

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑭ Date de dépôt : 21.02.92.

⑮ Priorité : 25.02.91 US 659905.

⑯ Date de la mise à disposition du public de la demande : 28.08.92 Bulletin 92/35.

⑰ Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑱ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑴ Demandeur(s) : *The Lincoln Electric Company — US.*

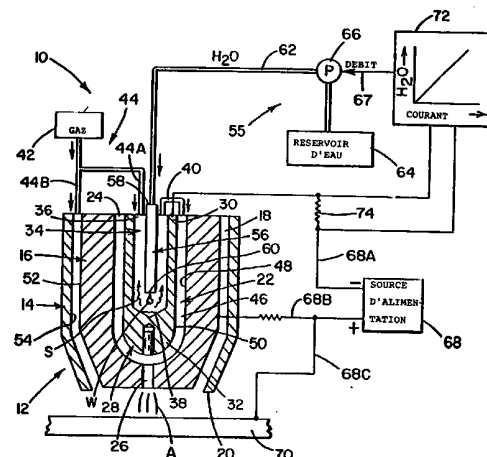
⑵ Inventeur(s) : Blankenship George D.

⑶ Titulaire(s) :

⑷ Mandataire : Bouju Derambure (Bugnion) S.A.

⑸ Torche à plasma à refroidissement perfectionné.

⑹ L'invention concerne une torche à plasma (12) et un procédé de refroidissement de la torche dans lesquels des surfaces chauffées spécifiées et en particulier la partie d'extrémité chauffée d'une électrode (28) à l'intérieur de la torche vers lesquels un faible volume de réfrigérant liquide est orienté. Le volume du réfrigérant liquide est contrôlé de manière que le réfrigérant liquide se transforme en vapeur dès qu'il vient en contact avec les surfaces chauffées particulières.



5

10 La présente invention concerne un agencement pour
refroidir l'électrode d'une torche à plasma. L'invention
est applicable au refroidissement des composants d'une
torche à plasma et en particulier de l'électrode située
dans la torche à plasma en transformant en vapeur un
15 réfrigérant liquide appliqué à un passage de
refroidissement axial, fermé à l'extrémité, et va être
décrite en référence à cette application ; toutefois,
l'invention a des applications beaucoup plus larges et peut
être employée pour refroidir d'autres composants d'une
20 torche à plasma.

Des torches à plasma sont couramment employés pour
couper, souder et assembler des pièces par pulvérisation et
sont utilisés en orientant vers la pièce un plasma
constitué de particules d'un gaz ionisé. Au cours du
fonctionnement d'une torche à plasma typique, un gaz à
25 ioniser est appliqué à l'extrémité avant de la torche à
plasma et canalisé entre deux électrodes avant de
s'échapper par un orifice ménagé dans l'ajutage de la
torche. Une électrode, qui se trouve à un potentiel
relativement négatif, est généralement désignée sous le nom
30 de "cathode" ou simplement sous le nom d'"électrode".
L'ajutage de la torche, qui est adjacent à l'extrémité de
l'électrode à l'extrémité avant de la torche ou de la
pièce, constitue l'électrode à potentiel relativement
positif ou "anode".
35

Lorsqu'une tension suffisamment élevée est appliquée, un arc est formé à travers l'espace qui sépare l'électrode et l'ajutage de la torche, et chauffe ainsi le gaz circulant autour de l'électrode et entre l'électrode et l'ajutage en le faisant ioniser. Une tension à haute fréquence appliquée entre l'électrode et l'ajutage amorce l'arc du plasma. Le gaz ionisé s'écoule hors de la torche et apparaît sous la forme d'un arc qui se prolonge à l'extérieur à partir de la sortie de l'ajutage de la torche. C'est l'arc pilote. Lorsque cet arc pilote arrive à proximité de la pièce, l'arc est transféré vers la pièce qui sert alors d'anode. Cette opération est déclenchée en amenant la tête de la torche à proximité de la pièce afin que l'arc "saute" ou se forme entre l'électrode et la pièce.

Au cours du fonctionnement d'une torche à plasma classique, la torche s'échauffe beaucoup, surtout à proximité de la sortie du plasma. Par conséquent, il faut assurer un refroidissement suffisant de la torche au cours du fonctionnement normal pour éviter aux éléments de structure de la torche, comme par exemple l'électrode et/ou l'ajutage, soit de fondre, soit de se détériorer trop rapidement.

Des exemples de refroidissement de torche à plasma à arc au moyen d'un gaz sont décrits dans les brevets US n° 4.024.373 et 4.558.201. Le refroidissement du gaz seulement peut suffire pour éviter de laisser fondre ou de laisser se détériorer très rapidement les composants de structure de la torche. De plus, lorsque les composants de la torche sont refroidis au moyen d'un gaz, la torche peut être portable puisqu'il n'a ni besoin des encombrants réservoirs de réfrigérant liquide, ni des radiateurs, ni des échangeurs thermiques et/ou ni de la tuyauterie complexe associée à l'emploi d'un réfrigérant liquide à recirculation. En outre, pour des questions de sécurité et d'économie, d'autres perfectionnements du refroidissement

qui vont au-delà de ce que peut apporter un gaz seul pour réduire la vitesse de détérioration des composants de la torche et abaisser la température de la torche en fonctionnement constituent toujours un paramètre important de la construction des torches à arc sous plasma. Par conséquent, les torches à arc sous plasma ont aussi été refroidies au moyen de réfrigérant liquide grâce à des systèmes de recirculation classiques qui sont décrits dans les brevets US n° 2.906.857, 3.450.926 et 3.597.649. Le refroidissement au moyen d'un réfrigérant liquide assure un refroidissement convenable pour empêcher la torche de s'échauffer de manière excessive et de se détériorer trop rapidement. Toutefois, le refroidissement par de l'eau nécessite habituellement des systèmes d'arrivée d'eau et de conduits de recirculation relativement complexes qui sont plus coûteux à fabriquer que des systèmes à refroidissement au gaz et nécessitent souvent des réparations parce que les températures de fonctionnement des torches sont élevées et que les torches subissent des traitements rudes en usage normal. A côté des dépenses supplémentaires entraînées par les pannes de l'équipement, et les frais qu'entraînent les temps d'immobilisation et les pertes de production souvent associés à des torches refroidies par eau, la nécessité d'un réservoir d'alimentation en réfrigérant relativement gros, encombrant, et d'un échangeur de chaleur relativement fragile, empêche les torches construites avec ce type de refroidissement d'être facilement portables.

L'invention est précisément orientée vers un système de refroidissement d'une électrode disposée dans une chambre à circulation de gaz ayant une entrée et une sortie aux extrémités opposées d'une torche à plasma dans laquelle une quantité contrôlée de réfrigérant liquide, typiquement d'eau, est envoyée dans une chambre axiale de l'électrode à une vitesse suffisamment faible pour assurer sa conversion en vapeur à l'intérieur de la chambre afin de refroidir

l'extrémité chauffée de l'électrode. Le liquide est de préférence envoyé vers l'extrémité de l'électrode à haute température pour l'objet de ce refroidissement.

5 Selon un premier aspect de l'invention, la chambre axiale de refroidissement se prolonge dans l'électrode par une de ses extrémités et se trouve fermée à l'autre extrémité. La vapeur formée par l'évaporation du réfrigérant liquide est combinée à un gaz, comme par exemple de l'air comprimé, appliqué à l'extrémité d'entrée de la torche pour former un
10 flux composite de gaz et de vapeur qui refroidit les divers composants de la torche y compris l'enveloppe extérieure de la torche, un ajutage placé à l'extrémité sortie d'une chambre délimitée par l'enveloppe de la torche et l'électrode placée à l'intérieur de l'ajutage.

15 Dans la forme préférée de réalisation, l'invention comprend un tube de réfrigérant de petit diamètre ayant une entrée et une sortie à ses extrémités opposées, placé dans la chambre de refroidissement axiale de l'électrode. L'extrémité d'entrée est reliée à une alimentation en
20 réfrigérant liquide et l'extrémité de sortie est placée à côté de l'extrémité fermée du passage axial de refroidissement. Une pompe introduit une quantité contrôlée de réfrigérant liquide venant de la réserve dans l'entrée du tube de réfrigérant afin que l'eau liquide qui se trouve
25 dans l'extrémité fermée de l'électrode soit de préférence portée complètement à ébullition et se transforme en vapeur pendant le fonctionnement de la torche. Toutefois, l'eau n'a pas besoin d'être complètement en ébullition à condition que l'eau se trouvant sous forme liquide soit
30 bien atomisée au moment où elle quitte la torche. De cette façon, de grosses gouttelettes d'eau n'obstruent pas les petits orifices à gaz de la torche. Le volume de liquide recueilli en bas de l'électrode à un instant quelconque est volontairement maintenu faible pour éviter d'inonder la
35 torche et le mélange de réfrigérant en phase liquide avec

le flux primaire du plasma. Ainsi, la pompe d'alimentation délivre de préférence le réfrigérant liquide de manière que le tube à réfrigérant délivre une seule goutte de réfrigérant liquide à la fois à l'extrémité inférieure chauffée de la chambre de l'électrode. La transformation de l'eau ou d'un autre réfrigérant de l'état liquide à l'état vapeur consomme une énergie thermique nettement supérieure à l'énergie thermique nécessaire uniquement pour chauffer l'eau au-dessous de son point d'ébullition comme dans le cas d'un système à recirculation de réfrigérant liquide. Ceci est dû à la chaleur latente de vaporisation qui est beaucoup plus élevée que la chaleur nécessaire à l'élévation de la température de l'eau ou du réfrigérant jusqu'à l'ébullition. Ainsi, la conversion complète du petit volume d'eau liquide en vapeur entraîne un transfert de chaleur important à partir de l'électrode de manière à refroidir l'électrode efficacement. Dans la technique antérieure, l'eau s'écoulait dans la chambre à réfrigérant et elle était chauffée à une vitesse déterminée par le rapport entre la température absolue de l'eau et la température absolue à l'extrémité de l'électrode. Suivant un autre principe de refroidissement, le passage de refroidissement allongé dans lequel un liquide contrôlé est injecté sur des surfaces chaudes peut être placé dans l'ajutage à proximité de la partie d'extrémité de l'électrode. La vapeur peut alors être combinée au gaz réfrigérant et peut circuler autour de l'électrode de la même manière que si le passage à réfrigérant se trouvait dans l'électrode elle-même. Ces agencements sont des perfectionnements par rapport au principe de refroidissement par liquide de la technique antérieure. L'eau s'écoulant à travers la chambre de refroidissement de la technique antérieure était généralement orientée à travers des chambres à eau distinctes, ce qui compliquait sensiblement le système par rapport à l'introduction d'eau

ou de vapeur directement dans les chambres à gaz de la torche selon l'invention. En outre, le débit et le volume du système de refroidissement de la technique antérieure était assez élevé pour maintenir la chambre pleine d'eau.

