principalement la qualité de la soudure.

Les machines de soudage à l'arc classiques du type à courant continu pulsé ne sont pas spécifiquement conçues pour résoudre le problème de la commande du flux d'énergie fourni aux pièces. Typiquement, ces machines règlent le flux de courant en ajustant la tension appliquée aux bornes de l'intervalle d'arc en réponse aux variations de la résistance de l'intervalle d'arc, de manière à maintenir le flux de courant à des niveaux constants préétablis. Par conséquent, le fonctionnement normal d'une machine à courant continu pulsé à courant régulé a pour résultat des variations du flux d'énergie fourni aux pièces.

Un procédé utilisable pour commander ce flux d'énergie consiste lorsqu'on utilise une alimentation en courant continu pulsé, à changer la largeur d'impulsion des impulsions de courant appliquées à l'intervalle d'arc. Si l'on utilise une série périodique d'impulsions de courant, ceci équivaut à modifier le facteur d'utilisation des impulsions de courant. Ainsi, ce procédé peut être appelé un procédé de modulation par impulsions de largeur variable ou modulation du facteur d'utilisation. Ce procédé de commande du flux d'énergie est particulièrement utile lorsque la forme des impulsions de courant continu doit être conservée comme cela est requis lors du soudage à l'arc effectué conformément au nouveau procédé de soudage à l'arc à courant continu pulsé décrit ci-dessus. Par conséquent, il est désirable de disposer d'un procédé et de réaliser un

circuit ou dispositif de commande pour une alimentation en courant continu d'une machine de soudage à l'arc qui soit capable de régler avec précision le flux d'énergie fourni aux pièces en modulant la largeur d'impulsion des impulsions de courant  
5 fournies par l'alimentation en courant aux pièces. De préférence, cette modulation par impulsions de largeur variable est effectuée sans aucune autre modification de la forme générale des impulsions de courant. En outre, il est désirable de réaliser un procédé et un circuit ou dispositif de commande pour une alimentation  
10 en courant continu pour une machine de soudage à l'arc qui soit capable de régler le flux d'énergie par modulation par impulsions de largeur variable pour compenser les variations de résistance entre l'électrode de soudage et les pièces. En outre, il est désirable d'avoir un circuit ou dispositif de commande  
15 pour une alimentation en courant continu pulsé qui commande automatiquement la largeur d'impulsion des impulsions de courant fournies par l'alimentation en courant à l'intervalle d'arc. De préférence, cette commande devrait pouvoir être employée avec l'alimentation en courant continu classique pour commander la  
20 largeur d'impulsion d'un type quelconque d'impulsion engendré par l'alimentation en courant.

Conformément à la présente invention, les caractéristiques qui précèdent sont obtenues par un procédé de réglage de la largeur d'impulsion des impulsions de courant qui  
25 sont fournies aux pièces à l'emplacement d'un intervalle d'arc pendant le soudage à l'arc, à l'aide d'un circuit de commande à réaction comprenant un détecteur de tension, un régulateur à maximum-minimum et un générateur de signal de commande de largeur d'impulsion. Le circuit de commande à réaction commande  
30 une alimentation en courant continu pulsé d'une machine de soudage à l'arc. Le détecteur de tension détecte la chute de tension à travers l'intervalle d'arc en fonction du temps. Cette tension est directement proportionnelle à la résistance de l'intervalle d'arc. Ainsi, le détecteur de tension indique  
35 directement les variations des paramètres qui influent sur le

flux d'énergie fourni aux pièces à l'emplacement de l'intervalle  
d'arc, telles qu'un changement de la distance de séparation entre  
l'électrode de soudage et les pièces. La tension détectée est  
appliquée au régulateur à maximum-minimum qui traite ce signal  
5 de tension pour déterminer si la tension s'est accrue au-dessus  
d'une limite supérieure choisie ou a diminué au-dessous d'une  
limite inférieure choisie. Si l'une ou l'autre de ces conditions  
s'est produite, le régulateur à maximum-minimum engendre un  
signal de sortie qui est appliqué au générateur de signal de  
10 largeur d'impulsion.

Le générateur de signal de largeur d'impulsion  
fournit continuellement un signal de commande de tension à  
l'alimentation en courant continu pulsé de la machine de soudage  
à l'arc, signal qui commande le facteur d'utilisation des im-  
15 pulsions de courant fournies par l'alimentation en courant à  
l'intervalle d'arc. Un opérateur choisit initialement un facteur  
d'utilisation particulier pour les impulsions de courant qui  
donne des caractéristiques de soudure optimales. Ce facteur  
d'utilisation varie selon le type de matière qui est soudé,  
20 l'épaisseur de la pièce et d'autres facteurs similaires. Ce  
facteur d'utilisation optimale est choisi par tâtonnements. Le  
régulateur à maximum-minimum applique au générateur de signal  
de largeur d'impulsion un signal de tension supplémentaire qui  
modifie le signal de commande émis par le générateur. Le signal  
25 de commande émis par le générateur est modifié pour accroître  
ou diminuer le facteur d'utilisation des impulsions de courant  
fournies par l'alimentation en courant continu à l'intervalle  
d'arc en réponse aux changements de la chute de tension à travers l'intervalle  
d'arc. Ce changement du facteur d'utilisation maintient  
30 la moyenne par rapport au temps du flux d'énergie fourni aux pièces  
à l'emplacement de l'intervalle d'arc au niveau de flux d'énergie  
associé au facteur d'utilisation optimal choisi initialement.  
Aucune des autres caractéristiques des impulsions de courant,  
telles que la fréquence et le courant de pointe, n'est  
35 modifiée. Ainsi, le flux de courant est automatiquement maintenu

au niveau optimal sans que la forme générale des impulsions de courant soit modifiée. Par conséquent, le flux d'énergie optimal est maintenu même s'il se produit des changements dans les paramètres qui influent sur le flux d'énergie fourni aux pièces, tels qu'un changement de la distance de séparation entre l'électrode de soudage et les pièces.

A la place du circuit de commande à réaction décrit ci-dessus on utilise, selon un autre aspect de la présente invention, un dispositif de commande de largeur d'impulsion programmable dans le circuit de commande d'une alimentation en courant d'une machine de soudage à l'arc pour régler la largeur d'impulsions des impulsions de courant fournies à l'intervalle d'arc par l'alimentation en courant. Ce réglage compense les changements des paramètres qui influent sur le flux d'énergie fourni aux pièces à l'emplacement de l'intervalle d'arc. Si l'alimentation en courant de la machine de soudage à l'arc est une alimentation en courant continu pulsé classique, le dispositif de commande de largeur d'impulsion programmable peut être simplement un interrupteur à action différée normalement fermé connecté en parallèle avec un dispositif à résistance variable. Ce dispositif programmable fonctionne pour interposer le dispositif à résistance variable dans un circuit de commande d'impulsion classique pour l'alimentation en courant de la machine de soudage à l'arc lorsque l'interrupteur normalement fermé est ouvert après un retard préalablement choisi. Le dispositif est électriquement connecté entre un circuit de réglage de la largeur d'impulsion de l'impulseur et un générateur de signal de sortie de l'impulseur pour modifier automatiquement la largeur d'impulsion du signal de commande de tension produit en sortie par l'impulseur. Ceci a pour effet que l'alimentation en courant modifie automatiquement le facteur d'utilisation des impulsions de courant fournies à l'intervalle d'arc étant donné que l'impulseur commande directement le fonctionnement de l'alimentation en courant d'une machine de soudage à l'arc classique. Si on désire utiliser un programme de courant plus compliqué, on peut

prévoir l'insertion de plusieurs dispositifs à résistance avec des interrupteurs à action différée ou utiliser un autre agencement de circuit de ce type.

5 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre et en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :

10 - la figure 1 représente, sous forme d'un schéma-bloc, une machine de soudage à l'arc qui comporte un circuit de commande à réaction pour régler la largeur des impulsions de courant fournies par une alimentation en courant à un intervalle d'arc ;

15 - la figure 2 est un graphique qui représente l'amplitude par rapport au temps des impulsions de courant qui sont appliquées aux pièces pour maintenir constante la moyenne par rapport au temps du flux d'énergie fourni aux pièces lorsque la chute de tension détectée entre les bornes de l'intervalle d'arc s'accroît ;

20 - la figure 3 représente les éléments de circuit spécifiques du circuit de commande à réaction représenté sur la figure 1 ;

25 - la figure 4 représente, sous forme d'un schéma-bloc, une machine de soudage à l'arc qui comporte un dispositif de commande pour régler automatiquement la largeur d'impulsion des impulsions de courant appliquées par une alimentation en courant à un intervalle d'arc ;

- la figure 5 représente les éléments de circuit du dispositif de commande automatique représenté sur la figure 4 ;

30 - les figures 6 et 7 montrent comment fonctionne le circuit de sortie de l'impulseur représenté sur la figure 5 pour engendrer des signaux de commande de tension de sortie ayant deux facteurs d'utilisation différents en réponse à des signaux de commande de tension d'entrée ayant deux grandeurs  
35 différentes lorsque le circuit de sortie de l'impulseur comporte un comparateur.

