

(19)



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11)

EP 1 575 342 A2

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:  
14.09.2005 Bulletin 2005/37

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

(21) Numéro de dépôt: 05300121.0

(22) Date de dépôt: 16.02.2005

(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

• L'air Liquide, S.A. à Directoire et Conseil de  
Surveillance pour l'Etude et l'Exploitation des  
Procédés Georges Claude  
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(30) Priorité: 09.03.2004 FR 0450477

(72) Inventeur: BAILLOT, Edmond  
95550, BESSANCOURT (FR)

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

(74) Mandataire: Pittis, Olivier  
L'Air Liquide, S.A.,  
Direction de la Propriété Intellectuelle,  
75, Quai d'Orsay  
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(54) Torche de coupage plasma à circuits d'injection de gaz différenciés

(57) Torche à plasma (102) ayant un corps principal comportant une chambre plasmagène (8) et un premier circuit d'alimentation (C) en gaz de travail débouchant dans ladite chambre plasmagène (8) pour alimenter ladite chambre plasmagène (8) en gaz de travail. Un deuxième circuit d'alimentation (E) en gaz d'amorçage

débouchant dans ladite chambre plasmagène (8) permet d'alimenter ladite chambre plasmagène (8) en gaz d'amorçage. Le deuxième circuit d'alimentation (E) en gaz d'amorçage est au moins en partie distinct du premier circuit (C) d'alimentation en gaz de travail. Installation de travail à l'arc plasma comprenant une telle torche et procédé de mise en oeuvre.

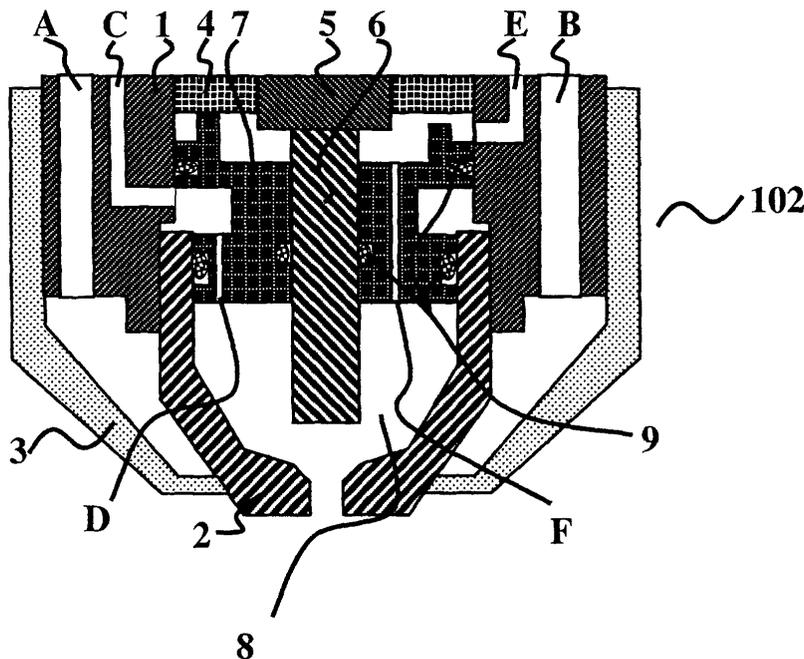


Figure 3

EP 1 575 342 A2

## Description

**[0001]** La présente invention concerne une torche de travail à l'arc plasma à circuits d'injection de gaz différencié, en particulier une torche de coupage plasma, une installation comportant une telle torche et son utilisation dans un procédé de coupage plasma.

