

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 750 449 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

04.08.1999 Bulletin 1999/31

(51) Int Cl.⁶: **H05H 1/34, B23K 9/29**

(21) Numéro de dépôt: **96401365.0**

(22) Date de dépôt: **20.06.1996**

(54) **Tête de torche à plasma et torche à plasma la comportant**

Plasmabrennerkopf und diesen enthaltender Plasmabrenner

Plasma torch head and plasma torch equipped with it

(84) Etats contractants désignés:

BE CH DE ES FR GB IT LI NL PT

(30) Priorité: **23.06.1995 FR 9507608**

(43) Date de publication de la demande:

27.12.1996 Bulletin 1996/52

(73) Titulaire: **LA SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE**

F-75007 Paris (FR)

(72) Inventeur: **Delzenne, Michel**

95130 Franconville (FR)

(74) Mandataire: **Le Moenner, Gabriel et al**

**L'AIR LIQUIDE, Société Anonyme
pour l'étude et l'exploitation des procédés
Georges Claude
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cédex 07 (FR)**

(56) Documents cités:

EP-A- 0 173 902

EP-A- 0 390 998

EP-A- 0 522 270

EP-A- 0 529 850

US-A- 4 954 683

EP 0 750 449 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

[0001] La présente invention concerne une tête de torche à plasma, du type comportant une électrode axiale, associée à une tuyère périphérique en forme de coupelle dont le fond comporte un conduit axial d'éjection du jet de plasma et dont la paroi latérale entoure l'électrode et délimite avec celle-ci un espace d'alimentation en gaz d'alimentation sensiblement annulaire. L'invention concerne, en outre, une torche à plasma.

[0002] La présente invention a pour but de fournir une tête de torche à plasma permettant d'obtenir des profils de coupe de bonne qualité avec des angles de dépouille sensiblement égaux de part et d'autre de la saignée, et ne nécessitant pas systématiquement une reprise mécanique des pièces découpées en vue de leur utilisation ultérieure.

[0003] A cet effet, l'invention a pour objet une tête de torche à plasma, du type précité, comportant une surface interne de fond plate, la face d'extrémité de l'électrode étant plate et délimitant avec la surface interne un intervalle annulaire de laminage de l'écoulement du gaz plasmagène.

[0004] Suivant des modes particuliers de réalisation, l'invention peut présenter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- l'aire de la section cylindrique de passage du gaz dans l'intervalle annulaire de laminage, mesurée à l'entrée du conduit axial d'éjection, est inférieure au tiers de l'aire de la section en couronne de passage du gaz dans l'espace annulaire entourant l'électrode ;
- l'aire de la section cylindrique de passage du gaz dans l'intervalle annulaire de laminage, mesurée à l'entrée du conduit axial d'éjection, est supérieure à 1/90e de l'aire de la section en couronne de passage du gaz dans l'espace annulaire entourant l'électrode ;
- lesdits moyens d'écoulement comportent des lumières d'alimentation en gaz plasmagène débouchant radialement dans l'espace annulaire ;
- l'aire de la section en couronne de passage du gaz dans l'espace annulaire entourant l'électrode est supérieure à 1,5 fois l'aire totale de la section de passage du gaz dans les lumières d'alimentation ;
- l'aire de la section en couronne de passage du gaz dans l'espace annulaire entourant l'électrode est inférieure à 3 fois l'aire totale de la section de passage du gaz dans les lumières d'alimentation ;
- la hauteur e de l'intervalle annulaire de laminage, exprimée en centimètre, vérifie sensiblement l'inégalité

$$\frac{1}{5500} \frac{G}{v} \sqrt{\frac{1}{I}} \leq e \leq \frac{1}{3000} \frac{G}{v} \sqrt{\frac{1}{I}}$$

dans laquelle :

G est le débit de gaz plasmagène de la tête, exprimé en $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
 v est la viscosité cinématique du gaz plasmagène, exprimée en $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, et
 I est l'intensité du courant de coupe, exprimée en Ampère ;

- le conduit axial d'éjection du jet de plasma ménagé dans la tuyère comporte un tronçon cylindrique de diamètre constant d'amenée du flux de plasma à un régime laminaire ;
- le conduit axial d'éjection du jet de plasma ménagé dans la tuyère comporte à son entrée un tronçon de diamètre progressivement décroissant suivant le sens de circulation du jet de plasma ;
- le tronçon d'entrée est délimité par une surface toroïdale reliée tangentiellement au tronçon de laminage ;
- le conduit axial d'éjection du jet de plasma ménagé dans la tuyère comporte en sortie un tronçon de section progressivement croissante suivant le sens de circulation du jet de plasma, notamment ayant la forme d'une tuyère de Laval.