Sur la figure 1, à laquelle on se référera maintenant, on a représenté, sous forme d'un schéma-bloc, une machine de soudage à l'arc qui comporte un circuit 2 de commande à réaction pour moduler la largeur d'impulsion des impulsions de courant continu appliquées à un intervalle d'arc 3. Les impulsions sont modulées en largeur ou durée tandis que leur grandeur de pointe est maintenue constante pour fournir une valeur moyenne de flux d'énergie à travers l'intervalle d'arc 3 constante par rapport au temps. Le flux de courant qui s'écoule à travers l'intervalle d'arc 3 de l'électrode 12 jusqu'aux pièces 1 est déterminé par l'actionnement de l'alimentation en courant 4. L'alimentation en courant 4 peut être l'une quelconque des diverses alimentations en courant qui sont disponibles dans le commerce. Si le nouveau procédé de soudage à l'arc à courant continu pulsé précédemment décrit doit être utilisé, il peut être nécessaire d'utiliser une alimentation en courant ayant la capacité de produire un courant de pointe relativement élevé selon le type de pièces qui est soudé, afin de fournir le rapport requis de la valeur du courant de pointe au niveau de courant d'entretien au front avant de chaque impulsion de courant, comme exigé par ce nouveau procédé. Tous les spécialistes de la technique sont capables de modifier des alimentations en courant classiques pour réaliser une alimentation en courant qui possède une telle capacité de produire un courant de pointe élevé.

Un impulseur 10, en combinaison avec un régulateur de courant 11, commande le fonctionnement de l'alimentation en courant 4. Ceci constitue un type classique de commande de l'alimentation en courant 4. En outre, un amorceur d'arc à haute fréquence et à haute tension 5 commande le flux initial de courant à travers l'intervalle d'arc 3. Ceci constitue également une caractéristique classique des machines de soudage à l'arc. L'amorceur d'arc 5 fournit une haute tension pour amorcer le flux de courant à travers l'intervalle d'arc 3 en ionisant le gaz inerte fourni à l'intervalle d'arc 3 par des moyens 6

d'alimentation en gaz par l'intermédiaire de passage 14 formés dans le porte-électrode 15. Après amorçage du flux de courant, l'amorceur d'arc 5 s'arrête de fonctionner. Ensuite, le gaz inerte est ionisé grâce au fonctionnement de l'alimentation en courant 4 qui entretient un flux de courant à travers l'intervalle d'arc 3 pendant tout le processus de soudage à l'arc. La fourniture continue de gaz inerte empêche les impuretés de parvenir jusqu'à la soudure et elle empêche la formation de pellicules superficielles, telles que des oxydes, sur les pièces 1 pendant le processus de soudage à l'arc. Cependant, il n'est pas nécessaire de fournir du gaz inerte pendant le processus de soudage si on prend d'autres mesures, telles que celle qui consiste à appliquer un vide à l'emplacement de l'intervalle d'arc 3, pour empêcher la formation d'oxydes et pour empêcher que des impuretés puissent parvenir jusqu'à la soudure.

Le porte-électrode 15 peut avoir l'une quelconque de diverses constructions. Par exemple, le porte-électrode 15 peut être du type à tête mobile suivant lequel le porte-électrode est déplacé en rotation par rapport aux pièces ou vice-versa pour effectuer le soudage à des emplacements choisis des pièces 1. Le porte-électrode 15 peut être actionné de façon à effectuer une soudure continue sur les pièces 1 ou une série de points de soudure.

Un détecteur 7 de tension détecte la chute de tension à travers l'intervalle d'arc 3 qui lui est transmise par des conducteurs électriques 19 et 20. Cette tension est directement proportionnelle à la résistance de l'intervalle d'arc 3. Le détecteur 7 de tension produit un signal électrique qui indique la résistance détectée de l'intervalle d'arc 3 à un régulateur 8 à maximum-minimum. Le régulateur 8 à maximum-minimum applique à un générateur 9 de signal de facteur d'utilisation un signal de commande qui indique si la largeur d'impulsion des impulsions de courant doit être accrue ou diminuée pour maintenir constante la valeur moyenne par rapport au temps du flux de courant fourni aux pièces 1 à l'emplacement de l'in-

tervalle d'arc 3. Le régulateur 8 à maximum-minimum est conçu de telle sorte que le signal de commande n'est appliqué au générateur 9 de signal de facteur d'utilisation que lorsque la tension détectée à l'intervalle d'arc 3 par le détecteur 7 de tension  
5 dépasse une valeur supérieure préalablement choisie ou tombe au-dessous d'une valeur inférieure préalablement choisie. Le générateur 9 de signal de facteur d'utilisation applique un signal de commande continu à l'impulseur 10 pour produire un flux de courant continu pulsé de base préalablement choisi à travers  
10 l'intervalle d'arc 3. Cependant, lorsque le générateur 9 de signal de facteur d'utilisation reçoit un signal de régulateur 8 à maximum-minimum, il répond en modifiant le fonctionnement de l'impulseur 10. Le générateur 9 de signal de facteur d'utilisation applique un signal à l'impulseur 10 pour qu'il accroisse  
15 la largeur d'impulsion des impulsions de courant ou pour qu'il diminue la largeur d'impulsion des impulsions de courant selon le signal de commande reçu du régulateur 8 à maximum-minimum.

On doit noter que le détecteur 7 de tension n'est  
20 pas le seul type de détecteur qui puisse être utilisé pour détecter des conditions liées au flux d'énergie à travers l'intervalle d'arc 3. Par exemple, on peut fixer un détecteur de température à résistance en mince couche aux pièces 1 pour qu'il produise un signal électrique fonction de la température  
25 des pièces 1. Les changements de la température des pièces constituent des indications fiables des variations du flux d'énergie fourni aux pièces 1. Le signal électrique du dispositif détecteur de température peut être utilisé pour fournir  
30 au régulateur 8 à maximum-minimum un signal de tension représentant le flux d'énergie, signal qui peut être traité par le régulateur 8 à maximum-minimum de la même manière que le signal électrique du détecteur 7 de tension est traité.

Sur la figure 2, à laquelle on se référera maintenant, on a représenté un graphique sur lequel on a  
35 représenté des impulsions de courant dont la largeur varie par

rapport au temps mais qui ont une période constante  $T_0$  entre les impulsions. Les impulsions de courant positif sont, de préférence, du nouveau type spécial précédemment décrit dans lequel le front avant de chaque impulsion de courant est choisi de façon à avoir rapport du courant de pointe au courant d'entretien aussi grand que possible de manière à produire un effet de choc thermique pour éliminer les oxydes qui peuvent s'être formés sur les surfaces des pièces 1. Les différences entre les coefficients de dilatation thermiques d'une couche d'oxyde et du métal pur sous-jacent se traduisent par un effet de choc thermique qui élimine les oxydes. Le présent procédé de modulation par impulsions de largeur variable est plus particulièrement conçu pour ce type de soudage à l'arc à courant continu pulsé.

Le principe de base de la présente invention est la variation de la largeur d'impulsion pour maintenir constant le flux d'énergie fourni aux pièces 1 quelles que soient les variations de la résistance de l'intervalle d'arc 3 ; le flux d'énergie constant fourni aux pièces améliore la qualité de la soudure. Un fléchissement peut se produire si l'on effectue la soudure en fournissant une quantité excessive d'énergie aux pièces 1. En outre, on court le risque de perforer les pièces si on leur fournit une trop grande quantité d'énergie. Si trop peu d'énergie est fourni aux pièces 1, il peut ne pas y avoir suffisamment d'énergie pour qu'elle pénètre complètement à travers les pièces 1. Il en résulte qu'on obtient alors une soudure plus faible et moins durable que si la fourniture du flux d'énergie optimal aux pièces est maintenue. La présente invention réduit la possibilité que les soudures formées soient de mauvaise qualité en maintenant constamment la fourniture du flux d'énergie optimal aux pièces.

Aux fins de l'explication, supposons qu'une valeur moyenne constante par rapport au temps de flux d'énergie,  $P_c$ , produise la soudure optimale pour un processus de soudage à l'arc à courant continu pulsé particulier. L'équation de la valeur moyenne de l'énergie par rapport au temps est :

$$P = \int_0^T V(t) I(t) dt,$$
 dans laquelle  $V(t)$  est la chute de tension à travers l'intervalle d'arc 3 en fonction du temps,  $I(t)$  est le flux de courant à travers l'intervalle d'arc 3 en fonction du temps et  $T$  est la période des impulsions de courant. Admettons une période constante  $T_0$  correspondant à une fréquence fixe  $F_0$ ; une chute de tension constante  $V_0$  et un flux de courant variant périodiquement donné par la fonction suivante qui se répète au cours de chaque période  $T_0$  successive :

$$I(t) = \begin{cases} I_t & 0 \leq t \leq X \\ I_m & X \leq t \leq T_0 \end{cases}$$

dans laquelle  $I_p$  est une valeur constante de courant de pointe,  $I_m$  est une valeur constante de courant d'entretien que l'on peut admettre, aux fins de cette discussion, être égale à zéro, et  $X$  est le facteur d'utilisation des impulsions de courant. Si l'on suppose donc que  $I_m$  est égal à zéro, en intégrant et en résolvant l'équation de l'énergie par rapport à  $X$ , on obtient :

$$X = P_c / (V_0 I_p)$$

Ceci est le facteur d'utilisation nécessaire pour maintenir la fourniture d'un flux d'énergie optimal aux pièces 1, à l'emplacement de l'intervalle d'arc 3, tout en maintenant un flux de courant pulsé de pointe de  $I_p$  lorsque la chute de tension à travers l'intervalle d'arc 3 est une constante  $V_0$ .