**[0002]** La Figure 1 représente un schéma général d'une installation de coupage plasma classique comprenant généralement au moins une source de courant électrique 101 reliée par ses pôles, d'une part, à l'électrode d'une torche 102 et, d'autre part, à la pièce à couper 103 formant l'autre électrode. Une source de gaz 104 d'amorçage ou gaz pilote alimente la torche 102 via un moyen de régulation 105 de la pression de gaz pilote. Une vanne de sectionnement 106 et un organe 110, interne ou externe à la torche, permettent la mise en relation des différents circuits d'alimentation vers la torche. La vanne de sectionnement 106 permet d'ouvrir le circuit de gaz pilote vers la torche 102 ou de le fermer selon les étapes de séquençement liées au travail de découpe. Une source de gaz 107 de coupe alimente la torche 102 via un moyen de régulation 108 de la pression de gaz de coupe, une vanne de sectionnement 9 et un organe 110 de mise en relation des circuits d'alimentation vers la torche 102. Le circuit de gaz de coupe peut donc être ouvert ou fermé selon les étapes de séquençement liées au travail de découpe.

**[0003]** Par ailleurs, un dispositif 111 de gestion des séquences de fonctionnement de l'installation de coupage plasma commande l'ouverture/fermeture des vannes de sectionnement 106 et 109, ainsi que les montées/descentes de courant de la source électrique 101 aussi bien pour les phases d'amorçages que pour les phases de coupe.

**[0004]** Si les moyens de régulation de pression 105 et 108 ne sont pas des organes à réglage manuel mais des organes pilotables à distance selon une consigne de fonctionnement, le dispositif 111 commande également, avant, simultanément ou après, la commande d'ouverture des vannes de sectionnement 106 et 109, la mise en service des organes de régulation 105 et 108.

**[0005]** Lors d'une opération de coupage, les opérations préalables d'amorçage d'arc et de transfert de celui-ci à la pièce à couper étant effectuées, le dispositif 111 commande, à partir d'une information attestant du transfert de l'arc, par exemple via un capteur de courant (non représenté) placé dans le circuit électrique reliant la source de courant électrique 101 à la pièce à couper 103, d'une part, la substitution du gaz pilote par le gaz de coupe en provoquant la fermeture de la vanne de sectionnement 106 de gaz pilote et l'ouverture, quasi simultanée de la vanne de sectionnement 109 de gaz de coupe, et, d'autre part, la montée en courant de la source électrique 101, selon une rampe prédéfinie pour passer de la valeur du courant pilote à la valeur du courant de coupe afin d'établir un arc plasma 112 adapté à l'opération de découpe qui doit s'ensuivre.

**[0006]** Dans le cas où l'organe de régulation de pression 108 est un organe commandable à distance selon une consigne de fonctionnement, une rampe d'ouverture dudit organe 108 ou de montée en pression prédéfinie est commandée avant, simultanément ou après, la commande d'ouverture de la vanne de sectionnement 109.

**[0007]** A la fin de l'opération de découpe, par programme prédéfini ou sur ordre de l'opérateur, une commande d'arrêt de cycle est envoyée au dispositif 110 qui commande alors la source électrique 101 pour arrêter le courant ainsi que, après un délai prédéfini, la fermeture de la vanne de sectionnement 109 de gaz de coupe.

**[0008]** Dans le cas où l'organe de régulation de pression 108 est un organe pilotable à distance selon une consigne de fonctionnement, celui-ci est commandé selon une rampe prédéfinie de fermeture, ou de descente de pression par le dispositif 111 avant, simultanément ou après, fermeture de la vanne de sectionnement 9 de gaz de coupe.

**[0009]** Cependant, ce type d'installation de l'art antérieur présente un certain nombre d'inconvénients.

**[0010]** Ainsi, la conception de l'injection des gaz dans la chambre d'arc ou chambre plasmagène de la torche 102 résulte habituellement d'un compromis entre injection permettant d'obtenir un arc pilote stable, une phase de perçage efficace, de bonnes performances de coupe et une extinction d'arc sans érosion des pièces consommables, c'est-à-dire essentiellement tuyère et électrode.

**[0011]** Malgré la grande complexité des paramètres qui régissent ces différentes phases du procédé, l'injection de gaz dans la torche est réalisée par un circuit unique détaillé sur la Figure 2.

