

BREVET D'INVENTION

P.V. n° 42.438

N° 1.464.960

Classification internationale :

B 23 k

Procédé de soudage à l'arc électrique.

Société dite : THE BRITISH OXYGEN COMPANY LIMITED résidant en Grande-Bretagne.

Demandé le 15 décembre 1965, à 16^h 16^m, à Paris.

Délivré par arrêté du 28 novembre 1966.

*(Bulletin officiel de la Propriété industrielle, n° 1 du 6 janvier 1967.)**(Demande de brevet déposée en Grande-Bretagne le 15 décembre 1964, sous le n° 51.092/1964, au nom de la demanderesse.)*

La présente invention concerne le soudage à l'arc électrique protégé par un gaz en utilisant une électrode consommable qui est avancée continuellement vers le point de soudage, à savoir le soudage dit « MIG », et d'une façon plus générale, le soudage à l'arc électrique en utilisant une électrode consommable avancée continuellement dans une atmosphère gazeuse.

Un procédé de soudage « MIG » bien connu actuellement est celui utilisant un arc de court-circuitage. Dans ce procédé, qui est décrit par exemple dans le brevet britannique n° 901.333 du 24 mars 1959, on utilise une source de courant de soudage présentant des caractéristiques particulières pour fournir le courant de soudage dans des conditions qui produisent une succession de périodes d'arc qui alternent avec des périodes de court-circuit entre le fil formant l'électrode et la masse de la soudure. L'une des conditions nécessaire est que le courant disponible à partir de la source pendant l'amorçage de l'arc soit insuffisant pour correspondre à la vitesse d'avance de l'électrode, en provoquant ainsi un raccourcissement de la longueur de l'arc jusqu'à ce que l'électrode provoque un court-circuit avec l'ouvrage. Le transfert du métal de soudure de l'électrode à la masse de soudure ne se produit en pratique que pendant les périodes de court-circuit.

Une condition de la source de courant est qu'elle doit pouvoir appliquer entre l'électrode et l'ouvrage une tension constante inférieure à celle nécessaire pour produire un arc de soudage exempt de court-circuit dans les conditions particulières du soudage et une autre condition réside dans le fait que le courant doit être suffisant pour faire fondre la pointe de l'électrode dans les conditions de court-circuitage, mais ne doit pas augmenter à une valeur telle ou à une vitesse telle qu'il se produise une projection excessive lorsque l'arc est rétabli. Le circuit de soudage comprend également une réactance

inductive ou capacitive agencée pour emmagasiner de l'énergie pendant les périodes de court-circuit et agencée pour superposer une tension à la faible tension de régime constant pour entretenir l'arc pendant un temps limité avant chaque période de court-circuitage.

Une limitation du soudage « MIG » à l'arc de court-circuitage avec un appareil actuellement disponible réside dans le fait que la fréquence des courts-circuits a tendance à être irrégulière. Ceci provoque une application de chaleur variable à la zone de soudage, et dans certains cas, est la cause de défauts de soudure dus à un manque de fusion.

Un autre inconvénient réside dans le fait que le diamètre de l'électrode doit être limité si l'on veut éviter des projections excessives. Ainsi, en décembre 1964, un fil d'acier d'un diamètre de 1,59 mm constituait le fil de plus grand diamètre utilisé pour ce procédé, en particulier pour souder dans les positions verticales ou en tête.

Un autre inconvénient réside dans le fait que la tension maximum à laquelle le procédé peut être mis en œuvre d'une façon satisfaisante sans projection excessive est également limitée. Par conséquent, la chaleur appliquée à la soudure par rapport à la vitesse de dépôt est limitée, et ceci peut se traduire par l'apparition de défauts dus à un manque de fusion lorsqu'on soude des plaques épaisses, par exemple des plaques d'une épaisseur supérieure à 10 mm.

La présente invention se propose notamment d'éliminer ces limitations en partie ou en totalité.