5 Donc, une quantité limitée de chaleur était extraite. Pour éliminer davantage de chaleur, le débit d'eau devait être augmenté. Il est possible d'évacuer davantage de chaleur par volume d'eau en distribuant de petites quantités d'eau dans le passage de manière que les surfaces chauffées du

10 passage de refroidissement provoquent une évaporation éclair du réfrigérant.

Selon un aspect de l'invention, le liquide réfrigérant est de l'eau ou une solution aqueuse.

Selon un autre aspect de l'invention, la quantité de réfrigérant liquide par évaporation éclair est commandée en

15 fonction de la température de l'électrode. Un régulateur de débit est relié à la fois à la source électrique d'alimentation et à la pompe à eau d'alimentation. La pompe est alors réglée de manière à délivrer le réfrigérant

20 liquide au tube de réfrigérant proportionnellement à l'énergie électrique appliquée à la torche. Le débit est d'environ 100 ml/heure d'eau pour chaque tranche de courant de 8 à 15 ampères appliquée directement à l'électrode. Toutefois, selon la construction particulière de la torche,

25 le débit d'eau et le courant appliqué seront ajustés en conséquence.

Un avantage significatif de l'invention réside dans le fait qu'une panne du système à réfrigérant liquide n'entraîne pas de défaut de fonctionnement de la torche. Si

30 le liquide réfrigérant s'arrête de circuler, le gaz réfrigérant appliqué à la torche assure de lui-même un refroidissement suffisant pour empêcher l'érosion excessive, rapide, de l'électrode consommable ou même la fusion de la torche et/ou des divers composants logés dans

35 la torche. Si une quantité trop importante de liquide est

dirigée vers la chambre de refroidissement de l'électrode, la chambre déborde et la torche est refroidie par le liquide qui s'écoule.

Selon une première forme de réalisation de l'invention, une réserve de gaz, typiquement de l'air comprimé, susceptible de créer un plasma gazeux et de former un gaz réfrigérant est reliée à la torche. Le gaz est appliqué à une première chambre d'écoulement délimitée par la surface intérieure de la chambre axiale dans l'électrode et la surface extérieure du tube de réfrigérant. Le gaz est également appliqué à une seconde chambre d'écoulement délimitée par une surface intérieure d'un ajutage à l'extrémité d'une torche et par la surface extérieure de l'électrode. Le gaz s'écoulant dans la première chambre, outre qu'il agit comme réfrigérant de l'électrode, se mélange avec la vapeur et s'écoule à travers un orifice de la torche pour se combiner au gaz appliqué dans la seconde chambre d'écoulement qui entoure l'électrode formant le plasma émis par la torche. De préférence, une troisième chambre d'écoulement délimitée par une surface intérieure de la chambre à l'intérieur de l'enveloppe de la torche à plasma et la surface extérieure de l'ajutage reçoit du gaz venant d'une réserve de gaz pour refroidir l'ajutage et l'enveloppe extérieure de la torche.

Dans une autre forme de réalisation, la réserve de gaz est séparée en un écoulement primaire orienté vers la chambre entre l'électrode et l'ajutage et un écoulement secondaire ou écoulement écran entre la surface périphérique extérieure de l'ajutage et la surface périphérique intérieure de l'enveloppe extérieure de la torche. Avant la séparation, le gaz et le réfrigérant liquide sont orientés vers la chambre axiale à l'intérieur de l'électrode. Le liquide réfrigérant est transformé en vapeur, combiné au flux gazeux et orienté dans une chambre située entre l'extrémité d'entrée de la torche et

l'extrémité supérieure de l'électrode. Le mélange de gaz et de réfrigérant vaporisé résultant est ensuite séparé en un écoulement gazeux primaire et un écoulement gazeux secondaire formant écran. Le mélange de gaz et de vapeur est considéré comme avantageux car il diminue la température de fonctionnement de l'électrode, de l'ajutage, ainsi que des autres composants de la torche et par conséquent augmente leur durée d'utilisation.

Dans une autre forme de réalisation particulière, le gaz est à l'origine séparé en un flux de gaz réfrigérant orienté dans la chambre axiale à l'intérieur de l'électrode, un écoulement primaire orienté vers la chambre située entre l'électrode et l'ajutage et un écoulement écran entre la surface périphérique extérieure de l'ajutage et l'enveloppe extérieure de la torche. Le réfrigérant liquide, transformé en vapeur à l'intérieur de l'électrode, est combiné au gaz secondaire ou gaz écran circulant entre la surface périphérique extérieure de l'ajutage et la surface périphérique intérieure de l'enveloppe extérieure de la torche. Ceci est avantageux car du liquide, comme celui qui vient d'une vaporisation incomplète du réfrigérant liquide, ne se mélange pas au flux de gaz primaire et ne risque pas de colmater les passages et/ou ne gêne pas autrement la formation du plasma gazeux. De même, des impuretés, telles que des sels contenus dans le réfrigérant, ne s'accumulent pas dans les passages par lesquels circulent le gaz primaire.

Dans une autre forme de réalisation de l'invention, le réfrigérant liquide est orienté vers la chambre axiale de l'électrode avec un débit permettant sa conversion en vapeur. La vapeur est ensuite mélangée avec le gaz avant qu'il soit séparé en écoulement gazeux primaire et secondaire. Cette forme de réalisation est avantageuse parce que la construction de la torche est simplifiée, comparativement aux formes de réalisation décrites

précédemment puisqu'il n'y a pas d'air appliqué directement dans la chambre axiale de l'électrode. En outre, d'éventuelles impuretés, comme par exemple des sels, contenues dans la vapeur sont susceptibles de s'accumuler

5 dans la chambre axiale de l'électrode puisqu'aucun gaz sous haute pression ne force la vapeur en dehors de la chambre. L'électrode est périodiquement remplacée et les impuretés sont ensuite retirées de la torche.

Dans une autre forme de réalisation particulière, le

10 réfrigérant liquide est orienté dans la chambre axiale de l'électrode avec un débit permettant sa conversion en vapeur. La vapeur est ensuite mélangée uniquement à l'écoulement gazeux secondaire à proximité de la sortie de la torche.

Dans une invention apparentée, le réfrigérant liquide délivré à la chambre de refroidissement peut être atomisé à l'intérieur de la torche. Alors, une partie de l'eau atomisée bout du fait de son contact avec la surface intérieure périphérique de la chambre de refroidissement à

20 l'intérieur de l'électrode tandis que le reste de l'eau atomisée, maintenant chauffée, traverse la torche. Il faut remarquer que si l'emploi d'eau atomisée peut assurer un refroidissement très efficace, des sels présents dans l'eau seront entraînés à travers la torche avec l'eau atomisée et

25 pourront éventuellement s'accumuler sur la surface extérieure des passages et en définitive réduire le rendement de refroidissement du système ou même provoquer un mauvais fonctionnement de ce dernier. Lorsque le liquide est complètement vaporisé selon la forme de réalisation

30 préférée de l'invention, les sels s'accumulent dans l'électrode qui en définitive sera jetée.

Le refroidissement supplémentaire obtenu du fait de l'ébullition de quantité contrôlée d'eau dans la vapeur à l'intérieur de l'électrode est extrêmement avantageux pour

35 les performances d'une torche à plasma et présente des

avantages notables par rapport au refroidissement par un gaz de la technique antérieure et/ou les systèmes de refroidissement à recirculation d'un liquide. D'une façon générale, des torches à plasma construites en impliquant les principes de l'invention ont une durée d'utilisation beaucoup plus longue, et réduisent ainsi les temps d'immobilisation et les frais de production perdue qui sont liés aux torches à plasma existantes. Plus précisément, l'invention est d'une construction moins complexe, par exemple elle utilise moins de composants que des systèmes à recirculation d'eau et se trouve par conséquent plus fiable. En outre, une faible quantité d'eau seulement est utilisée parce qu'il faut davantage de chaleur pour vaporiser l'eau en vapeur que pour chauffer l'eau comme dans les systèmes à recirculation de la technique antérieure. Par conséquent, le réservoir d'alimentation en eau peut être de petites dimensions et facile à adapter à des systèmes de torches à plasma portables. Il n'est pas nécessaire de relier la torche à une réserve d'eau même si les avantages du refroidissement par eau sont intéressants. Avec un petit réservoir d'alimentation, il est possible de traiter l'eau pour éviter que des impuretés s'accumulent dans la torche. En outre, les éventuelles impuretés qui existent et se séparent de la vapeur vont principalement s'accumuler à l'intérieur de la chambre de refroidissement formée dans l'électrode et par conséquent elles ne vont pas interférer avec les passages du gaz, ni les colmater.

Une autre forme de réalisation de l'invention est telle que la vapeur reste à l'état vapeur pendant toute sa circulation à travers la torche, du fait de la température de fonctionnement élevée de la torche et qu'elle n'a donc aucun effet nuisible sur le plasma gazeux ou le gaz de refroidissement à l'intérieur de la torche. La vapeur du liquide, lorsque l'eau est utilisée comme réfrigérant liquide, semble augmenter le rendement du plasma. Un autre

avantage possible de la vapeur est le préchauffage de la circulation de gaz primaire par mélange avec la vapeur et l'augmentation consécutive du rendement avec lequel le gaz est transformé en plasma. Etant donné la chute de
5 température catégorique de l'électrode obtenue selon l'invention, et le fait que la vapeur saturée a une chaleur spécifique supérieure à celle de l'air, la température générale de la torche à plasma diminue. Le fait de faire
10 fonctionner la torche à une température inférieure permet de construire la torche en utilisant plusieurs matières plastiques qui sinon auraient facilement fondu sans injection d'eau.

L'objet primaire de l'invention consiste à proposer une torche à plasma dans lequel un réfrigérant liquide appliqué
15 à la surface chauffée de l'électrode d'une torche à plasma est transformé en une vapeur. Cette vapeur peut être mélangée avec l'écoulement primaire du gaz formant le plasma et/ou le gaz de refroidissement circulant autour de l'ajutage de la torche à plasma.

20 Un autre objet de l'invention consiste à proposer une torche à plasma qui nécessite seulement une petite réserve de réfrigérant liquide et qui puisse par conséquent être portable tout en assurant le taux de refroidissement nécessaire pour obtenir des systèmes de torches à plasma à
25 vapeur refroidie.

Un objet de l'invention consiste à proposer une torche à plasma dans lequel un réfrigérant liquide atomisé est introduit dans la torche à plasma pour refroidir la torche en se mélangeant avec le gaz formant le plasma, puis à
30 convertir le réfrigérant en vapeur par contact avec les surfaces chaudes de l'électrode à l'intérieur de la torche.

Un autre objet de l'invention consiste à proposer un système de torche à plasma dans lequel un réfrigérant vapeur est mélangé dans un flux de gaz secondaire ou un
35 flux de gaz écran le long de la surface périphérique

extérieure de l'ajutage pour renforcer le refroidissement de la torche et le rendement du plasma.

Un autre objet de l'invention consiste à proposer une torche à plasma dans lequel la circulation du réfrigérant à l'état vapeur diminue sensiblement l'accumulation des impuretés dans les passages de la torche.