**[0012]** La circulation de gaz ainsi obtenue est généralement conçue pour optimiser les performances de coupe en régime établi, au détriment des performances des autres étapes du processus de coupe.

**[0013]** Plus précisément, la Figure 2 présente les parties inférieures d'un nez ou tête de torche fonctionnant selon ce principe, c'est-à-dire de la torche 102 de la Figure 1.

**[0014]** On y distingue le corps principal inférieur 1 de torche 102 muni d'une tuyère 2 maintenue en position par une coiffe 3 de protection, et une électrode 6 maintenue en position par rapport à la tuyère 2 par un support d'électrode 5 conducteur qui sert également d'amenée de courant électrique.

**[0015]** L'électrode 6 est connectée à l'une des bornes du générateur de puissance tout en étant isolée de la tuyère 2 et du support tuyère par un intermédiaire isolant 4.

**[0016]** Est également représenté sur la Figure 2, une partie des circuits internes de fluides permettant de véhiculer les fluides (gaz et liquide) au sein de la torche de coupage.

**[0017]** Ainsi, les circuits d'amenée A et de retour B de liquide caloporteur, telle de l'eau distillée par exemple,

permettent d'évacuer la chaleur reçue par la tuyère 2 pendant le coupage, de manière à éviter une usure trop rapide de celle-ci.

**[0018]** Le gaz est injecté dans la chambre d'arc 8, encore appelée chambre plasmagène 8, par des orifices calibrés D alimentés par un circuit unique C de gaz et portés par une pièce-diffuseur 7. Les dimensions et la répartition desdits orifices D de la pièce-diffuseur 7 sont fonction du procédé et de l'intensité de travail choisis.

**[0019]** Il existe aussi d'autres modes d'injection de gaz dans la chambre d'arc 8, tels que des laminages annulaires ou autres moyens similaires.

**[0020]** Dans une telle torche de l'art antérieur, un seul et unique circuit d'injection de gaz est donc prévu quelle que soit la phase du procédé, c'est-à-dire que le même circuit sert à l'alimentation en gaz d'amorçage et ensuite en gaz plasmagène. De façon analogue, les mêmes orifices D de la pièce-diffuseur 7 sont utilisés pour le passage du gaz d'amorçage et par celui du gaz de coupage.

**[0021]** Or, avec un tel agencement, il a été constaté que les performances d'amorçage, c'est-à-dire d'allumage de l'arc, sont relativement médiocres et conduisent en particulier à des défauts de stabilité et à une faible longueur d'arc pilote.

**[0022]** L'arc pilote d'amorçage est établi par soufflage d'arc entre électrode 6 et tuyère 2, que ce soit en polarisation continue ou alternative, haute fréquence ou autre.

**[0023]** Les caractéristiques de l'arc pilote sont liées au régime d'écoulement (flèches 11) du gaz pilote dans la chambre 8 d'arc, elles-mêmes déterminées par les caractéristiques de l'injection : dimensions, nombre, orientation .... des orifices D d'entrée de gaz.

**[0024]** Dans ce cas, le régime d'écoulement, mal adapté à l'arc pilote, puisque conçu pour optimiser la coupe en régime établi, ne permet pas de stabiliser correctement le pied d'arc sur l'électrode et cela se traduit par des battements 12 latéraux de l'arc.

**[0025]** De même cet écoulement ne permet pas d'avoir des longueurs de chemin électrique entre électrode 6 et tuyère 2 constantes, ce qui conduit aux fluctuations axiales (flèche 13).

**[0026]** De plus, l'arc pilote est alors mal stabilisé au niveau de l'électrode 6, sa longueur et sa tension sont grandement variables, et sa longueur moyenne est parfois trop courte, ce qui est préjudiciable aux performances de transfert d'arc vers la tôle 14.

