(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 743 811 B1

(12) FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
04.11.1998 Bulletin 1998/45

(51) Int Cl.[6]: **H05H 1/34**

(21) Numéro de dépôt: **96400770.2**

(22) Date de dépôt: **10.04.1996**

(54) Torche à plasma d'arc à courant continu, particulièrement destinée à l'obtention d'un corps chimique par décomposition d'un gaz plasmagène

Gleichspannungslichtbogenplasmabrenner, insbesonders bestimmt zur Erzeugung eines chemischen Stoffes durch Zersetzung eines Plasmagases

Direct current arc plasma torch, specially conceived for the obtention of a chemical body by decomposition of a plasma gas

(84) Etats contractants désignés:
BE DE GB IT NL SE

(30) Priorité: **19.05.1995 FR 9505972**

(43) Date de publication de la demande:
20.11.1996 Bulletin 1996/47

(73) Titulaire: **AEROSPATIALE SOCIETE NATIONALE INDUSTRIELLE**
75016 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **Cadre, Martine**
  33160 Saint Medard en Jalles (FR)
- **Labrot, Maxime**
  33200 Bordeaux (FR)

(74) Mandataire: **Bonnetat, Christian**
CABINET BONNETAT
29, rue de St. Pétersbourg
75008 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 427 591
EP-A- 0 605 010
FR-A- 2 207 961
US-A- 3 139 509
US-A- 3 400 070

- **DATABASE WPI Section Ch, Week 9146 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class J04, AN 91-335651 XP002011212 & JP-A-03 224 625 (BABCOCK-HITACHI KK) , 3 Octobre 1991**

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).

EP 0 743 811 B1

Description

La présente invention concerne une torche à plasma d'arc à courant continu, particulièrement destinée à l'obtention d'un corps chimique par décomposition d'un gaz plasmagène.

Par exemple, par le brevet américain US-A-5 262 616, on connaît déjà une torche à plasma d'arc à courant continu comportant deux électrodes tubulaires coaxiales disposées en prolongement l'une de l'autre, de part et d'autre d'une chambre, dans laquelle est injecté un courant de gaz plasmagène, par exemple de l'air. Chacune desdites électrodes est ouverte du côté de ladite chambre d'injection, tandis que l'une d'elles est de plus ouverte à son extrémité éloignée de ladite chambre d'injection.

Ainsi, l'arc entre lesdites électrodes traverse ladite chambre d'injection et ionise le gaz plasmagène introduit dans celle-ci. Ledit arc s'accroche par ses pieds d'extrémité respectivement à la face interne desdites électrodes et le plasma de gaz ionisé, à haute pression (de la pression atmosphérique à environ 5 bars) et à très haute température (plusieurs milliers de °C), traverse l'électrode ouverte à ses deux extrémités et s'écoule, hors de ladite torche, à travers l'ouverture de cette dernière électrode éloignée de ladite chambre d'injection.

Si, dans une telle torche, on utilise comme gaz plasmagène un corps composé gazeux, l'écoulement de plasma sortant de ladite torche comporte des ions des éléments composant ledit gaz, par suite de l'action de l'arc électrique sur ledit gaz plasmagène. Par exemple, si le gaz plasmagène est de l'hydrogène sulfureux, l'écoulement de plasma comporte des ions hydrogène et des ions soufre. Par suite, si l'on soumet ledit écoulement de plasma à une trempe thermique, il est possible de recueillir les éléments du gaz plasmagène. Dans l'exemple ci-dessus, l'utilisation de l'hydrogène sulfureux comme gaz plasmagène, puis la trempe du plasma, permettent donc de recueillir du soufre, d'une part, et de l'hydrogène, d'autre part.

Ainsi, une torche du type décrit ci-dessus peut servir de réacteur pour la décomposition de corps composés gazeux plasmagènes.

Cependant, l'utilisation d'une telle torche en réacteur de décomposition soulève des difficultés :

A/ Tout d'abord, il est bien connu que, dans une torche du type décrit ci-dessus, les électrodes s'érodent sous l'action des pieds d'arcs qui arrachent des particules aux parois internes desdites électrodes. Il en résulte donc que, lors de l'utilisation d'une telle torche en réacteur de décomposition, les corps chimiques obtenus sont pollués par ces particules de la matière des électrodes (par exemple du cuivre). Dans une telle application, la pollution est fortement aggravée par l'interaction, au niveau des pieds d'arc, de certains des ions de décomposition (tels que l'ion soufre S^{--} par exemple) avec la matière des électrodes.

Ainsi, non seulement de tels réacteurs de décomposition s'usent rapidement, mais encore les produits de décomposition obtenus ne peuvent être purs.

Pour tenter de remédier à de tels inconvénients, on a déjà essentiellement proposé deux mesures. La première consiste à réaliser les électrodes en des matières peu réactives avec le gaz plasmagène utilisé, telles que par exemple le tungstène ou le tungstène rhodié. Quant à la seconde, elle consiste à répartir l'usure des électrodes autour de l'axe de celles-ci en engendrant un champ magnétique susceptible de faire tourner les pieds d'arc autour dudit axe. Des moyens pour obtenir une telle rotation des pieds d'arc sont par exemple décrits dans les documents US-A-3 301 995 et EP-A-0 032 100. Ils sont généralement définis par des bobines électromagnétiques entourant les électrodes. Ainsi, en modulant le champ magnétique axial engendré par les bobines lorsqu'elles sont excitées, les pieds d'accrochage de l'arc électrique se déplacent autour des surfaces internes des électrodes en évitant la formation de cratères locaux et la destruction rapide des électrodes.

Les deux mesures connues rappelées ci-dessus permettent effectivement de réduire l'usure des électrodes et la pollution des produits de décomposition. Cependant, une telle réduction est généralement insuffisante pour procurer une durée de vie satisfaisante aux électrodes et assurer la pureté désirée aux produits de décomposition. De plus, la première mesure se révèle généralement onéreuse.

B/ Par ailleurs, le rendement énergétique d'une telle torche utilisée en réacteur est faible, de sorte qu'il est nécessaire de dépenser de grandes quantités d'énergie électrique pour décomposer le corps composé gazeux en ses éléments et que le coût de fabrication desdits éléments est élevé.

La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients. Elle concerne une torche à plasma d'arc de grande durée de vie, particulièrement appropriée à être utilisée comme réacteur thermochimique de décomposition, fonctionnant avec un bon rendement énergétique et permettant l'obtention de produits de décomposition de grande pureté.

A cette fin, selon l'invention, la torche à plasma d'arc à courant continu, notamment destinée à l'obtention d'un corps chimique à partir d'un gaz plasmagène comportant ledit corps, ladite torche comprenant :

- une première électrode et une seconde électrode, lesdites électrodes étant tubulaires, coaxiales et disposées en prolongement l'une de l'autre, de part et d'autre d'une chambre d'injection dudit gaz plas-

magène, lesdites électrodes étant ouvertes à leurs extrémités en regard de ladite chambre d'injection, et
- des moyens pour injecter un courant du gaz plasmagène dans ladite chambre d'injection,

l'arc entre lesdites électrodes traversant ladite chambre d'injection et s'accrochant par des pieds d'extrémité respectivement à la surface interne desdites électrodes, tandis que ladite première électrode est ouverte à son extrémité éloignée de ladite chambre d'injection pour permettre l'écoulement, hors de la torche, du plasma engendré par ledit arc, est remarquable en ce que :

- ladite première électrode est en communication avec ladite chambre d'injection par l'intermédiaire d'une première pièce tubulaire traversée par ledit arc et constituant une première chambre de réaction dans laquelle ledit gaz plasmagène donne naissance au plasma sous l'action dudit arc électrique ; et
- il est prévu des premiers moyens permettant de former une barrière fluide entre ladite première électrode et ledit plasma.

