

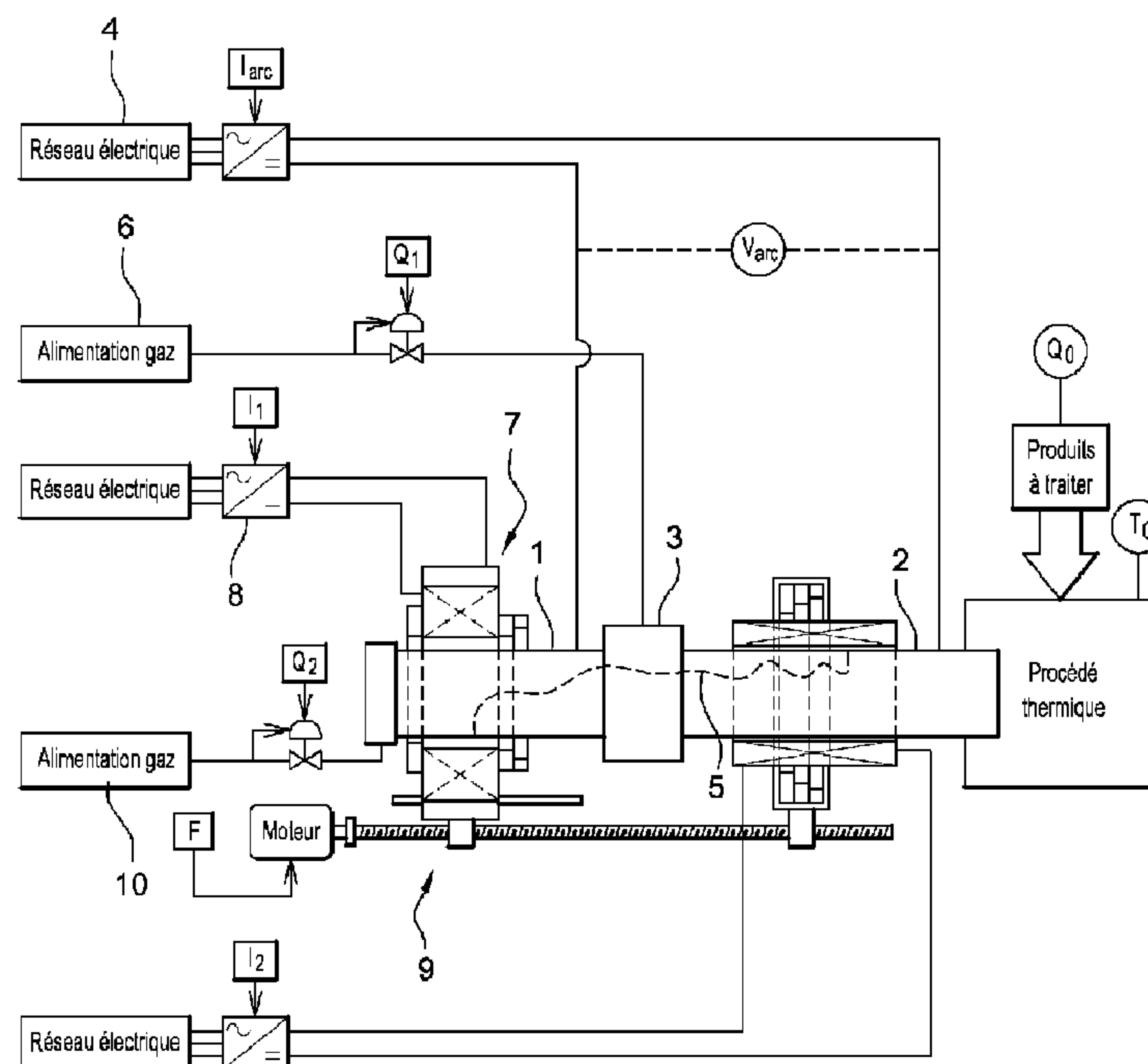


(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2009/12/17
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2010/06/24
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2017/07/25
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2011/06/06
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: EP 2009/067418
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2010/070051
(30) Priorité/Priority: 2008/12/19 (FR0858823)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H05H 1/34* (2006.01),
H05H 1/40 (2006.01)
(72) Inventeurs/Inventors:
MICHON, ULYSSE, FR;
HACALA, AMELIE, FR
(73) Propriétaire/Owner:
EUROPLASMA, FR
(74) Agent: BCF LLP

