



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
15.06.2005 Bulletin 2005/24

(51) Int Cl.7: **H05H 1/34**

(21) Numéro de dépôt: **04300848.1**

(22) Date de dépôt: **06.12.2004**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR
 Etats d'extension désignés:
AL BA HR LV MK YU

(30) Priorité: **12.12.2003 FR 0351043**

(71) Demandeurs:
 • **LA SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE**
75321 Paris Cédex 07 (FR)

• **L'Air Liquide Société Anonyme à Directoire et**
Conseil de Surveillance pour l'Etude et
Exploitation des Procédés Georges Claude
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(72) Inventeur: **DELZENNE, M. Michel**
95130, FRANCONVILLE (FR)

(74) Mandataire: **Pittis, Olivier et al**
L'Air Liquide, S.A.,
Service Brevets & Marques,
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(54) **Tuyère à déflecteur pour torche à l'arc plasma**

(57) L'invention porte sur une tuyère (14) pour torche à plasma, en particulier une torche de coupage plasma, dont le corps a une forme générale de coupelle de révolution et comporte un orifice de sortie du jet de gaz plasma, comprenant une première face (18) externe de forme circulaire et de diamètre d_2 comprenant, en son centre, l'orifice axial de passage du jet de plasma, et une deuxième surface (17) annulaire externe, de diamètre externe d_3 , bordant périphériquement la première face (18), avec $d_3 > d_2$. Selon l'invention, la deuxième surface (17) annulaire externe a un profil concave de révolution. Torche de coupage plasma équipée d'une telle tuyère et son utilisation dans une opération de découpage à l'arc plasma.

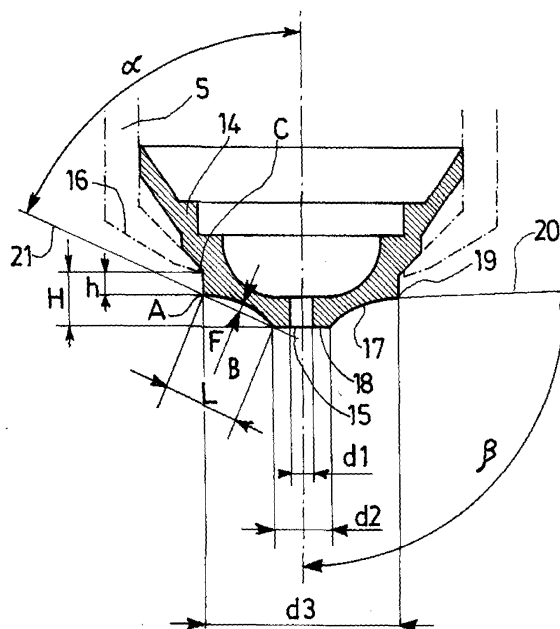


FIG.3

Description

[0001] La présente invention concerne une tuyère à déflecteur pour torche de coupage plasma.

[0002] Une torche de coupage plasma comprend généralement au moins une tuyère d'éjection de l'arc plasma vers la pièce de travail à couper, une électrode formant cathode, placée à distance de la tuyère et coaxialement à celle-ci, des moyens d'alimentation en au moins un gaz plasmagène généralement choisi en fonction de la nature et de l'épaisseur du matériau à couper, et au moins un moyen de distribution du gaz plasmagène dans le volume ou chambre plasmagène séparant l'électrode de la tuyère.

[0003] La cathode de la torche et l'anode formée par la pièce de travail à couper sont reliées aux bornes négative et positive, respectivement, d'un générateur de courant.

[0004] Lors d'une opération de découpe avec une torche plasma, celle-ci est positionnée à proximité immédiate de la pièce de travail, un arc plasma est allumé sur l'électrode de la torche dans un milieu gazeux plasmagène approprié, il s'étire sous la poussée dudit gaz plasmagène au travers de la ou des tuyères par l'orifice central de celle-ci et se referme sur la pièce où, du fait des caractéristiques thermiques et cinétiques du jet plasma, il engendre une fusion localisée du matériau formant la pièce et une éjection du métal fondu en formant ainsi un perçage sur toute l'épaisseur puis, par déplacement relatif entre la torche et la pièce, une saignée de coupe qui détermine, par mouvements coordonnés dans les directions X et Y, le profil de la pièce finale.

[0005] Plusieurs types de torches à plasma manuelles ou automatiques sont utilisés dans l'industrie, à savoir les torches dites mono-flux et les torches dites double-flux. Elles ont cependant toutes pour caractéristique commune de présenter une face d'extrémité comportant une tuyère d'éjection, dotée d'un orifice central, en regard de laquelle est placée, non loin et souvent perpendiculairement, la pièce à couper.

[0006] Ainsi, les figures 1a et 1b représentent schématiquement la face d'extrémité de deux torches classiques, à savoir :

- sur la Figure 1a, une torche 1, équipée pour un fonctionnement mono-flux, dotée d'une électrode 2, d'une tuyère 3 comportant un orifice 4 de sortie du jet plasma et d'une coiffe 5 de maintien de la tuyère 3 dans la torche 1, et
- sur la Figure 1b, une torche 1, équipée pour un fonctionnement double-flux, dotée d'une électrode 2, d'une première tuyère 3 comportant un orifice 4 de sortie du jet plasma, d'une seconde tuyère 7, maintenue à distance et coaxialement à la première tuyère 3, et comportant un orifice 8 de sortie du jet plasma et d'un système de coiffe 5 de maintien des tuyères 3 et 7 dans la torche 1.