**[0027]** Le problème à résoudre est dès lors d'améliorer les torches de l'art antérieur en proposant un aménagement particulier des torches de coupage plasma permettant d'établir différents régimes d'écoulement des gaz en fonction de la phase de fonctionnement, à savoir phase d'amorçage et phase de coupage, de manière à pouvoir adapter l'écoulement en fonction des caractéristiques propres de chacune des phases.

**[0028]** La solution de l'invention est alors une torche à plasma ayant un corps principal comportant une chambre plasmagène et un premier circuit d'alimenta-

tion en gaz de travail débouchant dans ladite chambre plasmagène pour alimenter ladite chambre plasmagène en gaz de travail, caractérisée en ce qu'elle comporte un deuxième circuit d'alimentation en gaz d'amorçage débouchant dans ladite chambre plasmagène pour alimenter ladite chambre plasmagène en gaz d'amorçage, ledit deuxième circuit d'alimentation en gaz d'amorçage étant au moins en partie distinct du premier circuit d'alimentation en gaz de travail.

**[0029]** Selon le cas, la torche de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques techniques suivantes :

- les premier et deuxième circuits d'alimentation en gaz sont différenciés au niveau des sites d'entrée du gaz de coupe et du gaz d'amorçage dans la chambre plasmagène.
- les sites d'entrée du gaz de coupe dans la chambre plasmagène sont un ou plusieurs premier orifices et les sites d'entrée du gaz d'amorçage dans la chambre plasmagène sont un ou plusieurs deuxième orifices, lesdits un ou plusieurs premier orifices étant distincts desdits un ou plusieurs deuxième orifices.
- elle comporte des moyens de contrôle du passage du gaz aux travers des sites d'entrée du gaz de coupe et du gaz d'amorçage dans la chambre plasmagène.
- l'alimentation de la chambre plasmagène en gaz de coupe est réalisée par une pluralité d'orifices calibrés et l'alimentation de la chambre plasmagène en gaz d'amorçage se fait de manière indépendante par une pluralité d'orifices calibrés distincts.
- lesdits un ou plusieurs premier et lesdits un ou plusieurs deuxième orifices sont aménagés au sein d'une ou plusieurs pièce-diffuseur.
- les premier et deuxième circuits d'alimentation en gaz et lesdits un ou plusieurs premier et un ou plusieurs deuxième orifices sont agencés et conçus de manière à permettre une alimentation de la chambre plasmagène en gaz de travail indépendante du deuxième circuit d'alimentation en gaz d'amorçage et une alimentation de la chambre plasmagène en gaz d'amorçage indépendante du premier circuit d'alimentation en gaz de travail.

**[0030]** L'invention porte aussi sur une installation de travail à l'arc plasma comprenant une torche selon l'invention, en particulier une installation automatique de coupage plasma.

**[0031]** Selon le cas, l'installation de l'invention peut comprendre, en outre, des moyens d'alimentation en gaz de travail et des moyens d'alimentation en gaz d'amorçage, une source de courant électrique et des moyens de pilotage, en particulier une commande numérique.

**[0032]** Selon un autre aspect, l'invention porte également sur un procédé de coupage plasma d'une pièce

métallique mettant en oeuvre une telle torche ou une telle installation.

**[0033]** L'invention va être maintenant être mieux comprise grâce à la description détaillée suivante faite en relation avec la Figure 3 qui est une représentation schématique de la partie aval, encore appelée nez ou tête, d'une torche à plasma selon l'invention.

**[0034]** La torche décrite en Figure 3 selon l'invention est globalement similaire à celle de la Figure 2, à l'exception du fait que les circuits d'alimentation en gaz sont différenciés au niveau de l'injection du gaz de coupe C et du gaz d'amorçage ou gaz pilote E. Grâce à une telle différenciation de l'alimentation, on peut mieux gérer l'alimentation de la chambre plasmagène 8 en les différents gaz et donc améliorer leurs performances en fonction de leur rôle propre dans le séquençage d'une coupe.