(54) Titre : PROCÉDE DE CONTRÔLE DE L'USURE D'AU MOINS UNE DES ELECTRODES D'UNE TORCHE A PLASMA

(54) Title: METHOD OF MONITORING THE WEAR OF AT LEAST ONE OF THE ELECTRODES OF A PLASMA TORCH



(57) Abrégé/Abstract:

L'invention concerne un procédé de contrôle de l'usure d'au moins une des électrodes (1, 2) d'une torche à plasma comprenant deux électrodes (1, 2) ayant un même axe principal, ces électrodes (1, 2) étant séparées par une chambre (3) destinée à recevoir un gaz plasmagène, et au moins un moyen pour générer un champ magnétique (7) placé localement à ladite au moins une électrode dont on cherche à contrôler l'usure, dans lequel on fait balayer longitudinalement le pied d'arc sur une partie de la surface de l'électrode à partir d'une position initiale jusqu'à ce que ledit pied d'arc atteigne une position finale déterminée de ladite partie, la progression longitudinale dudit pied d'arc étant déterminée par une fonction dépendante au moins du temps, $f(t)$ qui est fixée. Selon l'invention, on mesure au moins l'énergie électrique consommée par ladite torche en fonction du temps depuis la mise en service de ladite électrode (1, 2), on enregistre lesdites mesures dans une unité de stockage et on détermine à partir de l'évolution temporelle d'au moins ladite énergie électrique consommée sur au moins une partie desdites mesures, une variable d'ajustement $\xi(t)$ de la fonction $f(t)$ sur une période de temps T déterminée par l'état d'usure de ladite électrode (1, 2).

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
24 juin 2010 (24.06.2010)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/070051 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H05H 1/34 (2006.01) *H05H 1/40* (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2009/067418

(22) Date de dépôt international :
17 décembre 2009 (17.12.2009)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0858823 19 décembre 2008 (19.12.2008) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
EUROPLASMA [FR/FR]; Zone Artisanale de Cantegrit
Est, F-40110 Morcenx (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : MICHON,
Ulysse [FR/FR]; 32 rue de Sauternes, F-33800 Bordeaux
(FR). HACALA, Amélie [FR/FR]; 135 rue Amédée Saint
Germain, F-33800 Bordeaux (FR).

(74) Mandataire : SCHMIT, Christian Norbert Marie;
Schmit Chrétien SNC, 111, cours du Médoc, CS40009,
F-33070 Bordeaux (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasienn (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD OF MONITORING THE WEAR OF AT LEAST ONE OF THE ELECTRODES OF A PLASMA TORCH