Si la chute de tension à travers l'intervalle d'arc 3 s'accroît à  $2V_0$ , on obtient, en résolvant l'équation par rapport à  $X$ , le résultat suivant :

$$X = P_c / (2V_0 I_p)$$

Ainsi le facteur d'utilisation doit devenir égal à la moitié du facteur d'utilisation d'origine pour maintenir la fourniture du flux d'énergie optimal  $P_c$  aux pièces 1. Si la chute de tension s'accroît à  $4V_0$ , on obtient alors :

$$X = P_c / (4V_0 I_p)$$

et le facteur d'utilisation doit devenir égal au quart du facteur d'utilisation initial pour maintenir ce flux d'énergie optimal constant  $P_c$ .

La variation décrite ci-dessus du facteur d'utilisation X a été représentée sur la figure 2 sur laquelle on a supposé qu'initialement un facteur d'utilisation de 50 % était nécessaire pour maintenir la fourniture d'un flux d'énergie optimal  $P_c$  aux pièces 1 pour une chute de tension constante  $V_o$  à travers l'intervalle d'arc 3. Un facteur d'utilisation de 50 % correspond à un écoulement du courant à travers l'intervalle d'arc 3 pendant 50 % du temps de fonctionnement. Pendant les autres 50 % du temps de fonctionnement, seul le courant d'entretien  $I_m$  s'écoule à travers l'intervalle d'arc 3. Le second groupe de deux impulsions représenté sur la figure 2 représente les impulsions engendrées lorsque le détecteur 7 de tension détecte une chute de tension accrue à travers l'intervalle d'arc 3, égale à  $2 \cdot V_o$ . Un accroissement de la chute de tension indique un accroissement de la résistance de l'intervalle d'arc 3, ce qui signifie que la largeur d'impulsion doit être diminuée pour maintenir la fourniture du même flux d'énergie  $P_c$  aux pièces 1 à l'emplacement de l'intervalle d'arc 3. Ainsi, comme représenté par le second groupe de deux impulsions, le facteur d'utilisation est réduit à 25 %. Le troisième groupe de deux impulsions représente le changement de la largeur d'impulsion lorsque la chute de tension à travers l'intervalle d'arc 3 s'accroît à nouveau jusqu'à  $4V_o$ , ce qui indique un nouvel accroissement de la résistance de l'intervalle d'arc 3. La largeur d'impulsion est diminuée pour produire un facteur d'utilisation de 12,5 %. Ainsi, bien que l'énergie instantanée fournie aux pièces varie, la moyenne par rapport au temps de l'énergie fournie aux pièces 1 est constante. En outre, on doit noter que l'amplitude de pointe des impulsions de courant est maintenue constante à une valeur  $I_p$ .

La figure 3 représente les éléments électriques spécifiques qui constituent le circuit 2 de commande à réaction composé du détecteur 7 de tension, du régulateur 8 à maximum-minimum et du générateur 9 de signal de facteur d'utilisation de la machine de soudage à l'arc représentée sur la figure 1. Le détecteur 7 de tension comprend un dispositif 21 à résistance variable, une résistance 22 et une diode électroluminescente 23. Les conducteurs électriques 19 et 20 sont connectés aux bornes de l'intervalle d'arc 3, comme représenté sur la figure

1. Le dispositif 21 à résistance variable sert de diviseur de tension pour commander l'intensité du courant qui s'écoule à travers la résistance 22 et la diode électroluminescente 23.

5 Le régulateur 8 à maximum-minimum comprend un certain nombre d'éléments parmi lesquels un phototransistor 29, un amplificateur opérationnel 30, un amplificateur opérationnel 32 et des dispositifs à résistance variable 34 et 35. Le photo-  
10 transistor 29 et un condensateur 38, qui sont électriquement connectés en parallèle à une source de tension 31, appliquent un signal de tension représentant la tension d'arc variable qui est détectée par le détecteur 7 de tension et transmis au phototransistor 29 par la diode électroluminescente 23, aux entrées inverseuses des amplificateurs opérationnels 30, 32. Ce signal de tension représentatif est appliqué à l'entrée  
15 inverseuse de l'amplificateur opérationnel 30 par l'intermédiaire d'une résistance d'isolement 39 et à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 32 par l'intermédiaire d'une résistance d'isolement 40. Ce signal de tension représentatif est le signal d'entrée qui est traité par le régulateur 8 à  
20 maximum-minimum pour moduler le fonctionnement du générateur 9 de facteur d'utilisation. Le phototransistor 29 et le condensateur 38 sont connectés à la terre par l'intermédiaire d'une résistance 25. On doit noter que le terme "terre", lorsqu'on l'utilise dans la description du régulateur 8 à maximum-minimum  
25 et le générateur 9 de facteur d'utilisation, est équivalent à la masse du circuit.

Une source 33 de tension applique une tension de référence, qui est réglée par un dispositif 34 à résistance variable, à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel  
30 30. De même, un dispositif 35 à résistance variable règle la tension de référence fournie par la source 33 de tension pour appliquer un signal de référence ajusté à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 32. Le signal fourni par le dispositif 34 à résistance variable est appliqué à l'amplifi-  
35 cateur opérationnel 30 par l'intermédiaire d'une résistance

d'isolement 36 et le signal fourni par le dispositif 35 à résistance variable est appliqué à l'amplificateur opérationnel 32 par l'intermédiaire d'une résistance d'isolement 37. Ces signaux de tension de référence ajustés sont additionnés avec le signal de tension représentatif fourni par le phototransistor 29 et appliqués aux entrées inverseuses des amplificateurs opérationnels 30 et 32.

Les entrées non inverseuses des amplificateurs opérationnels 30 et 32 sont connectées à la terre respectivement par l'intermédiaire d'une résistance 41 et d'une résistance 42. Un dispositif 43 à résistance variable et un condensateur 44 sont connectés en parallèle avec l'amplificateur opérationnel 30 pour commander le gain de cet amplificateur opérationnel 30. En outre, un interrupteur 45 à action différée est connecté en parallèle avec l'amplificateur opérationnel 30 pour offrir la capacité de shuntage de l'amplificateur opérationnel 30.

De la même manière, en ce qui concerne l'amplificateur opérationnel 32, un dispositif 46 à résistance variable, des moyens 47 à action différée, et un condensateur 48 sont connectés en parallèle avec l'amplificateur opérationnel 32, aux mêmes fins. Une diode 49, une résistance 50 et un dispositif 52 à résistance variable sont connectés en série à la sortie de l'amplificateur opérationnel 30. La diode 49 empêche la transmission des signaux de tension de sortie négatifs provenant de l'amplificateur opérationnel 30. De même, une diode 53, une résistance 54 et un dispositif 55 à résistance variable sont connectés en série à la sortie de l'amplificateur opérationnel 32. La diode 53 arrête les signaux de tension de sortie positifs provenant de l'amplificateur opérationnel 32. On doit noter que les dispositifs 52 et 55 à résistance variable commandent la grandeur des signaux de tension produits en sortie respectivement par l'amplificateur opérationnel 30 et par l'amplificateur opérationnel 32. Les signaux de tension produits par les amplificateurs opérationnels 30 et 32 sont additionnés à un point 56 et appliqués au générateur 9 de signal de facteur d'utilisation

représenté sur la figure 1.

Le générateur 9 de signal de facteur d'utilisa-  
tion comprend un réseau diviseur de tension qui comporte un  
dispositif 57 à résistance variable associé à une résistance  
5 60 et un dispositif 58 à résistance variable associé à une  
résistance 61. En outre, le générateur 9 comporte un amplifica-  
teur opérationnel 59. Une source de tension 62 fournit une  
tension aux dispositifs 57 et 58 à résistance variable. Un  
interrupteur 63 à action différée est connecté en parallèle avec  
10 le dispositif 58 à résistance variable pour fournir un moyen  
permettant de shunter le dispositif 58 à résistance variable.  
Le signal de sortie du réseau diviseur de tension est appliqué,  
par l'intermédiaire d'une résistance 64, à l'entrée inverseuse  
de l'amplificateur opérationnel 59. Ce signal de tension est  
15 additionné au signal de tension provenant du régulateur 9 à un  
maximum-minimum. L'entrée non inverseuse de l'amplificateur  
opérationnel 59 est connectée à la terre par l'intermédiaire  
d'une résistance 65. Le gain de l'amplificateur opérationnel 59  
est commandé par un dispositif 66 à résistance variable et par  
20 un condensateur 68. Le signal de sortie de l'amplificateur 59  
est transmis à l'impulseur 10, représenté sur la figure 1, par  
un conducteur 69. Le réseau diviseur de tension assure qu'un  
signal de référence est toujours produit par l'amplificateur  
opérationnel 59 pour être fourni à l'impulseur 10. Si un signal  
25 est présent au point 56, il est additionné avec le signal de  
sortie du réseau diviseur de tension pour fournir un signal  
d'entrée ajusté à l'amplificateur opérationnel 59, signal qui  
ajuste le signal de sortie de l'amplificateur opérationnel 59.