[0005] L'invention a également pour objet une torche à plasma comportant une tête de torche, notamment interchangeable dans son ensemble, telle que définie précédemment.

[0006] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :

- la figure 1 est une vue très schématique, en coupe longitudinale, d'une tête de torche à plasma selon l'invention, et
- la figure 2 est une vue en coupe longitudinale à plus grande échelle d'un détail de la tuyère de la figure 1.

[0007] La tête de torche à plasma représentée sur la figure 1, destinée à la découpe de pièces métalliques, est indémontable mais interchangeable et a une forme générale de révolution d'axe X-X. Elle se monte sur un corps de torche à plasma adapté, par exemple par encliquetage dans ce corps. Cette tête comporte essentiellement une élec-

trode 10 d'axe X-X et une tuyère périphérique 12 en forme de coupelle, toutes deux adaptées pour être associées à des générateurs de potentiels électriques appropriés et solidaires d'un couvercle 14 isolant reliant rigidement l'électrode et la tuyère, et formant un diffuseur de gaz plasmagène.

[0008] L'électrode 10 est réalisée en un métal approprié et a une forme générale de révolution. Elle comporte une face d'extrémité plate 16 s'étendant perpendiculairement à l'axe X-X de l'électrode, à une extrémité de diamètre légèrement réduit de celle-ci.

[0009] Un insert émissif cylindrique 18 en hafnium est disposé axialement à l'extrémité de l'électrode 10 et affleure au centre de la face 16.

[0010] La tuyère 12 a une forme de coupelle d'axe X-X. Elle comporte un fond plat 20 muni d'un conduit axial 22 d'éjection du jet de plasma. Le fond 20 est prolongé par une paroi latérale 24 entourant l'électrode 10 et délimitant avec celle-ci un espace 26 d'alimentation du gaz plasmagène sensiblement annulaire.

[0011] Le fond 20 et la paroi latérale 24 délimitent une cuvette à l'intérieur de laquelle est reçue l'extrémité de l'électrode 10. Le fond de la cuvette est formé par une surface plate 28 disposée en regard de la face plate 16. Elles délimitent ensemble un intervalle annulaire 29 de laminage de l'écoulement du gaz plasmagène. Cet intervalle a une hauteur calibrée notée e . La surface 28 est reliée à sa périphérie à la paroi latérale 24 par des tronçons successifs de paroi coniques ou toroïdaux 30.

[0012] La surface cylindrique intérieure 32 de la paroi latérale 24 et la paroi latérale cylindrique de l'électrode 10 délimitent transversalement à l'espace d'alimentation annulaire 26 une section en couronne de passage du gaz, dont l'aire est notée S_{ch} .

[0013] Le couvercle 14 a la forme générale d'une coupelle inversée dont le fond 34 est opposé au fond de la tuyère 12. Ce fond 34 est muni d'un passage pour l'électrode 10. La paroi latérale 36 du couvercle 14 est fixée à la paroi latérale 24 de la tuyère dans le prolongement de celle-ci. La paroi latérale 36 comporte par ailleurs des lumières 38 circulaires suivant toute la circonférence, adaptées pour permettre le passage dans l'espace annulaire 26 du gaz plasmagène issu d'une source sous pression 37. Les lumières 38 sont ménagées perpendiculairement à l'axe X-X de l'électrode et sont régulièrement réparties suivant le pourtour de la paroi latérale. Elles permettent l'écoulement du gaz plasmagène dans l'espace annulaire 26 suivant une direction sensiblement axiale et avec une répartition de vitesses sensiblement homogène sur toute la section S_{ch} .

[0014] Afin de permettre la stabilisation de l'arc électrique s'établissant entre l'insert émissif 18 et une pièce métallique (non représentée) disposée en sortie du conduit 22 d'éjection, la hauteur e de l'intervalle annulaire 29 de laminage 16, exprimée en centimètre, est choisie de telle sorte qu'elle vérifie sensiblement l'inégalité :

$$\frac{1}{5500} \frac{G}{v} \sqrt{\frac{1}{I}} \leq e \leq \frac{1}{3000} \frac{G}{v} \sqrt{\frac{1}{I}}$$

dans laquelle :

G est le débit de gaz plasmagène dans la tête, exprimé en $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
 v est la viscosité cinématique du gaz plasmagène, exprimée en $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, et
 I est l'intensité du courant de coupe, exprimée en Ampère.