(54) Titre : PROCÉDÉ DE CONTRÔLE DE L'USURE D'AU MOINS UNE DES ÉLECTRODES D'UNE TORCHE À PLASMA

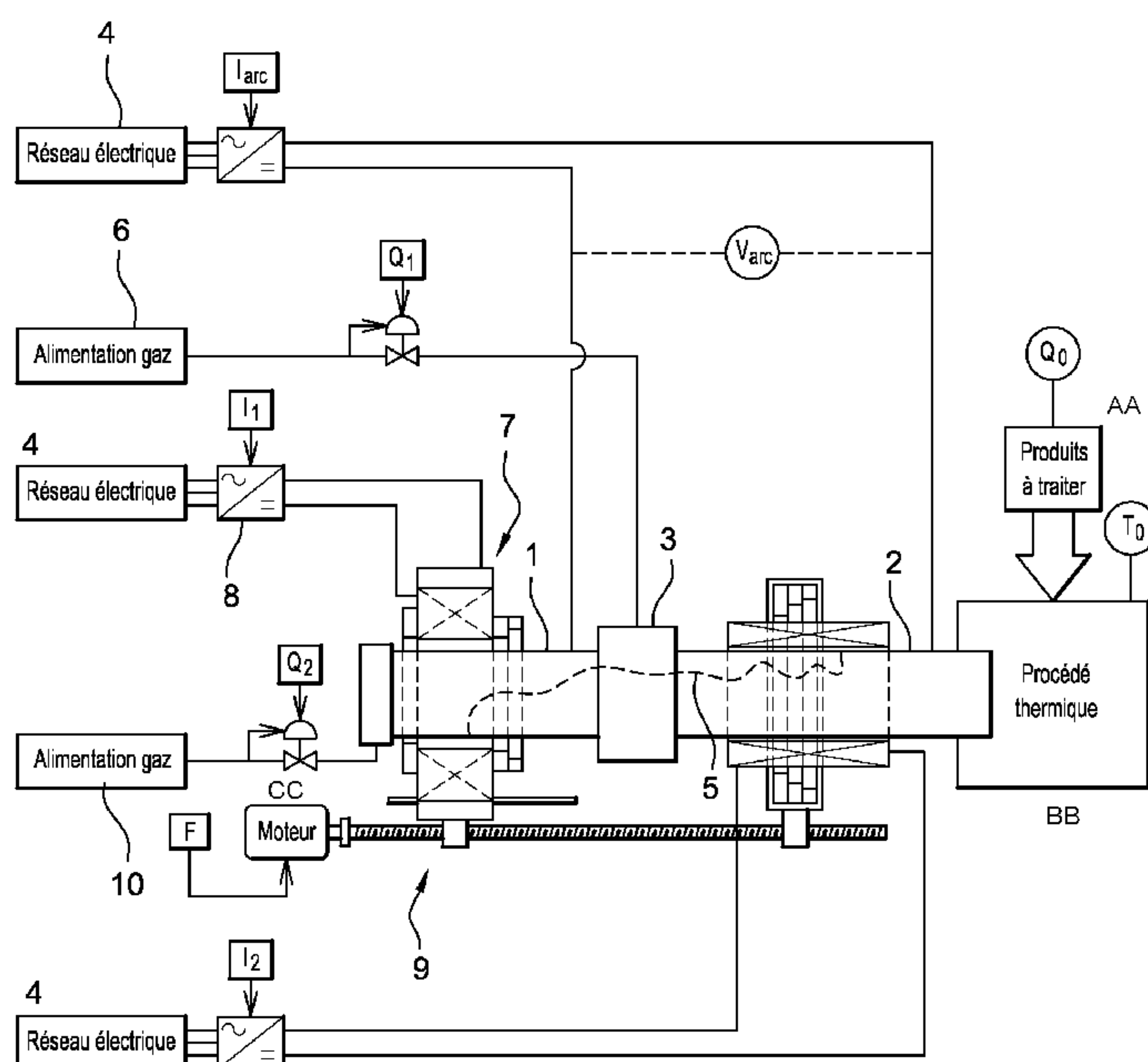


Fig. 1

4... Power supply
6, 10... Gas feed
AA... Products to be treated
BB... Thermal process
CC... Engine

(57) Abstract : The invention relates to a method of monitoring the wear of at least one of the electrodes (1, 2) of a plasma torch comprising two electrodes (1, 2) having the same principal axis, these electrodes (1, 2) being separated by a chamber (3) for receiving a plasma gas, and at least one means for generating a magnetic field (7) placed locally to said at least one electrode, the purpose of which is to monitor the wear, in which the arc root is swept over a portion of the surface of the electrode starting from an initial position up to the point where said arc root reaches a defined final position on said portion, the longitudinal progression of said arc root being determined by a function dependent on at least time, function $f(t)$, which is fixed. According to the invention, at least the electrical energy consumed by said torch is measured as a function of time from the commissioning of said electrode (1, 2), said measurements are recorded in a storage unit and, based on the temporal variation in at least said consumed electrical energy on at least some of said measurements, a variable $\xi(t)$ for adjusting the function $f(t)$ determined over a time period T determined by the state of wear of said electrode (1, 2).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]

WO 2010/070051 A1

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Publiée :**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii))