Suivant la présente invention, dans un procédé de soudage à l'arc électrique du type dans lequel une électrode consommable est avancée continuellement vers un point de soudage pendant le soudage, qui se produit dans une atmosphère gazeuse, dans des conditions qui produisent une succession de périodes d'amorçage d'arc qui alternent avec des périodes de court-circuit entre l'électrode con-

sommable et l'ouvrage, la tension appliquée entre l'électrode consommable et l'ouvrage provient d'une source de courant dont on peut faire varier la tension de sortie à une fréquence prédéterminée entre une valeur relativement faible et une valeur relativement élevée, et dans lequel la tension de sortie variable est appliquée entre l'électrode consommable et l'ouvrage, la valeur relativement élevée se produisant à un certain moment pendant chaque période d'arc, de façon que le transfert du métal soit déterminé par la fréquence prédéterminée.

La basse tension est généralement égale ou légèrement inférieure à celle normalement utilisée dans le procédé à court-circuitage connu, à savoir entre 15 et 36 volts, et est inférieure à celle nécessaire pour produire un arc de soudage exempt de court-circuits dans les conditions particulières de soudage.

La haute tension est supérieure à la tension utilisée dans le procédé connu à court-circuitage dans les mêmes conditions, et avec la même vitesse d'avance du fil métallique et est généralement supérieure à 30 volts. De préférence, mais pas nécessairement, la haute tension doit produire un arc de soudage exempt de court-circuits dans les conditions particulières de soudage.

Le transfert du métal ne doit pas s'effectuer par une décharge libre de l'électrode à la masse de la soudure. Il semble qu'au cours du fonctionnement de l'invention, un globule de métal fondu relativement grand se forme à l'extrémité de l'électrode pendant la période à haute tension, et s'écoule dans la masse de la soudure pendant la période du court-circuit.

Dans le procédé connu à court-circuitage, un courant de court-circuitage relativement important est nécessaire pour favoriser la fusion et également pour séparer le globule de métal de l'extrémité de l'électrode. Ce mode opératoire est également possible avec la présente invention, mais il est également possible de régler les conditions de façon qu'il ne soit pas nécessaire que le courant de court-circuitage favorise la fusion du globule métallique, et dans ce cas, il n'est pas nécessaire qu'il se produise une augmentation appréciable de la valeur du courant de soudage par suite du court-circuit. On y parvient si la valeur instantanée du courant de soudage est déterminée par la source de courant d'une façon indépendante de court-circuits se produisant entre l'électrode consommable et l'ouvrage. Ainsi, la source de courant utilisée peut avoir une sortie de courant qui est limitée à l'instant du court-circuit. Un exemple approprié pour la présente invention est une source de courant présentant une caractéristique volt-ampère chutrice telle que le courant de court-circuitage soit sensiblement de 20 % supérieur au courant d'amorçage de l'arc.

La tension appliquée entre l'électrode et la masse

de la soudure peut être appliquée d'une façon alternée à partir d'une source de courant à basse tension et à partir d'une source de courant à haute tension, la commutation étant effectuée à la fréquence prédéterminée. Selon une variante, la basse tension peut être appliquée continuellement et une tension peut être superposée à la basse tension pour produire la haute tension, lorsqu'on le désire.

Le fonctionnement de l'invention est affecté par l'atmosphère gazeuse particulière qui entoure la masse de la soudure et l'extrémité de l'électrode. Pour un fonctionnement préféré, lorsqu'on soude de l'acier avec une électrode formée par un fil métallique désoxydé d'une façon classique, la demanderesse a trouvé qu'il est préférable d'utiliser de l'argon comme gaz de protection pour exclure l'atmosphère de la masse de soudure et de la pointe de l'électrode. Dans l'argon, il semble que certaines forces de l'arc, qui sont supposées être des jets de plasma, poussent le globule fondu à la pointe de l'électrode vers la masse de la soudure pendant la période d'amorçage de l'arc. Ceci a pour effet d'avancer l'instant du court-circuit, et on peut régler les conditions de façon que les courts-circuits se produisent une ou plusieurs fois pendant la période à haute tension et/ou une fois pendant une période à basse tension, ou une fois toutes les deux ou trois périodes, par exemple, tout en respectant toujours le même programme.