[0015] Par ailleurs, afin que l'intervalle annulaire de laminage défini entre les faces planes en regard 16 et 28 crée un laminage du gaz plasmagène suffisant pour maintenir la racine de l'arc électrique sur l'insert émissif 18, le dimensionnement est tel que l'aire, notée S_e , de la section cylindrique de passage du gaz dans l'intervalle annulaire 29 de laminage, mesurée à l'entrée du conduit 22 d'éjection du plasma, est inférieure au tiers de l'aire S_{ch} de la section en couronne.

[0016] Cependant, afin d'éviter un phénomène de claquage et la formation d'un arc électrique entre l'électrode 10 et le fond 20 de la tuyère, la hauteur e est choisie de telle sorte que la même aire S_e est supérieure à 1/90e de l'aire S_{ch} .

[0017] Par ailleurs, afin de limiter les perturbations en sortie des lumières d'alimentation 38, et ainsi permettre un écoulement axial du gaz plasmagène à travers l'espace annulaire 26, l'aire S_{ch} est comprise entre 1,5 fois et 3 fois l'aire totale de la section de passage du gaz dans les lumières d'alimentation 38.

[0018] On conçoit qu'avec un tel agencement, l'écoulement du gaz plasmagène s'effectue parallèlement à l'axe X-X dans l'espace annulaire 26, et permet de donner naissance à des forces convergentes suivant l'axe X-X immédiatement en avant de l'insert émissif 18 après laminage dans l'intervalle annulaire 29. Ces forces convergentes maintiennent la racine de l'arc électrique dans un état quasi-stationnaire. La stabilisation de l'arc est renforcée par la pression dynamique du flux de plasma s'écoulant à l'entrée du conduit d'éjection 22.

[0019] Le conduit d'éjection 22 comporte trois tronçons successifs coaxiaux. Un tronçon d'entrée 40, prévu à l'entrée du conduit d'éjection 22, présente un diamètre progressivement décroissant suivant le sens de circulation du jet de plasma. Ce tronçon 40 est prolongé par un tronçon intermédiaire 42 de diamètre constant adapté pour amener le flux

de plasma à un régime laminaire.

[0020] Sur la figure 2 est représentée à plus grande échelle la première partie du conduit d'injection 22. Sur cette figure, le tronçon d'entrée 40 est délimité par une surface toroïdale reliée à la surface plate 28 par une arête vive notée 40A. Par ailleurs, cette surface toroïdale se raccorde tangentiellement en 40B au tronçon intermédiaire 42.

[0021] Le conduit 22 comporte en sortie un tronçon 44 de section progressivement croissante suivant le sens de circulation du jet de plasma. Ce tronçon de sortie évasé a le profil d'une tuyère de Laval afin d'amener progressivement le jet de plasma à la pression atmosphérique tout en l'accéléralant pour porter sa vitesse à une vitesse supersonique. Par ailleurs, le profil de la tuyère de Laval permet en sortie du conduit d'éjection d'obtenir des lignes de courant gazeux parallèles et des vitesses sensiblement identiques en tout point de la section transversale du jet.

[0022] Afin de faciliter la réalisation de la tuyère de Laval, l'usinage peut être effectué à partir d'un profil approchant mettant en oeuvre par exemple des cylindres, des arcs de cercle et des troncs de cône raccordés les uns aux autres.

[0023] Un tel conduit d'éjection 22 permet d'éviter le dépôt de particules extraites de l'électrode dans le tronçon d'entrée 40. Par ailleurs, le tronçon intermédiaire 42 de laminage du jet de plasma permet de stabiliser celui-ci par établissement d'un régime laminaire.

[0024] Une tête de torche à plasma telle que décrite précédemment permet de maintenir quasi-stationnaire l'arc électrique entre l'insert émissif 18 et la pièce à découper. De plus, elle est simple à réaliser et ne nécessite pas de moyen complexe de stabilisation de l'arc électrique. Par ailleurs, aucun vortex n'étant créé sur le trajet du gaz plasmagène ou du plasma, la découpe obtenue présente des caractéristiques dimensionnelles extrêmement voisines de celles obtenues par une découpe au laser.