[0007] D'une façon générale, les tuyères utilisées en coupage plasma présentent, en regard de la pièce de travail, une extrémité de forme camuse en dépassement de la coiffe de maintien, tel qu'illustré à titre d'exemple non limitatif par la tuyère 3 de la Figure 1a et la tuyère 7 de la Figure 1b.

[0008] Cette forme est le plus généralement constituée d'une succession de raccordement de surfaces planes et de volumes de révolution, tels des troncs de cônes présentant des génératrices rectilignes parfois raccordés les uns aux autres par des congés de forme générale arrondie.

[0009] Par ailleurs, du fait d'une pratique assez répandue, les tuyères sont bloquées en position, dans un logement pratiqué à l'extrémité du corps de torche, via une coiffe terminale fixée sur l'extrémité du corps de torche, comme schématisé par les coiffes 5 des Figures 1a et 1b.

[0010] De plus, le profil extérieur de la coiffe 5 et le profil extérieur de la tuyère 3, 7 forment habituellement dans la zone de leur raccordement un changement de pente, un décrochement ou un ressaut de profil formant un angle rentrant, comme représenté par les angles 6 des Figures 1a et 1b, sur toute la périphérie de l'extrémité du nez de torche.

[0011] Or, il est apparu, en pratique, que ces agencements présentent un certain nombre d'inconvénients.

[0012] Ainsi, dans la phase de perçage de la pièce, l'extrémité avant de la torche formée par l'extrémité de la tuyère est amenée à proximité de la surface de la pièce, l'arc plasma allumé sur l'électrode de la torche se referme sur la surface de la pièce, après avoir traversé le canal d'éjection de la tuyère. L'impact du jet plasma sur la pièce de travail provoque alors une fusion locale du matériau constitutif de la pièce, d'abord superficielle, en fonction de l'énergie délivrée par le jet plasma et de l'épaisseur de la pièce, de plus en plus profonde jusqu'à déboucher complètement par la face opposée de la pièce à couper, comme représenté sur les figures 2a à 2d représentant les torches des Figures 1a et 1b, respectivement, lors d'une opération de perçage, suivi d'une opération découpe.

[0013] Pendant cette phase qui peut, en fonction de l'énergie du jet plasma et de l'épaisseur à percer, demander un temps allant de quelques centièmes de seconde à plus d'une seconde, l'extrémité de la torche est soumise alors à des projections intensives de métal fondu 11 en retour du cratère de perçage 10, tant que l'épaisseur de la pièce de travail 9 n'est pas complètement percée.

[0014] Il en résulte alors des dépôts de métal projeté et re-solidifié sur l'extrémité de la torche, tels que schématisés sur les Figures 2b et 2d.

[0015] Ces dépôts 12 se forment principalement dans l'angle rentrant 6 de raccordement de la coiffe sur la tuyère,

ainsi que sur la partie d'extrémité camuse des tuyères 3, 7.

[0016] Les dépôts 12, dans l'angle rentrant 6, non seulement endommagent la coiffe mais aussi se fixent au niveau du raccordement avec la tuyère, ce qui peut empêcher ou gêner le démontage de la coiffe, lors d'une opération de remplacement de tuyère ; compromettre l'étanchéité nécessaire entre coiffe et tuyère pour éviter les fuites d'eau de refroidissement ou de gaz selon les cas ; et s'opposer à un remontage correcte de la coiffe sur la tuyère, après l'opération de maintenance.

[0017] Ceci conduit généralement à un remplacement plus fréquent des coiffes et des tuyères pour retrouver un fonctionnement correct.

[0018] En outre, les dépôts 12, sur l'extrémité de la tuyère 3,7, formant saillies par rapport au profil normal d'extrémité de ladite tuyère 3, 7, ceux-ci réduisent d'autant la distance réelle séparant la tuyère de la pièce, et ne manquent pas de provoquer, durant la phase de perçage ou ultérieurement durant la phase de coupe, des problèmes de :

- formation d'arcs doubles 13 (cf. Fig. 2b et Fig. 2d) entre les excroissances formées par ces dépôts 12 métalliques et la pièce 9 de travail, conduisant rapidement à un endommagement de la géométrie de sortie du canal de tuyère 3,7 et donc à une détérioration des performances de coupe, et/ou
- une mise en contact électrique franc des excroissances des dépôts 12 métalliques, donc de la tuyère 3, 7, avec la pièce de travail 9 avec pour conséquence un grave endommagement voire une destruction de ladite tuyère 3, 7 du fait de sa mise au potentiel électrique de la pièce de travail. Là aussi les performances de coupes s'en trouvent dramatiquement réduites.