Un autre objet de l'invention consiste à proposer une torche à plasma dans lequel les impuretés sont collectées à l'intérieur de l'électrode.

Un autre objet de l'invention consiste à proposer une torche à plasma qui est refroidie efficacement de manière à augmenter sa durée d'utilisation et à réduire les coûts d'exploitation liés aux systèmes des torches à plasma.

Un autre objet de l'invention consiste à proposer une torche à plasma qui est avantageux par le fait que le gaz destiné à refroidir la torche constitue un gaz préchauffé qui peut efficacement former un plasma gazeux.

Un autre objet de l'invention consiste à proposer une torche à plasma qui puisse encore fonctionner si le système à réfrigérant liquide présente des défauts de fonctionnement soit en n'appliquant pas de liquide, soit en appliquant un excès de liquide.

Ces objets ainsi que d'autres objets et avantages apparaîtront d'après la description suivante, considérée en liaison avec les dessins annexés dans lesquels :

la figure 1 est une vue schématique d'un système de torche à plasma construit selon l'invention avec la torche à plasma à arc vu en coupe transversale ;

la figure 2 est une vue en coupe transversale agrandie de l'extrémité d'une électrode illustrant l'application contrôlée de liquide réfrigérant à l'extrémité inférieure d'une cavité ou dans un passage réfrigérant à l'intérieur de l'électrode comme représenté sur la figure 1 ;

la figure 3 est une vue en coupe transversale d'une forme de réalisation préférée d'une torche à plasma selon la présente invention ;

la figure 4 est une vue schématique d'un système de torche à plasma dans lequel un réfrigérant à l'état gazeux est combiné avec un gaz à l'intérieur d'une chambre axiale de l'électrode, puis combiné avec le gaz secondaire adjacent à l'extrémité de sortie de la torche ;

La figure 4A est une vue schématique en coupe agrandie représentant le principe de torche illustré sur la figure 4 ;

la figure 5 est une vue schématique d'un système de torche à plasma dans lequel un réfrigérant liquide, après avoir été transformé à l'état gazeux, est combiné avec un gaz, le mélange étant ensuite séparé en un flux gazeux primaire pour le plasma et un flux gazeux secondaire pour former l'écoulement écran ;

la figure 6 est une vue en coupe transversale partiellement agrandie de la partie d'extrémité d'une torche représentant un autre emplacement du passage pour liquide de refroidissement ;

la figure 7 est une vue schématique d'un système de torche à plasma dans lequel un réfrigérant liquide, après avoir été amené à l'état gazeux, est combiné avec le flux gazeux secondaire à proximité de la sortie de la torche pour réduire l'échauffement de la torche ; et

la figure 8 est une vue schématique d'un système de torche à plasma dans lequel un réfrigérant liquide à l'état atomisé est mélangé avec un plasma gazeux à l'intérieur d'une torche à plasma.

En faisant maintenant référence aux dessins, on peut voir que les dessins sont destinés à illustrer la forme de réalisation préférée de l'invention uniquement et non à limiter ladite invention, les figures 1 et 2 représentent un schéma d'un système de torche à plasma 10. L'extrémité

de sortie d'une torche à plasma 12, représentée en coupe, comprend une enveloppe de torche 14. Un ajutage 16 est placé à l'intérieur d'une chambre 18 à proximité de l'extrémité de sortie 20 de l'enveloppe 14. L'ajutage 5 comprend une partie centrale creuse ou chambre 22 avec une ouverture d'entrée 24 à une extrémité et un orifice de sortie 26 à l'autre extrémité. Une électrode allongée 28 ayant une première et une seconde extrémités opposées 30 et 32, respectivement, est placée à l'intérieur de la partie 10 centrale creuse ou chambre 22 à proximité de l'orifice de sortie et comprend une chambre axiale ou passage de refroidissement 34 s'étendant à l'intérieur de l'électrode entre une extrémité ouverte 36 et un fond ou extrémité fermée 38. Un moyen d'orifice 40 illustré schématiquement 15 sous forme d'un conduit permet à un fluide de passer d'une chambre ou passage 34 dans l'électrode et la partie centrale ou chambre 22 de l'ajutage. Un réservoir de réserve de gaz ou réserve 42, comme par exemple une réserve d'air comprimé, délivre un gaz qui est généralement apte à 20 former un plasma gazeux et un gaz de refroidissement. Pour certaines applications, comme expliqué ci-après, deux ou plusieurs gaz peuvent être utilisés pour différentes fonctions, par exemple un plasma et le refroidissement. Le gaz est appliqué par des conduites d'écoulement classiques 25 schématiquement représentées sous la forme d'un réseau de conduites 44 comprenant des conduites 44A et 44B qui communiquent, respectivement, avec la chambre 34 à l'intérieur de l'électrode, et avec la chambre 18 entre la surface périphérique extérieure 52 de l'ajutage et la 30 surface périphérique intérieure 54 de l'enveloppe de la torche 14. Sur la figure 1, une seule réserve de gaz 42 fournit le gaz de refroidissement et de plasma pour la torche 12. Le gaz contenu dans la réserve 42 pourrait aussi être orienté par un conduit vers le passage ou chambre 46.

La présente invention est particulièrement orientée vers un système 55 destiné à introduire une quantité contrôlée de fluide réfrigérant dans la chambre axiale ou passage de refroidissement 34 de l'électrode 28 en vue de sa conversion en vapeur, à l'intérieur du passage pour réfrigérant ou chambre 34 afin de refroidir avantageusement les composants de la torche, et en particulier l'extrémité chauffée de l'électrode. Le système de refroidissement 55 comprend un tube de réfrigérant de petit diamètre 56 ayant une entrée 58 et une sortie 60 aux extrémités opposées qui se trouvent placées dans la chambre axiale de refroidissement 34 de l'électrode. La sortie 60 du tube à réfrigérant est située à côté de l'extrémité inférieure fermée 38 de la chambre axiale de refroidissement dans l'électrode. Cette extrémité 38 est adjacente à l'extrémité 32 de l'électrode. L'extrémité d'entrée 58 du tube de réfrigérant est reliée par un tube à circulation 62 à un réservoir de réfrigérant liquide 64. Typiquement, le réfrigérant liquide est de l'eau ou un mélange aqueux. Etant donné qu'il est nécessaire que le réservoir 64 ait des dimensions relativement petites, des additifs peuvent être ajoutés de manière économique pour conditionner l'eau et empêcher l'accumulation indésirable d'impuretés, telles que des sels, à l'intérieur de la torche. Le petit réservoir permet le fonctionnement portable de la torche puisqu'il n'est pas nécessaire de le brancher à un robinet de distribution d'eau, ce qui nécessiterait de placer le robinet à proximité de la zone dans laquelle le système 10 fonctionne.

Un volume contrôlé de réfrigérant liquide est appliqué au tube de réfrigérant 56 par un pompe 66 placée sur la conduite de circulation 62 entre le réservoir 64 à réfrigérant liquide et le tube à réfrigérant 56. Pour injecter de manière sélective le réfrigérant en quantité ou sous des débits soigneusement contrôlés, pour les motifs

exposés ci-après, la pompe 66 est de préférence une pompe volumétrique, comme par exemple une pompe péristaltique, qui permet de contrôler le débit dans une plage spécifique de contre-pressions afin d'obtenir un débit sensiblement constant dans le tube d'injection 56 pour un réglage donné sur la conduite de commande d'entrée 67. Une telle pompe convient spécialement puisqu'elle est relativement simple à utiliser et relativement facile à entretenir.

Une source d'alimentation classique de tension continue 68 est branchée par les lignes 68A, 68B, 68C à l'électrode, à l'ajutage et à la pièce 70, respectivement. La source d'alimentation fonctionne selon un procédé classique. Pratiquement, une tension sous haute fréquence peut être appliquée entre l'ajutage 16 et l'électrode 28 pour amorcer l'arc du plasma. C'est-à-dire que cette source applique des quantités d'énergie choisies en fonction des caractéristiques de fonctionnement de la torche particulier et du type d'opération pour lequel il est employé. Afin de créer et d'entretenir un colonne de plasma A entre la pièce et la sortie 26, une commande de pompe 72 est reliée à la source d'alimentation 68 de manière classique, par exemple par l'intermédiaire d'un dispositif détecteur de courant 74. La commande de la pompe délivre un signal en réponse au courant qui circule entre la source d'alimentation et la torche. Le signal module la sortie de la pompe proportionnellement au courant de façon que le volume de réfrigérant appliqué à l'électrode pour la conversion en vapeur soit directement proportionnel au courant électrique débité par la source d'alimentation. Il est possible de régler manuellement le débit de l'eau appliquée ; toutefois, une commande automatique à partir des ampères consommés par le fonctionnement du plasma est employée dans le mode de réalisation du système 10 qui a été représenté.

Le fonctionnement du système de torche à plasma 10 va être expliqué en référence aux figures 1 et 2 qui

représentent une vue agrandie du passage de refroidissement et du tube d'injection. Au cours du fonctionnement normal de la torche 12, la source d'alimentation 68 est reliée d'abord par l'intermédiaire d'un circuit comprenant l'électrode et l'ajutage, puis, lorsque la torche fonctionne sur la pièce 70, la liaison se fait par un circuit comprenant l'électrode et la pièce. Simultanément, de l'air comprimé venant de la source 42, sous une pression d'environ 4 atmosphères, s'écoule par le passage de refroidissement 34 et pénètre dans la chambre 46 à l'intérieur de l'ajutage à travers un moyen d'orifice 40 et se trouve ionisé par le plasma à l'extrémité ou pointe 32. Ceci crée un plasma en forme d'arc entre l'électrode et/ou la pièce. Le plasma A est un arc traversant le gaz ionisé, il est émis par l'orifice ou sortie d'échappement 26 et orienté vers la pièce 70 pour effectuer sur cette pièce des opérations de coupe, de soudage ou d'assemblage par pulvérisation.

Le plasma A est typiquement à une température très élevée par exemple entre 4000°C et 25000°C et les composants de la structure de la torche 12 sont par conséquent à des températures très élevées en particulier à proximité de l'orifice 26. Ceci s'applique en particulier à l'extrémité 32 et à la sortie 26 adjacente. Le fait de soumettre les composants de la torche à une température aussi élevée que celle du plasma A les détériore rapidement, entraîne un défaut de fonctionnement et/ou les fait fondre. En outre, les températures de fonctionnement élevées empêchent d'utiliser plusieurs matières plastiques pour construire la torche. L'électrode 28 est construite en un cuivre relativement pur du fait de la propriété supérieure de transfert de chaleur de ce matériau. Le gaz entourant l'électrode est entraîné en tourbillon pour former une couche limite qui isole l'électrode de la température de l'arc afin de protéger l'électrode ; cependant, l'électrode

subit une érosion rapide du fait de son exposition à haute température. L'électrode fondrait si elle était exposée à l'arc à haute température sans être isolée. Par conséquent, l'électrode et les composants adjacents à l'extrémité de
5 l'électrode sont chauffés excessivement et un refroidissement efficace des torches à plasma est un aspect essentiel de la construction des torches.