D'autres gaz mono-atomiques, comme l'hélium, semblent produire un effet analogue sur le transfert du métal lorsqu'ils constituent l'atmosphère de protection de l'arc, et on peut utiliser principalement des mélanges de gaz mono-atomiques comprenant jusqu'à 80 % d'argon ou d'hélium. On peut ajouter une proportion relativement faible d'oxygène pour réduire la tension superficielle du métal fondu et améliorer la forme de la perle de soudure déposée.

Dans la mise en œuvre du procédé de l'invention, on doit se souvenir que la longueur de l'arc doit être suffisamment courte pour que ce phénomène de court-circuitage répété puisse se produire. Cependant, on peut tolérer des longueurs d'arc légèrement plus grandes que celles qui ont été obtenues dans le procédé à court-circuitage connu. La longueur de l'arc est fonction de la dimension de la gouttelette, et par suite du diamètre de l'électrode. Elle est également fonction de la tension moyenne et du courant moyen ou de la vitesse d'avance du fil métallique. Avec une vitesse d'avance constante du fil métallique, la longueur de l'arc est par conséquent fonction de la tension moyenne et du courant moyen. En supposant un niveau d'impulsions à haute tension (ou un niveau de courant) de la sortie de la source de courant et un niveau moyen de tension et de courant déterminé par des conditions voulues, une faible valeur de la basse tension (et courant) de la source de courant peut

provoquer un court-circuit avant la crête de l'impulsion à haute tension. La diminution du courant d'impulsions et l'augmentation du faible courant, de façon à maintenir la même valeur moyenne, retardent l'instant du court-circuit.

A une fréquence donnée quelconque, avec une dimension particulière du fil métallique formant l'électrode, le courant pendant la période d'amorçage de l'arc doit être suffisant pour produire à la pointe de l'électrode un globule fondu suffisamment grand pour court-circuiter l'électrode par rapport à la masse de soudure à mesure que le jet de plasma oblige ce globule à s'allonger en direction de la masse de la soudure.

Des forces d'arc légèrement différentes semblent agir lorsque l'arc de soudage existe dans une atmosphère gazeuse diatomique comme l'anhydride carbonique, ou l'air, ou l'azote (qui peut être utilisé comme gaz de protection lorsqu'on utilise une électrode en cuivre pour souder un ouvrage en cuivre). Dans ces cas, le globule fondu semble être repoussé à partir de la masse de la soudure tant que la haute tension est appliquée pendant la période d'amorçage de l'arc. Avec une telle atmosphère, il est nécessaire de faire en sorte que la dimension du globule fondu augmente pendant la période d'amorçage de l'arc, tandis que la haute tension est appliquée à partir de la source de courant, mais qu'il ne se détache pas de la pointe de l'électrode. L'application ultérieure de la basse tension (qui est insuffisante pour entretenir un arc de soudage continu dans ces conditions) élimine la force répulsive et permet au globule de ponter l'intervalle entre la masse de la soudure et la pointe de l'électrode, puis s'écoule vers la masse de la soudure. Avec des gaz diatomiques, il est par conséquent possible de n'obtenir qu'un seul court-circuit pour chaque succession des impulsions à haute et à basse tensions appliquées à partir de la source de courant.

En ayant recours à l'invention, il s'est avéré possible pour la première fois d'effectuer des soudures satisfaisantes dans la position verticale en utilisant une électrode tubulaire ayant un noyau de flux gainé d'acier d'un diamètre de 2,38 mm dans une atmosphère de protection d'argon.

En fait, il semble qu'on parvienne à une plus grande tolérance de variation de la longueur de l'arc si l'on utilise une électrode tubulaire présentant une âme ou noyau moins conducteur de l'électricité que la gaine au lieu d'un fil métallique massif, dans le procédé de la présente invention. On pense que ceci est dû à la présence, pendant l'amorçage de l'arc, d'une saillie de la matière du noyau s'étendant au-delà du bord de la gaine. L'arc prend naissance le long de ce bord plutôt que sur la saillie moins conductrice, et la saillie fournit un guide le long duquel le métal fondu peut s'écouler à partir de la gaine vers la masse de soudure. Le brûlage ou la

fusion de la saillie en matière du noyau peut se produire continuellement ou par intermittence, mais il se forme un guide pour le métal fondu à partir de la gaine au moins pendant une partie du soudage.