[0019] Le problème à résoudre est donc de proposer une tuyère pour torche à plasma ne présentant pas les problèmes et inconvénients susmentionnés, c'est-à-dire, en particulier de proposer une tuyère ayant une durée de vie augmentée par rapport aux tuyères classiques, lorsque mises en oeuvre dans les mêmes conditions opératoires, de manière à permettre de réaliser un nombre plus élevé de perçage qu'avec les tuyères de l'art antérieur, sans accumulation notable à son extrémité de métal expulsé provenant du cratère de perçage, ni formation d'arc double préjudiciable au bon déroulement des opérations de découpe.

[0020] La solution de l'invention est alors une tuyère pour torche à plasma, en particulier une torche de coupage plasma, dont le corps a une forme générale de coupelle de révolution et comporte un orifice de sortie du jet de gaz plasma, comprenant une première face externe de forme circulaire et de diamètre d_2 comprenant, en son centre, l'orifice axial de passage du jet de plasma, et une deuxième surface annulaire externe, de diamètre externe d_3 , bordant périphériquement la première face, avec $d_3 > d_2$, caractérisée en ce que ladite deuxième surface annulaire externe a un profil concave de révolution.

[0021] Selon le cas, la tuyère de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivantes :

- ladite deuxième surface externe annulaire a un profil concave de révolution formant déflecteur pour les particules métalliques à haute température.
- la première face de forme circulaire et la deuxième surface annulaire se rejoignent au niveau d'un bord périphérique externe de diamètre d_2 .
- le rapport du diamètre d_1 de l'orifice de sortie du jet de gaz plasma au diamètre d_2 de la première face est tel que : $1.5 < d_2 / d_1 < 5$, de préférence tel que : $2 < d_2 / d_1 < 3$.
- le profil concave de la deuxième surface annulaire est formé d'au moins un arc de cercle, une portion d'ellipse, une portion d'hyperbole, une portion de parabole ou tout autre segment curviligne continu.
- le profil concave de la deuxième surface annulaire a une largeur L mesurée d'un point A situé sur le bord de diamètre externe d_3 de la deuxième surface annulaire à un point B situé sur le bord de diamètre d_2 de la deuxième surface, et a une profondeur de concavité F entre la deuxième surface et une droite joignant lesdits points A et B, tels que

$$F > 0 \text{ et } 0.01 \times L < F < 0.23 \times L$$

- l'angle α formé par l'axe de symétrie du corps de la tuyère et la droite passant par les points A et B est choisi tel que : $\alpha < 90^\circ$, de préférence $\alpha < 80^\circ$.
- l'angle β formé par l'axe de symétrie du corps de la tuyère et la tangente à la courbure du profil au point d'intersection entre le profil et le bord de diamètre d_3 est choisi tel que $\beta \geq 90^\circ$.
- la distance h séparant le point A et le point C le plus proche du profil de la coiffe est choisie telle que $h \geq 0$.
- la surface de la première face d'extrémité de tuyère et la surface de la deuxième surface annulaire présentent une rugosité (R_a) telle que $R_a \leq 1,6 \mu\text{m}$, de préférence $R_a \leq 0,8 \mu\text{m}$.

[0022] L'invention porte aussi sur une torche de coupage plasma comprenant une tuyère selon l'invention, ainsi que sur l'utilisation d'une telle tuyère ou d'une telle torche dans une opération de coupage à l'arc plasma.

[0023] Dit autrement, l'inventeur de la présente invention a montré qu'en modifiant la géométrie d'extrémité de la tuyère d'éjection du jet plasma, on arrivait à une quasi-élimination des inconvénients énoncés précédemment.

[0024] La géométrie proposée dans le cadre de l'invention est avantageusement applicable à toute tuyère de coupage plasma quelle qu'en soit l'utilisation, à savoir coupage manuel ou automatique, quelles qu'en soient les applications, à savoir coupage des aciers de construction, des aciers inoxydables, des alliages d'aluminium ou tout autre matériau susceptible d'être découpé par un procédé de coupage plasma, quel que soit le fluide plasmagène, liquide, gaz ou mélanges de gaz, oxydant ou non oxydant, neutre ou chimiquement actif, par exemple réducteur, et quelle que soit la puissance du jet plasma.

[0025] La Figure 3 montre un exemple de tuyère 14 selon l'invention destinée à être emprisonnée et maintenue coaxialement dans une coiffe 5 de maintien en position dans un corps de torche non représenté.

[0026] La coiffe 5 de maintien a un profil d'extrémité 16 de forme générale tronconique et la tuyère 14 présente une extrémité, de forme générale camuse, en dépassement axial de la coiffe 5 d'une hauteur H.

[0027] Selon l'invention, l'extrémité camuse de la tuyère 14 est dotée, en partant de son diamètre d2 vers son diamètre d3, d'une surface intermédiaire de raccordement 17 de profil concave de révolution formant déflecteur pour les particules métalliques à haute température, c'est-à-dire proche de la température de fusion de leur matériau constitutif, en provenance de la pièce de travail, lors de l'opération de perçage, comme décrit précédemment.