Comme l'indique la figure 1, la source de gaz comprimé 42 est reliée par l'intermédiaire d'une circulation secondaire
10 de réfrigérant 44B à la chambre extérieure 18, ce qui refroidit l'enveloppe 14 de la torche et l'ajutage 16. La source de gaz est en outre reliée par un conduit 44A à la chambre 46 par l'intermédiaire d'une chambre 34 pour orienter le flux du gaz générateur de plasma à travers la
15 chambre 46 située entre l'ajutage et la surface périphérique extérieure chauffée de l'électrode 28 pour ioniser le gaz et former le plasma gazeux qui exerce un effet de refroidissement sur l'électrode 28 ainsi que sur l'ajutage. De plus, le flux de gaz dans le passage de
20 refroidissement intérieur ou chambre 34 de l'électrode sert à refroidir l'électrode de l'intérieur alors que le gaz et la vapeur combinés circulent par le moyen d'orifice 40 vers le passage 46 de l'ajutage.

L'invention est particulièrement orientée vers
25 l'application d'eau à l'extrémité inférieure 38 de la chambre fermée 34 qui se trouve dans l'électrode. Cette extrémité est adjacente à l'extrémité 32 qui est la partie la plus chaude de l'électrode. La température des parois périphériques intérieures du passage 34 dépasse la
30 température du point d'ébullition du liquide W, typiquement de l'eau, débité à l'extrémité aval du tube injecteur 56 de petit diamètre. L'eau est appliquée par la pompe volumétrique 66 au tube 56 afin d'être éjectée par l'extrémité de sortie 60 du tube réfrigérant 56 avec un
35 débit contrôlé pour éviter d'inonder la chambre 34 et

permettre sa conversion immédiate en vapeur S. L'eau est de préférence éjectée goutte à goutte, mais, sous l'effet de la circulation de gaz pressurisé vers l'intérieur de la chambre 34, il existe des conditions de turbulence et, en pratique, l'eau ne peut pas sortir sous forme de gouttes distinctes.

Comme illustré sur la figure 2, l'eau éjectée W peut être collectée à l'extrémité inférieure 38 de la chambre 34 sous forme d'une petite mare P. Puisque l'extrémité de l'électrode est typiquement à une température T_E comprise entre 400°C et 800°C pendant le fonctionnement de la torche, l'eau W arrive normalement à ébullition dès qu'elle vient en contact avec l'électrode. Grâce à l'emploi de l'invention, les surfaces de l'extrémité 38 ont une température comprise entre 100°C et 300°C. L'eau W se transforme en vapeur. Si le débit est suffisant, la mare P peut se former momentanément quand l'eau arrive à ébullition et se transforme en vapeur d'eau S. Cette conversion de l'eau de l'état liquide à l'état vapeur absorbe une quantité de chaleur nettement supérieure à celle qui est nécessaire pour chauffer l'eau par exemple dans des systèmes de refroidissement à recirculation. Ceci est dû au fait que la chaleur de vaporisation est beaucoup plus élevée que la chaleur nécessaire pour élever la température de l'eau. Dans une torche normal refroidi par eau, l'eau circule à travers l'électrode à une température de circulation T_1 . L'électrode se trouve à une température T_2 sensiblement supérieure. Le réfrigérant circule sous un débit tel que T_1 augmente seulement de quelques degrés. Ce transfert de chaleur se fait principalement par conduction en même temps que par convection et nécessite des débits de réfrigérant plus importants pour contrôler la température de l'extrémité de l'électrode. Grâce à l'invention, la conversion du petit volume d'eau liquide en vapeur dans la chambre 34 entraîne un transfert de chaleur plus important

par conduction à travers l'électrode et évacue la chaleur par vaporisation en créant ainsi un refroidissement efficace de l'électrode et en aboutissant au même refroidissement en faisant circuler de l'eau avec un débit
5 nettement plus faible.

La vapeur S se mélange ensuite avec l'air comprimé appliqué à la chambre 34 et s'écoule par le moyen d'orifice 40 où elle se combine avec l'air qui circule en formant le plasma dans la chambre 46 autour de l'électrode si l'air
10 est orienté vers cette zone sans avoir traversé le passage 34. Puisque le plasma gazeux est si chaud, la vapeur reste à l'état de vapeur et n'affecte pas les performances fonctionnelles de la torche par rapport à la pièce.

La figure 3 illustre une forme préférée de l'invention dans laquelle la torche à plasma 12a comprend une enveloppe de la torche 14a comprenant une chambre 18a qui contient une partie principale creuse ou chambre 22a de l'ajutage et une électrode 28a. L'électrode comporte un élément support d'électrode 80 qui est vissé à une extrémité 82. Un élément
15 d'électrode 84 est connecté en étant vissé à l'élément support d'électrode. Un orifice 40 est formé dans la paroi de l'élément support d'électrode. Un tube de réfrigérant 56a est placé dans l'électrode 28a.

Au cours du fonctionnement de la forme de réalisation représentée sur la figure 3, de l'air comprimé est appliqué à l'entrée 36a de la chambre 34a de l'électrode. L'air circule vers l'extrémité inférieure 38a et se mélange à la vapeur S formée à partir de l'eau appliquée à travers le tube à réfrigérant 56a. Le flux complexe M d'air comprimé et de vapeur S mélangés traverse ensuite un ou plusieurs
25 orifices 40 pour pénétrer dans la chambre 26 délimitée par la surface extérieure du support d'électrode 80 et un diviseur cylindrique d'écoulement 88. Le flux de gaz mélangé traverse ensuite plusieurs orifices 90 espacés sur
30 la circonférence et pénètre dans la chambre 92 délimitée
35

par la surface extérieure cylindrique du diviseur d'écoulement 88 et l'enveloppe de la torche 14a. le diviseur d'écoulement sépare le mélange gaz et vapeur en un flux primaire traversant les orifices 94 espacés sur la

5 circonférence et pénétrant dans la chambre 46a pour former le plasma A qui est émis par l'orifice de sortie 26a en direction de la pièce 70a. Les orifices 94 sont de préférence disposés de façon à faire tourbillonner le gaz autour de l'électrode selon une pratique connue. Le plasma

10 gazeux refroidit en outre l'électrode et l'ajutage en venant en contact avec les parois périphériques intérieures de ces composants de la torche pendant sa circulation à travers la chambre 46a. Le reste du mélange de gaz et de vapeur se trouvant dans la chambre 92 s'écoule à travers

15 des orifices 96 dans la chambre 18a pour refroidir l'ensemble de la torche et l'ajutage. En général, le mélange gaz et vapeur, comparativement à de l'air pur, assure un refroidissement plus efficace de l'ensemble de la torche et des composants particuliers des torches avec

20 lesquels il vient en contact parce que la vapeur a une capacité de refroidissement supérieure à celle de l'air.

En se référant à nouveau à la figure 2, on peut voir que l'eau W est introduite en petites quantités contrôlées dans le passage de refroidissement 34 par un tube doseur 56 de

25 petit diamètre. Le débit avec lequel l'eau est introduite doit éviter de faire déborder la chambre 34 de manière que la vaporisation ou l'ébullition puissent se faire presque instantanément sous l'effet de la surface intérieure chauffée de l'électrode 28 dont la température est

30 d'environ 400°C à 800°C avant d'être refroidie, et de 100°C à 300°C lorsqu'elle est refroidie par le procédé de l'invention. Lorsque une goutte d'eau vient en contact avec la surface, elle se vaporise. Le débit de l'énergie thermique appliqué par l'électrode fournit la chaleur de

35 vaporisation de l'eau. Ce procédé transfère la chaleur par

conduction à travers l'électrode de sorte que la chaleur est évacuée pour vaporiser l'eau. La chambre ou passage de refroidissement 34 a un volume suffisant pour permettre la formation de vapeur. Le transfert de chaleur par conduction et convection dans des torches à plasma refroidies normalement par de l'eau emploie la conduction thermique à travers l'électrode, c'est-à-dire un transfert lent et la convection de chaleur qui est fonction du rapport entre les températures absolues de l'eau en contact avec la surface de l'électrode et la température de la surface contactée. L'efficacité de la convection est augmentée en réduisant la température de l'eau de refroidissement et/ou en augmentant le débit. Ceci exige une importante quantité d'eau. L'inconvénient d'un système normal refroidi à l'eau est supprimé par l'invention. Dans un système de refroidissement normal à eau, si l'arrivée d'eau est interrompue, la torche à plasma devient trop chaude et doit être retirée du service. La présente invention est plus souple. Si la quantité d'eau appliquée est trop élevée, elle commence par remplir l'électrode en augmentant la mare P, puis elle déborde de l'électrode. Ceci ne va pas nuire à la torche. Si l'arrivée d'eau est interrompue, le refroidissement par le gaz se poursuit sans augmenter rapidement la température de la torche.

Selon un aspect de l'invention, le diamètre intérieur du tube 56 est inférieur à environ 2,54 mm dans une torche à plasma de 60 ampères. Par exemple, le diamètre est d'environ 1,59 mm et l'extrémité inférieure est placée à moins d'environ 12,7 mm du bas de la chambre de refroidissement 34. Le débit d'eau est inférieur à 2000 ml/heure. Dans le cas de torche de 60 ampères, le débit d'eau est de 500 ml/heure dans le passage intérieur de 1,59 mm du tube 56. Lorsque l'on emploie le système 55, le débit d'eau peut être ajusté automatiquement en détectant le courant de fonctionnement. Le débit d'eau contrôlé atteint

environ 100 ml/heure par tranche de 8 à 15 ampères. Dans l'exemple d'une torche de 60 ampères, le débit serait de 60 divisé par 8 à 15 fois 100 ml/heure. Ceci conduit à un débit de 750 ml/heure à 400 ml/heure. Ces débits se sont
5 révélés fonctionnels ; toutefois, d'autres débits sont utilisables pour vaporiser l'eau injectée au lieu d'inonder la chambre de refroidissement de l'électrode.