Ainsi, grâce à l'invention :

- le plasma est formé dans une zone de réaction découplée des pieds d'arc. Par suite, lors de sa formation, ledit plasma ne peut être pollué par les particules arrachées à la matière des électrodes ; et
- les particules de matière de la première électrode, arrachées par le pied d'arc correspondant, sont empêchées de s'incorporer au plasma.

Par suite, le plasma sortant de la torche conforme à la présente invention est particulièrement pur.

De plus, ladite barrière fluide forme une gaine protégeant la surface interne de la première électrode contre l'action d'érosion des ions du plasma. On améliore donc en outre la durée de vie de cette électrode.

De préférence, ladite première pièce tubulaire est solidaire de la première électrode, et elle peut même ne former qu'une seule pièce avec cette dernière, de façon à apparaître comme une partie allongée de ladite électrode.

On remarquera que, puisque ladite première pièce tubulaire ne joue aucun rôle rôle électrique vis-à-vis de l'arc en régime établi, elle peut être dimensionnée en volume, en diamètre et en longueur pour que les conditions aérothermiques (pression, température) permettent d'optimiser le rendement chimique et, donc, le rendement énergétique. Ainsi, grâce à la présente invention, on peut définir la géométrie de la torche en fonction des critères liés à l'optimisation des réactions thermochimiques à établir, et non pas uniquement en fonction de critères fonctionnels liés, par exemple, au développement de l'arc électrique et/ou à la résistance dans le temps des électrodes (comme cela est le cas pour les torches connues).

L'invention permet donc d'obtenir une torche à plasma, à moindre usure :

- capable de produire des composés chimiques non pollués par les produits d'érosion des électrodes ; et
- apte à optimiser, sans limitation de puissance, les conditions aérothermiques des réactions par ajustement du dimensionnement de la zone de réaction.

Avantageusement, lesdits premiers moyens pour former ladite barrière fluide sont constitués par des premiers moyens de soufflage engendrant, sur la paroi interne de ladite première électrode, un premier écoulement tubulaire d'un gaz à pression au moins approximativement égale à celle du plasma et à température très inférieure à celle dudit plasma, ledit premier écoulement tubulaire fluide entourant ledit écoulement du plasma et s'écoulant dans le même sens que celui-ci.

Ainsi, les particules de matière de la première électrode, arrachées par le pied d'arc, sont évacuées par ledit premier écoulement fluide hors de la torche, sans contact avec le plasma.

On remarquera que, à la sortie de la torche à plasma conforme à la présente invention, on obtient donc un écoulement de plasma central contenant les ions de décomposition du gaz plasmagène et un écoulement annulaire constitué par le gaz de soufflage et entourant ledit écoulement central du plasma. Comme on l'a mentionné ci-dessus, l'écoulement central de plasma est à très haute température (plusieurs milliers de °C) et à haute pression (de la pression atmosphérique à environ 5 bars). Par ailleurs, l'écoulement annulaire de soufflage peut être à faible température (par exemple la température ambiante) et à une pression de l'ordre de celle du plasma. Par suite, l'écoulement central et l'écoulement annulaire présentent des viscosités très différentes, interdisant leur mélange. Les particules des électrodes, arrachées par l'arc, ne peuvent donc passer de l'écoulement annulaire du gaz de soufflage à l'écoulement de plasma central, entouré par cet écoulement annulaire.

Ainsi :

- le plasma n'est pas originellement pollué par les particules arrachées aux électrodes, grâce au découplage entre la zone de réaction et les pieds d'arc ; et
- le plasma ne peut être pollué aux sorties de la torche par lesdites particules, à cause de l'impossibilité du mélange entre le plasma et l'écoulement de soufflage.

Le gaz soufflé peut, par exemple, être de l'hydrogène.

Afin de faciliter l'enrobage de l'écoulement de plasma par ledit écoulement tubulaire de barrière, il est avantageux que ladite première électrode présente un

plus grand diamètre que ladite première pièce tubulaire et que lesdits premiers moyens de soufflage soient disposés entre ladite première pièce tubulaire et ladite première électrode.

Ce gaz de soufflage peut être soufflé sur la paroi interne de ladite première électrode, parallèlement à l'axe de cette dernière.

En variante, le gaz dudit premier écoulement tubulaire peut être soufflé à l'intérieur de ladite première électrode, tangentiellement à la paroi interne de cette dernière, de manière semblable à ce qui est généralement pratiqué pour l'injection, dite tourbillonnaire, du gaz plasmagène dans la chambre d'injection. De tels moyens de soufflage tangentiel peuvent comporter une couronne intérieure et une couronne extérieure coaxiales, ménageant entre elles une chambre annulaire alimentée en gaz de soufflage à travers ladite couronne extérieure, tandis que l'ouverture centrale de ladite couronne intérieure forme au moins approximativement un prolongement de la surface interne de ladite première électrode et que ladite ouverture centrale de la couronne intérieure est reliée à ladite chambre annulaire par au moins un orifice tangentiel à ladite ouverture centrale.

Afin d'augmenter encore le rendement de la torche conforme à la présente invention, tout en éliminant les particules arrachées par l'arc à la seconde électrode, il est de plus avantageux que :

- ladite seconde électrode soit également ouverte à son extrémité éloignée de ladite chambre d'injection, de sorte que l'écoulement dudit plasma est double et s'effectue à travers chacune desdites électrodes ;
- ladite seconde électrode soit également en communication avec ladite chambre d'injection par l'intermédiaire d'une seconde pièce tubulaire traversée par ledit arc et constituant une seconde chambre de réaction dans laquelle ledit gaz plasmagène donne naissance au plasma sous l'action dudit arc électrique ;
- il soit prévu des seconds moyens permettant de former une barrière fluide entre ladite seconde électrode et ledit plasma.

Bien entendu, ladite seconde électrode et ses éléments associés peuvent comporter les mêmes particularités que celles mentionnées ci-dessus à propos de la première électrode.

De préférence, la torche à plasma conforme à la présente invention comporte des moyens de déplacement des pieds d'arc, tels que ceux décrits ci-dessus. Bien entendu, de tels moyens n'ont pas à agir sur les première et seconde pièces tubulaires, mais uniquement sur les électrodes.

Par ailleurs, pour amorcer l'arc électrique entre les électrodes, on prévoit des moyens, qui peuvent être, de façon connue, du type à décharge électrique produite entre les deux électrodes ou du type à court-circuit, grâce, par exemple, à l'utilisation d'une électrode auxiliaire de démarrage. Ainsi, il est possible d'amorcer ledit arc électrique entre les parties desdites électrodes, voisines de ladite chambre d'injection (lesdites première et seconde pièces tubulaires), puis d'allonger ledit arc sous l'effet de l'injection tourbillonnaire du gaz plasmagène, jusqu'à ce que les pieds dudit arc se trouvent accrochés à la surface interne desdites parties d'extrémité des électrodes, éloignées de ladite chambre d'injection (électrodes proprement dites).

Avantageusement, lesdits moyens d'injection du gaz plasmagène dans ladite chambre permettent d'injecter celui-ci en tourbillons selon des plans perpendiculaires à l'axe commun des électrodes. Ces moyens d'injection peuvent comprendre (voir US-A-5 262 616 mentionné ci-dessus) une pièce de révolution coaxiale auxdites électrodes et définissant avec celles-ci et leurs supports ladite chambre d'injection. Des orifices transversaux sont prévus dans la pièce pour autoriser l'injection du gaz plasmagène, issu d'un circuit d'alimentation, dans la chambre.

Dans la torche conforme à l'invention, les températures atteintes par le plasma aux sorties de la torche peuvent dépasser les 5000°C. Aussi, il est indispensable de prévoir des circuits de refroidissement pour les électrodes, comme cela est d'ailleurs usuel pour les torches à plasma.

Dans un mode de réalisation de la torche à plasma conforme à la présente invention et spécialement appropriée à la décomposition de l'hydrogène sulfureux, les particularités sont les suivantes :

- puissance électrique : 500 KW
- intensité : de 200 à 700 A
- débit de gaz plasmagène : de 35 à 150 Nm^3/h
- débit de gaz soufflé : de 3 à 15 Nm^3/h.