En fonctionnement, la tension est détectée aux  
30 bornes de l'intervalle d'arc 3 par les conducteurs 19 et 20  
du détecteur 7 de tension. Ce signal de tension est ajusté par  
le dispositif 21 à résistance variable et est appliqué par  
l'intermédiaire de la résistance 22 à la diode électrolumes-  
cente 23. La diode électroluminescente 23 émet une lumière

ayant une intensité qui varie d'une manière directement proportionnelle à la tension détectée aux bornes de l'intervalle d'arc 3. Ainsi, une tension détectée plus élevée provoque l'émission par la diode électroluminescente 23 d'une lumière d'une plus grande intensité. Le phototransistor 29 détecte l'intensité de la lumière émise par la diode électroluminescente 23. Cette interaction du phototransistor 29 et de la diode électroluminescente 23 se produit à l'intérieur d'une région 24 du circuit 2 de commande de réaction, comme représenté sur la figure 3. Le phototransistor 29 est utilisé pour isoler électriquement le régulateur 8 à maximum-minimum du détecteur 7 de tension, isolant ainsi l'alimentation en courant 4 de la machine de soudage à l'arc du régulateur 8 à maximum-minimum. La vitesse de réponse relativement lente du phototransistor empêche que les bruits électriques parasites soient captés par le régulateur 8 à maximum-minimum. Le condensateur 38 et le phototransistor 29 fonctionnent pour engendrer des signaux de tension représentatifs à partir du signal de tension variable qui est détecté aux bornes de l'intervalle d'arc 3 par le détecteur 7 de tension et qui est transmis au phototransistor 29 par la diode électroluminescente 23. Le phototransistor 29 est alimenté par la source de tension 31.

Le signal de tension représentatif émis par le phototransistor 29 est additionné, aux entrées inverseuses des amplificateurs opérationnels 30 et 32, avec une tension de référence ajustée respective fournie par la source de tension 33. La tension de référence fournie à l'amplificateur opérationnel 30 est ajustée par le dispositif 34 à résistance variable et la tension de référence fournie à l'amplificateur opérationnel 32 est ajustée par le dispositif 35 à résistance variable. Ces signaux de tension de référence sont ajustés de façon à annuler des signaux de tension représentatifs particuliers du phototransistor 29 qui sont engendrés lorsque des tensions particulières préalablement choisies sont détectées aux bornes de l'intervalle d'arc 3. Les tensions choisies sont

une tension supérieure et une tension inférieure qui correspondent respectivement à un haut niveau de flux d'énergie fourni aux pièces 1 et à un bas niveau de flux d'énergie fourni aux pièces 1. Le haut niveau de flux d'énergie est un niveau de flux d'énergie supérieur à la valeur moyenne par rapport au temps optimal du flux d'énergie et le bas niveau de flux d'énergie est un niveau de flux d'énergie inférieur à ce niveau optimal. Les niveaux haut et bas de flux d'énergie sont les limites au-delà desquelles il est indésirable que la valeur moyenne par rapport au temps du flux d'énergie puisse s'élever ou s'abaisser si l'on veut réaliser un soudage optimal. On peut choisir des tensions supérieure et inférieure égales entre elles si aucun écart par rapport à la valeur moyenne du flux d'énergie par rapport au temps optimal ne doit être toléré. Cependant, habituellement, on tolère un certain écart pour empêcher le régulateur 8 à maximum-minimum de moduler constamment le facteur d'utilisation des impulsions de courant appliquées à travers l'intervalle d'arc 3 aux pièces 1.

Par exemple, si un signal de tension représentatif appliqué par le phototransistor 29 à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 30 de  $-2,5V$  se produit au signal de tension supérieur choisi qui correspond au niveau supérieur de flux d'énergie qu'on désire ne pas dépasser, on règle le dispositif 34 à résistance variable de façon qu'une tension de  $+2,5V$  soit fournie par la source de tension 33 à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 30. Un signal de tension de sortie positif dont la diode 49 permet la transmission au générateur 9 de facteur d'utilisation n'apparaît à la sortie de l'amplificateur opérationnel 30 que lorsque le phototransistor 29 applique un signal de tension représentatif à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 30 qui est inférieur à  $-2,5V$ . La quantité dont ce signal de tension représentatif est inférieure à la valeur de  $-2,5V$  correspond à la quantité dont le facteur d'utilisation des impulsions de courant appliquées à travers l'intervalle d'arc doit être

diminué pour maintenir la valeur moyenne par rapport au temps optimal du flux d'énergie fourni aux pièces 1. Alternativement, si un signal représentatif de -1,5V se produit pour le signal de tension inférieure choisi qui correspond à un bas niveau de flux d'énergie au-dessous duquel on ne désire pas tomber, le dispositif 35 à résistance variable est réglé de façon qu'une tension de + 1,5V soit fournie par la source de tension 33 à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 32. Un signal de tension de sortie négatif, dont la diode 53 permet la transmission au générateur 9 de facteur d'utilisation, n'apparaît à la sortie de l'amplificateur opérationnel 32 que lorsque le phototransistor 29 applique un signal de tension représentatif à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 32 qui est supérieur à -1,5V. La quantité dont ce signal de tension représentatif dépasse -1,5V correspond à la quantité dont le facteur d'utilisation des impulsions de courant appliquées à l'intervalle d'arc 3 doit être accru pour maintenir la valeur moyenne par rapport au temps optimal du flux d'énergie fourni aux pièces 1.

Ainsi, les amplificateurs opérationnels 30, 32 et les diodes 49, 53 fonctionnent de manière à ne produire un signal de tension de sortie que lorsque la tension détectée aux bornes de l'intervalle d'arc 3 et transmise au photoconducteur 29 dépasse certaines limites qui sont fixées par les dispositifs 34 et 35 à résistance variable. Si la variation de la tension aux bornes de l'intervalle d'arc 3 ne dépasse pas l'une des limites préétablies, aucun signal de tension n'est fourni en sortie par les amplificateurs opérationnels 30 et 32 à la jonction 56. Cependant, dans le cas où la tension détectée dépasse l'une ou l'autre des limites préétablies, une tension proportionnelle à la quantité dont la tension dépasse la limite est produite en sortie soit par l'amplificateur opérationnel 30, soit par l'amplificateur opérationnel 32. La grandeur de ce signal de tension de sortie est ajustée par les dispositifs 50 et 52 à résistance pour l'amplificateur 30 et, par les dispositifs 54 et 55 à résistance pour l'amplificateur opérationnel 32.

Ce signal de tension ajusté est appliqué à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 59.

Le réseau diviseur de tension applique un signal continu à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 59. Ainsi, si aucun signal de tension n'est appliqué par les amplificateurs opérationnels 30 et 32 à l'amplificateur opérationnel 59, cet amplificateur opérationnel 59 produit néanmoins un signal de sortie correspondant au signal appliqué à son entrée inverseuse par le réseau diviseur de tension. Si un signal est présent au point 56, ce signal est additionné avec le signal provenant du réseau diviseur de tension pour provoquer l'application d'un signal modifié à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel 59. Le signal de tension au point 56 varie en fonction de la tension détectée aux bornes de l'intervalle d'arc 3 par le détecteur 7 de tension. Le signal de l'amplificateur opérationnel 59 est transmis par le conducteur 69 à l'impulseur 10 de la machine de soudage à l'arc.

Les interrupteurs 45, 47 et 63 à action différée sont utilisés pour empêcher le circuit 2 de commande à réaction de fonctionner de manière incorrecte pendant la période de mise en marche de la machine de soudage à l'arc. Initialement, les interrupteurs 45 et 47 sont fermés et l'interrupteur 63 est ouvert. Lorsque les interrupteurs 45 et 47 sont fermés, les amplificateurs opérationnels 30 et, respectivement, 32 sont shuntés et empêchés de ce fait, de fonctionner. Si on laissait l'amplificateur opérationnel 30 fonctionner pendant que l'amorceur d'arc 5 est en train d'ioniser le gaz inerte dans l'intervalle d'arc 3 et d'amorcer un flux de courant à travers l'intervalle d'arc 3, il ferait échec au fonctionnement de l'amorceur d'arc 5. Une fois que l'amorceur d'arc 5 a rempli sa fonction et après un premier retard présélectionné, l'interrupteur 63 normalement ouvert se ferme et l'interrupteur 47 normalement fermé s'ouvre. Pendant ce premier retard présélectionné, les impulsions de courant fournies à l'intervalle d'arc ont un facteur d'utilisation (largeur d'impulsion) plus important que

celui désiré pour le fonctionnement en régime stabilisé de la machine de soudage. Ce facteur d'utilisation plus important, au cours de ce premier intervalle de temps, assure qu'un transfert de chaleur, une fusion et une pénétration convenables soient produits au niveau des pièces 1 pendant la période de démarrage. Lorsque l'interrupteur 63 normalement ouvert se ferme, le dispositif 58 à résistance variable est shunté, ce qui abaisse le signal de tension qui est appliqué à l'amplificateur opérationnel 59 par le réseau diviseur de tension. Ceci modifie le signal de commande de tension produit en sortie par l'amplificateur opérationnel 59 afin de réduire le facteur d'utilisation des impulsions de courant fournies à l'intervalle d'arc 3. Le facteur d'utilisation est abaissé à la valeur désirée pour le fonctionnement en régime stabilisé, c'est-à-dire à la valeur du facteur d'utilisation que l'on a précédemment déterminée comme ayant pour résultat la fourniture du flux d'énergie optimal aux pièces 1. L'interrupteur 47 normalement fermé s'ouvre en même temps que l'interrupteur 63 normalement ouvert se ferme, permettant ainsi à l'amplificateur opérationnel 32 d'effectuer la régulation de la limite inférieure des impulsions de courant. Ainsi, si la chute de tension à travers l'intervalle d'arc 3 n'est pas suffisante pour produire le flux d'énergie optimal avec le facteur d'utilisation diminué, l'amplificateur opérationnel 32 fonctionne pour accroître le facteur d'utilisation des impulsions de courant de manière à compenser cette insuffisance.