[0028] Afin d'obtenir un effet optimal de déflexion des particules chaudes tout en conservant une tenue thermique satisfaisante de la tuyère 14 au voisinage du jet plasma traversant celle-ci par l'orifice 15 de diamètre d1, un certain nombre de dispositions doivent être préférentiellement respectées, à savoir que :

- le diamètre d2 est choisi en rapport du diamètre de l'orifice de tuyère d1 de telle sorte que la surface frontale soit suffisamment petite pour ne capter qu'un minimum de particules chaudes en provenance de la pièce de travail mais suffisamment grande pour ne pas provoquer de concentration de chaleur, issue du voisinage du jet plasma, dans la zone de débouché de l'orifice 15 de diamètre d1. Le rapport des deux diamètres d1 et d2 est en conséquence avantageusement choisi de telle sorte que : $1.5 < d2 / d1 < 5$, de préférence le rapport est tel que $2 < d2 / d1 < 3$.
- le profil concave de révolution 17, formé à titre d'exemple non limitatif à partir d'un ou plusieurs arcs de cercle, une portion d'ellipse, une portion d'hyperbole, une portion de parabole, ou tout autre segment curviligne continu, caractérisé par la dimension L correspondant à la largeur L dudit profil pratiqué d'un point A, résultant de l'intersection du diamètre d3 avec le profil 17, a un point B, résultant de l'intersection de la face 18 de diamètre d2 avec ledit profil 17, et par la dimension F correspondant à la profondeur F de la concavité, est choisi en respectant un dimensionnement de F, tel que :

$$F > 0 \quad \text{et} \quad 0.01 \times L < F < 0.23 \times L$$

- l'angle α formé par l'axe de symétrie de la tuyère 14 et la droite 21 passant par les points A et B est choisi tel que : $\alpha < 90^\circ$ de préférence $\alpha < 80^\circ$.
- l'angle β formé par l'axe de symétrie de la tuyère 14 et la tangente 20 à la courbure du profil 17 au point d'intersection 19 entre le profil 17 et le diamètre d3 est choisi tel que $\beta \geq 90^\circ$
- la distance h séparant le point A, autrement dit l'arête circulaire résultant de l'intersection du profil 17 et du diamètre d3, et le point C le plus proche du profil 16 de la coiffe 5 est choisie telle que : $h \geq 0$
- la surface d'extrémité 18 de tuyère et celle déterminée par le profil 17 présentent une rugosité telle que : $Ra \leq 1,6 \mu\text{m}$ de préférence $Ra \leq 0,8 \mu\text{m}$, Ra étant la rugosité moyenne arithmétique (RMA) selon norme ISO 4287.

[0029] Les tuyères réalisées selon la présente invention et utilisées en lieu et place des tuyères de l'art antérieur dans les torches de découpe plasma, dans des conditions habituelles d'utilisation, permettent de pratiquer un nombre élevé de perçage, environ 10 à 20 fois plus qu'avec les tuyères de l'art antérieur, sans accumulation notable de métal expulsé du cratère de perçage vers leur extrémité ni formation d'arc double préjudiciable au bon déroulement des opérations de découpe.

[0030] Cet effet spectaculaire est illustré par les fig.4a et 4b qui schématise les déflexions de trajectoire des particules de métal à haute température 22, provoquées par les profils de tuyère conformes à la présente invention.

[0031] A titre d'exemple non limitatif, le tableau ci-dessous indique des valeurs de dimensionnement de l'extrémité de quelques tuyères en conformité avec la présente invention, ayant conduit à un nombre élevé de perçages, c'est-à-dire de 10 à 20 fois plus important qu'avec une tuyère selon l'art antérieur, sans endommagement ni perte de performance de coupe.

Tableau

	Ic	Gaz plasma (% vol.)	Débit gaz (l/min)	d1	d2	d3	L	f	d2/d1	f / L	α	β
Tuyères pour torche mono flux	40 A	O ₂	4.6	0.9	2	18.4	8.92	0.479	2.22	0.054	67°	> 90°
	20 A	O ₂	3	0.65	1.5	18.4	9.15	0.503	2.30	0.055	67°	> 90°
Tuyères pour torche double flux	120 A	N ₂ +8,3%CH ₄ +6,4%O ₂	43	2.9	5.72	20	7.95	0.708	1.97	0.089	67°	90°
	120 A	N ₂ +40%O ₂	45	2.5	7.4	22.6	8.37	0.424	2.96	0.051	79°	90°

Revendications

1. Tuyère (14) pour torche à plasma, dont le corps a une forme générale de coupelle de révolution et comporte un orifice de sortie du jet de gaz plasma, comprenant :

- une première face (18) externe de forme circulaire et de diamètre d2 comprenant, en son centre, l'orifice axial de passage du jet de plasma, et
- une deuxième surface (17) annulaire externe, de diamètre externe d3, bordant périphériquement la première face (18), avec $d3 > d2$,

caractérisée en ce que ladite deuxième surface (17) annulaire externe a un profil concave de révolution.

2. Tuyère selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** ladite deuxième surface (17) externe annulaire a un profil concave de révolution formant déflecteur pour les particules métalliques à haute température.

3. Tuyère selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** la première face (18) de forme circulaire et la deuxième surface (17) annulaire se rejoignent au niveau d'un bord périphérique externe de diamètre d2.

