



⑫

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
21.11.91 Bulletin 91/47

⑤① Int. Cl.⁵ : **H05H 1/40, H05H 1/34**

②① Numéro de dépôt : **88400007.6**

②② Date de dépôt : **04.01.88**

⑤④ **Torche à plasma à pied d'arc amont mobile longitudinalement et procédé pour maîtriser son déplacement.**

③① Priorité : **07.01.87 FR 8700078**

④③ Date de publication de la demande :
10.08.88 Bulletin 88/32

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
21.11.91 Bulletin 91/47

⑧④ Etats contractants désignés :
AT BE CH DE ES GB IT LI NL SE

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 204 052
GB-A- 966 103
US-A- 3 301 995
US-A- 3 377 457
US-A- 3 400 070
US-A- 3 416 021

⑦③ Titulaire : **ELECTRICITE DE FRANCE Service National**
2, rue Louis Murat
F-75008 Paris (FR)
Titulaire : **AEROSPATIALE Société Nationale Industrielle**
37, Boulevard de Montmorency
F-75781 Paris Cédex 16 (FR)

⑦② Inventeur : **Pasquini, Pierre**
10 rue Pasteur
F-77300 Fontainebleau (FR)
Inventeur : **Serrano, Jean-Pierre**
Hameaux de Villepreux
F-36160 Saint Aubin du Medoc (FR)
Inventeur : **Labrot, Maxime**
26 rue Wilson
F-33200 Bordeaux (FR)
Inventeur : **Pineau, Didier**
14 rue Sansas
F-33000 Bordeaux (FR)

⑦④ Mandataire : **Mestre, Jean et al**
c/o CABINET LAVOIX 2, place d'Estienne
d'Orves
F-75441 Paris Cédex 09 (FR)

EP 0 277 845 B1

Il est rappelé que : Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

La présente invention concerne les torches à plasma et, plus particulièrement, les torches à plasma de grande puissance dont la longévité des électrodes est augmentée. En outre la présente invention concerne un procédé pour régulariser l'usure afin d'en augmenter la longévité d'une électrode d'une torche à plasma — voir revendication 1.

On connaît déjà une torche à plasma correspondant au préambule de la revendication 7 (EP-A-0.204.052).

Les torches à plasma ou chalumeaux à plasma d'arc sont connus dans la technique. Ce type de torche est constitué de deux électrodes, une anode et une cathode tubulaires et coaxiales. On établit un arc entre les électrodes, et simultanément, on injecte un gaz plasmagène. L'arc qui éclate entre les électrodes est entretenu et porte le gaz à très haute température et l'ionise. A la sortie de l'une des électrodes ce gaz est animé d'une grande vitesse et le plasma qu'il constitue forme l'agent caloporteur.

L'arc qui jaillit entre les deux électrodes est par exemple amorcé par contact à l'aide d'une électrode auxiliaire de démarrage puis est ensuite transféré entre les deux électrodes tubulaires sous l'action de l'injection tourbillonnaire d'un gaz dans une chambre située entre les électrodes. Ceci assure aussi la rotation sur lui même du pied de l'arc aval pour éviter la fusion de l'électrode correspondante. Le déplacement sur lui même du pied d'arc amont est obtenu par un champ magnétique auxiliaire engendré par une bobine qui entoure l'électrode amont qui se présente à la manière d'un doigt de gant avec un fond. Les termes amont et aval sont repérés par rapport au sens d'écoulement du plasma.

Certains types de torches à plasma délivrent des puissances comprises entre 10 et 50 kW et celles auquel l'invention s'applique plus particulièrement peuvent produire plusieurs mégawatts.

Une telle torche à plasma comprend des éléments consommables : les électrodes. La longévité des électrodes est fonction de nombreux paramètres, par exemple la puissance de la torche et plus particulièrement la valeur du courant d'arc, la nature du gaz plasmagène injecté du fait de sa décomposition et des réactions qu'il peut avoir sur les matériaux constitutifs des électrodes. La longévité des électrodes est fonction, aussi, du service de la torche suivant que celui-ci est continu ou discontinu. Il est classique que la longévité des électrodes varie de quelques dizaines d'heures pour les torches de relativement petite puissance à plusieurs centaines d'heures pour celles de grande puissance que concerne l'invention.

La longévité relativement réduite des électrodes est un inconvénient notable.

Pour tenter d'augmenter la durée de vie des électrodes, et en particulier celle de l'électrode amont, on

a proposé une solution pour une torche à plasma dont l'électrode amont se présente sous la forme d'un doigt de gant à fond plein. Selon cette solution, pour agir sur l'usure par érosion des électrodes on a déjà utilisé une source de courant alternatif ou encore injecté le gaz plasmagène dans la chambre interélectrode en faisant varier sa pression.

Cette technique, qui paraît séduisante, est toutefois loin de remédier totalement à l'inconvénient signalé.

En effet, si on constate que la longévité de l'électrode croît quelque peu, celle-ci s'use trop localement. Il serait possible d'augmenter la plage d'usure par augmentation des variations de débit du gaz plasmagène mais alors lesdites variations de débit seraient préjudiciables à la constance de puissance délivrée par la torche.