De ce qui précède, on comprendra aisément que si, à la sortie ou à chacune des sorties de ladite torche, on dispose un dispositif de trempe (de tout type connu) sur le trajet du plasma, on obtient des produits de très grande pureté.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 montre, en coupe longitudinale très schématique, un premier exemple de torche à plasma conforme à la présente invention, permettant d'illustrer le principe inventif de celle-ci.

La figure 2 illustre la section, selon la ligne II-II de la figure 1, de l'écoulement fluide à la sortie de la torche à plasma.

La figure 3 montre, également en coupe longitudinale très schématique, un second exemple de torche à plasma conforme à la présente invention.

La figure 4 est la coupe longitudinale simplifiée d'un

mode de réalisation pratique de la torche à plasma de la figure 1.

La figure 5 est une coupe transversale, selon la ligne V-V de la figure 4.

La figure 6 est la coupe longitudinale simplifiée d'un mode de réalisation pratique de la torche à plasma de la figure 3.

L'exemple de réalisation I de la torche à plasma, conforme à la présente invention et représentée de façon très schématique sur la figure 1, comporte une anode 1 et une pièce cathodique 2, tubulaires et coaxiales, disposées en prolongement l'une de l'autre le long d'un axe X-X, de part et d'autre d'une chambre 3 dans laquelle est injecté, de toute manière connue, un gaz plasmagène (flèches P). L'anode 1 et la pièce cathodique sont refroidies de toute façon appropriée et connue, mais non représentée.

L'anode 1 est allongée le long de l'axe X-X et comporte, à son extrémité disposée en regard de la chambre d'injection 3, une ouverture 4 mettant en communication l'intérieur de ladite anode 1 avec ladite chambre d'injection 3. En revanche, à son extrémité opposée à la chambre d'injection 3, l'anode 1 est obturée par un fond 5.

La pièce cathodique 2 comporte, à son extrémité éloignée de la chambre d'injection 3, une cathode 2A ouverte vers l'extérieur par une ouverture 6. La cathode 2A est prolongée, en direction de la chambre d'injection 3, par une pièce tubulaire 2B faisant partie intégrante de ladite cathode 2A. La cathode 2A présente un diamètre D supérieur au diamètre d de la pièce tubulaire 2B et un épaulement 7 relie la cathode 2A et la pièce tubulaire 2B. Dans cet épaulement 7, sont prévus des orifices 8, répartis autour de l'axe X-X et d'axe au moins sensiblement parallèle à celui-ci. A son extrémité opposée à la cathode 2A, la pièce tubulaire 2B comporte une ouverture 9 mettant en communication l'intérieur de la pièce cathodique 2 avec ladite chambre d'injection 3.

En régime établi, un arc électrique 10 traverse la chambre d'injection 3 et la pièce tubulaire 2B et s'accroche, par ses pieds d'extrémité 10a et 10c, respectivement sur la surface interne de l'anode 1 (au voisinage du fond 5 opposé à la chambre d'injection 3) et sur celle de la cathode 2A.

Des bobines électromagnétiques 11 et 12, destinées à la rotation des pieds 10a et 10c de l'arc 10 autour de l'axe X-X, entourent respectivement l'anode 1 (au voisinage du fond 5) et la cathode 2A.

Ainsi, le courant de gaz plasmagène P pénétrant dans la pièce tubulaire 2B se transforme, dans cette dernière et sous l'action de l'arc 10, en un écoulement de plasma 13, sortant par l'ouverture 6 après avoir traversé la cathode 2A. La pièce tubulaire 2B forme donc une chambre de réaction dans laquelle le gaz plasmagène est transformé en un plasma, à haute pression et à très haute température, comportant des ions des composants dudit gaz plasmagène. Il est évident que la pièce tubulaire 2B peut être dimensionnée pour optimiser le rendement énergétique.

De plus, à travers les orifices 8 de l'épaulement 7, est soufflé à la périphérie de l'écoulement de plasma 13 un gaz G, par exemple de l'hydrogène, formant un courant gazeux annulaire 14 à température ambiante et à une pression au moins approximativement égale à celle du plasma s'écoulant dans le même sens que le plasma. Par suite, dans la traversée de la cathode 2A et à la sortie de celle-ci (en aval de l'ouverture 6), l'écoulement de plasma 13 est complètement entouré par une gaine formée par le courant annulaire gazeux 14 et établissant une barrière fluide entre la cathode 2A et l'écoulement de plasma 13 (voir également la figure 2).

Il en résulte que les particules de matière de la cathode 2A, qui sont arrachées à la surface intérieure de celle-ci par le pied d'arc 10c, non seulement ne peuvent se mélanger à l'écoulement de plasma 13, mais encore sont évacuées par le courant annulaire gazeux 14. Elles ne peuvent donc polluer l'écoulement de plasma 13. Comme de plus, les particules de matière de l'anode 1, qui sont arrachées à celle-ci par le pied d'arc 10a, restent dans l'anode 1 (ce qui est obtenu du fait que l'anode 1 est longue et que le pied d'arc 10a se trouve au voisinage du fond 5), l'écoulement de plasma 13, comportant des ions des composants du gaz plasmagène, est particulièrement pur.

On conçoit aisément que, en aval de l'ouverture 6, un dispositif de trempe (non représenté, mais de tout type connu) permet de séparer le courant gazeux annulaire 14 de l'écoulement de plasma 13, puis d'extraire les composants chimiques contenus sous forme d'ions dans ledit écoulement de plasma 13.

Dans la variante d'exemple de réalisation II de la torche à plasma, conforme à la présente invention et représentée de façon très schématique sur la figure 3, on retrouve les éléments 2, 2A, 2B, 3 et 6 à 14 de la figure 1. Toutefois, dans cette variante, l'anode 1 est remplacée par une pièce anodique 1' de constitution semblable à celle de la pièce cathodique 2.

A cet effet, la pièce anodique 1' comporte, à son extrémité éloignée de la chambre d'injection 3, une anode 1'A ouverte vers l'extérieur par une ouverture 15. L'anode 1'A est prolongée, en direction de la chambre d'injection 3, par une pièce tubulaire 1'B faisant partie intégrante de ladite anode. L'anode 1'A présente un diamètre D supérieur au diamètre d de la pièce tubulaire 1'B et un épaulement 16 relie l'anode 1'A et la pièce tubulaire 1'B. Dans cet épaulement 16, sont prévus des orifices 17, répartis autour de l'axe X-X et d'axe au moins sensiblement parallèle à celui-ci. A son extrémité opposée à l'anode 1'A, la pièce tubulaire 1'B comporte une ouverture 18 mettant en communication l'intérieur de la pièce anodique 1' avec la chambre d'injection 3.

En régime établi, l'arc électrique 10 traverse la chambre d'injection 3 et les pièces tubulaires 1'B et 2B et s'accroche, par ses pieds 10a et 10c, respectivement sur la surface interne de l'anode 1'A et de la cathode 2A.

Ainsi, le gaz plasmagène injecté dans la chambre 3 se divise en deux courants, dont l'un pénètre dans la

pièce tubulaire 1'B et l'autre dans la pièce tubulaire 2B. Dans ces pièces tubulaires 1'B et 2B, lesdits courants de gaz plasmagène se transforment en deux écoulements de plasma opposés 13 et 19, sortant par les ouvertures 6 et 15, après avoir traversé respectivement la cathode 2A et l'anode 1'A. Les pièces tubulaires 1'B ET 2B forment donc des chambres de réaction dans lesquelles le gaz plasmagène est transformé en plasma.