L'invention concerne un procédé de contrôle de l'usure d'au moins une des électrodes (1, 2) d'une torche à plasma comprenant deux électrodes (1, 2) ayant un même axe principal, ces électrodes (1, 2) étant séparées par une chambre (3) destinée à recevoir un gaz plasmagène, et au moins un moyen pour générer un champ magnétique (7) placé localement à ladite au moins une électrode dont on cherche à contrôler l'usure, dans lequel on fait balayer longitudinalement le pied d'arc sur une partie de la surface de l'électrode à partir d'une position initiale jusqu'à ce que ledit pied d'arc atteigne une position finale déterminée de ladite partie, la progression longitudinale dudit pied d'arc étant déterminée par une fonction dépendante au moins du temps, $f(t)$ qui est fixée. Selon l'invention, on mesure au moins l'énergie électrique consommée par ladite torche en fonction du temps depuis la mise en service de ladite électrode (1, 2), on enregistre lesdites mesures dans une unité de stockage et on détermine à partir de l'évolution temporelle d'au moins ladite énergie électrique consommée sur au moins une partie desdites mesures, une variable d'ajustement $\xi(t)$ de la fonction $f(t)$ sur une période de temps T déterminée par l'état d'usure de ladite électrode (1, 2).

Procédé de contrôle de l'usure d'au moins une des électrodes d'une torche à plasma

La présente invention appartient au domaine des torches à plasma. Plus précisément, l'invention concerne un procédé de contrôle de l'usure d'au moins une des électrodes d'une torche à plasma à arc non transféré.

Elle concerne encore une torche à plasma à arc non transféré pour la
5 mise en œuvre de ce procédé.

Une torche à plasma est un système permettant la transformation d'une énergie électrique en énergie thermique de haute densité. Un arc électrique provoqué entre deux électrodes est typiquement mis en œuvre pour apporter l'énergie nécessaire à l'ionisation d'un gaz plasmagène.

10 Les torches à plasma sont utilisées dans l'industrie, par exemple, pour effectuer des dépôts métalliques ou pour le soudage, ou encore pour détruire certains produits tels que des déchets dangereux.

Les torches à arc non transféré, encore appelées torches à arc soufflé, comprennent deux électrodes entre lesquelles est généré un arc électrique
15 qui est entretenu. Ces électrodes étant contenues dans la torche à plasma, l'arc électrique est confiné à l'intérieur de celle-ci. Au contact de cet arc électrique, le flux de gaz injecté dans la torche est porté à très haute température et est ionisé.

Le gaz ainsi réchauffé s'écoule par l'extrémité ouverte de l'une des
20 électrodes, dénommée électrode aval. Seul le gaz éjecté à haute température, ou dard plasma, est par conséquent visible à l'extérieur de la torche.

Alors que la température du dard plasma est de l'ordre de 5 000°C, la température de l'arc électrique et, en particulier, celle des pieds d'arc, est typiquement de l'ordre de 20 000°C.

5 Cette température étant supérieure à la température de fusion des électrodes, et ce, quel que soit le matériau utilisé pour fabriquer ces électrodes, la vaporisation des électrodes au niveau des pieds d'arc est inévitable.

10 Bien que les électrodes soient typiquement refroidies, elles constituent des éléments consommables qui doivent être remplacées après un temps de service plus ou moins court.

La longévité des électrodes refroidies peut varier d'une centaine d'heures pour des torches de relativement faible puissance à un millier d'heures pour les torches à plasma de grande puissance.

15 Depuis de nombreuses années, des travaux de recherche sont, en conséquence, menés pour améliorer la durée de vie des électrodes des torches à plasma afin de rendre celles-ci compatibles avec les exigences industrielles.

Il a été tout d'abord observé que la durée de vie des électrodes dépendait de plusieurs paramètres.

20 Il est ainsi possible de jouer sur la forme des électrodes et sur le choix de leur matériau constitutif. Néanmoins, le dard plasma étantensemencé de particules métalliques provenant de l'usure des électrodes, le ou les matériaux choisis doivent être compatibles avec les applications envisagées pour la torche à plasma.

25 Afin de limiter la température moyenne de surface des électrodes, elles peuvent également être refroidies par exemple en mettant en place une circulation d'eau, en général, déminéralisée.

Il est possible également de limiter le courant d'arc pour une puissance de fonctionnement de torche donnée. En effet, au niveau des pieds d'arc, le flux de calories à évacuer augmente avec le courant fixé aux bornes des électrodes.

30 Ainsi, pour une puissance de torche donnée, la possibilité de réaliser cette puissance par un couple tension/courant favorisant la tension par rapport au courant est un élément majeur car l'usure des électrodes s'en trouve réduite.