En se référant aux figures 4 et 4A, on va décrire une seconde forme de réalisation de l'invention qui se
10 distingue essentiellement de la première forme de réalisation par le fait que la vapeur créée dans la chambre 34b sous l'effet de l'injection de liquide à partir du tube 56b est combinée à l'air venant du conduit 44A et traverse un passage annulaire 100 constitué par un manchon 102
15 concentrique au tube 56b. L'air et la vapeur du liquide sont mélangés avec le gaz écran circulant à travers la chambre 18b à l'entrée 104. Cette version de l'invention a l'avantage de faire passer l'excès d'air de refroidissement sur la surface intérieure de l'électrode, puis de le
20 mélanger avec la vapeur S, après quoi il s'échappe immédiatement. Même si le liquide était interrompu, la torche fonctionnerait à une température plus basse parce que la quantité d'air de refroidissement circulant dans la torche est plus importante. Un réducteur de débit 110
25 permet d'obtenir un équilibre fonctionnel entre le gaz à plasma et le gaz de protection. La pression au point P est supérieure à la pression au point Y de façon à entraîner un écoulement dans la direction voulue. En outre, la pression à l'entrée 104 (Z) est inférieure à la pression au point Y.
30 Cette forme de réalisation réduit le contact de la vapeur chauffée avec la surface périphérique intérieure de l'ajutage et la surface périphérique extérieure de l'électrode, ce qui évite le transfert de chaleur à partir du mélange vapeur et gaz vers les composants de la torche
35 et par conséquent diminue leur température de

fonctionnement. De plus, puisque des impuretés provenant du réfrigérant sont pratiquement empêchées de traverser la torche, la corrosion et l'obstruction des passages sont sensiblement éliminées. Un autre avantage de l'invention

5 tient au fait que la vapeur n'est pas mélangée avec le gaz du plasma. Au cas où la vapeur contiendrait encore une certaine quantité de liquide, cela ne gênerait pas la formation du plasma ni son interaction avec l'électrode pour former l'arc.

10 En se référant en particulier à l'illustration du système 10b de la figure 4, le manchon 102 est concentrique avec le tube d'arrivée 56b pour recevoir un mélange de gaz comprimé sous haute pression à partir de la source 42b par le conduit 44A en vue du mélange avec la vapeur dans la

15 chambre 34b. Le mélange M de vapeur et de gaz comprimé est ensuite dirigé à travers le conduit 112 et le régulateur 110 dans une entrée 104 où il est mélangé avec le gaz secondaire ou gaz écran à proximité de l'extrémité de sortie 20b de la torche 106 et orienté à travers la chambre

20 18b pour refroidir la torche.

En référence à la figure 5, on peut voir représentée une troisième forme de réalisation de l'invention qui se distingue essentiellement de la première et de la deuxième formes de réalisation illustrées sur les figures 1, 3 et 4,

25 par le fait que la vapeur formée dans la chambre 34c de l'électrode 28c est orientée vers une chambre à gaz 120 et mélangée dans celle-ci avant que le gaz soit divisé en flux de gaz primaire et flux de gaz secondaire à travers les chambres 46c et 18c, respectivement, grâce aux conduits 122 et 124. La vapeur est dirigée vers la chambre 120 au moyen

30 de la conduite 126 venant du passage 34c.

Plus précisément, un réfrigérant liquide, tel que de l'eau, est introduit par le tube 56c dans la chambre 34c avec un débit choisi pour éviter d'inonder la chambre de

35 manière que la vaporisation ou l'ébullition puissent se

faire presque instantanément sous l'effet de la surface périphérique intérieure chauffée de la chambre 34c de l'électrode 28c. La transformation du réfrigérant de l'état liquide à l'état vapeur assure un transfert rapide de
5 chaleur par conduction à travers l'électrode, puis une évacuation de chaleur pour vaporiser le réfrigérant. Le gaz sous pression n'est pas dirigé dans la chambre 34c comme dans le cas de la forme de réalisation représentée sur la figure 4. Donc, le refroidissement se fait exclusivement
10 par le réfrigérant liquide. Si le liquide est arrêté, la torche fonctionne en torche standard refroidie par air. L'injection efficace de petites quantités régulées de réfrigérant dans le système 10c sert au refroidissement. Puisque la vapeur à l'intérieur de la chambre 34c n'est pas
15 mélangée au gaz sous pression dans la chambre 34c, des impuretés contenues dans le réfrigérant restent principalement dans la chambre 34c et ne circulent pas à travers la torche. Donc, lorsque l'électrode est changée, ce qui se fait de manière relativement fréquente, c'est-à-
20 dire environ toutes les quatre heures d'utilisation de l'arc, les impuretés recueillies sont éliminées et les risques de corrosion et/ou d'obturation sont réduits.

La vapeur formée dans la chambre 34c s'écoule par le moyen de conduit 126 schématiquement illustré vers la
25 chambre à gaz 120. La chambre à gaz reçoit du gaz venant de la source de gaz 42c par les moyens de conduit 128 schématiquement illustrés. Le gaz est ensuite divisé en un flux primaire traversant le moyen de conduit 122 schématiquement illustré vers la chambre 46c et un flux
30 secondaire traversant le moyen de conduit 124 schématiquement illustré vers la chambre 18c pour former un flux de gaz écran ou gaz de refroidissement qui refroidit précisément l'ajutage 16c et l'enveloppe 14c de la torche. Un avantage de cet agencement tient au fait que le mélange
35 de vapeur et d'air comprimé est forcé à travers la torche

avant que la vapeur se condense en revenant à l'état liquide. En outre, le mélange gaz et vapeur, grâce à un contact essentiellement avec l'ajutage et l'enveloppe de la torche, assure un refroidissement des composantes de la structure de la torche.

En faisant maintenant référence à la figure 6, la torche 150 comprend une électrode massive 152 avec un ajutage 154 formant un passage primaire 160 pour orienter un plasma venant de la sortie 162. Le système de refroidissement de la torche 150 comprend un certain nombre de passages de refroidissement 170 espacés sur la circonférence, dont deux ont été représentés. Les tubes injecteurs de liquide 56x servent à injecter de petites quantités contrôlées de liquide, par exemple de l'eau dans des passages de refroidissement en position inférieure adjacente à la sortie 162. L'eau vaporisée refroidit l'ajutage 54. La vapeur traverse des moyens de conduits 180 et pénètre dans le passage 160. Le passage reçoit aussi un gaz de refroidissement. Cette forme de réalisation a été représentée pour illustrer l'application de l'invention au refroidissement de divers composants d'une torche à plasma.

En référence à la figure 7, on peut voir schématiquement illustrée une autre forme de réalisation de l'invention qui est semblable à la forme de réalisation des figures 4 et 5, sauf que la vapeur formée dans la chambre 34d s'écoule directement par un conduit 200 jusqu'à l'entrée 104d pour être mélangée avec le gaz secondaire ou gaz écran à proximité de l'extrémité de sortie 20d de la torche 12d. Ceci est avantageux car la vapeur formée dans la chambre 34d n'est pas considérablement entraînée en tourbillon et, par conséquent, seul le réfrigérant à l'état vapeur est susceptible d'être orienté en sortie de l'électrode. Les impuretés contenues dans le liquide réfrigérant sont forcées par le conduit 200. Un autre avantage de cette forme de réalisation tient au fait que l'on n'utilise pas

des gaz distincts pour constituer le gaz primaire générateur de plasma et le gaz secondaire ou gaz écran. Enfin, comme expliqué précédemment, le mélange de la vapeur chauffée et du gaz écran à proximité de la sortie de la
5 torche réduit essentiellement la température de fonctionnement de l'enveloppe de la torche et de l'ajutage, ce qui augmente leur durée d'utilisation et permet d'employer certains matériaux utiles dont la température de fusion est relativement plus faible, dans la construction
10 de l'appareil.

En se référant à la figure 7, un tube d'échappement 110d est installé en position concentrique par rapport au tube de réfrigérant 136d. La vapeur formée à partir du réfrigérant liquide délivrée par le tube 56d à la chambre
15 34d traverse la chambre annulaire 114d formée entre les tubes 110d et 56d. La vapeur formée au contact du réfrigérant liquide avec la surface intérieure de l'électrode s'écoule ensuite par le conduit 200 et l'entrée 104 pour se mélanger avec le flux du gaz secondaire venant
20 de l'extrémité de sortie 20d de la torche 12d. Bien que la chambre à gaz 120 soit représentée de manière à orienter le même gaz venant de la source de gaz 42d dans les conduits 122 et 124, il entre dans le cadre de l'invention d'utiliser des gaz différents et des mélanges de gaz pour
25 le gaz primaire formant le plasma et le gaz secondaire ou gaz écran dans cette forme de réalisation ainsi que dans les autres formes discutées dans le présent descriptif.

La figure 8 concerne une invention apparentée dans laquelle le réfrigérant liquide est atomisé et orienté dans
30 le flux de gaz primaire incident. Une torche à plasma 130 du type généralement décrit jusqu'à maintenant est schématiquement représentée. Les passages de circulation des gaz primaire et secondaire sont représentés en trait interrompu. Bien qu'un agencement particulier soit
35 représenté, n'importe quelle configuration de passage

incorporant le réfrigérant liquide atomisé entre dans le cadre de l'objet de l'invention. Un gaz apte à créer un plasma, tel que de l'air comprimé, est orienté dans l'entrée du conduit 132. Le réfrigérant liquide est également orienté par le conduit 134 dans le conduit d'entrée 132. De préférence, le flux de réfrigérant est commandé par une pompe 136, semblable à la pompe 66 décrite ci-dessus, laquelle est capable de contrôler le débit de réfrigérant liquide en réponse à des paramètres tels que le courant circulant vers l'électrode comme expliqué jusqu'à maintenant.

L'atomisation du réfrigérant liquide divise le liquide incident et expose une surface importante de liquide aux surfaces chauffées de la torche afin d'augmenter le transfert de chaleur. L'atomisation du réfrigérant liquide incident peut être effectuée par un appareil classique quelconque, tel que, par exemple, l'installation d'un réducteur de débit 138 à l'intérieur du conduit 132. Le limiteur provoque une augmentation de la vitesse du gaz et une diminution de la pression à l'intérieur du limiteur. Le réfrigérant liquide est injecté dans la région à basse pression du limiteur 138 et atomisé en très fines gouttes. Le mélange du réfrigérant liquide atomisé et du gaz circule ensuite dans la partie principale 140 de la torche. Dans une torche configurée comme celle qui est représentée sur la figure 3, le mélange de gaz et de réfrigérant atomisé peut s'écouler dans la chambre intérieure 142 de l'électrode. La chaleur intense créée par le fonctionnement de la torche entraîne l'ébullition du liquide réfrigérant atomisé, puis sa vaporisation par contact avec les parois périphériques intérieures chauffées de l'électrode. La surface plus importante du réfrigérant liquide atomisé augmente le contact matériel entre le liquide et les parois de l'électrode. De ce fait, le refroidissement obtenu est plus important grâce à l'application des principes de

transfert de chaleur par conduction à travers l'électrode et d'extraction de chaleur au moment de la vaporisation du réfrigérant liquide. Le mélange gaz et réfrigérant, dans lequel le réfrigérant est partiellement vaporisé et partiellement atomisé, s'écoule ensuite en sortant de l'électrode vers le passage 143 et se divise en flux primaire de plasma et flux secondaire d'écran. Le flux primaire autour de la surface périphérique extérieure 144 de l'électrode assure un refroidissement supplémentaire de l'électrode ainsi que de l'ajutage avant d'être émis par la sortie 146. Le flux secondaire autour de la surface périphérique extérieure 148 de l'ajutage refroidit l'ajutage ainsi que l'enveloppe extérieure de la torche.