[0025] A titre d'exemple, sont regroupés dans le tableau ci-dessous les résultats comparés de la découpe d'une tôle d'acier de construction E24 de 5 mm d'épaisseur avec une tête de torche à plasma classique et avec une tête de torche à plasma selon l'invention, toutes deux utilisant l'oxygène comme gaz plasmagène.

	Tête classique	Tête selon l'invention
Angle de dépouille	1 à 15°	0°10' à 0°30"
Rugosité	$R_a \approx 50 \mu\text{m}$	$R_a \approx 2 \mu\text{m}$
Hauteur de bavure	$\approx 0,03 \text{ mm}$	$\approx 0,03 \text{ mm}$

[0026] L'expérience a été menée avec une intensité de coupe de 45 Ampères, une pression d'alimentation relative de 5,2 bars et une vitesse de coupe de 0,82 m/mn.

[0027] Bien entendu, la tête de torche à plasma décrite précédemment peut comporter des dispositifs de distribution de fluides périphériques supplémentaires de refroidissement ou de protection du jet central de plasma de l'influence de l'air ambiant, ou de modification de la composition chimique de ce jet. Elle peut également comporter des conduits de circulation d'un fluide de refroidissement dans l'électrode et/ou dans la tuyère.

[0028] Par ailleurs, la tête de torche à plasma selon l'invention peut être formée d'un module unique préfabriqué et se monter par tout moyen approprié sur un corps de torche adapté. La tête de torche est alors amovible et interchangeable dans son ensemble.

[0029] De même, la tête peut être intégrée à une torche. Dans ce cas, les différents organes constituant la torche reproduisent les caractéristiques dimensionnelles de la tête décrites précédemment. Ainsi par exemple, le couvercle 14 est intégré au corps de torche et l'électrode 10 et la tuyère 12 se vissent ou s'emboîtent sur des connecteurs du corps de torche. Par ailleurs, il est possible, dans ce cas, que, lors de la mise en route de la torche, l'électrode 10, montée mobile axialement, soit mise en contact avec la tuyère 12 afin de créer un arc électrique entre elles. L'électrode est ensuite automatiquement rétractée et maintenue écartée de la tuyère de la hauteur e prédéterminée.

[0030] La tête de torche selon l'invention peut être dimensionnée d'après l'inégalité (1) pour fonctionner avec tout type de gaz plasmagène, de l'oxygène ou de l'air par exemple.

Revendications

1. Tête de torche à plasma, du type comportant une électrode axiale (10), associée à une tuyère périphérique (12) en forme de coupelle dont le fond (20) comporte un conduit axial (22) d'éjection du jet de plasma et dont la paroi latérale (24) entoure l'électrode (10) et délimite avec celle-ci un espace (26) d'alimentation en gaz plasmagène sensiblement annulaire, caractérisée en ce que la surface interne (28) du fond (20) est plate et en ce que la face d'extrémité (16) de l'électrode (10) est plate et délimite avec la surface interne (20) un intervalle annulaire (29) de laminage de l'écoulement du gaz plasmagène.

2. Tête de torche à plasma selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'aire (S_e) de la section cylindrique de

passage du gaz dans l'intervalle annulaire (29) de laminage, mesurée à l'entrée du conduit axial (22) d'éjection, est inférieure au tiers de l'aire (S_{ch}) de la section en couronne de passage du gaz dans l'espace annulaire (26) entourant l'électrode (10).

- 5 3. Tête de torche à plasma selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que l'aire (S_e) de la section cylindrique de passage du gaz dans l'intervalle annulaire (29) de laminage, mesurée à l'entrée du conduit axial (22) d'éjection, est supérieure à 1/90e de l'aire (S_{ch}) de la section en couronne de passage du gaz dans l'espace annulaire (26) entourant l'électrode (10).
- 10 4. Tête de torche à plasma selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que lesdits moyens d'écoulement comportent des lumières (38) d'alimentation en gaz plasmagène débouchant radialement dans l'espace annulaire (26).
- 15 5. Tête de torche à plasma selon la revendication 4, caractérisée en ce que l'aire (S_{ch}) de la section en couronne de passage du gaz dans l'espace annulaire (26) entourant l'électrode (10) est supérieure à 1,5 fois l'aire totale de la section de passage du gaz dans les lumières d'alimentation (38).
- 20 6. Tête de torche à plasma selon la revendication 4, caractérisée en ce que l'aire (S_{ch}) de la section en couronne de passage du gaz dans l'espace annulaire (26) entourant l'électrode (10) est inférieure à 3 fois l'aire totale de la section de passage du gaz dans les lumières d'alimentation (38).
- 25 7. Tête de torche à plasma selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que la hauteur e de l'intervalle annulaire (29) de laminage, exprimée en centimètre, vérifie sensiblement l'inégalité

$$\frac{1}{5500} \frac{G}{v} \sqrt{\frac{1}{I}} \leq e \leq \frac{1}{3000} \frac{G}{v} \sqrt{\frac{1}{I}}$$

dans laquelle :