On a constaté que pour une torche de puissance donnée, la consommation en masse de l'électrode était une fonction croissante de l'intensité et que la longueur de l'arc était aussi une fonction croissante de la tension. On comprend donc que si l'on veut, à consommation d'électrode constante, augmenter la puissance de la torche il faille augmenter la tension d'où un accroissement concomitant de la longueur de l'arc c'est-à-dire de l'encombrement physique de l'installation. Pour des raisons pratiques, on ne peut pas dépasser certaines limites. Il faut donc imaginer des solutions qui permettent d'augmenter la longueur de l'arc tout en conservant, dans toute la mesure du possible, constante la longueur de la torche.

Une solution est exposée dans le document EP-A-0204052. Selon ce document, on fait se déplacer simultanément les pieds de l'arc sur les électrodes amont et aval respectivement afin de maintenir constante la longueur de l'arc. Pour ce faire, on associe à chacune des électrodes au moins deux bobines de champ.

L'invention a essentiellement pour but de régulariser l'usure de l'électrode amont et pour cela de maîtriser le lieu de l'accrochage du pied d'arc sur l'électrode amont.

L'invention a pour objet un procédé pour régulariser l'usure, afin d'en augmenter la longévité, d'une électrode d'une torche à plasma constituée, entre autres, de deux électrodes tubulaires coaxiales entre lesquelles s'établit un arc et qui sont séparées par une chambre où est injecté un gaz plasmagène, selon lequel on maîtrise le déplacement du pied de l'arc sur l'électrode amont pour la lui faire décrire par balayage selon une translation longitudinale alternative et oscillatoire à une fréquence de 1 Hz environ ou moindre.

L'invention a aussi pour objet une torche à plasma.

Les revendications, dont le préambule expose ce qui connu de ce document et nécessaire à l'invention, font ressortir les particularités distinctives de celle-ci dans leurs parties caractérisantes.

La description qui va suivre est une forme particulière mais non limitative de l'invention pouvant s'appliquer à toute puissance de torche.

D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit et à l'examen des dessins annexés donnés seulement à titre d'exemple où :

- la Fig. 1 est une demi-coupe demi-élevatrice longitudinale d'un mode de réalisation d'une torche à plasma selon la technique classique ;
- la Fig. 2 est un schéma d'une alimentation électrique d'une telle torche, perfectionnée selon l'invention ;
- les Fig. 3A, 3B et 3C sont des courbes illustrant la variation du courant continu alimentant la bobine selon l'invention ;
- la Fig. 4 est un graphique illustrant à très grande échelle la manière dont l'électrode amont s'use ;
- la Fig. 5 est une coupe partielle de l'extrémité amont d'une électrode amont selon l'invention ; et
- la Fig. 6 est une vue perspective schématique illustrant la configuration d'un mode de réalisation du diffuseur associé à l'électrode de la Fig. 5 selon l'invention.

Comme on le voit plus particulièrement en se reportant à la Fig. 1 du dessin, une torche classique 10 est constituée de différents éléments assemblés. Seuls seront référencés et décrits ceux que concernent directement ou indirectement l'invention. Tous les autres éléments constitutifs sont classiques pour le spécialiste de la technique considérée et on ne s'y étendra donc pas plus amplement.

Cette torche 10 comprend une électrode aval 11, une électrode amont 12, une électrode d'amorçage 13 et une bobine 14 destinée à engendrer un champ magnétique axial. Dans l'intervalle inter-électrodes, à proximité de l'électrode d'amorçage 13, est ménagée une chambre 15 dont le rôle sera explicité par la suite. Une telle torche à plasma est alimentée à l'aide d'un circuit électrique 200 représenté plus en détail schématiquement sur la Fig. 2.

L'alimentation en gaz plasmagène, par exemple de l'air, se fait par un orifice 30 d'une canalisation associée à un injecteur 31 disposé dans le voisinage de la chambre 15.

L'alimentation en gaz plasmagène, non représentée, est capable de débiter des volumes de 500 à 1000 m³/h, ramenés à la pression normale, sous des pressions de 8 à 10 bars (0,8 à 1 MPa), elle comprend un compresseur et des vannes de distribution télécommandées.

A la torche sont encore associées des servitudes telles qu'une alimentation en eau de refroidissement raccordée à une tubulure 40 et un système de commande et de régulation non représenté.

L'alimentation en eau de refroidissement est elle

capable de débiter 50 m³/h sous 30 bars (3 MPa) environ. Elle comprend une pompe moyenne pression, des vannes de distribution télécommandées et un circuit secondaire pour récupérer ou évacuer les calories acquises auprès de la torche.

Les alimentations en gaz plasmagène, en eau de refroidissement et le système de commande et de régulation sont des plus classiques et on ne les décrira pas plus en détail. On indiquera simplement que le système de commande et de régulation comprend des capteurs, des calculateurs, des automates, un pupitre de commande qui agissent sur l'alimentation électrique 200 comme on le précisera par la suite et les alimentations en gaz et en eau de refroidissement, respectivement, de manière à assurer le bon fonctionnement de la torche à plasma selon les modalités qui lui ont été assignées.