A travers les orifices 8 et 17 des épaulements 7 et 16, sont soufflés, respectivement à la périphérie des écoulements de plasma 13 et 19, des courants gazeux annulaires 14 et 20, à température ambiante et à une pression au moins approximativement égale à celle du plasma, s'écoulant respectivement dans le même sens que lesdits écoulements de plasma 13 et 19. Par suite, dans la traversée de l'anode 1'A et de la cathode 2A et à la sortie de celles-ci (en aval des ouvertures 6 et 15), les écoulements de plasma 13 et 19 sont complètement entourés par des gaines formées respectivement par les courants annulaires gazeux 14 et 20. Ces courants annulaires établissent donc une barrière fluide entre les écoulements de plasma 13 et 19 et la cathode 2A et l'anode 1'A, respectivement, évitant toute pollution desdits écoulements de plasma par les particules de matière arrachées aux électrodes par les pieds d'arc 10a et 10c. Dans l'exemple de réalisation II de la figure 3, on prévoit un dispositif de trempe (non représenté) en aval de chacune des ouvertures 6 et 15.

Sur la figure 4, on a représenté un mode de réalisation pratique de l'exemple I de la figure 1. On peut y voir que le corps tubulaire 30 de la torche à plasma, entourant l'anode 1 et la pièce cathodique 2, est constitué (à des fins de simplicité de construction) d'une pluralité de tronçons 30A, 30B, 30C ... coaxiaux entre eux et auxdites électrodes et assemblés de façon étanche l'un au bout de l'autre. De plus, des moyens de raccord 31 sont prévus pour raccorder de façon étanche l'extrémité ouverte 6, éloignée de la chambre d'injection 3, de la cathode 2A à un dispositif de trempe (non représenté). Des conduits 32 et 33 sont respectivement prévus autour de l'anode 1 et de la pièce cathodique 2 pour la circulation d'un fluide de refroidissement de celles-ci.

Les moyens 34 d'injection du gaz plasmagène dans la chambre d'injection 3 sont du type à injection en tourbillons, tels que ceux décrits dans US-A-5 262 616. Ils sont constitués par une pièce de révolution, coaxiale à l'axe X-X et comportent une gorge annulaire 35, alimentée en gaz plasmagène (flèches P) et reliée à la chambre d'injection 3 par des orifices transversaux 36.

Pour amorcer l'arc électrique 10 entre les électrodes, il est prévu un dispositif d'amorçage à court-circuit 37, du type connu avec électrode auxiliaire de démarrage 38. Ainsi, l'arc 10 peut être amorcé entre les parties de l'anode 1 et de la pièce tubulaire 2B, voisines de la chambre d'injection 3, puis allongé sous l'effet de l'injection tourbillonnaire du gaz plasmagène, jusqu'à ce que les pieds 10a et 10b dudit arc se trouvent accrochés à la surface interne de l'anode 1 près du fond 5 et à celle de la cathode 2A, dans le champ des bobines 11 et 12.

Entre la pièce tubulaire 2B et la cathode 2A, la torche de la figure 4 (voir également la figure 5) comporte un tronçon 30E constituant le dispositif S de soufflage tangentiel de l'écoulement tubulaire fluide 14, entourant l'écoulement de plasma 13.

Par analogie avec les moyens 33 d'injection du gaz plasmagène dans la chambre d'injection 3, le dispositif de soufflage S comporte une couronne intérieure 39 (traversée par les conduits de refroidissement 33) et une couronne extérieure 40 coaxiales à l'axe X-X, ménageant entre elles une chambre annulaire 41, alimentée en gaz de soufflage (voir les flèches G) à travers ladite couronne extérieure 40. L'ouverture centrale 42 de la couronne intérieure 39 présente le diamètre D et forme au moins approximativement un prolongement de la surface interne de la cathode 2A. Cette ouverture centrale 42 forme donc la transition entre la surface interne de la pièce tubulaire 2B de diamètre d et la surface interne de la cathode 2A de diamètre D. Elle est reliée à la chambre annulaire 41 par des orifices 43, tangentiels à sa surface interne.

Dans le mode de réalisation pratique de l'exemple II de la torche à plasma, conforme à la présente invention et représentée en coupe sur la figure 6, on a, par rapport au mode de réalisation pratique des figures 4 et 5, remplacé l'anode 1 par la pièce anodique 1', semblable (mais opposée le long de l'axe X-X) à la pièce cathodique 2. En effet, la pièce anodique 1' comporte l'anode 1'A et la pièce tubulaire 1'B, reliées par un dispositif de soufflage tangentiel S'. L'anode 1'A, la pièce tubulaire 1'B et le dispositif de soufflage S' sont respectivement identiques à la cathode 2A, à la pièce tubulaire 2B et au dispositif de soufflage S. Des moyens de raccord 44 sont prévus pour raccorder de façon étanche l'extrémité ouverte 15, éloignée de la chambre d'injection 3, de l'anode 1'A à un dispositif de trempe (non représenté).

Revendications

1. Torche à plasma d'arc à courant continu, notamment destinée à l'obtention d'un corps chimique à partir d'un gaz plasmagène (P) comportant ledit corps, ladite torche comprenant :

   - une première électrode et une seconde électrode, lesdites électrodes étant tubulaires, coaxiales et disposées en prolongement l'une de l'autre, de part et d'autre d'une chambre (3) d'injection dudit gaz plasmagène, lesdites électrodes étant ouvertes à leurs extrémités en regard de ladite chambre d'injection, et
   - des moyens (34) pour injecter un courant du gaz plasmagène dans ladite chambre d'injection,

l'arc (10) entre lesdites électrodes traversant ladite chambre d'injection et s'accrochant par des pieds d'extrémité (10c, 10a) respectivement à la surface interne desdites électrodes, tandis que ladite première électrode (2) est ouverte à son extrémité éloignée de ladite chambre d'injection pour permettre l'écoulement, hors de la torche, du plasma (13) engendré par ledit arc,
caractérisée en ce que :

- ladite première électrode (2A) est en communication avec ladite chambre d'injection (3) par l'intermédiaire d'une première pièce tubulaire (2B) traversée par ledit arc (10) et constituant une première chambre de réaction dans laquelle ledit gaz plasmagène (P) donne naissance au plasma (13) sous l'action dudit arc électrique (10) ; et
- il est prévu des premiers moyens (7, 8, S) permettant de former une barrière fluide (14) entre ladite première électrode (2A) et ledit plasma (13).

2. Torche à plasma selon la revendication 1,
caractérisée en ce que ladite première pièce tubulaire (2B) est solidaire de ladite première électrode (2A).

3. Torche à plasma selon la revendication 2,
caractérisée en ce que ladite première pièce tubulaire (2B) et ladite première électrode (2A) forment une seule pièce (2).

4. Torche à plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 3,
caractérisée en ce que lesdits premiers moyens pour former ladite barrière fluide sont constitués par des premiers moyens de soufflage (7, 8, S) engendrant, sur la paroi interne de ladite première électrode (2A), un premier écoulement tubulaire (14) d'un gaz à pression au moins approximativement égale à celle du plasma et à température très inférieure à celle dudit plasma (13), ledit premier écoulement tubulaire fluide (14) entourant ledit écoulement du plasma (13) et s'écoulant dans le même sens que celui-ci.

5. Torche à plasma selon la revendication 4,
caractérisée en ce que le gaz (G) dudit premier écoulement tubulaire est l'hydrogène.

6. Torche à plasma selon l'une des revendications 4 ou 5,
caractérisée en ce que ladite première électrode (2A) présente un plus grand diamètre (D) que ladite première pièce tubulaire (2B) et en ce que lesdits premiers moyens de soufflage (7, 8, S) sont disposés entre ladite première pièce tubulaire et ladite première électrode.

7. Torche à plasma selon l'une des revendications 4 à 6,
caractérisée en ce que le gaz dudit premier écoulement tubulaire est soufflé sur la paroi interne de ladite première électrode, parallèlement à l'axe de cette dernière.

8. Torche à plasma selon l'une des revendications 4 à 6,
caractérisée en ce que le gaz dudit premier écoulement tubulaire est soufflé à l'intérieur de ladite première électrode, tangentiellement à la paroi interne de cette dernière.