- 30 G est le débit de gaz plasmagène de la tête, exprimé en $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
v est la viscosité cinématique du gaz plasmagène, exprimée en $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, et
I est l'intensité du courant de coupe, exprimée en Ampère.

- 35 8. Tête de torche à plasma selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le conduit axial (22) d'éjection du jet de plasma ménagé dans la tuyère (12) comporte un tronçon (42) cylindrique de diamètre constant d'amenée du flux de plasma à un régime laminaire.
- 40 9. Tête de torche à plasma selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le conduit axial (22) d'éjection du jet de plasma ménagé dans la tuyère (12) comporte à son entrée un tronçon (40) de diamètre progressivement décroissant suivant le sens de circulation du jet de plasma.
- 45 10. Tête de torche à plasma selon les revendications 8 et 9 prises ensemble, caractérisée en ce que le tronçon d'entrée (40) est délimité par une surface toroïdale reliée tangentiellement au tronçon de laminage (42).
- 50 11. Tête de torche à plasma selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le conduit axial (22) d'éjection du jet de plasma ménagé dans la tuyère (12) comporte en sortie un tronçon (44) de section progressivement croissante suivant le sens de circulation du jet de plasma, notamment ayant la forme d'une tuyère de Laval.
- 55 12. Torche à plasma comportant une tête, notamment interchangeable dans son ensemble, selon l'une quelconque des revendications précédentes.

Patentansprüche

1. Plasmabrennerspitze der Art mit einer axialen Elektrode (10) in Verbindung mit einer peripheren Düse (12) in Form eines Tiegels, dessen Boden (20) eine axiale Bohrung (22) zum Ausstoß des Plasmastrahls enthält und dessen

Seitenwand (24) die Elektrode (10) umgibt und mit dieser einen im wesentlichen ringförmigen Zufuhrraum (26) für plasmagenes Gas begrenzt, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenfläche (28) des Bodens (20) eben ist und daß die Endfläche (16) der Elektrode (10) eben ist und mit der Innenfläche (28) einen ringförmigen Zwischenraum (29), um die Strömung des plasmagenen Gases laminar zu machen, begrenzt.

2. Plasmabrennerspitze nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche (S_e) des zylindrischen Gasdurchgangsabschnitts in dem ringförmigen Laminarzwischenraum (29), gemessen am Eingang der axialen Ausstoßbohrung (22), kleiner ist als ein Drittel der Fläche (S_{ch}) des oberen Gasdurchgangsabschnitts in dem die Elektrode (10) umgebenden Ringraum (26).

3. Plasmabrennerspitze nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche (S_e) des zylindrischen Gasdurchgangsabschnitts in dem ringförmigen Laminarzwischenraum (29), gemessen am Eingang der axialen Ausstoßbohrung (22), größer ist als 1/90 der Fläche (S_{ch}) des oberen Gasdurchgangsabschnitts in dem die Elektrode (10) umgebenden Ringraum (26).

4. Plasmabrennerspitze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die besagten Strömungsmittel Zufuhrschlitze (38) für plasmagenes Gas enthalten, die radial in den Ringraum (26) münden.

5. Plasmabrennerspitze nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche (S_{ch}) des oberen Gasdurchgangsabschnitts in dem die Elektrode (10) umgebenden Ringraum (26) größer ist als 1,5-mal die Gesamtfläche des Gasdurchgangsabschnitts in den Zufuhrschlitzen (38).

6. Plasmabrennerspitze nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Fläche (S_{ch}) des oberen Gasdurchgangsabschnitts in dem die Elektrode (10) umgebenden Ringraum kleiner ist als 3-mal die Gesamtfläche des Gasdurchgangsabschnitts in den Zufuhrschlitzen (38).