A titre illustratif, on a utilisé une électrode tubulaire à noyau de flux gainé d'acier d'un diamètre de 2,38 mm dans le procédé de la présente invention et dans une atmosphère d'argon. Le noyau comprend principalement des matières formant des scories tassées dans la gaine et ayant une conductivité électrique inférieure à celle de la gaine. L'électrode a été avancée en direction de l'ouvrage en acier à une vitesse constante de 1 625 mm/minute et on a appliqué le courant de façon alternée et pendant des périodes de temps de durée analogue à partir d'une source de courant à basse tension et d'une source de courant à haute tension, la commutation étant effectuée à raison de 50 cycles par seconde. Le courant de soudage moyen était de 215 ampères, et la tension moyenne de l'arc de 21,5 volts. Les tensions en circuit ouvert des deux sources de courant étaient de 53 et de 28 volts respectivement.

Dans un autre exemple, en utilisant un fil d'acier massif d'un diamètre de 1,19 mm avancé à une vitesse de 2 150 mm/minute et protégé par une atmosphère d'argon, le courant de soudage moyen a été de 105 ampères avec des crêtes de 175 ampères pendant la période d'impulsion et de 275 ampères pendant le court-circuit. Dans cet exemple, les tensions en circuit ouvert des deux sources de courant étaient de 53 et de 18 volts, respectivement, et la tension moyenne de l'arc de 15 volts. La fréquence de commutation était de nouveau de 50 cycles par seconde.

On a obtenu des soudures satisfaisantes en utilisant les conditions indiquées dans ces exemples. Pour effectuer ces soudures ainsi que d'autres, il ressort d'enregistrements oscillographiques que la commutation de la tension appliquée entre l'électrode et l'ouvrage oblige les courts-circuits à se produire d'une façon relativement régulière. Ces courts-circuits réguliers se produiraient en général à la fréquence de commutation, mais dans des conditions différentes ils pourraient être obligés de se produire à une fréquence harmonique ou sous-harmonique. Il est également possible d'obtenir un programme se répétant régulièrement, par exemple deux courts-circuits dans la période à haute tension et un seul court-circuit dans la période à basse tension. Ceci se distingue de l'apparition et de la durée naturelles assez erratiques des courts-circuits du procédé connu et donne une application de chaleur plus constante à la zone de soudage. On a remarqué en outre que l'application de chaleur à la zone de soudage est accrue en comparaison du pro-

cédé connu par suite de l'application de la haute tension entre l'électrode et l'ouvrage. Ceci permet d'utiliser des électrodes de plus grand diamètre sans produire de projection excessive, et également de souder des plaques d'acier d'une épaisseur supérieure à 10 mm, avec une possibilité moins grande de défauts dus à un manque de fusion. Plusieurs opérations de soudage le long de la soudure sont naturellement nécessaires lorsqu'on soude des plaques plus épaisses.

Il est évident qu'on peut utiliser de nombreux procédés différents pour produire une source de tension variable à une fréquence choisie pour la mise en œuvre de l'invention.

Un agencement particulier qui est avantageux en ce sens qu'il est à la fois simple et efficace pour fonctionner avec un équipement de soudage classique semi-automatique et entièrement automatique du type « MIG », est représenté sur le dessin annexé, ledit équipement étant décrit en détail dans la demande de brevet français n° 27.585 du 6 août 1965 et intitulée « Improvements in Electric Arc Welding » à laquelle on pourra utilement se reporter.