**[0035]** Comme on le voit sur la Figure 3, l'alimentation de la chambre 8 d'arc en gaz de coupe est réalisée par une pluralité d'orifices calibrés D et l'alimentation de la chambre 8 d'arc en gaz pilote se fait de manière totalement indépendante par une pluralité d'orifices calibrés F distincts des orifices D.

**[0036]** La différenciation et l'optimisation de l'écoulement de gaz reposent sur une injection différenciée et étagée, alimentant un diffuseur unique 7 pourvu de moyens d'étanchéité 9, tels des joints ou analogues, nécessaires à la différenciation effective des circuits de gaz.

**[0037]** Autrement dit, le gaz pilote et le gaz de coupe ne transitent pas par les mêmes circuits de gaz dans le corps de torche et ne sont pas distribués dans la chambre 8 plasmagène par les mêmes orifices de distribution qui traversent la pièce-diffuseur 7.

**[0038]** Il est à souligner qu'en lieu et place de la pièce-diffuseur 7 unique, il est possible d'utiliser plusieurs diffuseurs étagés, par exemple un diffuseur pour le gaz pilote et un autre diffuseur pour le gaz de coupe.

**[0039]** A l'inverse, on peut également envisager aussi l'utilisation d'un diffuseur 7 unique dont le comportement fluide varie selon le gaz à distribuer, par exemple conduisant à un changement de régime d'écoulement en fonction de la pression d'alimentation en gaz notamment.

**[0040]** Dans tous les cas, grâce à l'invention, il désormais possible d'optimiser le mode d'écoulement du gaz d'amorçage et du gaz de coupe, et les caractéristiques de la coupe s'en trouvent ainsi améliorées.

**[0041]** De même les caractéristiques de l'arc d'amorçage ou arc pilote sont aussi nettement meilleures puisqu'il présente une stabilité exceptionnelle et une longueur d'arc importante. Les résultats sont encore plus notables en ce qui concerne la constance de la hauteur de transfert, c'est-à-dire la distance entre l'extrémité de la tuyère et la pièce à couper. La hauteur de transfert est définie comme la hauteur pour laquelle on est en mesure de passer du régime d'arc soufflé au régime d'arc transféré. On détecte cette hauteur conservant si-

multanément fermés les deux circuits de retour de courant, à savoir tuyère et tôle. Un dispositif de mesure de présence de courant est agencé sur le circuit tôle. Lors de l'étape d'arc pilote, on commande à la torche de se rapprocher de la tôle jusqu'à ce que du courant passe effectivement par le circuit pièce. Le transfert est semi actif. On verrouille alors le régime de transfert en ouvrant le circuit électrique de la tuyère. La totalité du courant passe alors par la tôle. Le transfert est terminé. Par la suite l'étape de perçage peut commencer avec changement de nature de gaz (gaz pilote à gaz de coupe) et augmentation progressive de l'intensité.

**[0042]** Cette technique de différenciation des circuits de gaz peut être appliquée par exemple à l'optimisation de l'injection et des propriétés de l'écoulement pour la phase de perçage de la tôle, après amorçage, mais Page : 7 on pourrait la généraliser à la phase de perçage, en coupage laser ou en coupage par jet d'eau.

**[0043]** En effet, grâce à l'invention, le soufflage latéral des projections de métal fondu par le jet de plasma, lors du perçage, peut ainsi être mieux contrôlé, ce qui contribue à grandement augmenter la durée de vie des tuyères qui, sans cette optimisation, sont soumises à l'impact d'une quantité importante de projections de métal en fusion.

**[0044]** La Figure 3 fait abstraction des techniques d'amenée de gaz jusqu'à la partie inférieure du corps de torche où se trouve le ou les diffuseur de gaz, ces techniques étant déjà bien connues de l'état de la technique.