4. Tuyère selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce que** le rapport du diamètre d1 de l'orifice de sortie du jet de gaz plasma au diamètre d2 de la première face (18) est tel que : $1.5 < d2 / d1 < 5$, de préférence tel que : $2 < d2 / d1 < 3$.

5. Tuyère selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** le profil concave de la deuxième surface (17) annulaire est formé d'au moins un arc de cercle, une portion d'ellipse, une portion d'hyperbole, une portion de parabole ou tout autre segment curviligne continu.

6. Tuyère selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** le profil concave de la deuxième surface (17) annulaire a une largeur L mesurée d'un point A situé sur le bord de diamètre externe d3 de la deuxième surface (17) annulaire a un point B situé sur le bord de diamètre d2 de la deuxième surface (17), et a une profondeur de concavité F entre la deuxième surface (17) et une droite (21) joignant lesdits points A et B, tels que

$$F > 0 \quad \text{et} \quad 0.01 \times L < F < 0.23 \times L$$

7. Tuyère selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** l'angle α formé par l'axe de symétrie du corps de la tuyère (14) et la droite (21) passant par les points A et B est choisi tel que : $\alpha < 90^\circ$, de préférence $\alpha < 80^\circ$.

8. Tuyère selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisée en ce que** l'angle β formé par l'axe de symétrie du corps de la tuyère (14) et la tangente (20) à la courbure du profil (17) au point d'intersection (19) entre le profil (17) et le bord de diamètre d3 est choisi tel que $\beta \geq 90^\circ$.

9. Tuyère selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisée en ce que** la distance h séparant le point A et le point C le plus proche du profil (16) de la coiffe (5) est choisie telle que $h \geq 0$.

EP 1 542 514 A2

10. Tuyère selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisée en ce que** la surface de la première face (18) d'extrémité de tuyère et la surface de la deuxième surface (17) annulaire présentent une rugosité (Ra) telle que $Ra \leq 1,6 \mu\text{m}$, de préférence $Ra \leq 0,8 \mu\text{m}$.

5 11. Torche de coupage plasma comprenant une tuyère selon l'une des revendications 1 à 10.

12. Utilisation d'une tuyère selon l'une des revendications 1 à 10 ou d'une torche selon la revendication 11 dans une opération de coupage à l'arc plasma.

10

15

20

25

30

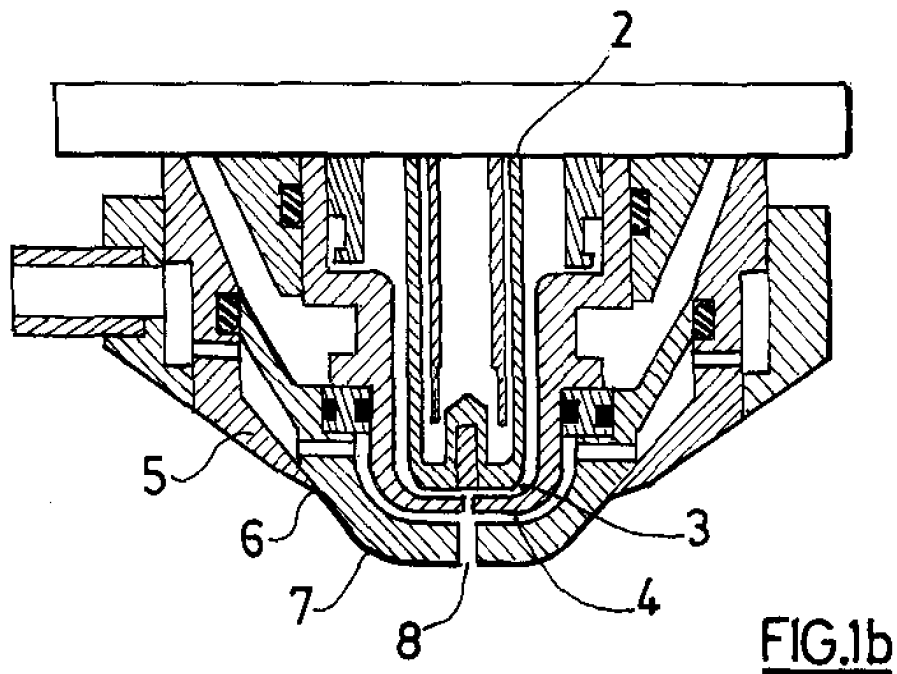
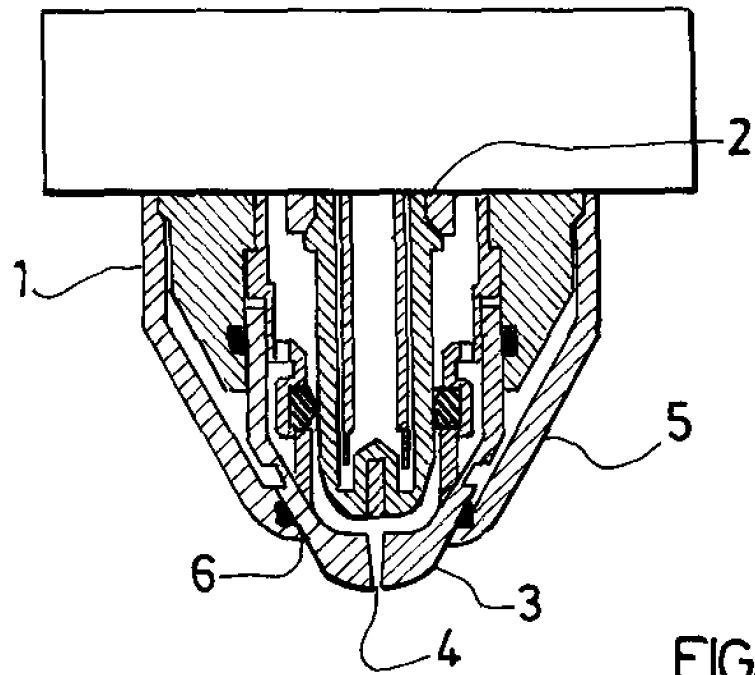
35