7. Plasmabrennerspitze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Höhe e des ringförmigen Laminarzwischenraums (29) in Zentimetern im wesentlichen die Ungleichung

$$\frac{1}{5500} \frac{G}{v} \sqrt{\frac{1}{I}} \leq e \leq \frac{1}{3000} \frac{G}{v} \sqrt{\frac{1}{I}}$$

bestätigt, wobei

G die Durchflußmenge des plasmagenen Gases an der Spitze in $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
v die kinematische Viskosität des plasmagenen Gases in $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ und
I die Kurzschlußstromstärke in Ampere bedeutet.

8. Plasmabrennerspitze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Düse (12) gemachte axiale Bohrung (22) zum Ausstoß des Plasmastrahls einen zylindrischen Teilabschnitt (42) mit konstantem Durchmesser für den Plasmazulauf unter laminaren Bedingungen enthält.

9. Plasmabrennerspitze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Düse (12) gemachte axiale Bohrung (22) zum Ausstoß des Plasmastrahls an ihrem Eingang einen Teilabschnitt (40) mit fortschreitend abnehmendem Durchmesser in Richtung des Kreislaufs des Plasmastrahls enthält.

10. Plasmabrennerspitze nach Anspruch 8 und 9 zusammengefasst, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingangsteilabschnitt (40) von einer toroiden, den Laminierabschnitt (42) tangential berührenden Fläche begrenzt ist.

11. Plasmabrennerspitze nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die in der Düse (12) gemachte axiale Bohrung (22) zum Ausstoß des Plasmastrahls am Ausgang einen Teilabschnitt (44) mit fortschreitend zunehmendem Querschnitt in Richtung des Kreislaufs des Plasmastrahls, insbesondere in Form einer Lavaldüse, enthält.

12. Plasmabrenner mit einer insbesondere als Ganzes auswechselbaren Spitze nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Claims

1. Plasma torch head, of the type having an axial electrode (10) combined with a cup-shaped, peripheral nozzle (12), the bottom (20) of which has an axial channel (22) for ejecting the plasma jet and the side wall (24) of which surrounds the electrode (10) and together with the latter defines an approximately annular space (26) for feeding a plasma gas, characterized in that the internal surface (28) of the bottom (20) is flat and in that the end face (16) of the electrode (10) is flat and together with the internal surface (20) defines an annular gap (29) for throttling the flow of the plasma gas.
2. Plasma torch head according to Claim 1, characterized in that the cylindrical flow area (S_e) of the gas in the annular throttling gap (29), measured at the inlet of the axial ejection channel (22), is less than one-third of the ring-shaped flow area (S_{ch}) of the gas in the annular space (26) surrounding the electrode (10).
3. Plasma torch head according to Claim 1 or 2, characterized in that the cylindrical flow area (S_e) of the gas in the annular throttling gap (29), measured at the inlet of the axial ejection channel (22), is greater than 1/90th of the ring-shaped flow area (S_{ch}) of the gas in the annular space (26) surrounding the electrode (10).
4. Plasma torch head according to any one of the preceding claims, characterized in that the said flow means include plasma-gas feed ports (38) emerging radially in the annular space (26).
5. Plasma torch head according to Claim 4, characterized in that the ring-shaped flow area (S_{ch}) of the gas in the annular space (26) surrounding the electrode (10) is greater than 1.5 times the total flow area of the gas in the feed ports (38).
6. Plasma torch head according to Claim 4, characterized in that the ring-shaped flow area (S_{ch}) of the gas in the annular space (26) surrounding the electrode (10) is less than 3 times the total flow area of the gas in the feed ports (38).
7. Plasma torch head according to any one of the preceding claims, characterized in that the height e of the annular throttling gap (29), expressed in centimetres, substantially satisfies the inequality

$$\frac{1}{5500} \frac{G}{v \sqrt{I}} \leq e \leq \frac{G}{v \sqrt{I}}$$

in which:

G is the plasma gas flow rate of the head, expressed in cm³/s;

v is the kinematic viscosity of the plasma gas, expressed in cm²/s; and

I is the intensity of the cut-off current, expressed in amps.