**[0045]** L'aménagement de l'invention est avantageusement applicable à toutes les torches de coupage plasma, de type manuel ou automatique, et ce, quelles qu'en soient les applications, à savoir coupage des aciers de construction, des aciers inoxydables, des alliages d'aluminium ou des autres métaux susceptibles d'être découpés par un procédé de coupage plasma ; quel que soit le fluide plasmagène utilisé, à savoir liquide, gaz pur ou mélange de plusieurs gaz, de type oxydant ou non oxydant, neutre ou chimiquement actif, par exemple réducteur, et quelle que soit la puissance du jet plasma (ou du laser ou du jet d'eau).

#### 45 **Revendications**

1. Torche à plasma (102) ayant un corps principal comportant une chambre plasmagène (8) et un premier circuit d'alimentation (C) en gaz de travail débouchant dans ladite chambre plasmagène (8) pour alimenter ladite chambre plasmagène (8) en gaz de travail,

**caractérisée en ce qu'elle** comporte un deuxième circuit d'alimentation (E) en gaz d'amorçage débouchant dans ladite chambre plasmagène (8) pour alimenter ladite chambre plasmagène (8) en gaz d'amorçage, ledit deuxième circuit d'alimentation (E) en gaz d'amorçage étant au moins en par-

- tie distinct du premier circuit (C) d'alimentation en gaz de travail.
2. Torche selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les premier et deuxième circuits d'alimentation en gaz sont différenciés au niveau des sites d'entrée du gaz de coupe et du gaz d'amorçage dans la chambre plasmagène. 5
3. Torche selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisée en ce que** les sites d'entrée du gaz de coupe dans la chambre plasmagène sont un ou plusieurs premier orifices (D) et les sites d'entrée du gaz d'amorçage dans la chambre plasmagène sont un ou plusieurs deuxième orifices (F), lesdits un ou plusieurs premier orifices (D) étant distincts desdits un ou plusieurs deuxième orifices (F). 10 15
4. Torche selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisée en ce qu'**elle comporte des moyens de contrôle du passage du gaz aux travers des sites d'entrée (E, F) du gaz de coupe et du gaz d'amorçage dans la chambre plasmagène. 20
5. Torche selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisée en ce que** l'alimentation de la chambre plasmagène en gaz de coupe est réalisée par une pluralité d'orifices calibrés (D) et l'alimentation de la chambre plasmagène en gaz d'amorçage se fait de manière indépendante par une pluralité d'orifices calibrés (F) distincts. 25 30
6. Torche selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisée en ce que** lesdits un ou plusieurs premier (D) et lesdits un ou plusieurs deuxième orifices (F) sont aménagés au sein d'une ou plusieurs pièce-diffuseur (7). 35
7. Torche selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisée en ce que** les premier et deuxième circuits d'alimentation en gaz et lesdits un ou plusieurs premier (D) et un ou plusieurs deuxième orifices (F) sont agencés et conçus de manière à permettre une alimentation de la chambre plasmagène (8) en gaz de travail indépendante du deuxième circuit d'alimentation (E) en gaz d'amorçage et une alimentation de la chambre plasmagène en gaz d'amorçage indépendante du premier circuit d'alimentation (C) en gaz de travail. 40 45 50
8. Installation de travail à l'arc plasma comprenant une torche selon l'une des revendication 1 à 7, en particulier une installation automatique de coupage plasma. 55
9. Installation selon la revendication 8, **caractérisée en ce qu'**elle comporte, en outre, des moyens d'alimentation en gaz de travail et des moyens d'alimen-
- tation en gaz d'amorçage, une source de courant électrique et des moyens de pilotage, en particulier une commande numérique.
10. Procédé de coupage plasma d'une pièce métallique mettant en oeuvre une torche selon l'une des revendication 1 à 7 ou une installation selon l'une des revendications 8 ou 9.