40

45

50

55



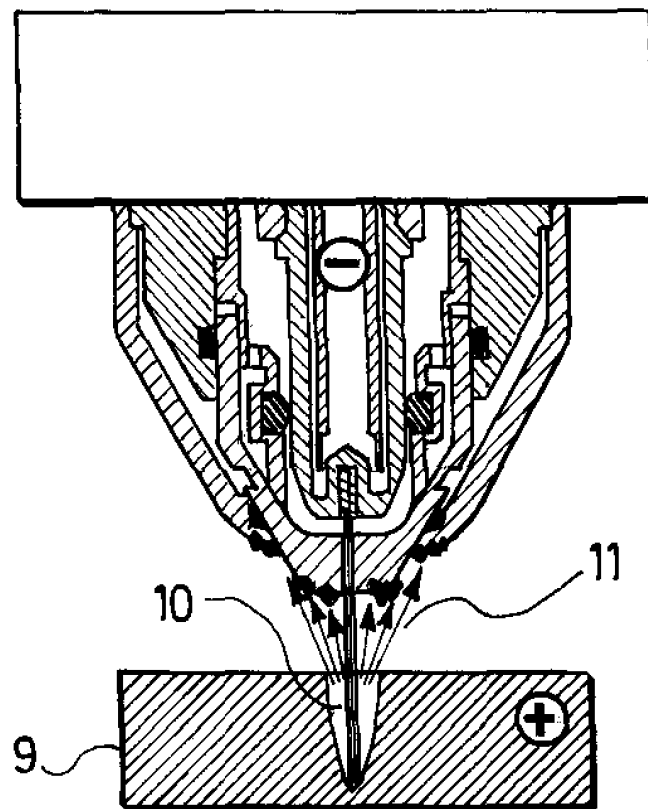


FIG.2a

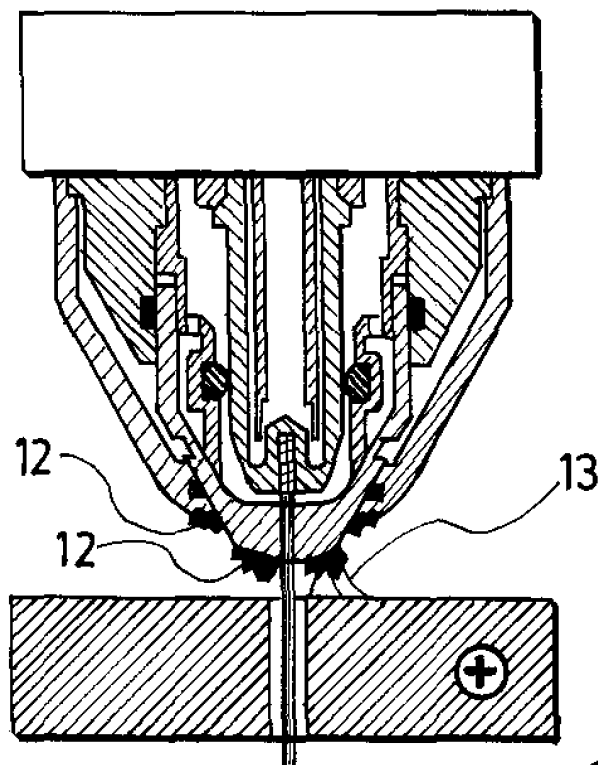


FIG.2b