On se reportera maintenant plus particulièrement à la Fig. 2 où est représentée schématiquement l'alimentation électrique 200 d'une torche à plasma.

Comme on le voit, cette alimentation 200 comprend deux circuits distincts : un circuit 210 destiné à alimenter la bobine et un circuit 250 plus spécialement destiné à alimenter l'arc.

Comme dessiné, le circuit 210 comprend un transformateur 211, par exemple de 100 kVA installés, qui alimente des redresseurs 212 à thyristors et diodes ; comme on l'indique par la suite, ces redresseurs délivrent l'intensité à la valeur de consigne du courant qui alimente la bobine selon l'invention. Ce circuit comprend aussi des sectionneurs et disjoncteurs dont le rôle est classique et sur lequel on ne s'étendra pas.

Le circuit 250 comprend un transformateur 251, par exemple de 2,5 MVA, une série de redresseurs 252 à thyristors et diodes et une inductance 253 d'adaptation ou couplage. Ici aussi des sectionneurs et disjoncteurs classiques sont figurés.

Ces deux circuits 210 et 250 sont alimentés en haute tension au travers de disjoncteurs, comme il est classique.

Une telle torche à plasma alimentée avec une intensité continue de 900 A est capable de délivrer une puissance supérieure à 2 MW environ.

Pour son fonctionnement, une telle torche à plasma nécessite, en plus de son alimentation de puissance pour l'arc, une source électrique en courant continu de 100 kVA installés pour la seule alimentation de la bobine de champ. Cette bobine de champ est utilisée pour engendrer une induction qui a une double fonction : celle d'assurer la mise en rotation du flux de particules ionisées et, aussi, celle de déterminer la position du pied d'arc amont sur l'électrode amont.

Lorsqu'une telle torche fonctionne, on parvient à augmenter la durée de vie de l'électrode amont en faisant varier, par paliers par exemple d'une cinquantaine d'ampères, l'intensité d'alimentation de la

bobine de champ, par exemple entre 600 et 900 A, la durée de chaque palier étant de quelques centaines d'heures comme illustré sur la Fig. 3C ou la valeur instantanée fluctue d'une manière pulsatoire à très basse fréquence, de l'ordre de 1 Hz, avec une amplitude constante pouvant être comprise entre 0 et environ 150 A. En dessous de la valeur minimale donnée à titre d'exemple et fonction de la torche particulière, le champ magnétique est insuffisant pour stabiliser l'arc et celui-ci franchit le plan médian de la bobine et s'accroche au fond de l'électrode qui se détériore rapidement. Ce type de fonctionnement aboutit à une usure de l'électrode par "tranches" qui correspondent aux différents paliers de l'alimentation de la bobine de champ qui fixent chacun une position particulière d'accrochage du pied amont sur l'électrode, position qui balaye par plages successives, d'une de ses extrémités à l'autre, l'électrode en une translation longitudinale unique ; l'usure se traduit par des gorges annulaires successives, que l'on s'efforce de rendre contiguës, qui occupent, chacune, axialement quelques dizaines de millimètres soit en tout, additionnées, une zone relativement restreinte d'une centaine de millimètre s'étendant entre l'extrémité aval et le plan médian de la bobine, alors que la plage théoriquement utilisable de l'électrode est égale à trois ou quatre fois par exemple, cette valeur, c'est-à-dire égale à pratiquement la longueur intérieure de l'électrode amont. On voit donc, qu'en théorie on a intérêt à placer la bobine de manière que son plan médian soit voisin du fond de l'extrémité amont de l'électrode pour bénéficier de toute la longueur de cette dernière. Des contraintes pratiques font que cela est presque impossible.

On peut aussi utiliser des paliers dont les écarts sont plus restreints, les "sauts" étant de l'ordre de quelques ampères. La valeur moyenne de l'intensité du courant continu dans la bobine tend alors à varier d'une manière très progressive et l'on peut au besoin lui donner la configuration d'une ligne "continue" (Fig. 3B) et non plus échelonnée (Fig. 3C), dans un sens croissant ou décroissant avec également une valeur instantanée fluctuant de manière pulsatoire à très basse fréquence, de l'ordre de 1 Hz, avec une amplitude constante pouvant être comprise entre 0 et environ 150 A. Une telle variation du courant continu s'obtient de manière classique et le spécialiste dispose de nombreuses techniques pour y parvenir.

Pour remédier à l'usure trop localisée de l'électrode on utilise la technique selon l'invention qui uniformise et étend sur pratiquement toute sa longueur l'usure de l'électrode amont, et donc contribue à augmenter sa durée de vie, en maîtrisant le déplacement de l'arc sur l'électrode amont.

Selon l'invention on fait balayer axialement notamment de manière alternative au pied d'arc l'électrode amont. Pour ce faire, selon l'invention on pilote en tension les redresseurs 212, par exemple un

pont de Graetz, pour que la valeur de consigne du courant qui parcourt la bobine présente une intensité continue ondulée pulsatoire de valeur moyenne constante comme dessiné sur la Fig. 3A. Comme on l'y voit, la durée à mi-hauteur de l'impulsion est d'environ le quart de celle de la période.