En contrôlant l'atomatisation du réfrigérant liquide, il est préférable de créer des gouttes très fines, par exemple inférieures à 10 micromètres de diamètre. Pour contrôler le processus de refroidissement, le limiteur de débit est choisi dans le but de créer une vitesse et une pression souhaitées du gaz qui le traversent et la pression d'injection du réfrigérant est commandée pour former des gouttes de la dimension souhaitée. De plus, il est souhaitable que le processus soit régulé de manière que le réfrigérant soit complètement vaporisé avant de circuler autour de la surface périphérique extérieure de l'électrode afin que la génération de l'arc à plasma ne soit pas gênée. La surface chauffée et la grande vitesse des gaz forcés à travers la torche ont tendance à atomiser puis à vaporiser l'eau injectée dans les gaz incidents ; par conséquent, ce principe alternatif d'emploi d'un liquide réfrigérant qui se vaporise en définitive est applicable par injection d'un réfrigérant liquide dans des flux de gaz pressurisé.

L'invention a été décrite en se référant à des formes de réalisation préférées et il apparaît que plusieurs modifications peuvent être apportées aux principes et configurations des torches à arc à plasma décrits ici sans

sortir du cadre ni du principe de l'invention. Toutes ces modifications ou variantes sont considérées comme incluses dans l'invention. D'autres caractéristiques de diverses formes de réalisation peuvent être associées si on le souhaite.

5

REVENDECATIONS

1. Torche à plasma (12) comprenant une enveloppe (14) délimitant un moyen de chambre de circulation d'un gaz ayant une entrée et une sortie (20) à ses extrémités opposées afin d'orienter un gaz à travers ladite enveloppe ; un moyen pour introduire un gaz dans la chambre en circulation vers ladite sortie, ledit gaz étant capable de former un plasma ; une électrode allongée (28) ayant une première et une seconde extrémités opposées (30, 32), placée dans la chambre (22) avec sa seconde extrémité à proximité de ladite sortie (20), dans laquelle une tension continue débitant un courant donné, appliquée à ladite électrode, forme un plasma adjacent à ladite sortie (20), ce qui conduit à un échauffement de ladite extrémité inférieure de ladite électrode ; et des moyens pour orienter une quantité contrôlée de réfrigérant liquide contre ladite extrémité inférieure (38) de ladite paroi sous un débit permettant de convertir une partie substantielle dudit réfrigérant en vapeur afin de refroidir l'extrémité inférieure de ladite électrode grâce à la chaleur de vaporisation dudit réfrigérant liquide.

2. Torche à plasma selon la revendication 1, dans lequel ladite électrode (28) comprend une chambre axiale (34) de refroidissement s'étendant à l'intérieur de ladite électrode entre ladite première extrémité et une extrémité inférieure (38) fermée adjacente à ladite sortie de ladite chambre de circulation du gaz et ledit moyen orientant une quantité contrôlée de liquide réfrigérant comprend un moyen de tube pénétrant dans ladite chambre axiale de refroidissement.

3. Torche à plasma selon la revendication 2, dans lequel ledit moyen de tube comprend un tube réfrigérant (56) ayant un passage central pour liquide avec une sortie (60) à une extrémité et un moyen pour installer ledit tube à l'intérieur de ladite chambre de refroidissement axiale de

l'électrode avec ladite sortie du tube adjacente à ladite extrémité inférieure fermée de ladite chambre de refroidissement.

5 4. Torche à plasma selon la revendication 3, dans lequel ledit passage central pour liquide est circulaire avec un diamètre intérieur inférieur à environ 2,54 mm .

5. Torche à plasma selon la revendication 4, dans lequel ledit passage central pour liquide a un diamètre inférieur d'environ 1,59 mm .

10 6. Torche à plasma selon la revendication 3, dans lequel ledit passage central pour liquide a un diamètre intérieur d'environ 1,59 mm.

7. Torche à plasma selon la revendication 6, qui comprend une source de réfrigérant liquide (64) et un moyen pour
15 appliquer ladite quantité contrôlée de réfrigérant liquide venant de ladite source audit passage dudit tube à réfrigérant (56).

8. Torche à plasma selon la revendication 3, qui comprend une source de réfrigérant liquide (56) et un moyen pour
20 appliquer ladite quantité contrôlée de réfrigérant liquide venant de ladite source audit passage dudit tube à réfrigérant (56).

9. Torche à plasma selon la revendication 8, dans lequel le moyen pour appliquer ladite quantité contrôlée de
25 liquide comprend un moyen de corps de pompe (66) pour contrôler la quantité de réfrigérant liquide appliquée audit passage dudit tube à réfrigérant (56).

10. Torche à plasma selon la revendication 7, dans lequel le moyen pour appliquer ladite quantité contrôlée de
30 liquide comprend un moyen de corps de pompe (66) pour contrôler la quantité de réfrigérant liquide appliquée audit passage dudit tube à réfrigérant.

11. Torche à plasma selon la revendication 10, dans lequel ladite quantité de réfrigérant liquide est
35 inférieure à 2000 ml/heure.

12. Torche à plasma selon la revendication 11, dans lequel ladite quantité de réfrigérant liquide est fonction de l'intensité du courant appliqué à ladite électrode.

5 13. Torche à plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, 7, 9, 11, et 12, dans lequel ladite quantité de réfrigérant liquide est appliquée avec un débit de 100 ml/heure par tranche de 8 à 15 ampères appliquée à ladite électrode.

10 14. Torche à plasma selon la revendication 10, comprenant en outre une source d'énergie électrique (68); des moyens pour appliquer ladite tension continue délivrée par ladite source d'alimentation à l'électrode ; et lesdits moyens pour contrôler la quantité de réfrigérant liquide appliquée audit tube à réfrigérant (56) comprenant des moyens pour
15 ajuster ladite quantité de réfrigérant proportionnellement à l'intensité du courant appliqué à ladite électrode par ladite source d'alimentation (68).

15. Torche à plasma selon la revendication 9 ou 10, dans lequel ladite pompe (66) est une pompe volumétrique.

20 16. Torche à plasma selon la revendication 2, dans lequel ledit débit de liquide réfrigérant est suffisamment faible pour que des gouttes individuelles de liquide réfrigérant soient appliquées à l'extrémité inférieure fermée de ladite électrode.

25 17. Torche à plasma selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ledit réfrigérant liquide est de l'eau.

18. Torche à plasma du type comprenant une électrode avec une extrémité adjacente à l'arc à plasma et chauffée par cet arc à la sortie de ladite torche et un passage
30 intérieur pour orienter le liquide réfrigérant dans ladite électrode à proximité de ladite extrémité, le perfectionnement comprenant un moyen pour contrôler le débit de la circulation dudit liquide à une valeur suffisante pour maintenir ledit réfrigérant à l'état
35 liquide à ladite extrémité.

19. Torche à plasma comprenant une chambre ayant une entrée et une sortie sur laquelle un arc à plasma est créé ; une électrode allongée (28) avec une extrémité et s'étendant à l'intérieur de ladite chambre jusqu'à une position dans laquelle ladite extrémité est adjacente à ladite sortie ; un moyen pour faire passer un gaz réfrigérant à travers ladite chambre, autour de ladite électrode et le faire sortir par ladite sortie ; un passage pour réfrigérant adjacent à la partie haute de ladite électrode, et un moyen pour introduire un réfrigérant liquide dans ledit passage pour réfrigérant avec un débit permettant de porter à ébullition ledit réfrigérant et de le transformer en vapeur dans ledit passage pour réfrigérant.

20. Torche à plasma selon la revendication 19, dans lequel ledit passage pour réfrigérant se trouve dans ladite électrode.

21. Torche à plasma selon la revendication 19 ou 20, comprenant un moyen pour introduire ladite vapeur dans ladite chambre sensiblement au-dessus de ladite sortie de ladite chambre de façon que ladite vapeur et ledit gaz réfrigérant se mélangent et circulent le long de ladite électrode en sortant par ladite sortie.

22. Torche à plasma selon la revendication 19, comprenant un moyen pour atomiser ledit réfrigérant dans ladite chambre.

23. Torche à plasma comprenant une enveloppe délimitant une chambre de circulation d'un gaz ayant une entrée et une sortie à ses extrémités opposées ; un moyen pour appliquer un gaz à ladite chambre en le faisant circuler vers ladite sortie, ledit gaz étant capable de créer un plasma ; une électrode ayant une surface périphérique extérieure et une première et une seconde extrémités opposées, placée à l'intérieur de ladite chambre avec la seconde extrémité placée à proximité de ladite sortie ; un moyen pour

appliquer une tension continue d'intensité donnée à ladite électrode, afin de créer un plasma à côté de ladite sortie, en aboutissant à un échauffement de ladite électrode ; et un moyen pour injecter une quantité contrôlée de

5 réfrigérant liquide à l'état atomisé dans ledit gaz circulant vers ladite sortie de ladite chambre de circulation de gaz avec un débit permettant la conversion dudit réfrigérant à l'état vaporisé, ledit réfrigérant à l'état atomisé bouillant contre la surface extérieure de

10 ladite électrode pour se vaporiser et refroidir ladite électrode grâce à la chaleur de vaporisation dudit réfrigérant à l'état atomisé.

24. Procédé de refroidissement des surfaces chauffées de la partie d'extrémité la plus extérieure d'une électrode

15 dans une torche à plasma, ledit procédé comprenant les opérations suivantes :

- a) orientation d'un faible volume de liquide réfrigérant contre lesdites surfaces chauffées ; et
- b) contrôle dudit volume pour permettre audit liquide

20 réfrigérant de se transformer en vapeur dès qu'il entre en contact avec lesdites surfaces chauffées de ladite électrode.

25. Procédé de refroidissement d'une torche à plasma comprenant une chambre de circulation de gaz avec une

25 électrode ayant une partie d'extrémité chauffée placée à l'intérieur, ledit procédé comprenant les opérations suivantes :

- a) orientation d'un volume de réfrigérant dans ladite chambre de circulation de gaz ; et
- b) contrôle dudit volume dudit réfrigérant pour permettre

30 de vaporiser le réfrigérant liquide dans ladite chambre dès qu'il vient en contact avec la partie d'extrémité chauffée de ladite électrode.