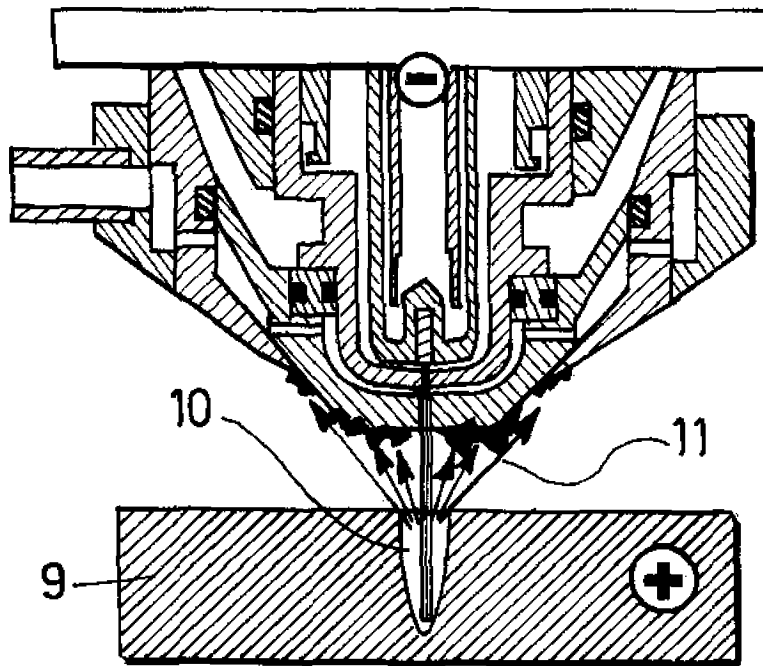


FIG.2c

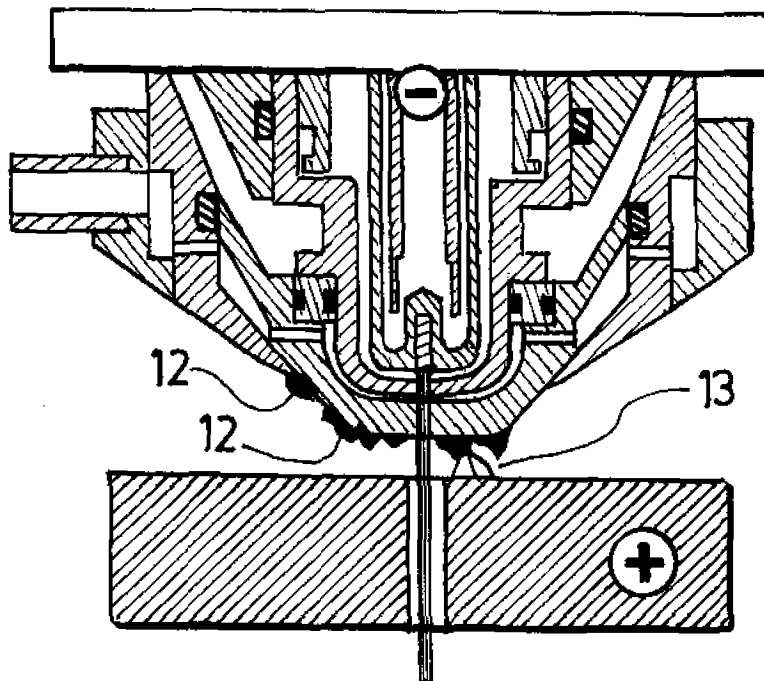


FIG.2d

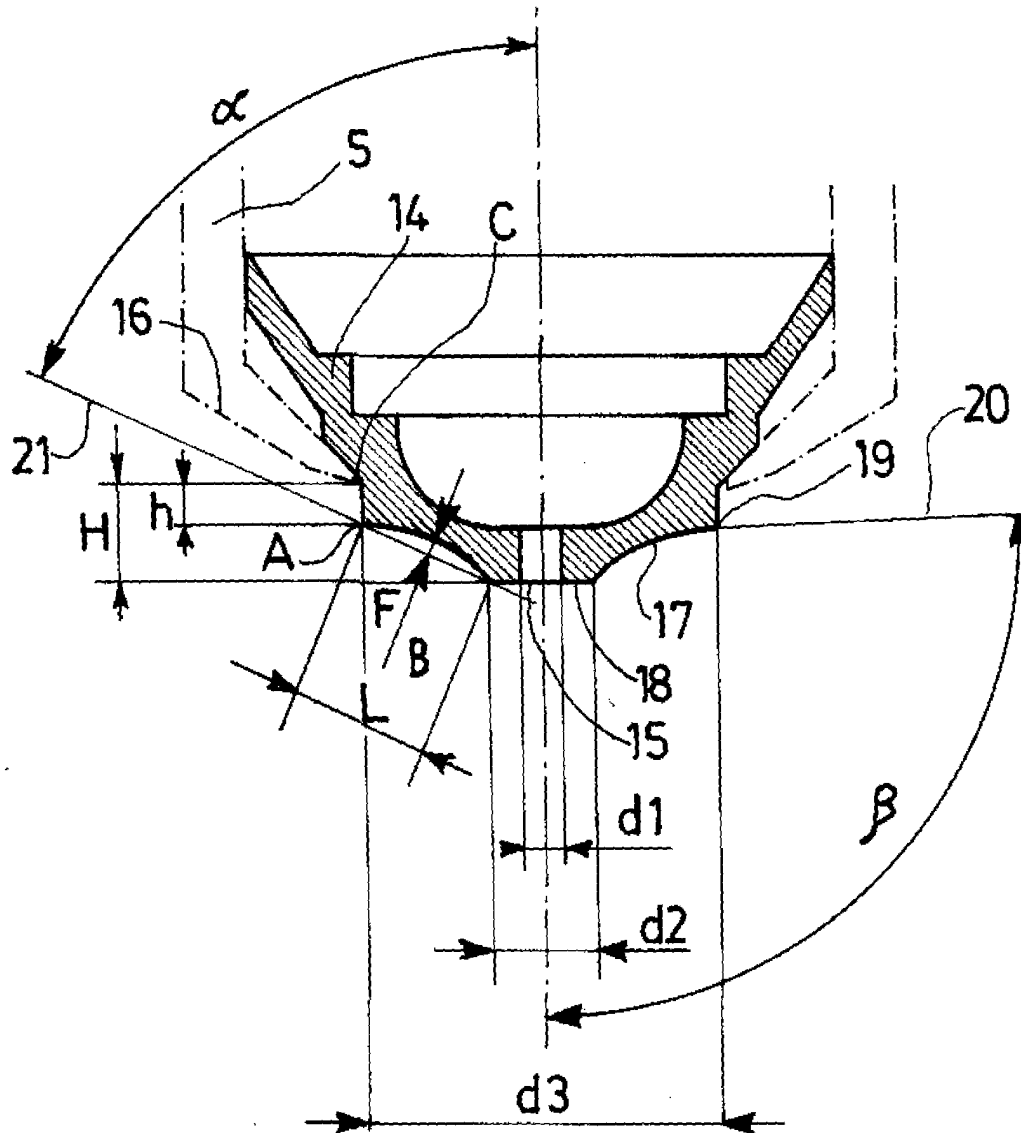