Ce pilotage est assuré, par exemple, par un générateur de tension 0-10 V. du commerce à fonctionnement linéaire qui opère de manière qu'à la tension 0 V corresponde une intensité dans la bobine d'environ 200 A et qu'à la tension 10 V corresponde une intensité de 1000 A. Ce générateur de tension est commandé par un microcalculateur programmable selon une loi établie expérimentalement comme il est indiqué par la suite.

On a exposé qu'à chaque valeur de consigne de l'intensité du courant dans la bobine correspond une position bien définie du pied d'arc sur l'électrode amont. On a observé que lorsqu'on fait décroître cette valeur de consigne par palier régulier d'écart ou pas constant, l'intervalle qui sépare deux positions successives correspondantes du pied d'arc va croissant. La fonction mathématique représentative de cette loi dépend de la géométrie de l'électrode et des caractéristiques électromagnétiques de la bobine. Pour toute torche de configuration donnée on peut dresser expérimentalement par des méthodes classiques la courbe représentative de la position du pied d'arc en fonction de l'intensité du courant dans la bobine et écrire comme il est bien connu l'équation d'une telle courbe. Connaissant cette équation et sachant qu'on fait, selon l'invention, par exemple balayer alternativement régulièrement axialement le pied d'arc amont avec une amplitude fixée et à un rythme choisi, on écrit le programme du calculateur qui commande le courant dans la bobine en intensité et fréquence pour que le pied d'arc suive cette loi. Les techniques de programmation des calculateurs sont classiques et on ne s'y étendra pas plus amplement.

Pour un mode de réalisation de l'invention on choisit une fréquence de 1 Hz ou moindre et un rapport des intensités maximale et minimale de l'ordre de 2,5 environ. Lorsque cette courbe est approximativement parabolique, l'intensité du courant dans la bobine varie selon la Fig. 3A.

Il est classique de mettre en rotation le pied d'arc sur l'électrode en injectant de l'air ou tout autre gaz plasmagène dans la chambre 15 à l'aide d'un vortex. On fait tourbillonner le gaz selon l'axe longitudinal et à contre-courant du sens d'éjection du plasma, mais ceci s'est avéré totalement insuffisant.

Pour éviter l'usure et la dégradation du fond de l'électrode amont résultant de l'accrochage du pied d'arc, selon l'invention on fait parcourir axialement par balayage éventuellement de manière alternative et s'il y a lieu oscillatoire au pied d'arc l'électrode amont. Pour ce faire on injecte un gaz par le fond de l'électrode amont avec un débit modulé et de préférence en

le faisant tourbillonner. Pour cela on dispose au voisinage du fond de l'électrode amont un diffuseur de manière à l'alimenter en air ou en gaz dont la nature est par exemple la même ou différente de celle du gaz plasmagène, suivant un vortex pour mettre en rotation le pied d'arc amont dans l'électrode, avant la chambre, et établir une barrière qui interdit l'accrochage de l'arc en fond d'électrode. Le débit détermine la position du pied d'arc et la modulation règle l'oscillation de ce dernier.

L'électrode amont 120 et le diffuseur 131 qui lui est associé, selon l'invention, sont représentés en détail sur les Fig. 5 et 6.

L'électrode amont comporte un corps cylindrique creux, par exemple en cuivre, au fond de laquelle se trouve placé par exemple par vissage le diffuseur selon l'invention. La partie cylindrique tubulaire présente un diamètre intérieur de 70 mm sur une longueur de 380 mm, environ. Alors que le fond des électrodes amont pour torche de grande puissance selon la technique antérieure peut être considéré comme étant fermé car seulement traversé par un tout petit trou destiné à livrer passage à un capteur de pression, l'électrode selon l'invention présente un fond que l'on peut qualifier d'ouvert car il est transpercé par un perçage 126 permettant d'y fixer une canalisation pour y injecter du gaz délivré par une alimentation secondaire.

Le diffuseur 131 représenté schématiquement en perspective sur la Fig. 6 est réalisé par exemple en un cuivre allié. Il se présente sous la forme d'un disque 132 de 65 mm environ de diamètre et d'une épaisseur de l'ordre de 10 mm ; il est prolongé d'un côté par un cône 133 en saillie de 15 mm environ. Ce cône présente une base 134 de 50 mm environ qui délimite une collerette 135 sur une face du disque. Comme on le voit, la collerette 135 est percée de canaux 136 obliques, inclinés de 30° par exemple sur la face, et répartis uniformément à la périphérie de la couronne, selon un pas angulaire de 30° dans ce mode de réalisation. Ces canaux inclinés, d'un diamètre de 2 mm environ, présentent des axes qui font en projection un angle de 30° entre deux canaux obliques successifs.