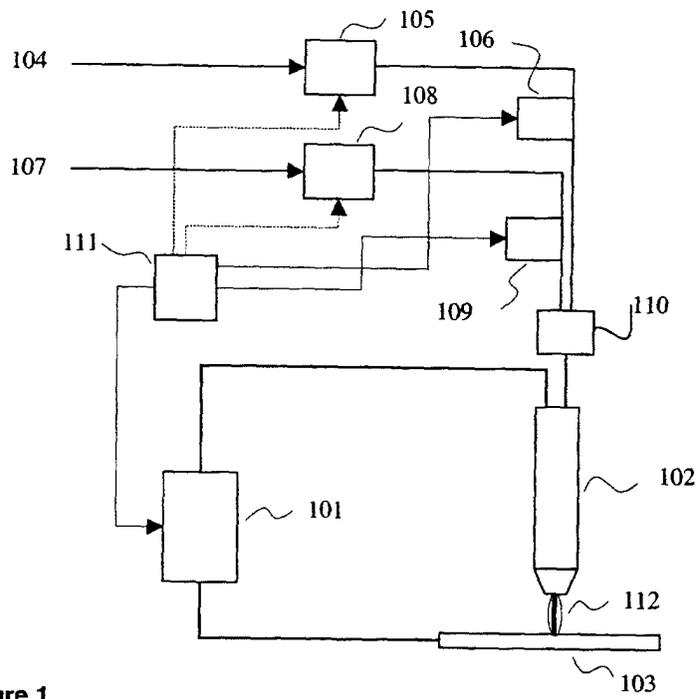


Figure 1

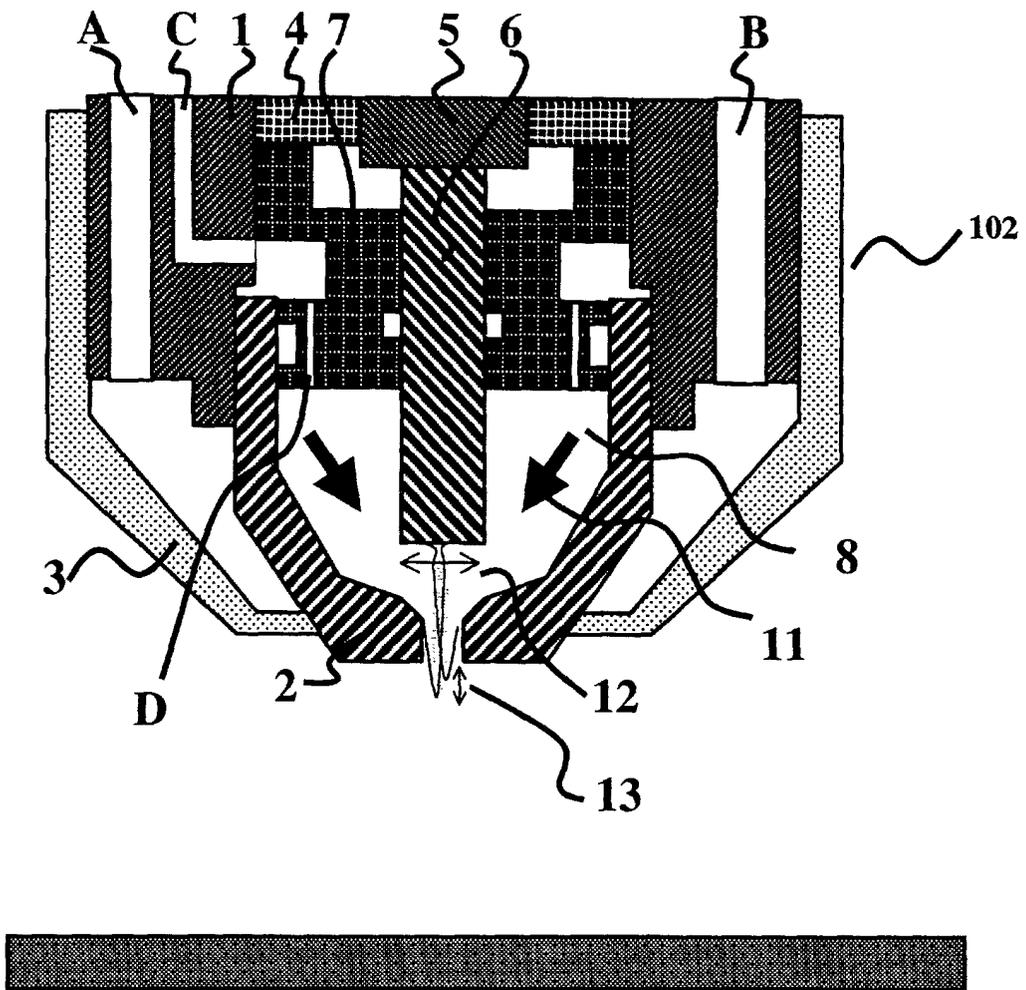