FIG.3

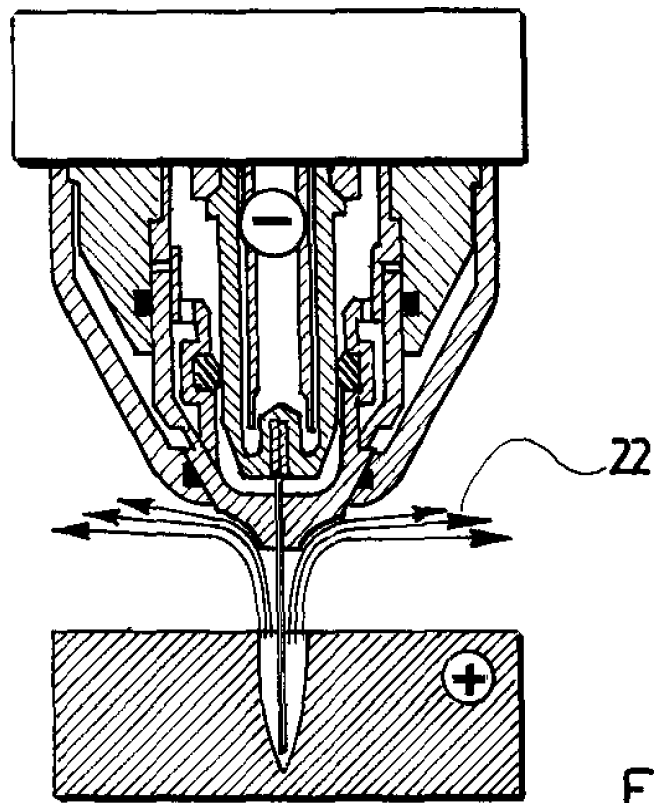


FIG 4a

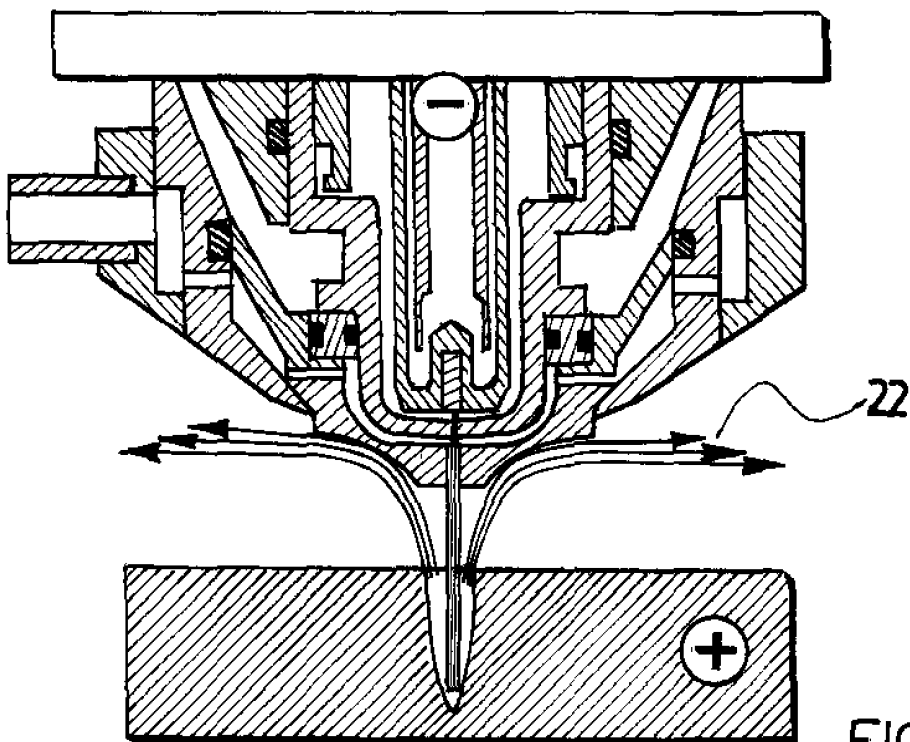


FIG.4b