Dans le mode de réalisation décrit et représenté sur la Fig. 6, le diffuseur présente une seule couronne de canaux. Il est clair que la dimension de la collerette peut être choisie de manière à ce que l'on puisse y ménager plusieurs couronnes concentriques de canaux et que les canaux d'une même couronne ou de couronnes différentes peuvent ne pas être identiques. Ils peuvent varier par leur pas angulaire, leur inclinaison sur la face, l'angle qu'ils font entre eux, leurs sens et aussi par leur taille respective. On a représenté des canaux cylindriques à section droite circulaire ; rien ne s'oppose à ce que ces canaux aient une configuration et un profil autres, par exemple ils peuvent être coniques ou bicôniques pour former des venturi. Les choix de ces paramètres sont classiques

en aérodynamique ; ils sont fonction par exemple du débit, de la pression, de la vitesse, de la rotation du gaz à choisir.

Dans le mode de réalisation dessiné sur la Fig. 5, le fond de l'électrode amont selon l'invention se prolonge vers l'extérieur par une queue à l'extrémité de laquelle on a ménagé un embout pour pouvoir y fixer la canalisation d'amenée du gaz à injecter. On peut retenir d'autres solutions ; selon l'invention le fond ou à défaut la paroi d'électrode voisine est transpercé par un perçage 125 pour le passage du gaz.

La pression et le débit du gaz tourbillonnaire injecté déterminent le lieu de l'accrochage du pied de l'arc. Pour empêcher le pied de l'arc de s'accrocher sur le fond de l'électrode amont, il faut un débit minimal qui est fonction de la géométrie de la torche ; pour le mode de réalisation décrit et représenté ce débit minimal est d'environ 33 g/s. En modulant l'injection, de préférence le débit, on fait osciller longitudinalement le pied d'arc ; le taux de modulation détermine l'amplitude de l'oscillation alors que le choix de la valeur moyenne détermine la position autour de laquelle se produit l'oscillation ou vibration. On comprend donc qu'en insufflant du gaz par le fond de l'électrode amont on puisse faire décrire au besoin alternativement et s'il y a lieu de manière oscillatoire au pied de l'arc toute, ou pratiquement toute la longueur de l'électrode amont, de son extrémité aval au diffuseur.

L'alimentation secondaire en gaz qui permet l'insufflation par le fond de l'électrode amont est composée d'équipements classiques choisis en fonction des débits, des pressions et du taux de modulation et de la nature du gaz.

On a indiqué précédemment qu'à consommation d'électrode constante on pouvait augmenter la puissance de la torche en accroissant la tension mais qu'alors la longueur de l'arc croissait aussi. Pour permettre un tel allongement de l'arc tout en le confinant dans une torche d'encombrement inchangé on fait tourbillonner le gaz injecté par le fond.

Comme on peut le voir sur la Fig. 4, on obtient une usure régulière de l'électrode amont sur une grande étendue. Cette figure est la cartographie superficielle, à grande échelle, d'une section méridienne, selon une anamorphose où les ordonnées sont multipliées par un facteur cinquante relativement aux abscisses. La surface extérieure porte la référence 122, la surface intérieure la référence 123a, avant fonctionnement, et 123p après fonctionnement. La zone d'influence de la bobine porte la référence 121 et la flèche fixe l'orientation amont/aval. On observe que l'usure est uniforme sur la plage appropriée.

Grâce à l'invention on a plus que quadruplé la longévité de l'électrode amont.

Il va de soi que les indications qui ont été données à propos de l'alimentation de la bobine ou du diffuseur et de l'injection de gaz par le fond ne sont que des

valeurs indicatives et qu'il est possible d'y apporter des modifications, changements, variations pour tenir compte de l'incidence des autres paramètres qui concourent au bon fonctionnement de la torche à plasma de manière à optimiser les résultats en fonction de l'usage qui est fait de la torche et des buts visés.

De ce qui a été exposé on comprend que l'invention réside dans le fait du déplacement longitudinal, selon l'axe de la torche, s'il y a lieu alternatif et au besoin oscillatoire, du pied amont de l'arc dans l'électrode amont et que cette technique peut être mise en oeuvre électromagnétiquement en alimentant la bobine en courant continu variable et/ou ondulé pulsatoire et/ou aérodynamiquement en injectant par le fond de l'électrode amont un gaz modulé de préférence en débit et notamment tourbillonnaire. Les moyens exposés pour la mise en oeuvre de l'invention peuvent fonctionner indépendamment ou agir ensemble pour conjuguer leurs effets. C'est ainsi que si l'action du diffuseur est prépondérante, le rapport des intensités maximale et minimale du courant continu pulsatoire parcourant la bobine peut être de l'ordre de mille.

L'invention trouve application par exemple en sidérurgie pour le réchauffage ou la surchauffe de vent aux tuyères de hauts fourneaux, pour la combustion assistée du charbon dans les hauts fourneaux, et en cimenterie pour la décarbonation des crus d'argile.

On voit donc le grand intérêt pratique de l'invention qui, en améliorant la longévité de l'électrode amont consommable, réduit les interventions de remplacement et d'échange et diminue les coûts des achats de fournitures.