Après un second retard présélectionné, à la suite de la réduction du facteur d'utilisation, l'interrupteur 45 s'ouvre pour permettre à l'amplificateur opérationnel 30 d'effectuer la régulation de la limite supérieure des impulsions de courant. L'amplificateur opérationnel 30 n'est mis en fonction qu'après la réduction du facteur d'utilisation pour empêcher que l'amplificateur opérationnel 30 entrave la stabilisation de l'arc pendant la période de démarrage. L'ouverture de l'interrupteur 45 termine la période de démarrage. En outre, ceci permet au régulateur 8 à maximum-minimum de moduler le signal de commande

du facteur d'utilisation produit en sortie par l'amplificateur opérationnel 59 du générateur 9 de signal de facteur d'utilisation, comme précédemment décrit.

L'impulseur 10 d'une machine de soudage à l'arc classique comprend habituellement un circuit qui comporte un comparateur pour engendrer un signal de commande pour le régulateur de courant 11. Ainsi, le niveau du signal de tension appliqué par le générateur 9 de signal de facteur d'utilisation à l'impulseur 10 détermine le facteur d'utilisation des impulsions de courant fournies par l'alimentation en courant 4 à l'intervalle d'arc 3. Lorsque la grandeur du signal de tension produit à la sortie de l'amplificateur opérationnel 59 du générateur 9 de facteur d'utilisation s'accroît, le facteur d'utilisation des impulsions appliquées à l'intervalle d'arc s'accroît. On obtient ce résultat en appliquant le signal de tension émis par le générateur 9 de signal de facteur d'utilisation au comparateur de l'impulseur 10 puis en traitant de la manière appropriée le signal de tension de sortie de ce comparateur. On expliquera ci-après, lors de la description des figures 6 et 7, un exemple du fonctionnement d'un tel comparateur. On doit noter qu'il existe de nombreuses techniques d'utilisation du signal de tension produit par le générateur 9 de signal de facteur d'utilisation pour ajuster la largeur d'impulsion des impulsions de courant fournies à l'intervalle d'arc 3. En outre, on doit également noter que la technique choisie dépend de la construction de l'impulseur 10 qui est utilisé. Celle ci-dessus mentionnée n'est qu'une technique parmi d'autres pour un impulseur qui comporte un circuit comparateur particulier.

Sur la figure 4, à laquelle on se référera maintenant, on a représenté, sous forme d'un schéma-bloc, une machine de soudage à l'arc qui comporte un dispositif de commande de la largeur d'impulsion programmable 80 à action différée utilisé en tant que partie du circuit de commande de l'alimentation en courant de la machine de soudage à l'arc. Comme représenté sur

la figure 4, des pièces 70 et une électrode 71 forment un intervalle d'arc 73 aux bornes duquel une tension est produite par une alimentation en courant 74. Un amorceur d'arc à haute fréquence et haute tension 75 est également connecté aux bornes de l'intervalle d'arc 73 pour fournir une haute tension initiale servant à ioniser le gaz inerte fourni à l'intervalle d'arc 73 par les moyens 76 d'alimentation en gaz au début d'un cycle de soudage et pour amorcer un flux de courant à travers l'intervalle d'arc 73. Après cette ionisation initiale et après que le flux de courant initial ait été amorcé, l'amorceur d'arc 75 s'arrête de fonctionner. L'alimentation en courant 74 est une alimentation en courant continu positif pulsé disponible dans le commerce. Un régulateur de courant classique 77 commandé par un impulseur classique est utilisé pour commander le fonctionnement de l'alimentation en courant 74.

Sur la figure 4, l'impulseur est représenté comme étant divisé en deux parties. Une partie est désignée circuit 79 de réglage de la largeur d'impulsion de l'impulseur et l'autre est désignée circuit de sortie 78 de l'impulseur. Le circuit 79 de réglage de la largeur d'impulsion de l'impulseur est la partie de l'impulseur classique qui engendre des signaux de commande internes pour l'impulseur, typiquement des signaux de tension, qui servent à commander le fonctionnement des dispositifs électriques de l'impulseur. Typiquement, la grandeur d'un signal de commande de tension interne 101 appliqué sur un conducteur électrique 81 par le circuit 79 de réglage de la largeur d'impulsion au circuit de sortie 78 de l'impulseur détermine le signal 104 de commande de la largeur d'impulsion qui est produit en sortie par l'impulseur, comme représenté sur les figures 6 et 7. D'autres signaux de commande internes peuvent être transmis par le circuit 79 de réglage de la largeur d'impulsion de l'impulseur au circuit de sortie 78 de l'impulseur sur le conducteur électrique 82.

Le circuit de sortie 78 de l'impulseur est la partie de l'impulseur classique qui engendre un signal de commande

de sortie 104 de l'impulseur pour le régulateur de courant 77. Ce signal de commande de sortie 104 coïncide avec le temps hors fonction du signal de tension de sortie 103 du comparateur de sorte que le facteur d'utilisation des impulsions de courant  
5 fournies par l'alimentation en courant 74 à l'intervalle d'arc 73 coïncide avec le temps hors fonction du signal de tension de sortie 103 du comparateur. Ainsi, un accroissement du signal de commande de tension interne 101 qui provoque une diminution de la largeur d'impulsion du signal de tension de sortie 103  
10 du comparateur a pour résultat un accroissement correspondant du facteur d'utilisation des impulsions de courant fournies à l'intervalle d'arc 73.

Le circuit 79 de réglage de la largeur d'impulsion de l'impulseur de la machine de soudage à l'arc commande  
15 directement le fonctionnement du circuit de sortie 78 de l'impulseur. Cependant, conformément aux principes de la présente invention, un dispositif de commande de la largeur d'impulsion programmable 80 à action différée est interposé entre le circuit classique 79 de réglage de la largeur d'impulsion de l'impulseur  
20 et le circuit de sortie 78 de l'impulseur. Ce dispositif de commande de la largeur d'impulsion programmable 80 fonctionne de manière à régler automatiquement le circuit de sortie 78 de l'impulseur pour commander le régulateur de courant 77 et, de ce fait, l'alimentation en courant 74, de façon à produire  
25 des impulsions de courant ayant une largeur d'impulsion variable conformément à une séquence programmée prédéterminée.

Le circuit de commande de la largeur d'impulsion programmable 80 peut avoir l'une quelconque de plusieurs constructions. La construction la plus simple du circuit de commande  
30 80 consiste à utiliser un dispositif 89 à résistance variable et un interrupteur 88 à action différée connectés en parallèle entre eux et en série entre le circuit 79 de réglage de la largeur d'impulsion et le circuit de sortie 78 de l'impulseur. Un tel circuit de commande 80 a été représenté sur la figure 5.  
35 On doit noter que le circuit représenté sur la figure 5 est un

exemple simple d'un circuit de commande de la largeur d'impulsion programmable 80. Les spécialistes de la technique pourront facilement imaginer d'autres circuits produisant des programmes de courant plus complexes.

5                   En fonctionnement, des impulsions de courant continu positif sont appliquées par l'alimentation en courant 74 à l'intervalle d'arc 73 de la manière déterminée par le régulateur de courant 77 en réponse aux signaux d'entrée qui lui sont appliqués par le circuit de sortie 78 de l'impulseur. Initialement, un signal est appliqué par l'intermédiaire des contacts  
10                   normalement fermés de l'interrupteur 88 à action différée. Cependant, l'interrupteur 88 à action différée est actionné après un intervalle de temps présélectionné pour ouvrir les contacts normalement fermés. Ceci interpose le dispositif 89 à résistance  
15                   variable entre le circuit 79 de réglage de la largeur d'impulsion de l'impulseur et le circuit de sortie 78 de l'impulseur. Ceci a pour résultat qu'un signal différent est appliqué au régulateur de courant 77 puis à l'alimentation en courant 74. Ce signal différent ajuste le facteur d'utilisation des impulsions  
20                   appliquées à l'intervalle d'arc 73. Typiquement, le facteur d'utilisation des impulsions est diminué après la période de retard. Normalement, une diminution est requise étant donné qu'il se produit une accumulation de chaleur dans les pièces 70 pendant la période de mise en route du fonctionnement de la machine de soudage à l'arc. Ainsi, il est nécessaire de réduire le  
25                   flux d'énergie fourni aux pièces 70 après une certaine période de temps pour maintenir le flux d'énergie optimal qui permet d'obtenir de manière régulière des soudures de bonne qualité. Le retard particulier et la quantité particulière de réduction  
30                   du facteur d'utilisation qui sont nécessaires pour réaliser le **soudage** optimal dépendent des pièces particulières qui sont soudées. Ces paramètres sont avantageusement choisis en procédant par tâtonnements.