35

Toutefois, l'ensemble de ces paramètres relève de la conception propre d'une torche à plasma. Ces paramètres ne sont donc plus modifiables une fois la mise en service de cette torche opérée.

5 On a encore proposé de répartir l'érosion induite au pied de l'arc électrique sur la plus grande surface d'électrode possible. Par une telle méthode de contrôle de la position du pied d'arc électrique, on cherche à éviter que le pied d'arc reste attaché à un seul point de la surface de l'électrode entraînant une érosion très rapide de celle-ci.

10 Ce contrôle de la position du pied d'arc à la surface de l'électrode peut être réalisé par l'injection d'un débit variable de gaz plasmagène.

Avantageusement, un tel contrôle est alors réalisé par la seule gestion de la vanne de régulation d'arrivée du gaz plasmagène. Cette gestion n'apporte pas de modification aux servitudes de la torche à plasma.

15 Néanmoins, cette méthode est peu flexible car il est alors impératif de limiter les plages de variations du débit afin d'empêcher une éventuelle sortie du pied d'arc électrique de la zone de travail à la surface de l'électrode correspondante. De plus, de trop grandes variations de débit empêchent l'obtention d'une bonne stabilité de l'arc électrique à l'intérieur de la torche à plasma.

20 Le contrôle de la position du pied d'arc à la surface de l'électrode peut également être réalisé par l'application d'un champ magnétique fixe avec une mobilité mécanique de l'aimant permanent générant ce champ magnétique.

25 Un tel contrôle permet une répartition de l'usure à la surface de l'électrode sur une plage de longueurs liée à l'amplitude de déplacement de l'aimant permanent.

30 Toutefois, le déplacement de cet aimant permanent est complètement indépendant des points de fonctionnement de la torche à plasma, et lorsqu'il arrive en bout de course, l'usure est largement accélérée sur le lieu de fixation du pied d'arc car ce dernier décrit alors une simple rotation. Par ailleurs, la vitesse de déplacement de cet aimant est généralement constante sur une plage de temps définie.

Le contrôle de la position du pied d'arc à la surface de l'électrode peut encore être réalisé par l'application d'un champ magnétique variable.

35 Le document FR 2 609 358 divulgue une torche à plasma à arc non transféré comprenant une bobine de champ entourant l'électrode amont de la

torche et un circuit électrique permettant d'alimenter en courant continu variable cette bobine de manière à faire décrire au pied de l'arc en contact avec cette électrode amont une course longitudinale à laquelle se superpose une oscillation du pied d'arc au cours de cette course.

5 Cette méthode permet d'augmenter le nombre de degrés de liberté pour le contrôle de la position des pieds d'arc électrique.

Cependant, cette oscillation du pied d'arc reste toutefois limitée en excursion de la surface de l'électrode. Cette limitation de la surface vue par le pied d'arc ne permet pas d'optimiser l'érosion de l'électrode.

10 De plus, cette solution est onéreuse et induit une consommation électrique qui vient s'ajouter à la consommation électrique de la torche à plasma. L'intérêt d'une telle technologie disparaît pour des torches à plasma ayant une puissance inférieure à 1 MW.

15 Par ailleurs, cette technologie de bobine de champ sous la forme de galette est encombrante (poids et dimensions), ce qui rend difficile la mise en œuvre de ce type de torche en milieu contraint.

Si ces systèmes de contrôle du déplacement du pied d'arc électrique ont permis d'allonger la durée opérationnelle des électrodes, ils peuvent encore être améliorés pour répartir au mieux l'usure de l'électrode.

20 La brève longévité des électrodes constitue en effet un inconvénient notable pour certaines applications industrielles.