Revendications

1. Procédé pour régulariser l'usure, afin d'en augmenter la longévité, d'une électrode amont (12 ; 120) d'une torche de plasma constituée de deux électrodes (11, 12) tubulaires coaxiales entre lesquelles s'établit un arc et qui sont séparées par une chambre où est injecté du gaz plasmagène, selon lequel on maîtrise le déplacement du pied de l'arc sur l'électrode amont (12 ; 120), repérée par rapport au sens d'écoulement du plasma, pour lui faire balayer longitudinalement et alternativement une partie de la surface interne de l'électrode amont caractérisé en ce que le parcours alternatif s'effectue à la fréquence de 1 Hz environ ou moins et en ce qu'on fait osciller sur lui-même le seul pied d'arc amont pendant le balayage.

2. Procédé conforme à la revendication 1, selon lequel on injecte par le fond de l'électrode amont un gaz qu'on fait tourbillonner suivant l'axe longitudinal et dont on module le débit pour faire se mouvoir longitudinalement le pied de l'arc dans l'électrode amont caractérisé en ce qu'on injecte le gaz avec un débit

de trois à quinze fois plus petit que le débit du gaz plasmagène qu'on introduit dans la chambre.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 2 où la torche est équipée d'une bobine 14 qui entoure localement l'électrode amont et qu'on alimente en courant continu variable, caractérisé en ce qu'on alimente la bobine avec un courant continu variable dont l'intensité change par paliers.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'on alimente la bobine avec un courant continu variable dont l'intensité change progressivement.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 et 4, caractérisé en ce qu'on alimente la bobine avec un courant continu dont l'intensité change d'une manière ondulée pulsatoire.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on utilise un courant continu ondulé pulsatoire à la fréquence de 1 Hz ou moins.

7. Torche à plasma notamment pour la mise en oeuvre d'un procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 6, constituée de deux électrodes (11, 12) tubulaires coaxiales entre lesquelles s'établit un arc, d'une chambre (15) séparant les électrodes et où est injecté du gaz plasmagène, qui comprend des moyens (14, 212 ; 125, 131) pour maîtriser le déplacement du pied amont sur l'électrode amont (12 ; 120), repérée par rapport au sens d'écoulement du plasma, de manière à lui faire décrire une course longitudinale alternative afin d'en régulariser l'usure et en augmenter la longévité et qui est équipée d'une bobine de champ magnétique (14) qui entoure localement l'électrode amont et qui est alimentée par un circuit électrique, caractérisée en ce que ces moyens comprennent insérés dans ce circuit, des redresseurs (212) délivrent un courant continu ondulé pulsatoire à partir d'une valeur de consigne de courant bobine ondulée pulsatoire.

8. Torche conforme à la revendication 7, caractérisée en ce que ces redresseurs produisent un courant ondulé pulsatoire à la fréquence de 1 Hz environ ou moindre.

9. Torche conforme à la revendication 7 ou 8, caractérisée en ce que la durée à mi-hauteur du l'impulsion est d'environ le quart de la période.

10. Torche conforme à la revendication 7, 8 ou 9, caractérisée en ce que ces redresseurs produisant un courant ondulé pulsatoire dont le rapport des amplitudes maximale et minimale varie de 1 à 1000 et est de préférence de l'ordre de 2,5.

11. Torche conforme à l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisée en ce que ces moyens comprennent dans le fond de l'électrode amont (120) un perçage (125) pour injecter du gaz et, placé transversalement à l'axe de l'électrode amont à proximité de son fond, un diffuseur (131) que traverse le gaz injecté.

12. Torche conforme à la revendication 11, carac-

térisée en ce que ce diffuseur (131) communique au gaz qui le traverse un mouvement tourbillonnaire.

13. Torche conforme à l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisée en ce que ce diffuseur (131) est constitué d'un disque (132) transpercé de canaux (136) obliques orientés pratiquement tangentiellement et équidistants.

14. Torche conforme à l'une quelconque des revendications 12 et 13, caractérisée en ce que les débits des gaz injectés dans la chambre et par le fond de l'électrode amont sont dans un rapport compris entre trois et treize.

Claims

1. A method of regularizing wear, so as thereby to extend the service life, of an upstream electrode (12 ; 120) of a plasma torch comprising two coaxial tubular electrodes (11, 12) between which an arc is formed and which are separated by a chamber where plasma-producing gas is injected, in accordance with which method the displacement of the foot of the arc on the upstream electrode (12 ; 120)—designated as upstream with respect to the flow direction of the plasma—is controlled so as to cause the foot to sweep, longitudinally and in a reciprocating manner, part of the inner surface of the upstream electrode, characterized in that the reciprocating travel occurs at the frequency of approximately 1 Hz or less and in that the single upstream arc-foot is caused to oscillate on itself during the sweeping.

2. A method according to Claim 1, in accordance with which [method] there is injected, through the bottom of the upstream electrode, a gas which is caused to swirl in the direction of the longitudinal axis and the rate of flow of which is modulated so as to make the foot of the arc move longitudinally in the upstream electrode, characterized in that the gas is injected at a rate of flow which is three to fifteen times lower than the rate of flow of the plasma-producing gas introduced into the chamber.