35                   Enfin, on doit noter que bien que la modulation par impulsions de largeur variable d'impulsions de courant continu

conformément aux principes de la présente invention soit particulièrement appropriée pour le soudage de matières, telles que l'aluminium, effectué en utilisant le type nouveau spécial d'impulsions de courant précédemment décrit, la présente invention n'est pas limitée à son emploi avec ce type d'impulsions. La modulation par impulsions de largeur variable selon les principes de la présente invention assure une commande précise du flux d'énergie fourni aux pièces à l'emplacement d'un intervalle d'arc lorsqu'on soude à l'arc, avec des impulsions de courant continu, pratiquement n'importe quel type de matière. Par exemple, les impulsions de courant continu classiques utilisées pour souder entre elles des pièces en acier inoxydable, en particulier des pièces en acier inoxydable à paroi mince, peuvent être modulées conformément aux principes de la présente invention pour assurer une commande précise du flux d'énergie fourni aux pièces afin de réaliser des soudures de haute qualité. Par conséquent, bien qu'on ait décrit la présente invention en se référant à des modes de réalisation particuliers il est bien entendu que l'on peut réaliser divers autres modes de réalisation et apporter des modifications aux modes de réalisation décrits sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Un dispositif de commande à réaction pour une machine de soudage à courant continu pulsé conçue pour souder à l'arc des pièces, comprenant une électrode de soudage (12) pour fournir de l'énergie électrique aux pièces (1) à l'emplacement d'un intervalle d'arc (3) et des moyens d'alimentation en courant (4, 10, 11) pour appliquer une tension à l'électrode de soudage (12) de manière à engendrer une série périodique d'impulsions de courant continu qui sont fournies à travers l'intervalle d'arc (3) pour souder les pièces (1), ce dispositif de commande étant caractérisé en ce qu'il comporte des moyens de contrôle (7) pour détecter la résistance de l'intervalle d'arc (3) pendant que les pièces (1) sont soudées, et des moyens (8, 9) de réglage de la largeur des impulsions pour moduler la durée des impulsions de courant en réponse à la résistance détectée de l'intervalle d'arc (3) tout en maintenant constante l'amplitude de pointe des impulsions de courant afin de fournir aux pièces (1) une valeur moyenne constante de flux d'énergie par rapport au temps.

2. Dispositif de commande à réaction selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens de contrôle (7) comprennent un dispositif (21) à résistance variable électriquement connecté en série entre les pièces (1) et l'électrode (12) pour former un premier circuit électrique et une diode électroluminescente (23) électriquement connectée en parallèle avec le dispositif (21) à résistance variable et en série entre l'électrode (12) et les pièces (1) pour former un second circuit électrique de telle sorte que la diode (23) émet une lumière dont l'intensité varie d'une manière directement proportionnelle à la résistance de l'intervalle d'arc (3) et de telle sorte que la diode (23) émet une lumière qui a une intensité de base qui est déterminée par le réglage de la résistance du dispositif (21) à résistance variable et l'amplitude de la tension fournie à l'électrode de soudage (72).

3. Dispositif de commande à réaction selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les moyens (8, 9) de réglage de la largeur d'impulsion comprennent des moyens régulateurs (8) à maximum-minimum conçus pour fonctionner en réponse à la résistance détectée par les moyens de contrôle (7) de manière à ne produire un premier signal de sortie que lorsque la résistance détectée de l'intervalle d'arc (3) dépasse une limite supérieure et à ne produire un second signal de sortie, différent, que lorsque la résistance détectée de l'intervalle d'arc (3) est inférieure à une limite inférieure, et des moyens de commande (9) du facteur d'utilisation pour diminuer le facteur d'utilisation des impulsions de courant engendrées par les moyens d'alimentation en courant (4, 10, 11) lorsque les moyens régulateurs (8) à maximum-minimum produisent le premier signal de sortie indiquant que la résistance de l'intervalle d'arc (3) est supérieure à la limite supérieure et pour accroître le facteur d'utilisation des impulsions de courant engendrées par les moyens d'alimentation en courant (4, 10, 11) lorsque les moyens régulateurs (8) à maximum-minimum produisent le second signal de sortie indiquant que la résistance de l'intervalle d'arc (3) est inférieure à la limite inférieure de telle sorte que les impulsions de courant appliquées à travers l'intervalle d'arc (3) ont une valeur de pointe constante et ont leur largeur d'impulsion modifiée pour fournir aux pièces (1) une valeur moyenne constante par rapport au temps de flux d'énergie.

4. Dispositif de commande à réaction selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens régulateurs (8) à maximum-minimum comprennent des premiers moyens amplificateurs opérationnels (30, 39, 41, 43, 44, 45, 49, 50, 52) pour appliquer un signal de tension de sortie positif aux moyens de commande (9) du facteur d'utilisation lorsque les moyens de contrôle (7) détectent une résistance de l'intervalle d'arc (3) inférieure à la limite inférieure ; des seconds moyens amplificateurs opérationnels (32, 40, 42, 46, 47, 48, 53, 54, 55) pour appliquer un signal de tension de sortie négatif aux moyens

de commande (9) du facteur d'utilisation lorsque les moyens de contrôle (7) détectent une résistance de l'intervalle d'arc (3) supérieure à la limite supérieure ; des moyens formant sources de courant de référence (33, 34, 35, 36, 37) pour fournir des tensions d'addition aux entrées des premiers et seconds moyens amplificateurs opérationnels : et un phototransistor (29) pour détecter l'intensité de la lumière émise par la diode électroluminescente (23) et pour engendrer une tension indiquant la valeur de résistance détectée de l'intervalle d'arc (3) qui est additionnée avec les tensions d'addition des moyens formant sources de courant de référence (33, 34, 35, 36, 37) aux entrées des moyens amplificateurs opérationnels pour n'appliquer un signal d'entrée utile aux premiers moyens amplificateurs opérationnels (30, 39, 41, 43, 44, 45, 49, 50, 52) que lorsque la résistance détectée dépasse la limite supérieure et pour n'appliquer un signal d'entrée utile aux seconds moyens amplificateurs opérationnels (32, 40, 42, 46, 47, 48, 53, 54, 55) que lorsque la résistance détectée est inférieure à la limite inférieure.

5. Dispositif de commande à réaction selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens de commande (9) du facteur d'utilisation comprennent un réseau diviseur de tension qui comporte des premiers et seconds moyens (57, 58, 60, 61) à dispositif à résistance variable qui sont électriquement connectés en série entre une source de tension (62) et la terre et des moyens sommateurs comprenant un amplificateur opérationnel (59) dont l'entrée inverseuse est électriquement connectée au réseau diviseur de tension à un point situé entre les premier et second dispositifs à résistance variable (57, 58) et à la sortie (56) des moyens régulateurs (8) à maximum-minimum, cet amplificateur opérationnel (59) engendrant un signal de tension de sortie qui est utilisé pour commander les moyens d'alimentation en courant (4, 10, 11) en réponse aux tensions d'entrée additionnées provenant du réseau diviseur de tension et des moyens régulateurs (8) à maximum-minimum.

6. Un procédé de soudage à l'arc de pièces (1) qui comporte l'étape qui consiste à positionner une électrode (12) et les pièces (1) l'une par rapport aux autres de façon à former un intervalle d'arc (3), ce procédé étant caractérisé en ce qu'il consiste à fournir un flux de courant d'entretien à travers l'intervalle d'arc (3), ce flux de courant d'entretien fournissant un flux d'énergie qui est insuffisant pour accroître la température des pièces (1) à la température de fusion desdites pièces (1) ; à accroître l'amplitude du courant qui s'écoule à travers l'intervalle d'arc (3) jusqu'à une valeur de pointe qui peut fournir un flux d'énergie suffisant pour faire fondre les pièces et qui a une amplitude suffisante pour que soit fourni un flux d'énergie qui est capable d'éliminer les oxydes qui se trouvent sur les surfaces des pièces (1) pendant l'intervalle de temps au cours duquel se produit l'accroissement du flux de courant ; à maintenir le flux de courant à travers l'intervalle d'arc (3) approximativement à la valeur accrue pendant une période de temps suffisante pour fournir suffisamment d'énergie pour chauffer les pièces (1) à leur température de fusion ; à abaisser l'amplitude du courant qui s'écoule à travers l'intervalle d'arc (3) approximativement à la valeur du courant d'entretien pour permettre à la température des pièces (1) de diminuer à une valeur inférieure à leur température de fusion de sorte qu'une soudure est formée sur les pièces (1) ; à faire varier de manière cyclique le flux de courant à travers l'intervalle d'arc (3) en répétant les étapes d'accroissement, de maintien et d'abaissement du flux de courant pour faire varier l'amplitude du courant qui s'écoule à travers l'intervalle d'arc (3) entre la valeur de courant d'entretien et la valeur de courant de pointe pour former une série périodique d'impulsions de courant qui sont appliquées aux pièces (1) ; à ajuster la durée de la période de temps pendant laquelle le flux de courant à travers l'intervalle d'arc (3) est maintenu approximativement à la valeur accrue de façon à moduler la durée des impulsions de courant tout en maintenant la valeur du courant de pointe

constante pour fournir un flux d'énergie choisi aux pièces (1) ; et à changer la position relative de l'électrode (2) et des pièces (1) pour diriger chaque impulsion de courant sur une partie choisie des pièces (1).

5                   7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes qui consistent : à fournir constamment un gaz inerte à l'intervalle d'arc (3) après avoir positionné l'électrode (2) et les pièces (1) l'une par rapport aux autres pour former l'intervalle d'arc (3) ; puis à appliquer  
10 aux bornes de l'intervalle d'arc (3) une tension suffisante pour ioniser le gaz inerte et pour amorcer le flux de courant à travers l'intervalle d'arc (3) avant d'appliquer le flux de courant d'entretien à travers l'intervalle d'arc (3).

8. Procédé selon l'une des revendications 6 et 7,  
15 caractérisé en ce qu'il comporte, en outre, l'étape qui consiste à détecter continuellement la résistance de l'intervalle d'arc (3) ; et en ce que l'étape d'ajustement comporte l'étape qui consiste à faire varier la durée de la période de temps pendant laquelle le flux de courant à travers l'intervalle d'arc (3)  
20 est maintenu approximativement à la valeur accrue en réponse à la résistance détectée de l'intervalle d'arc (3) pour fournir aux pièces (1) une valeur moyenne constante, par rapport au temps, de flux d'énergie.