9. Torche à plasma selon la revendication 8,
caractérisée en ce que lesdits premiers moyens de soufflage tangentiel (S) comportent une couronne intérieure (39) et une couronne extérieure (40) coaxiales, ménageant entre elles une chambre annulaire (41) alimentée en gaz de soufflage (G) à travers ladite couronne extérieure (40), tandis que l'ouverture centrale (42) de ladite couronne intérieure (39) forme au moins approximativement un prolongement de la surface interne de ladite première électrode (2A) et que ladite ouverture centrale (42) de la couronne intérieure est reliée à ladite chambre annulaire par au moins un orifice (43) tangentiel à ladite ouverture centrale.

10. Torche à plasma selon l'une des revendications 1 à 9,
caractérisé en ce que :

- ladite seconde électrode (1'A) est également ouverte à son extrémité éloignée de ladite chambre d'injection (3), de sorte que l'écoulement dudit plasma est double (13, 19) et s'effectue à travers chacune desdites électrodes ;
- ladite seconde électrode (1'A) est également en communication avec ladite chambre d'injection (3) par l'intermédiaire d'une seconde pièce tubulaire (1'B) traversée par ledit arc (10) et constituant une seconde chambre de réaction dans laquelle ledit gaz plasmagène (P) donne naissance au plasma sous l'action dudit arc électrique ;
- il est prévu des seconds moyens (16, 17, S') permettant de former une barrière fluide (20) entre ladite seconde électrode (1'A) et ledit plasma (19).

11. Torche à plasma selon la revendication 10,
caractérisée en ce que ladite seconde pièce tubulaire (1'B) est solidaire de ladite seconde électrode (1'A).

12. Torche à plasma selon la revendication 11, caractérisée en ce que ladite seconde pièce tubulaire (1'B) et ladite seconde électrode (1'A) forment une seule pièce (1').

13. Torche à plasma selon l'une quelconque des revendications 10 à 12, caractérisée en ce que lesdits seconds moyens pour former ladite barrière fluide sont constitués par des seconds moyens de soufflage (16, 17, S') engendrant, sur la paroi interne de ladite seconde électrode (1'A), un second écoulement tubulaire (20) d'un gaz à pression au moins approximativement égale à celle du plasma et à température très inférieure à celle dudit plasma (13), ledit second écoulement tubulaire fluide (20) entourant ledit écoulement du plasma (19) et s'écoulant dans le même sens que celui-ci.

14. Torche à plasma selon la revendication 13, caractérisée en ce que le gaz dudit second écoulement tubulaire est l'hydrogène.

15. Torche à plasma selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisée en ce que ladite seconde électrode (1'A) présente un plus grand diamètre (D) que ladite seconde pièce tubulaire (1'B) et en ce que lesdits seconds moyens de soufflage sont disposés entre ladite seconde pièce tubulaire et ladite seconde électrode.

16. Torche à plasma selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisée en ce que le gaz dudit second écoulement tubulaire est soufflé sur la paroi interne de ladite seconde électrode, parallèlement à l'axe de cette dernière.

17. Torche à plasma selon l'une des revendications 13 à 15, caractérisée en ce que le gaz dudit second écoulement tubulaire est soufflé à l'intérieur de ladite seconde électrode, tangentiellement à la paroi interne de cette dernière.

18. Torche à plasma selon la revendication 17, caractérisée en ce que lesdits seconds moyens de soufflage tangentiel (S') comportent une couronne intérieure (39) et une couronne extérieure (40) coaxiales, ménageant entre elles une chambre annulaire (41) alimentée en gaz de soufflage (G) à travers ladite couronne extérieure (40), tandis que l'ouverture centrale (42) de ladite couronne intérieure (39) forme au moins approximativement un prolongement de la surface interne de ladite seconde électrode (1'A) et que ladite ouverture centrale (42) de la couronne intérieure est reliée à ladite chambre annulaire par au moins un orifice (43) tangentiel à ladite ouverture centrale.

19. Torche à plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 18, caractérisée en ce qu'elle est constituée d'une pluralité de tronçons (30A, 30B, ...) coaxiaux entre eux et auxdites électrodes et assemblés de façon étanche l'un au bout de l'autre.

20. Torche à plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 19, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens (31, 44) pour raccorder de façon étanche l'extrémité ouverte, éloignée de la chambre d'injection (3), d'une électrode à un dispositif de trempe dudit plasma.

Patentansprüche

1. Gleichspannungslichtbogenplasmabrenner, insbesondere zur Erzeugung eines chemischen Stoffes aus einem Plasmagas (P), das diesen Stoff enthält, wobei der Brenner umfaßt:

- eine erste Elektrode und eine zweite Elektrode, wobei die Elektroden röhrenförmig und koaxial sind und hintereinander beiderseits einer Kammer (3) zur Injektion des Plasmagases angeordnet sind und die Elektroden an ihren der Injektionskammer gegenüberliegenden Enden offen sind, und
- Mittel (34) zur Injektion eines Plasmagasstroms in die Injektionskammer,

der Lichtbogen (10) zwischen den Elektroden durch die Injektionskammer verläuft und mit Füßen (10c, 10a) jeweils an der Innenfläche der Elektroden haftet, während die erste Elektrode (2) an ihrem der Injektionskammer abgewandten Ende offen ist, damit das vom Lichtbogen erzeugte Plasma (13) aus dem Brenner strömen kann, dadurch gekennzeichnet, daß:

- die erste Elektrode (2A) mit der Injektionskammer (3) über ein erstes röhrenförmiges Teil (2B) in Verbindung steht, durch das der Lichtbogen (10) verläuft und das eine erste Reaktionskammer darstellt, in der unter der Einwirkung des Lichtbogens (10) aus dem Plasmagas (P) das Plasma (13) entsteht, und
- erste Mittel (7, 8, S) vorgesehen sind, die die Bildung einer fluiden Barriere (14) zwischen der ersten Elektrode (2A) und dem Plasma (13) ermöglichen.

2. Plasmabrenner nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet, daß das erste röhrenförmige Teil (2B) mit der ersten Elektrode (2A) fest verbunden ist.

3. Plasmabrenner nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das erste röhrenförmige Teil (2B) und die erste Elektrode (2A) ein einziges Teil (2) bilden.

4. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten Mittel zur Bildung der fluiden Barriere aus ersten Blasmitteln (7, 8, S) bestehen, die an der Innenwand der ersten Elektrode (2A) eine erste röhrenförmige Strömung (14) eines Gases erzeugen, dessen Druck mindestens annähernd gleich dem des Plasmas und dessen Temperatur wesentlich niedriger als die des Plasmas (13) ist, wobei die erste röhrenförmige fluide Strömung (14) die Plasmaströmung (13) umgibt und in der gleichen Richtung wie diese verläuft.

5. Plasmabrenner nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas (G) der ersten röhrenförmigen Strömung Wasserstoff ist.

6. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Elektrode (2A) einen größeren Durchmesser (D) als das erste röhrenförmige Teil (2B) hat, und dadurch, daß die ersten Blasmittel (7, 8, S) zwischen dem ersten röhrenförmigen Teil und der ersten Elektrode angeordnet sind.

7. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas der ersten röhrenförmigen Strömung an die Innenwand der ersten Elektrode parallel zu ihrer Achse geblasen wird.

8. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas der ersten röhrenförmigen Strömung in die erste Elektrode tangential zu deren Innenwand geblasen wird.

9. Plasmabrenner nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten tangentialen Blasmittel (S) einen koaxialen Innenkranz (39) und Außenkranz (40) haben, zwischen denen eine Ringkammer (41) ausgespart ist, die über den Außenkranz (40) mit Blasgas (G) versorgt wird, während die mittlere Öffnung (42) des Innenkranzes (39) mindestens annähernd eine Verlängerung der Innenfläche der ersten Elektrode (2A) darstellt und die mittlere Öffnung (42) des Innenkranzes mit der Ringkammer durch mindestens eine Öffnung (43) tangential zur mittleren Öffnung verbunden ist.

10. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß:

- die zweite Elektrode (1'A) an ihrem der Injektionskammer (3) abgewandten Ende ebenfalls offen ist, so daß sich eine doppelte Plasmaströmung (13, 19) ergibt, die durch jede der Elektroden verläuft;
- die zweite Elektrode (1'A) über ein zweites röhrenförmiges Teil (1'B), durch das der Lichtbogen (10) verläuft und das eine zweite Reaktionskammer darstellt, in der unter der Einwirkung des Lichtbogens aus dem Plasmagas (P) das Plasma entsteht, ebenfalls mit der Injektionskammer (3) verbunden ist;
- zweite Mittel (16, 17, S') vorgesehen sind, durch die zwischen der zweiten Elektrode (1'A) und dem Plasma (19) eine fluide Barriere (20) gebildet werden kann.

11. Plasmabrenner nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite röhrenförmige Teil (1'B) mit der zweiten Elektrode (1'A) fest verbunden ist.

12. Plasmabrenner nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite röhrenförmige Teil (1'B) und die zweite Elektrode (1'A) ein einziges Teil (1') bilden.

13. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten Mittel zur Bildung der fluiden Barriere aus zweiten Blasmitteln (16, 17, S') bestehen, die an der Innenwand der zweiten Elektrode (1'A) eine zweite röhrenförmige Strömung (20) eines Gases erzeugen, dessen Druck mindestens annähernd gleich dem des Plasmas und dessen Temperatur wesentlich niedriger als die des Plasmas (13) ist, wobei die zweite röhrenförmige fluide Strömung (20) die Plasmaströmung (19) umgibt und in der gleichen Richtung wie diese verläuft.

14. Plasmabrenner nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas der zweiten röhrenförmigen Strömung Wasserstoff ist.

15. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Elektrode (1'A) einen größeren Durchmesser (D) als das zweite röhrenförmige Teil (1'B) hat, und dadurch, daß die zweiten Blasmittel zwischen dem zweiten röhrenförmigen Teil und der zweiten Elektrode angeordnet sind.

16. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Gas der zweiten

röhrenförmigen Strömung parallel zur Achse der zweiten Elektrode an deren Innenwand geblasen wird.

17. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, daß das Gas der zweiten röhrenförmigen Strömung in die zweite Elektrode tangential zu deren Innenwand geblasen wird.

18. Plasmabrenner nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, daß die zweiten tangentialen Blasmittel (S') einen koaxialen Innenkranz (39) und Außenkranz (40) haben, zwischen denen eine Ringkammer (41) ausgespart ist, die über den Außenkranz (40) mit Blasgas (G) gespeist wird, während die mittlere Öffnung (42) des Innenkranzes (39) mindestens annähernd eine Verlängerung der Innenfläche der zweiten Elektrode (1'A) bildet und die mittlere Öffnung (42) des Innenkranzes mit der Ringkammer durch mindestens eine Öffnung (43) tangential zur mittleren Öffnung verbunden ist.

19. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß er aus einer Vielzahl von zueinander und zu den Elektroden koaxialen Abschnitten (30A, 30B, ...) besteht, die miteinander dichtabschließend verbunden sind.

20. Plasmabrenner nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß er Mittel (31, 44) hat, um das der Injektionskammer (3) abgewandte offene Ende einer Elektrode mit einer Vorrichtung zum Abschrecken des Plasmas zu verbinden.

Claims

1. A DC arc plasma torch, in particular intended for obtaining a chemical substance from a plasma-generating gas (P) which includes said substance, said torch comprising,

- a first electrode and a second electrode, said electrodes being tubular, coaxial and arranged in extension of each other, on either side of a chamber (3) for injection of said plasma-generating gas, said electrodes being open at their ends which face said injection chamber, and
- means (34) for injecting a stream of the plasma-generating gas into said injection chamber, the arc (10) between said electrodes passing through the said injection chamber and being anchored by end feet (10c, 10a) respectively to the internal surface of said electrodes, while said first electrode (2) is open at its end remote from the said injection chamber in order to allow the plasma (13) generated by said arc to flow out of the torch, characterized in that:
- said first electrode (2A) is in communication with said injection chamber (3) via a first tubular piece (2B) through which said arc (10) passes and which constitutes a first reaction chamber in which said plasma-generating gas (P) gives rise to the plasma (13) under the action of said electric arc (10); and
- first means (7, 8, S) are provided which make it possible to form a fluid barrier (14) between said first electrode (2A) and said plasma (13).

2. The plasma torch as claimed in claim 1, characterized in that said first tubular piece (2B) is securely joined to said first electrode (2A).

3. The plasma torch as claimed in claim 2, characterized in that said first tubular piece (2B) and said first electrode (2A) form a single piece (2).

4. The plasma torch as claimed in any one of claims 1 to 3, characterized in that said first means for forming said fluid barrier consist of first blowing means (7, 8, S) which generate, on the internal wall of said first electrode (2A), a first tubular flow (14) of a gas at a pressure at least approximately equal to that of the plasma and at a temperature very much lower than that of said plasma (13), said first tubular fluid flow (14) surrounding said flow of the plasma (13) and flowing in the same direction as the latter.

5. The plasma torch as claimed in claim 4, characterized in that the gas (G) of said first tubular flow is hydrogen.

6. The plasma torch as claimed in either of claims 4 and 5, characterized in that said first electrode (2A) has a larger diameter (D) than said first tubular piece (2B) and in that said first blowing means (7, 8, S) are arranged between said first tubular piece and said first electrode.

7. The plasma torch as claimed in one of claims 4 to 6, characterized in that the gas of said first tubular flow is blown along the internal wall of said first electrode, parallel to the axis of the latter.

8. The plasma torch as claimed in one of claims 4 to 6, characterized in that the gas of said first tubular flow is blown inside said first electrode, tangentially to the internal wall of the latter.

9. The plasma torch as claimed in claim 8, characterized in that said first tangential blowing means (S) include an inner ring (39) and an outer ring (40) which are coaxial and form between them an annular chamber (41) fed with blowing gas (G) through

said outer ring (40), while the central opening (42) in said inner ring (39) at least approximately forms an extension of the internal surface of said first electrode (2A) and said central opening (42) in the inner ring is joined to said annular chamber by at least one orifice (43) which is tangential to said central opening.

10. The plasma torch as claimed in one of claims 1 to 9, characterized in that:

- said second electrode (1'A) is also open at its end remote from said injection chamber (3), so that there are two said plasma flows (13, 19) taking place through each of said electrodes;
- said second electrode (1'A) is also in communication with said injection chamber (3) via a second tubular piece (1'B) through which said arc (10) passes and which constitutes a second reaction chamber in which said plasma-generating gas (P) gives rise to the plasma under the action of said electric arc;
- second means (16, 17, S') are provided which make it possible to form a fluid barrier (20) between said second electrode (1'A) and said plasma (19).

11. The plasma torch as claimed in claim 10, characterized in that said second tubular piece (1'B) is securely joined to said second electrode (1'A).

12. The plasma torch as claimed in claim 11, characterized in that said second tubular piece (1'B) and said second electrode (1'A) form a single piece (1').

13. The plasma torch as claimed in any one of claims 10 to 12, characterized in that said second means for forming said fluid barrier consist of second blowing means (16, 17, S) which generate, on the internal wall of said second electrode (1'A), a second tubular flow (20) of a gas at a pressure at least approximately equal to that of the plasma and at a temperature very much lower than that of said plasma (13), said second tubular fluid flow (20) surrounding said flow of the plasma (19) and flowing in the same direction as the latter.

14. The plasma torch as claimed in claim 13, characterized in that the gas of said second tubular flow is hydrogen.

15. The plasma torch as claimed in either of claims 13 and 14, characterized in that said second electrode (1'A) has a larger diameter (D) than said second tubular piece (1'B) and wherein said second blowing means are arranged between said second tubular piece and said second electrode.