3. A method in accordance with either one of Claims 1 to [sic] 2, in which the torch is provided with a coil 14 which surrounds the upstream electrode locally and which is fed variable direct current, characterized in that the coil is fed variable direct current, the strength of which changes in stages.

4. A method in accordance with Claim 3, characterized in that the coil is fed variable direct current, the strength of which changes progressively.

5. A method in accordance with either one of Claims 3 and [sic] 4, characterized in that the coil is fed direct current, the strength of which changes in a pulsatory undulatory manner.

6. A method in accordance with Claim 5, characterized in that pulsatory undulatory direct current with a frequency of 1 Hz or less is used.

7. A plasma torch, more particularly for implementing a method according to any one of Claims 1 to 6, comprising two coaxial tubular electrodes (11, 12) between which an arc is formed, [and] comprising a chamber (15) which separates the electrodes and where plasma-producing gas is injected, and comprising means (14, 212 ; 125, 131) for controlling the displacement of the upstream foot on the upstream electrode (12 ; 120)—designated as upstream with respect to the flow direction of the plasma—so as to cause it to describe a longitudinal path in a reciprocating manner in order to regularize the wear thereof and extend the service life thereof, and this plasma torch being provided with a magnetic-field coil (14) which surrounds the upstream electrode locally and which is fed by means of an electric circuit, characterized in that these means comprise, inserted in this circuit, rectifiers (212) delivering a pulsatory undulatory direct current on the basis of a nominal value of pulsatory undulatory coil-current.

8. A torch according to Claim 7, characterized in that these rectifiers produce a pulsatory undulatory current having a frequency of approximately 1 Hz or less.

9. A torch according to Claim 7 or 8, characterized in that the duration at mid-height of the pulse is about one quarter of the period.

10. A torch according to Claim 7, 8 or 9, characterized in that these rectifiers produce a pulsatory undulatory current, of which the ratio of the minimum and maximum amplitudes varies from 1 to 1000 and is preferably in the order of 2.5.

11. A torch according to any one of Claims 7 to 10, characterized in that these means comprise, in the bottom of the upstream electrode (120), a bore (125) for injecting gas, and comprise a diffuser (131) which is placed transversely to the axis of the upstream electrode and near the bottom thereof and through which the injected gas travels.

12. A torch according to Claim 11, characterized in that this diffuser (131) imparts a swirling motion to the gas passing therethrough.

13. A torch according to any one of Claims 10 to 12, characterized in that this diffuser (131) is made up of a disc (132) pierced through by oblique channels (136) which are oriented substantially tangentially and in an equidistant manner.

14. A torch according to any one of Claims 12 and 13, characterized in that the rates of flow of the gases injected into the chamber and through the bottom of the upstream electrode are in a ratio of between three and thirteen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regularisieren der Abnutzung mit dem Ziel der Verlängerung der Lebensdauer einer

oberen Elektrode (12 ; 120) eines Plasmabrenners, der aus zwei coaxialen, röhrenförmigen Elektroden (11, 12) besteht, zwischen denen sich ein Lichtbogen ausbildet und die durch eine Kammer getrennt sind, in die ein plasmabildendes Gas injiziert wird, demzufolge man die Bewegung des Lichtbogenfusses auf der oberen Elektrode (12 ; 120), die bezüglich der Ausbreitungsrichtung des Plasmas gekennzeichnet ist, beherrscht, um longitudinal und alternierend einen Teil der inneren Oberfläche der oberen Elektrode zu überstreichen, dadurch gekennzeichnet, daß der alternierende Weg mit einer Frequenz von wenigstens 1 Hz zurückgelegt wird und daß man den einzigen oberen Lichtbogenfuß während des Überstreichens um sich selbst oszillieren läßt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, demzufolge man durch den Boden der oberen Elektrode ein Gas injiziert, das man entlang der longitudinalen Achse verwirbelt und dessen Ausstoß man moduliert, um den Lichtbogenfuß in der oberen Elektrode longitudinal zu bewegen, dadurch gekennzeichnet, daß man das Gas mit einem Ausstoß injiziert, der drei bis fünfzehn Mal geringer ist, als der Ausstoß des plasmabildenden Gases, das man in die Kammer einführt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, demzufolge der Brenner mit einer Spule (14) versehen ist, die lokal die obere Elektrode umgibt und die man mit einem variablen Gleichstrom versorgt, dadurch gekennzeichnet, daß man die Spule mit einem variablen Gleichstrom versorgt, dessen Stärke sich in Stufen ändert.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß man die Spule mit einem variablen Gleichstrom versorgt, dessen Stärke sich zunehmend ändert.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß man die Spule mit einem Gleichstrom versorgt, dessen Stärke sich in einer pulsformig gewellten Weise ändert.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß man einen pulsformig gewellten Gleichstrom mit einer Frequenz von wenigstens 1 Hz verwendet.