8. Plasma torch head according to any one of the preceding claims, characterized in that the axial plasma-jet ejection channel (22) made in the nozzle (12) has a constant-diameter cylindrical portion (42) for delivering the plasma flux under laminar-flow conditions.
9. Plasma torch head according to any one of the preceding claims, characterized in that the axial plasma-jet ejection channel (22) made in the nozzle (12) has, at its inlet, a portion (40) whose diameter gradually decreases in the direction of flow of the plasma jet.
10. Plasma torch head according to Claims 8 and 9 taken together, characterized in that the inlet portion (40) is bounded by a toroidal surface joined tangentially to the throttling portion (42).
11. Plasma torch head according to any one of the preceding claims, characterized in that the axial plasma-jet ejection channel (22) made in the nozzle (12) has, on the outlet side, a portion (44) whose cross section gradually increases in the direction of flow of the plasma jet, this especially having the shape of a Laval nozzle.
12. Plasma torch equipped with a head, especially one which is interchangeable in its entirety, according to any one of the preceding claims.

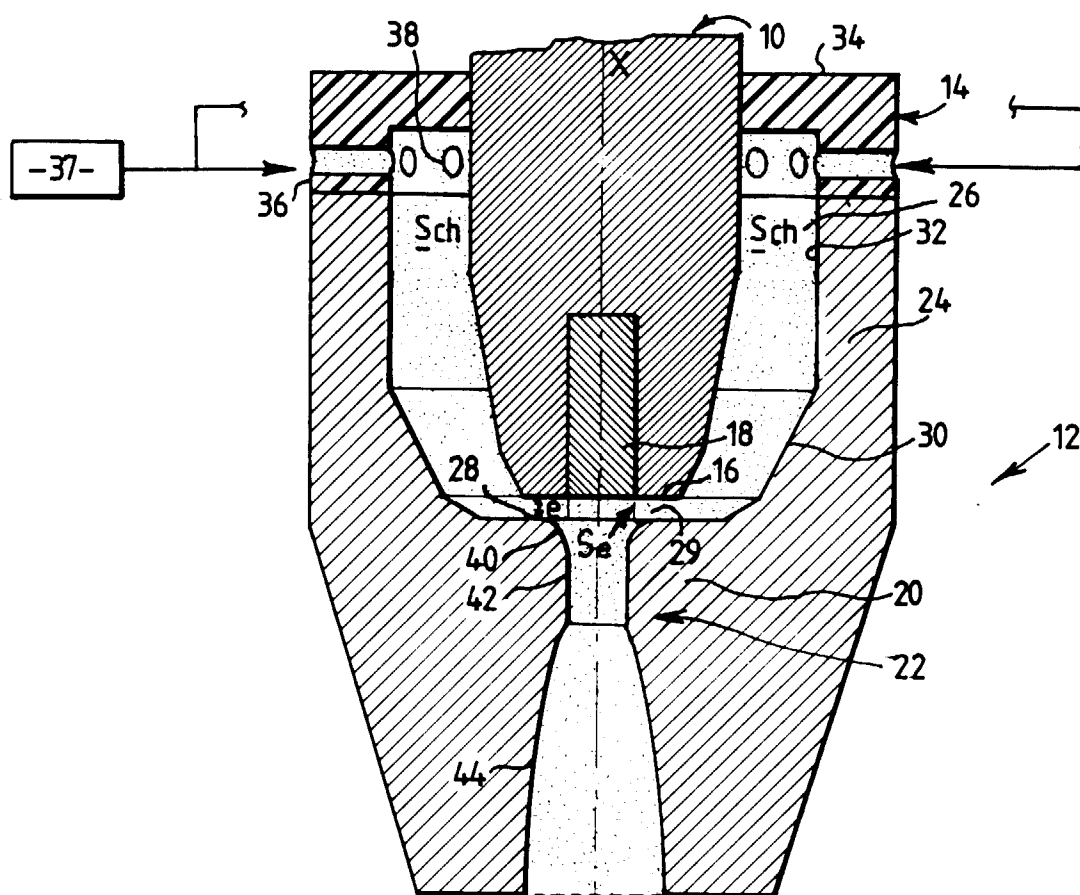


FIG.1

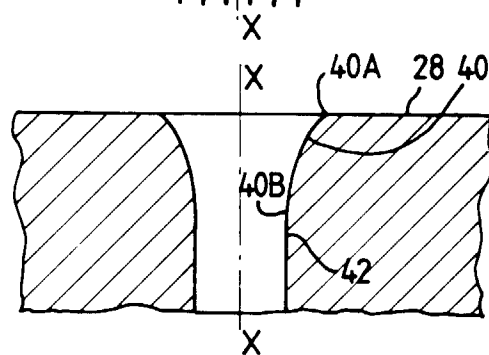


FIG.2