9. Dispositif de commande pour l'alimentation en  
25 courant (74) d'une machine de soudage à l'arc à courant continu pulsé utilisée pour souder des pièces (70) à l'emplacement d'un intervalle d'arc (73) comprenant une électrode de soudage (71) pour fournir de l'énergie électrique aux pièces (70) et des moyens d'alimentation en courant (74, 77, 78) pour fournir une  
30 tension à l'électrode de soudage (71) afin d'engendrer des séries périodiques d'impulsions de courant continu qui sont fournies à travers l'intervalle d'arc (73) pour souder les pièces (70), ce dispositif de commande étant caractérisé en ce qu'il comporte des moyens impulseurs (79) pour appliquer un signal  
35 de commande aux moyens d'alimentation en courant (74, 77, 78),

ledit signal de commande commandant la largeur d'impulsion des impulsions de courant appliquées à l'intervalle d'arc (73) et des moyens de commande de la largeur d'impulsion programmables (80) pour ajuster automatiquement le signal de commande de l'impulseur de façon à effectuer un ajustement préalablement  
5 choisi de la largeur d'impulsion de courant sans pratiquement modifier par ailleurs la forme des impulsions de courant.

10 10. Dispositif de commande selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens impulseurs (79) comprennent des moyens comparateurs ayant une borne d'entrée (81) et une borne de sortie (82) la borne de sortie (82) appliquant le signal de commande aux moyens d'alimentation en courant (74, 77, 78) pour commander la largeur d'impulsion des impulsions de courant appliquées aux bornes de l'intervalle d'arc (73) et la  
15 borne d'entrée (81) recevant un signal électrique des moyens de commande de la largeur d'impulsion programmables (80) qui commande le signal engendré à la borne de sortie (82) du comparateur ; et en ce que les moyens de commande de la largeur d'impulsion programmables (80) comprennent des moyens interrupteurs (88)  
20 normalement fermés à action différée, pour appliquer un premier signal électrique à la borne d'entrée des moyens comparateurs qui provoque la production par les moyens impulseurs (79) d'un premier signal de commande de largeur d'impulsion, et un dispositif (89) à résistance variable (89) électriquement connecté  
25 en parallèle avec les moyens interrupteurs (88) pour appliquer un second signal électrique différent à la borne d'entrée des moyens comparateurs qui provoque la production par les moyens impulseurs (79) d'un second signal de commande de largeur d'impulsion, ce second signal n'étant effectivement appliqué que  
30 lorsque les moyens interrupteurs normalement fermés s'ouvrent pour permettre au dispositif (89) à résistance variable de commander le fonctionnement des moyens comparateurs après écoulement d'une période de temps fixe au cours de laquelle les moyens interrupteurs (88) normalement fermés commandent le  
35 fonctionnement des moyens comparateurs.

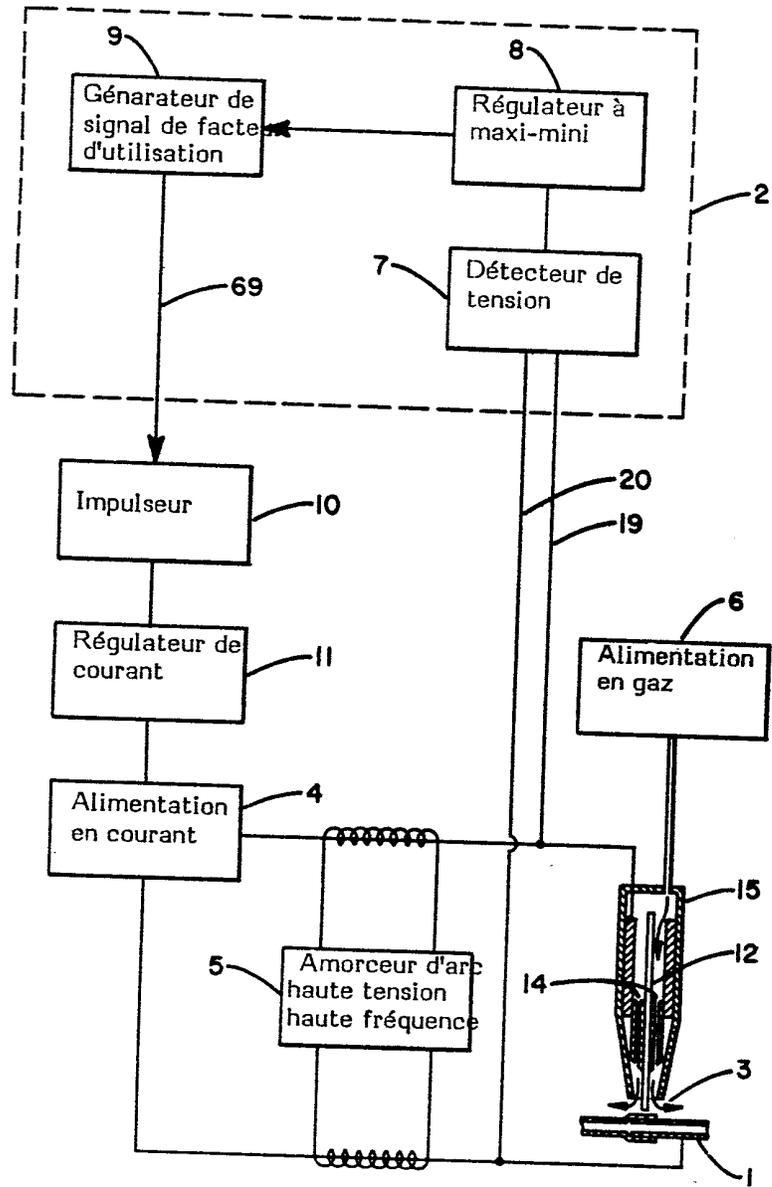
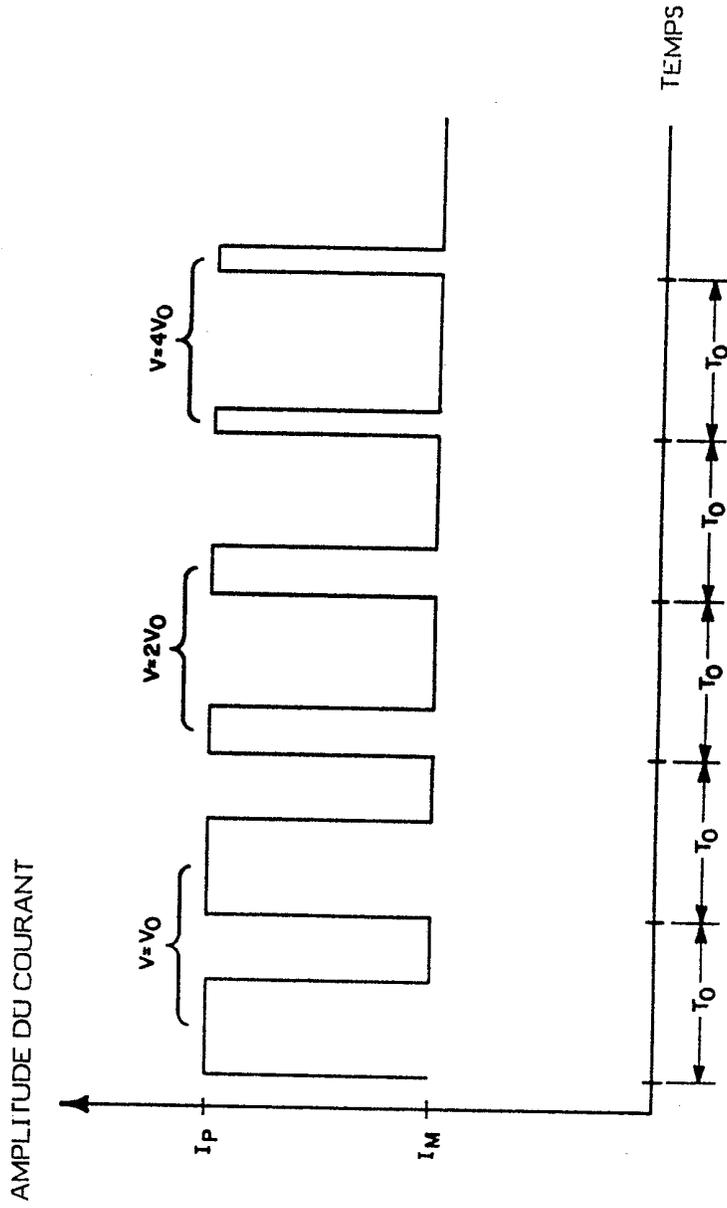
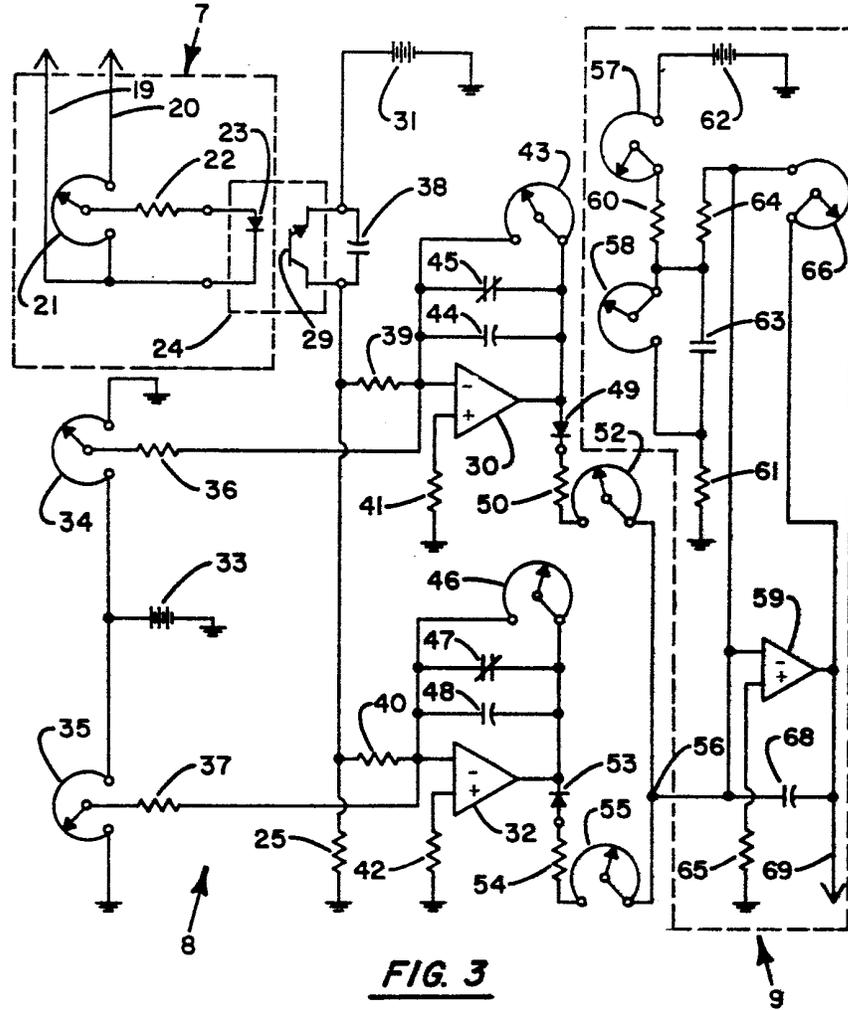