7. Plasmabrenner insbesondere zum Ausführen eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, der aus zwei coaxialen, röhrenförmigen Elektroden (11, 12), zwischen denen sich ein Lichtbogen ausbildet, und einer Kammer (15) besteht, die die Elektroden trennt und in die das plasmabildende Gas injiziert wird, der Vorrichtungen (14, 212 ; 125, 131) umfaßt, um die Bewegung des oberen Fusses auf der oberen Elektrode (12 ; 120), die bezüglich der Ausbreitungsrichtung des Plasmas gekennzeichnet ist, zu beherrschen, um ihn einen longitudinalen und alternierenden Weg beschreiben zu lassen, um ihre Benutzung zu regularisieren und dadurch ihre Lebensdauer zu verlängern, und der mit einer Magnetfeldspule (14) ausgerüstet ist, die lokal die

obere Elektrode umgibt und die von einem elektrischen Schaltkreis versorgt wird, dadurch gekennzeichnet, daß diese Vorrichtungen, in diesem Schaltkreis eingesetzt, Gleichrichter (212) umfassen, die einen pulsformig gewellten Gleichstrom ausgehend von einem pulsformig gewellten Zuweisungswert für den Spulenstrom erzeugen.

8. Brenner nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß diese Gleichrichter einen pulsformig gewellten Gleichstrom mit einer Frequenz von wenigstens etwa 1 Hz erzeugen.

9. Brenner nach Anspruch 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Pulsdauer auf mittlerer Höhe ungefähr ein Viertel der Periode beträgt.

10. Brenner nach Anspruch 7, 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichrichter einen pulsformig gewellten Strom erzeugen, dessen Verhältnis von maximaler zu minimaler Amplitude zwischen 1 bis 1000 liegt und vorzugsweise in der Größenordnung von 2,5 liegt.

11. Brenner nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß diese Vorrichtungen im Boden der oberen Elektrode (120) eine Bohrung (125), um Gas zu injizieren, und transversal zur Achse der oberen Elektrode in der Nähe ihres Bodens einen Diffusor (131) umfassen, der das injizierte Gas durchquert.

12. Brenner nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Diffusor (131) dem ihn durchquerenden Gas eine Wirbelbewegung überträgt.

13. Brenner nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Diffusor (131) aus einer von schrägen Kanälen (136), die praktisch tangential und äquidistant angeordnet sind, durchgezogenen Scheibe (132) besteht.

14. Brenner nach einem der Ansprüche 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Ausstöße der in die Kammer und durch den Boden der oberen Elektrode injizierten Gase in einem Verhältnis zwischen drei und dreizehn liegen.

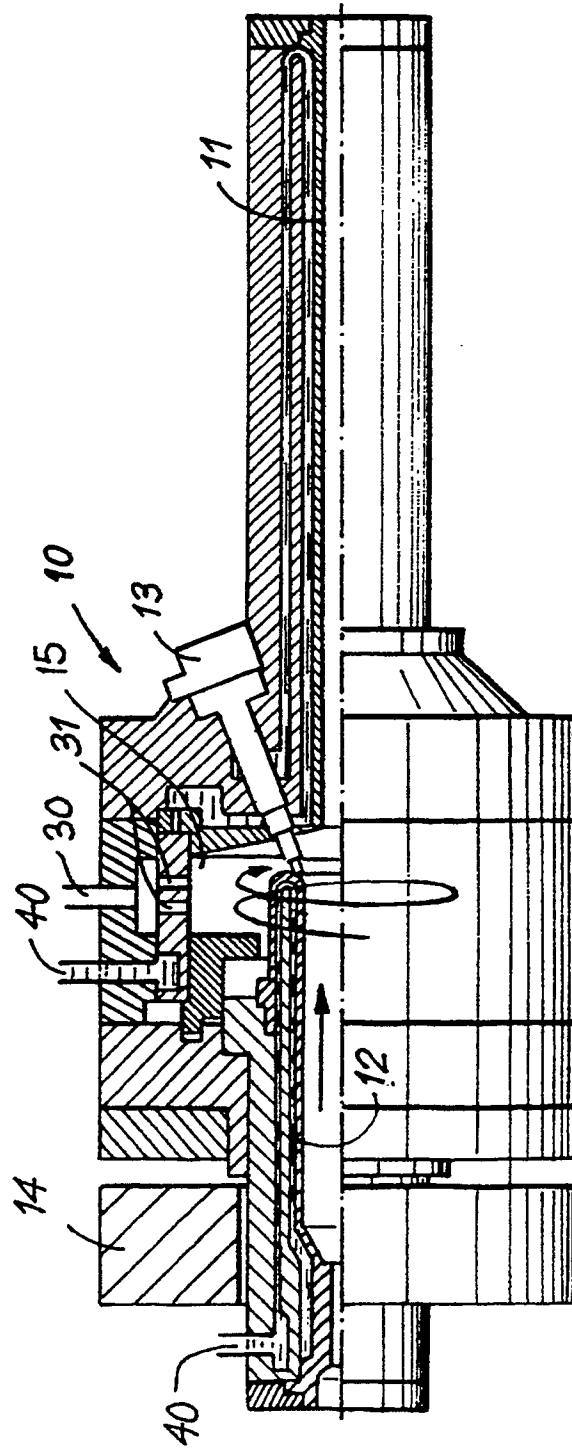


FIG.1