L'objectif de la présente invention est donc de proposer un procédé de contrôle de l'usure d'au moins une des électrodes d'une torche à plasma qui soit simple dans sa conception et dans son mode opératoire, pour optimiser la
25 position du pied d'arc électrique à la surface de cette électrode et, par conséquent, la longévité de ces électrodes.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de contrôle de l'usure d'au moins une des électrodes d'une torche à plasma, cette torche comprenant deux électrodes ayant un même axe principal entre lesquelles s'établit un arc,
30 ces électrodes étant séparées par une chambre destinée à recevoir un gaz plasmagène, et au moins un moyen pour générer un champ magnétique placé localement à ladite au moins une électrode dont on cherche à contrôler l'usure, dans lequel on fait balayer longitudinalement le pied d'arc sur une partie de la surface de cette électrode à partir d'une position initiale jusqu'à ce
35 que ledit pied d'arc atteigne une position finale déterminée de ladite partie

impliquant le changement de cette électrode, la progression longitudinale de ce pied d'arc étant déterminée par une fonction dépendante au moins du temps, $f(t)$ qui est fixée.

Selon l'invention, on mesure au moins l'énergie électrique consommée par cette torche en fonction du temps depuis la mise en service de l'électrode, on enregistre ces mesures dans une unité de stockage et on détermine à partir de l'évolution temporelle d'au moins cette énergie électrique consommée sur au moins une partie de ces mesures, une variable d'ajustement $\xi(t)$ de la fonction $f(t)$ sur une période de temps τ déterminée par l'état d'usure de cette électrode.

On entend par "depuis la mise en service de l'électrode" que ces mesures sont réalisées en temps réel ou à intervalles réguliers à partir d'une électrode neuve ou non. Dans ce dernier cas, les positions initiale et intermédiaire sont toutefois déterminables afin de pouvoir reprendre le contrôle de l'usure de l'électrode à la position où il s'était interrompu en cas de maintenance sur la torche à plasma par exemple.

On entend par "les électrodes ayant un même axe principal" que ces électrodes sont coaxiales ou encore que l'électrode amont, repérée par rapport au sens d'écoulement du plasma, a un même axe principal que l'électrode aval.

On entend par "localement" que le moyen pour générer un champ magnétique crée un champ magnétique au niveau de l'électrode dont on cherche à limiter l'usure, afin de provoquer le déplacement du pied d'arc à la surface de l'électrode considérée.

A titre purement illustratif, la torche à plasma comporte une bobine de champ entourant l'électrode amont pour générer un champ magnétique local au niveau de cette électrode, cette bobine étant de plus fixe en position mais alimentée avec un courant continu variable $i(t)$ ($=f(t)$).

On sait qu'à une valeur de consigne du courant alimentant la bobine de champ correspond une position donnée du pied d'arc sur l'électrode amont. Par ailleurs, cette torche ayant une configuration donnée (géométrie de l'électrode amont, caractéristiques électromagnétiques de la bobine de champ, ...), il est possible de déterminer expérimentalement par des méthodes connues de l'homme du métier la courbe représentative de la position du pied d'arc sur l'électrode amont en fonction de l'intensité du

courant appliqué à la bobine de champ. Ainsi en ayant déterminée l'équation de cette courbe et en connaissant la loi $i(t)$ (balayage alternatif régulier ou non, ondulé pulsatoire, ...) régissant la progression longitudinal du pied d'arc à la surface de l'électrode, l'homme du métier sait contrôler l'usure de l'électrode le balayage longitudinal du pied d'arc à la surface de l'électrode amont entre deux positions.

Toutefois, le régime de fonctionnement de la torche peut varier dans le temps, la torche ne fonctionnant pas, par exemple, à plein régime de manière continue. Au contraire, la torche à plasma peut connaître des périodes de mise en veille ou des variations de puissance dans le temps en fonction des applications envisagées pour cette torche.

L'usure de l'électrode pour une valeur de consigne du courant d'arc est alors ralentie ou au contraire accélérée.

La variable d'ajustement $\xi(t)$ permet alors de prendre en compte non plus « l'état supposé » de l'électrode tel que défini par la fonction $f(t)$ mais son état réel qui dépend des sollicitations réelles de la torche à plasma.

Si l'usure de l'électrode est, par exemple, faible pour une valeur de consigne de $i(t)$ à l'instant t_0 parce que la torche est en veille, on cherchera à maintenir le pied d'arc plus longtemps en la position de la surface de l'électrode correspondante de manière à allonger la durée de vie de cette électrode. Pour cela, on appliquera une variable d'ajustement, ou corrective, $\xi(t) = i_{\text{cor}}(t)$ telle que le courant continu variable appliqué à la bobine de champ pour contrôler la position du pied d'arc est $i_B(t) = i(t) - i_{\text{cor}}(t)$ pendant une durée τ déterminée non seulement par le temps pendant lequel la torche à plasma reste en état de veille mais également par le temps nécessaire pour atteindre un état d'usure nécessitant le passage à un autre point de la surface de l'électrode dont on cherche à contrôler l'usure.