16. The plasma torch as claimed in one of claims 13 to 15, characterized in that the gas of said second tubular flow is blown along the internal wall of said second electrode, parallel to the axis of the latter.

17. The plasma torch as claimed in one of claims 13 to 15, characterized in that the gas of said second tubular flow is blown inside said second electrode, tangentially to the internal wall of the latter.

18. The plasma torch as claimed in claim 17, characterized in that said second tangential blowing means (S') include an inner ring (39) and an outer ring (40) which are coaxial and form between them an annular chamber (41) fed with blowing gas (G) through said outer ring (40), while the central opening (42) in said inner ring (39) at least approximately forms an extension of the internal surface of said second electrode (1'A) and said central opening (42) in the inner ring is joined to said annular chamber by at least one orifice (43) which is tangential to said central opening.

19. The plasma torch as claimed in any one of claims 1 to 18, characterized in that it consists of a plurality of sections (30A, 30B, ...) coaxial with one another and with said electrodes and assembled in leaktight fashion one after the other.

20. The plasma torch as claimed in any one of claims 1 to 19, characterized in that it includes means (31, 44) for leaktight connection of the open end, remote from the injection chamber (3), of an electrode to a device for quenching said plasma.

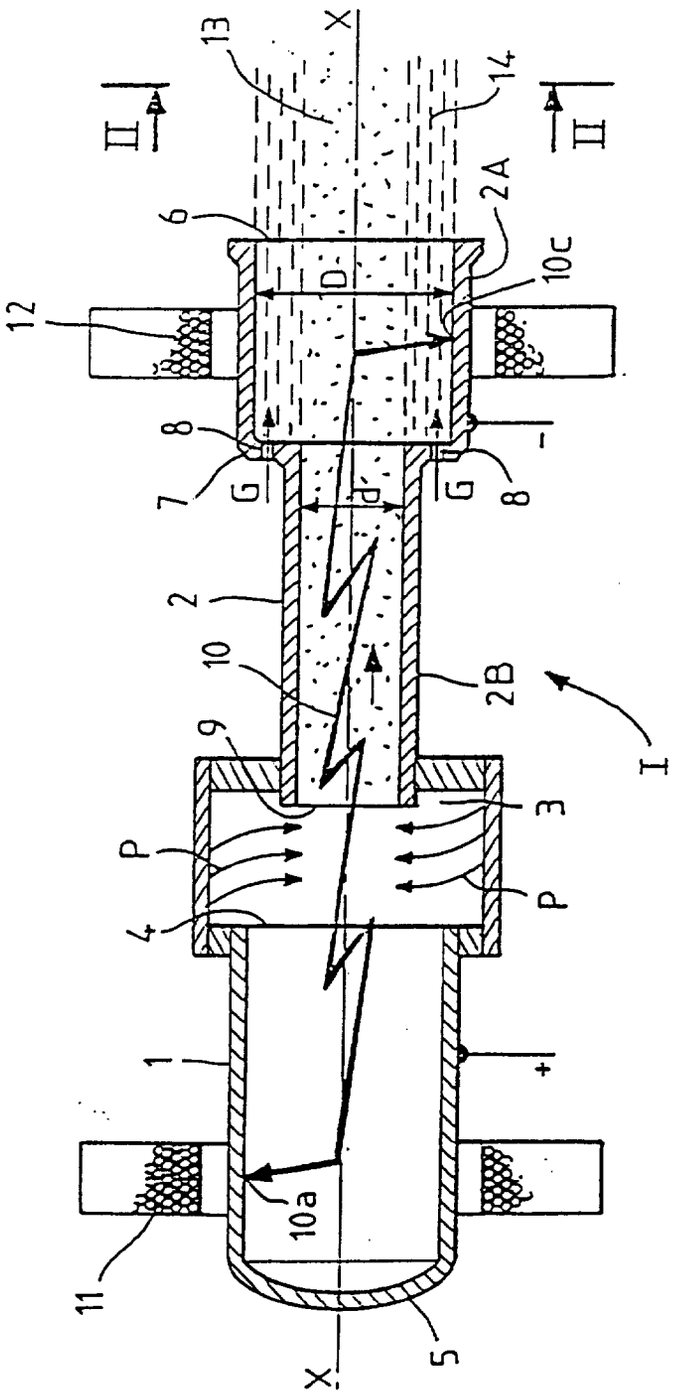


FIG.1

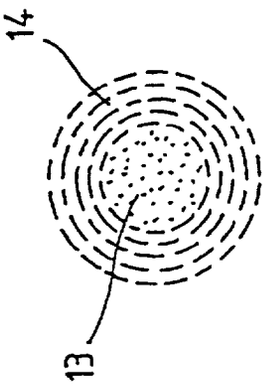


FIG.2

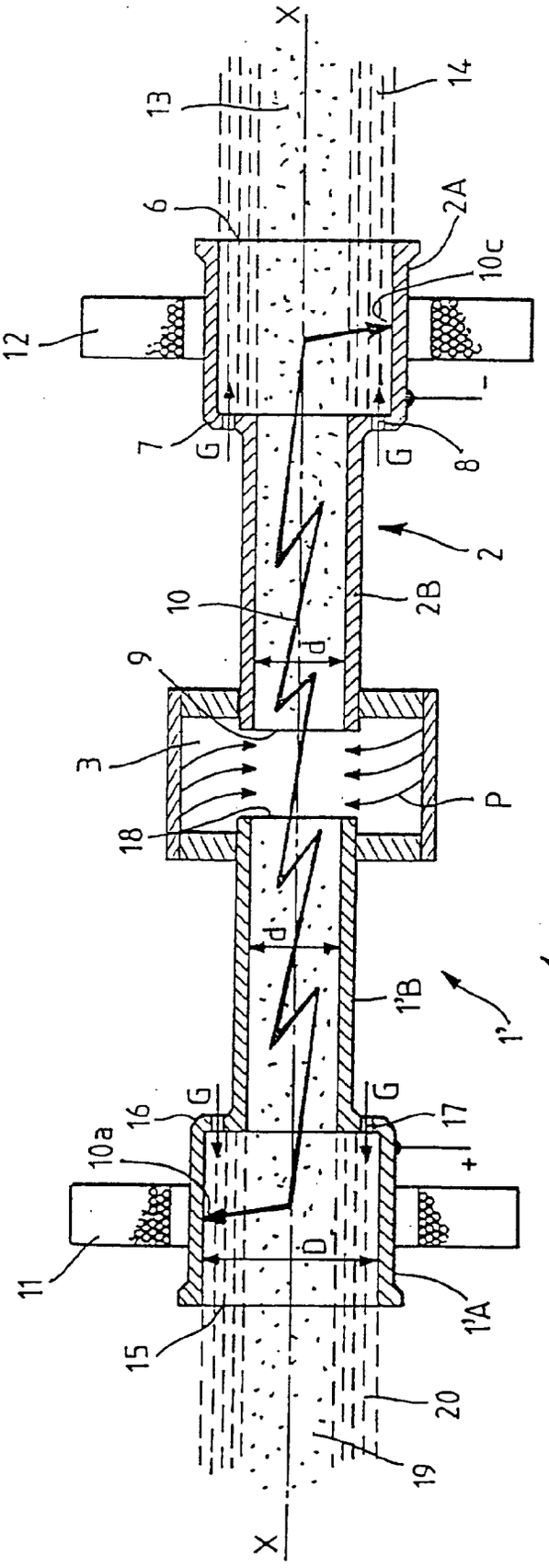

X
13
14
6
2A
10c
12
7
G
G
8
2
10
2B
d
9
3
P
18
d
1'B
1'
II
G
G
16
17
10a
+
D
11
1'A
15
20
19
X