26. Torche à plasma comprenant une enveloppe délimitant

35 un moyen de chambre de circulation d'un gaz ayant une

- entrée et une sortie (20) à ses extrémités opposées afin d'orienter un gaz à travers ladite enveloppe (14); un moyen pour appliquer un gaz dans la chambre en le faisant circuler vers ladite sortie ; une électrode allongée (28) ayant une première et une seconde extrémités opposées, placée dans ledit moyen de chambre (22) avec la seconde extrémité constituant une partie d'extrémité située à proximité de ladite sortie ; et un moyen pour refroidir ladite partie d'extrémité de ladite électrode (28), ledit moyen de refroidissement comprenant un passage de refroidissement allongé avec une extrémité intérieure adjacente à ladite partie d'extrémité de ladite électrode et se trouvant chauffée par ladite électrode, un moyen pour diriger une quantité contrôlée de réfrigérant liquide dans ledit passage de refroidissement adjacent à l'extrémité intérieure avec un débit permettant la conversion d'une proportion importante dudit réfrigérant liquide en vapeur afin de refroidir ladite partie d'extrémité de ladite électrode.
27. Torche à plasma selon la revendication 26, comprenant un moyen pour former ledit passage de refroidissement à l'intérieur de ladite électrode avec ladite extrémité intérieure adjacente à ladite partie d'extrémité.
28. Torche à plasma selon la revendication 26 ou 27, comprenant un moyen de conduit pour combiner ladite vapeur et ledit gaz dans ledit gaz circulant dans le moyen de chambre.
29. Torche à plasma selon la revendication 26 ou 27, comprenant un moyen pour orienter le gaz de refroidissement dans ledit passage de refroidissement de façon que ledit gaz de refroidissement se combine avec ladite vapeur et un moyen pour orienter l'ensemble dudit gaz et de la vapeur à travers ladite sortie.