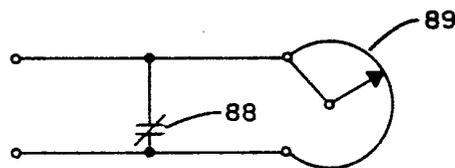
FIG. 1



**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 5**

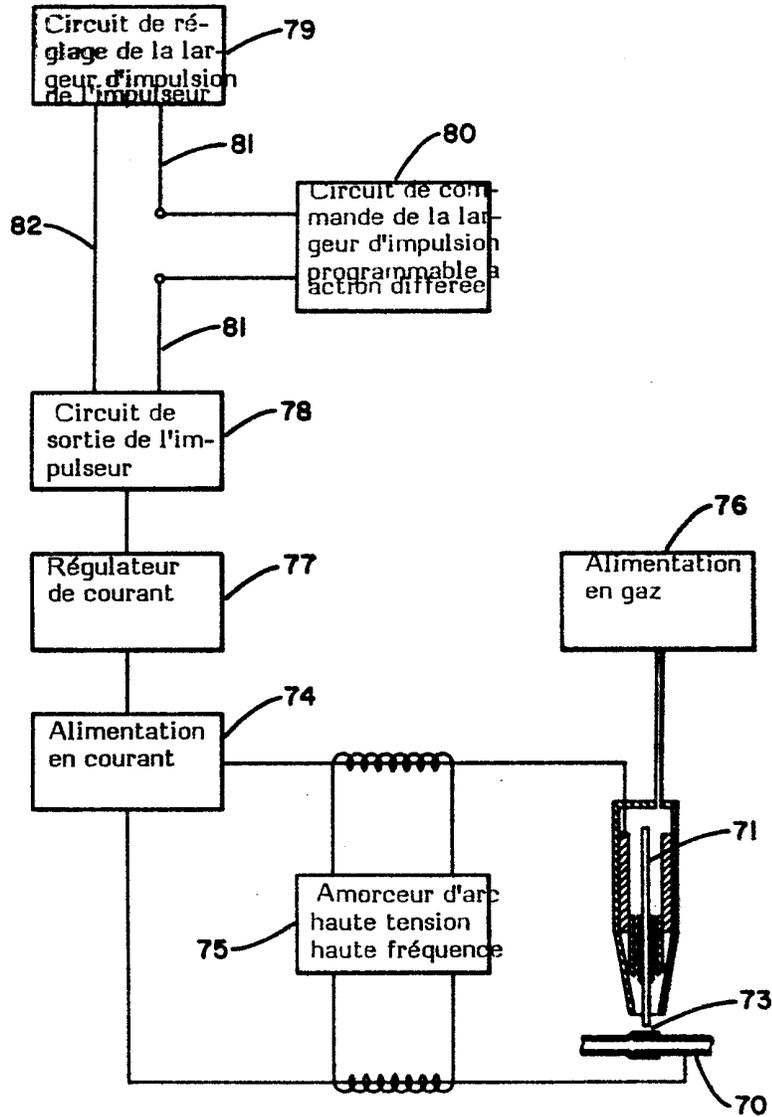
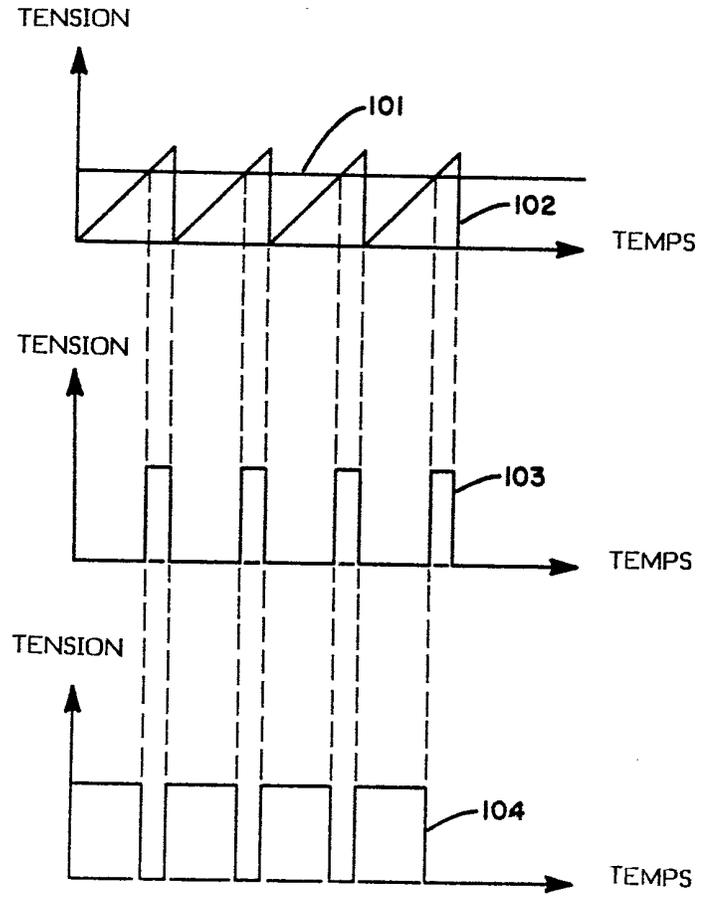


FIG. 4



**FIG. 6**

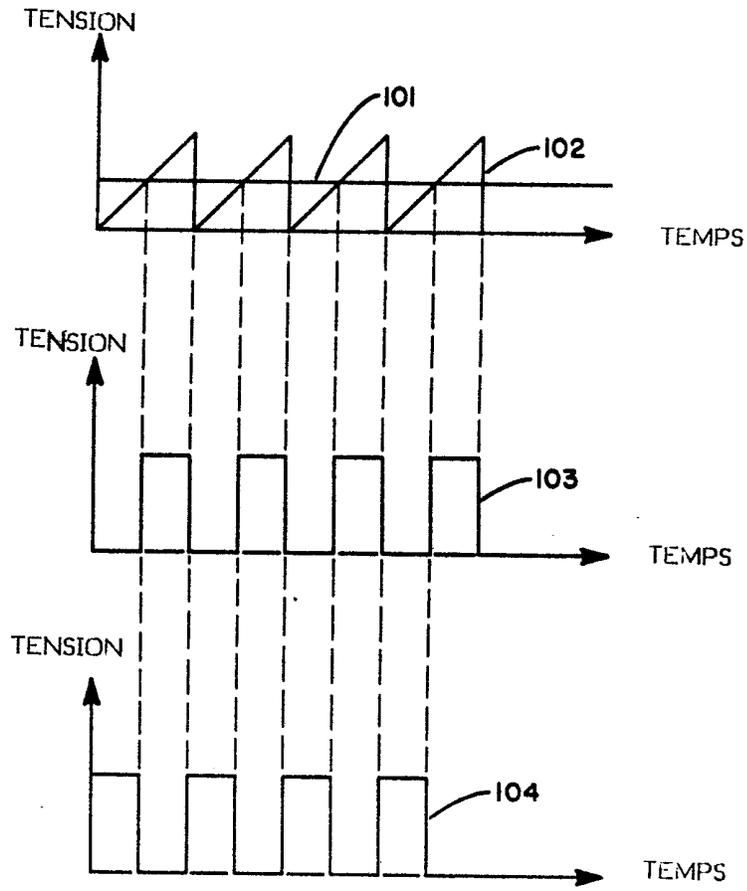


FIG. 7