FIG.3

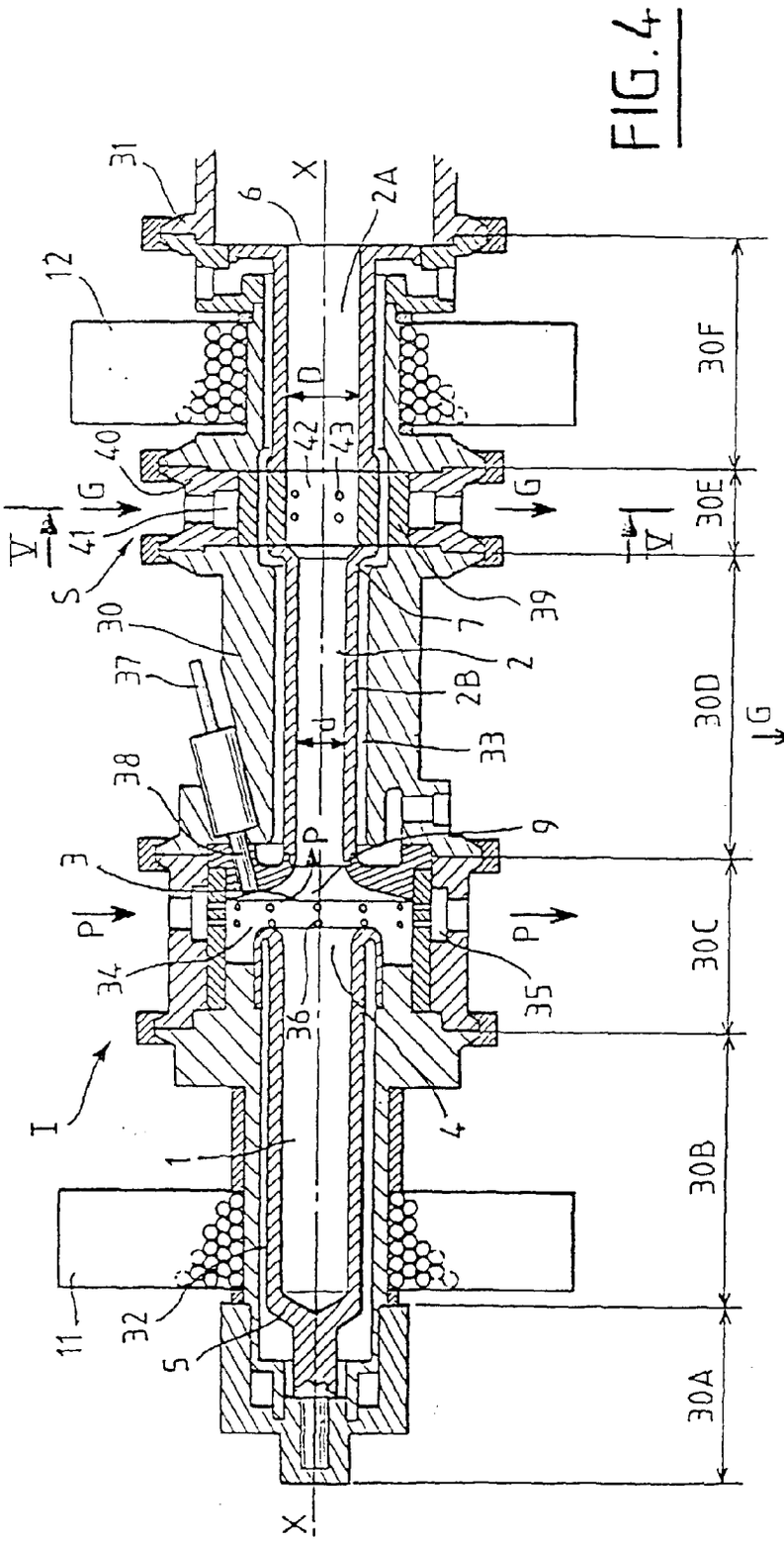

31
6
X
2A
12
D
42
43
40
G
41
S
30
37
38
3
P
34
36
35
I
1
11
32
5
4
7
39
2
2B
33
9
30F
30E
30D
30C
30B
30A
V
V
P
P
G
G
X

FIG.4

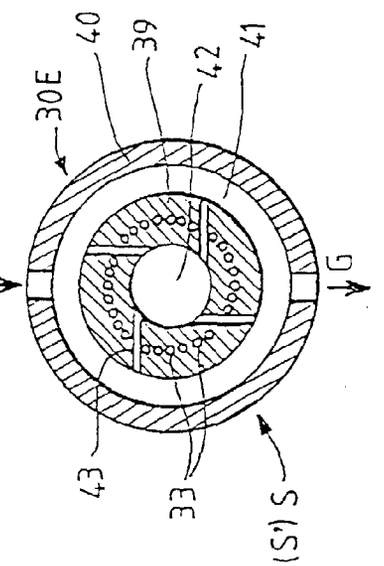

40
39
42
41
30E
G
G
43
33
(S') S

FIG.5

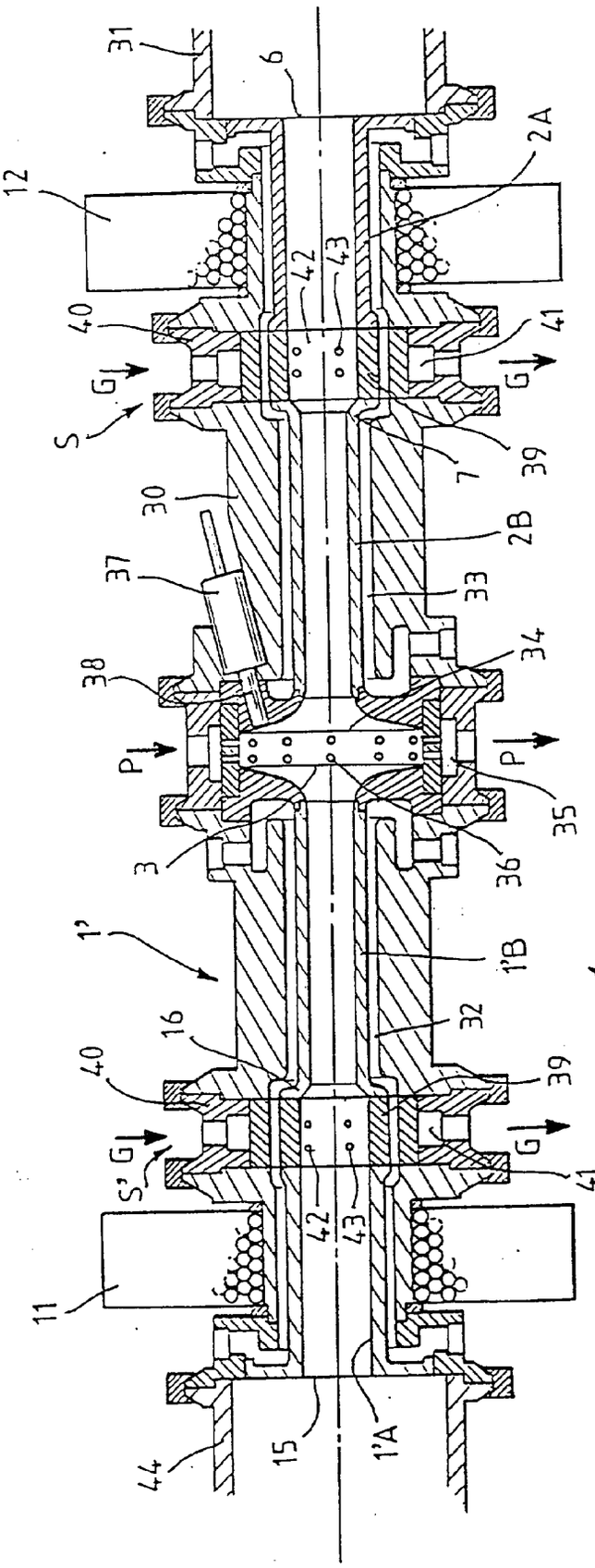

31
6
12
2A
42
43
40
41
G
S
7
39
30
2B
37
33
38
34
P
35
3
36
1'
1'B
32
16
40
39
S'
41
11
42
43
15
1'A
44
II

FIG.6