FIG. 1

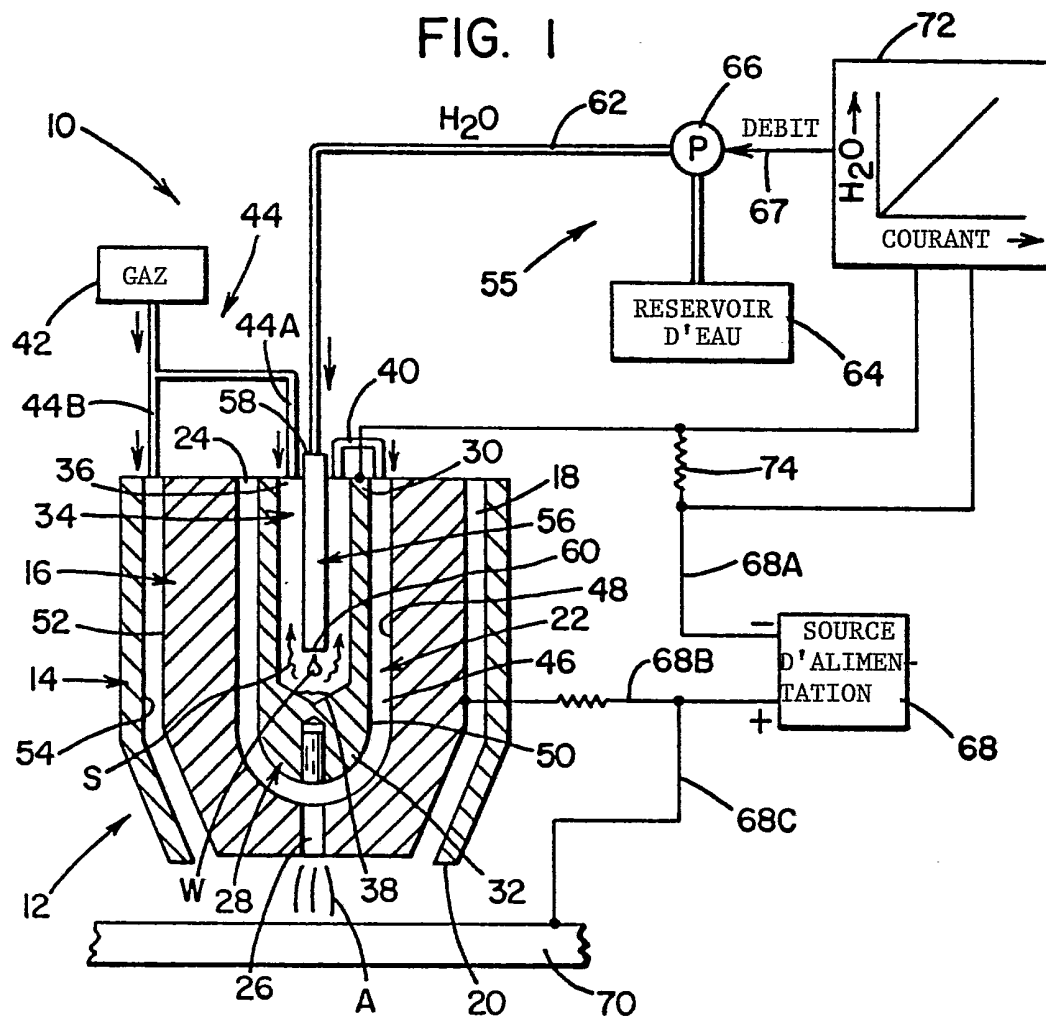


FIG. 2

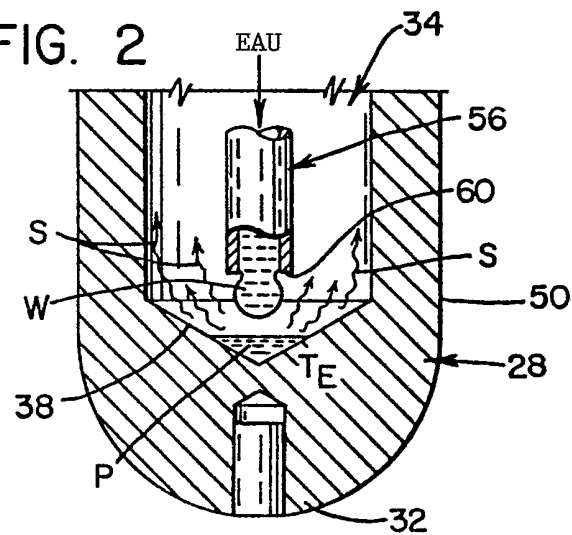


FIG. 3

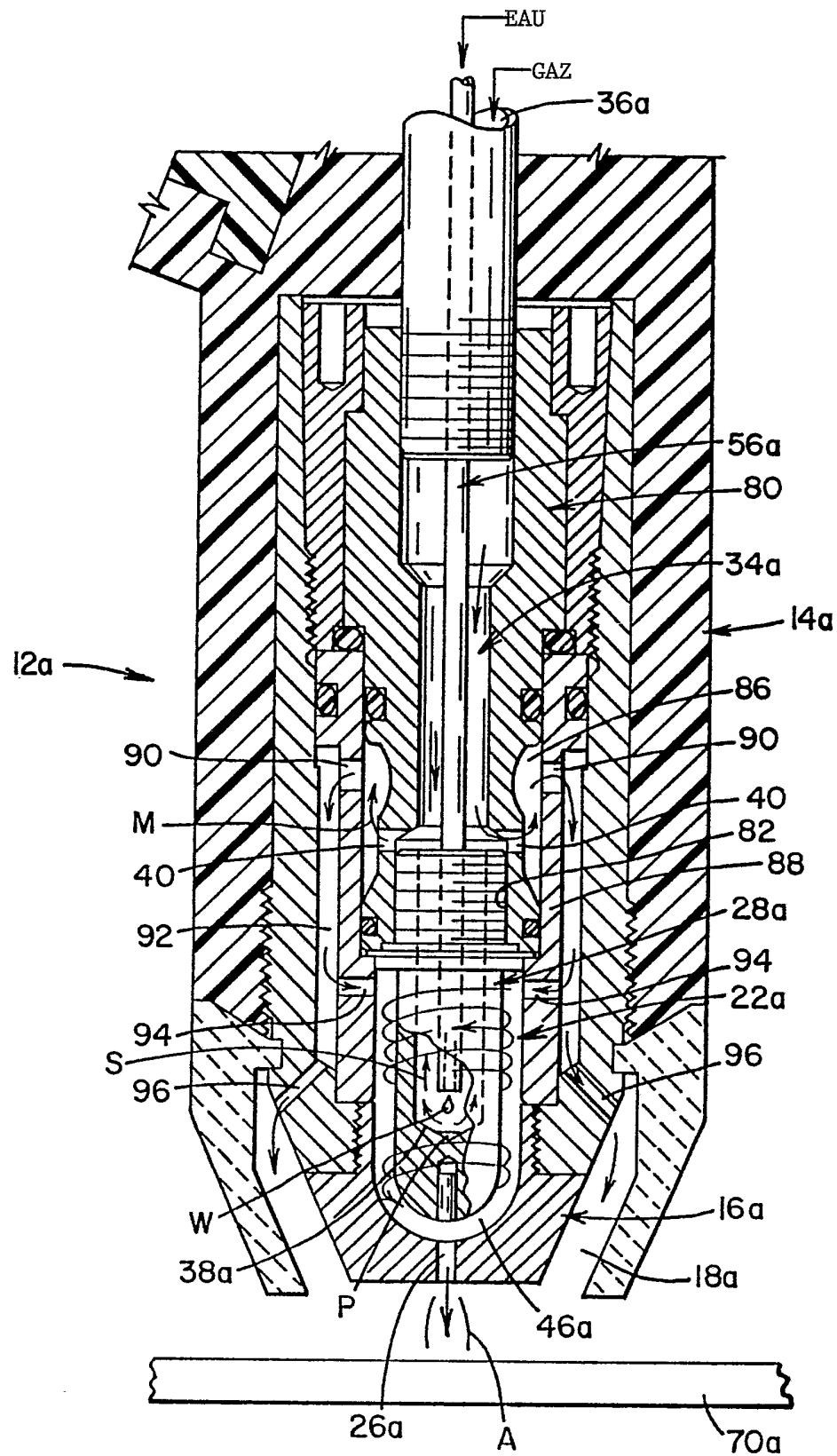


FIG. 4

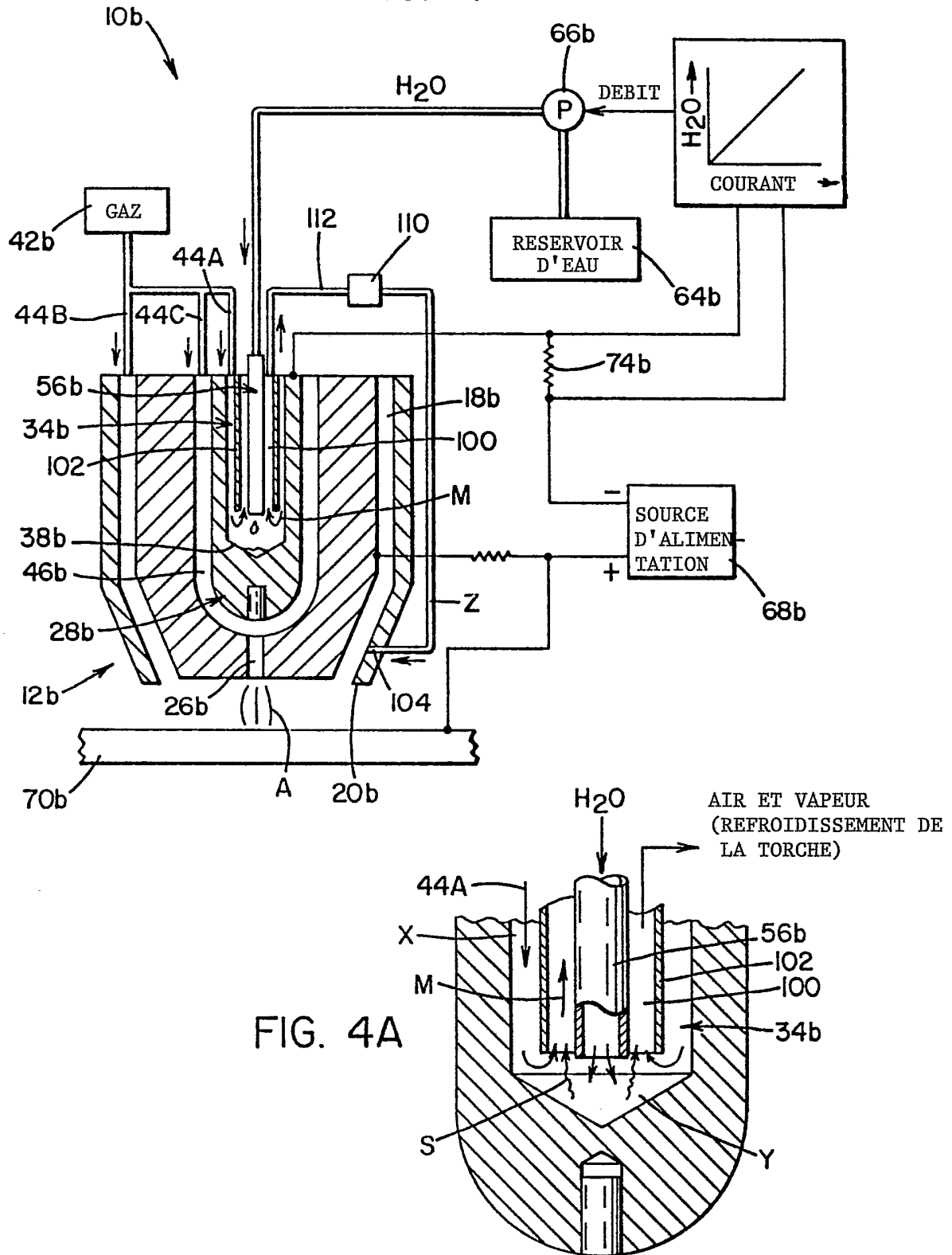


FIG. 5

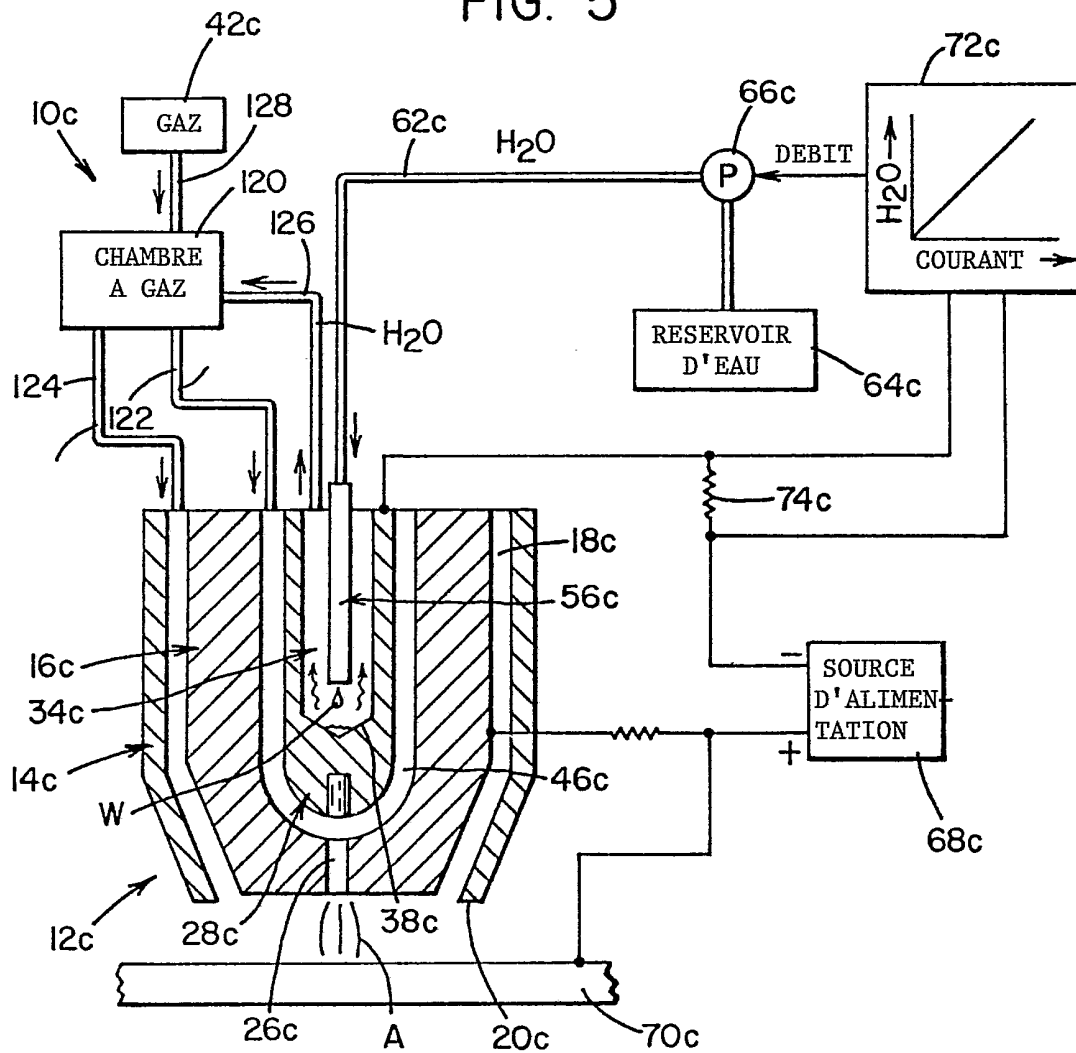


FIG. 6

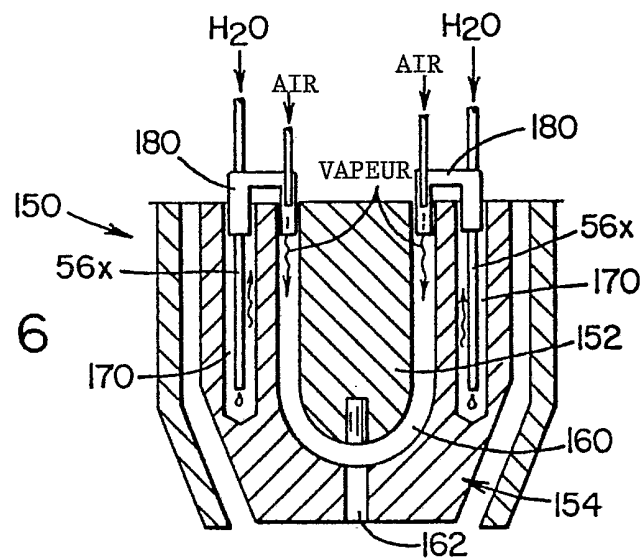


FIG. 7

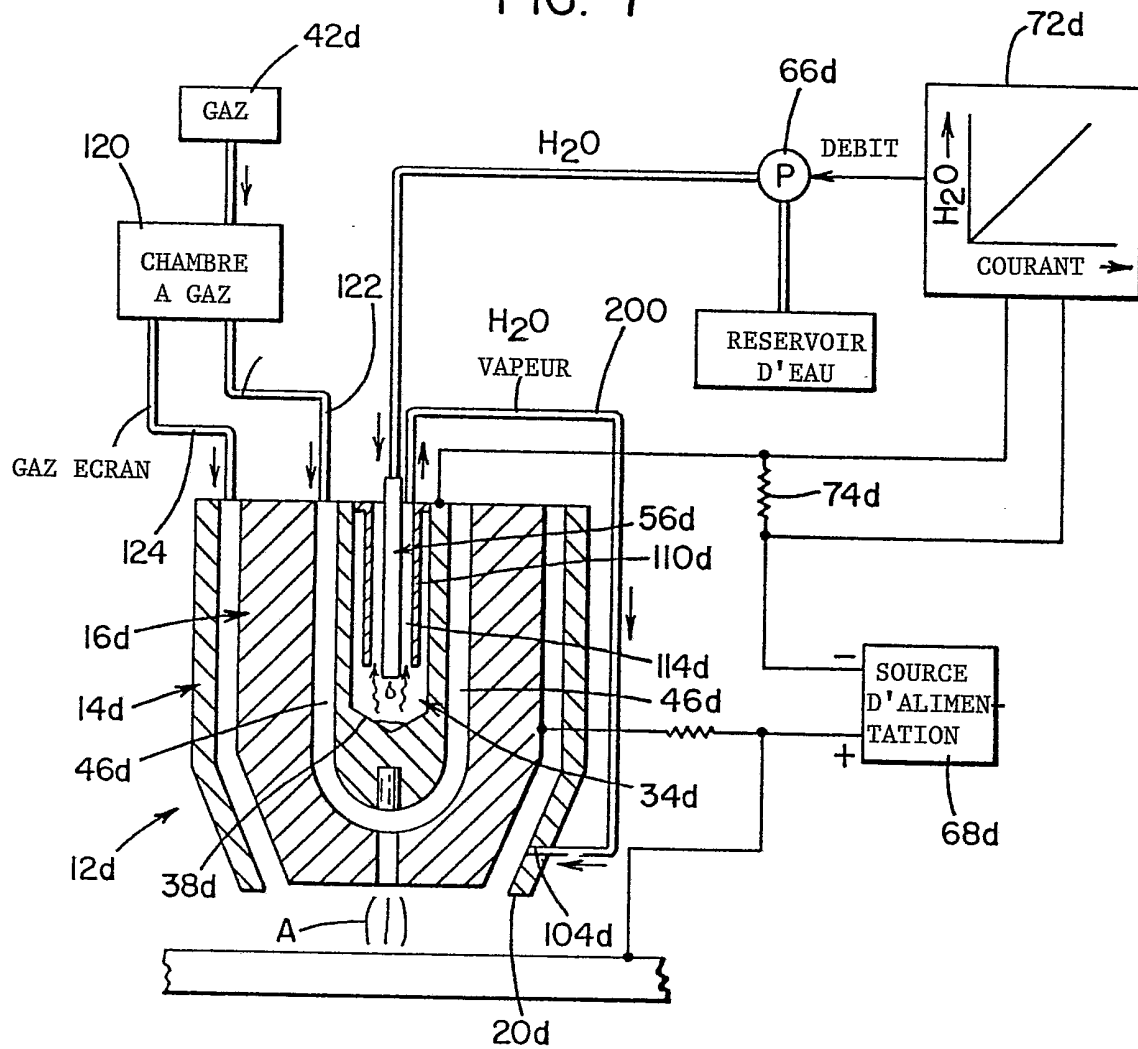


FIG. 8