Sur la figure unique de dessin annexé, une source de courant primaire 10 est connectée par des bornes 12 à un secteur d'alimentation en courant alternatif triphasé. La source de courant comprend un redresseur-transformateur présentant une caractéristique de tension-courant de sortie plane ou légèrement descendante, et est destinée à appliquer une basse tension continue entre l'électrode consommable 14 d'un appareil de soudage du type « MIG » et un ouvrage 16 à souder. Une bobine d'induction 18 est montée en série avec l'intervalle de l'arc. Cette bobine d'induction peut avoir la forme d'une bobine d'arrêt à noyau en fer présentant un petit entrefer et elle peut avoir une valeur de 10 à 100 mH.

Une source de courant secondaire 20 est connectée en parallèle avec la source primaire 10 aux bornes de l'agencement en série de la bobine d'induction 18 et de l'intervalle de l'arc. La source 20 comprend un générateur d'impulsions et est destinée à produire des impulsions de courant continu de soudage à une fréquence prédéterminée, par exemple de 50, 60, 100 ou 120 cycles par seconde, et à provoquer l'application de la haute tension voulue entre l'électrode et l'ouvrage. En fonctionnement, lorsqu'une impulsion de courant de soudage est fournie par la source 20, la source 10 est polarisée en sens inverse par la tension supérieure provenant de la source 20 et n'applique pas le courant de soudage. Toutefois, lorsque la tension d'impulsions tombe à une faible valeur, avant d'être entièrement supprimée, la source 10 applique de nouveau sa tension de sortie entre l'électrode 14 et l'ouvrage 16.

Selon une variante, une bobine d'arrêt séparée

peut être connectée en série avec chaque source de courant, chaque bobine d'arrêt ayant une valeur susceptible de limiter le courant de circuitage à un niveau acceptable.

D'autres agencements d'alimentation en courant convenant pour être utilisés dans la mise en œuvre du procédé de la présente invention sont les agencements monophasés décrits dans la demande de brevet britannique n° 13.670/65 du 31 mars 1965 et intitulée : « Electric arc welding power supply ».

RÉSUMÉ

Procédé de soudage à l'arc électrique du type dans lequel une électrode consommable est avancée continuellement vers un point de fusion pendant le soudage, qui se produit dans une atmosphère gazeuse, dans des conditions qui produisent pendant chaque seconde une succession de périodes d'amorçage d'arc qui alternent avec des périodes de court-circuits entre l'électrode consommable et l'ouvrage, procédé caractérisé par les points suivants séparément ou en combinaisons :

1° La tension appliquée entre l'électrode consommable et l'ouvrage provient d'une source de courant dont on peut faire varier la tension de sortie à une fréquence prédéterminée entre une valeur relativement faible et une valeur relativement élevée, et on applique la tension de sortie variable entre l'électrode consommable et l'ouvrage, la valeur relativement élevée apparaissant à un certain moment au cours de chaque période d'arc de façon que le transfert du métal soit déterminé par la fréquence prédéterminée;

2° La tension relativement faible est inférieure à la valeur nécessaire pour produire un arc de soudage exempt de courts-circuits dans les conditions particulières du soudage, tandis que la tension relativement élevée est supérieure à ladite valeur;

3° La tension de sortie de la source de courant est appliquée d'une façon alternée à partir d'une source de courant à basse tension et à partir d'une source de courant à haute tension, la commutation étant effectuée à la fréquence prédéterminée;

4° L'électrode consommable est une électrode tubulaire présentant un noyau qui est moins conducteur de l'électricité que la gaine;

5° L'ouvrage est une plaque en acier ayant une épaisseur supérieure à 10 mm;

6° Le diamètre du fil métallique formant l'électrode est supérieur à 1,59 mm;

7° La valeur instantanée du courant de soudage est déterminée par la source de courant d'une façon indépendante du court-circuit entre l'électrode consommable et l'ouvrage;

8° Le courant de soudage au moment du court-circuit est appliqué par une source de courant présentant une caractéristique volt-ampère chutrice		de sorte que le courant de court-circuitage est de 20 % environ supérieur au courant d'amorçage de l'arc.
--	--	---

Société dite : THE BRITISH OXYGEN COMPANY LIMITED

Par procuration :
SIMONNOT & RINUY

N° 1.464.960

Société dite :
The British Oxygen Company Limited

Pl. unique