Figure 2

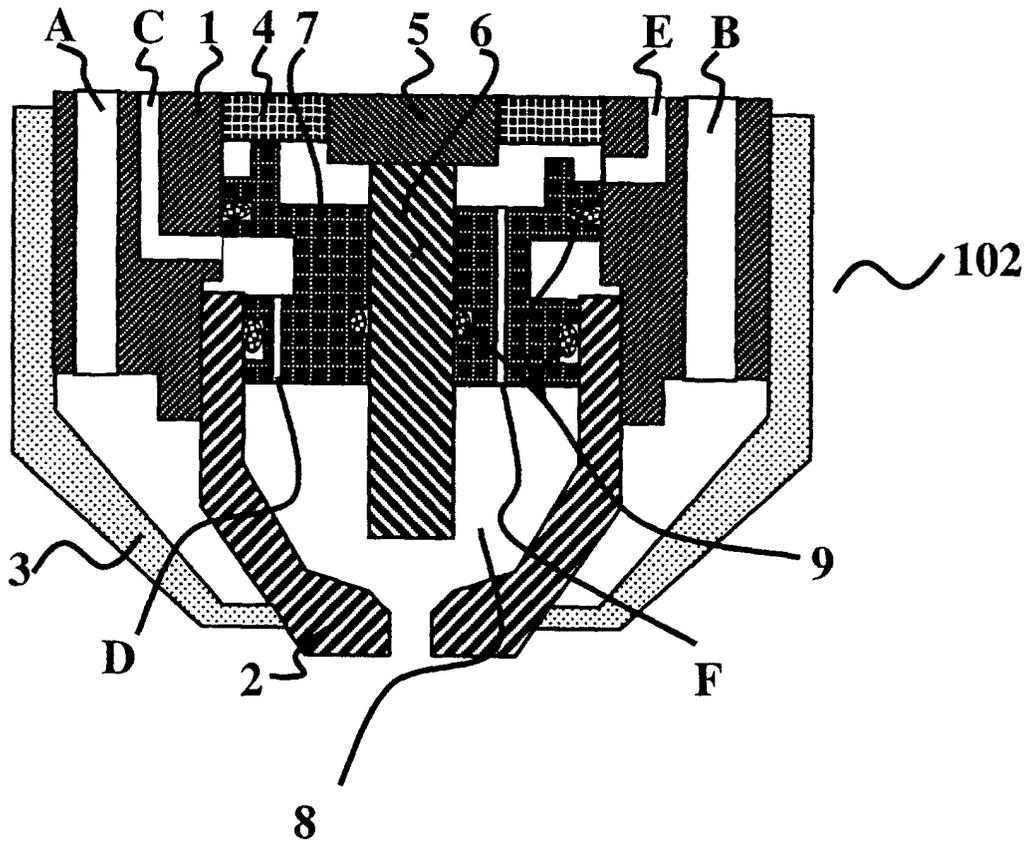


Figure 3