Dans le cas où cette même bobine de champ est de plus déplacée mécaniquement en translation, alors la variable d'ajustement $\xi(t)$ est une fonction de la forme $F(i(t), z(t))$.

Bien entendu, les opérations de détermination de la variable d'ajustement $\xi(t)$ peuvent être réalisées par un calculateur qui pilote les moyens de contrôle de la position du pied d'arc. Dans le cas d'une bobine de champ, par exemple, ce calculateur pilote le courant d'alimentation de cette bobine.

Dans différents modes de réalisation particuliers de ce procédé, chacun ayant ses avantages particuliers et susceptibles de nombreuses combinaisons techniques possibles:

- on mesure également le courant d'arc en fonction du temps depuis la mise en service de l'électrode,

Cette mesure du courant d'arc permet avantageusement une détermination plus précise de la variable d'ajustement $\xi(t)$ de la fonction $f(t)$. En effet, pour une même puissance électrique P_{arc} consommée par la torche, on peut avoir des courants d'arc qui sont différents.

- on fait osciller sur lui-même, pendant le balayage, le pied d'arc autour d'une position moyenne définie par la fonction $f(t)$,

- on détermine cette variable d'ajustement $\xi(t)$ à partir de la détermination de l'évolution temporelle de l'énergie électrique consommée d'une part, sur l'ensemble des mesures et d'autre part, sur les mesures obtenues depuis un intervalle de temps déterminé T correspondant à un régime de fonctionnement différent de ladite torche,

- ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique est choisi dans le groupe comprenant une bobine de champ, un aimant permanent et des combinaisons de ces éléments,

- Lorsque ce moyen pour générer un champ magnétique est une bobine de champ, elle sera préférentiellement de type galette pour l'électrode amont.

Selon différentes variantes, cette bobine pourra être constituée :

- d'un enroulement métallique coaxial à l'électrode. Le fil conducteur peut être plein ou creux, de section carrée, rectangulaire ou ronde,
- d'un fil de conducteur électrique unique,
- de plusieurs conducteurs électriques non liés physiquement entre eux de manière permanente, c'est-à-dire la bobine pourra également être segmentée,
- d'un nombre de couches $N \geq 2$. Chaque couche est alors constituée par un nombre de spires $S \geq 8$. S n'est pas forcément identique pour les N couches.

La bobine peut entourer localement l'électrode mais le centre de la bobine n'est pas forcément lié au centre de l'électrode selon l'axe de la torche.

- Alternativement, la bobine peut être raccordée soit en série avec l'électrode, soit en parallèle, c'est-à-dire sans aucun contact électrique avec l'électrode.

La bobine peut encore être plus longue que l'électrode, plus courte ou de même dimension que l'électrode.

Pour des raisons de compacité, le diamètre de cette bobine de champ pourra être diminué (perte de champ radial). Cette perte de champ radial pourra
5 alors être compensée partiellement par l'adjonction, sur tout ou une partie de la longueur de la bobine de champ, d'un ou plusieurs aimants permanents.

Si ce ou ces aimants permanents sont de forme cylindrique, ils seront alors coaxiaux à l'une des électrodes.

Un ou plusieurs autres aimants permanents ayant des champs différents des
10 précédents peuvent être positionnés en dehors de la bobine de champ soit en amont, soit en aval afin de modifier localement la forme du champ.

- on déplace ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique le long de cet axe principal de manière à varier la position sur cette électrode du pied de l'arc électrique généré entre les électrodes,

- 15 - on déplace ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique avec une vitesse variable dans le temps,

- on déplace ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique avec une vitesse variant progressivement ou par paliers.

- on déplace ledit au moins un moyen pour générer un champ
20 magnétique de part et d'autre d'une position de référence,

- on réalise, simultanément ou successivement, un déplacement dudit au moins un moyen pour générer un champ magnétique le long dudit axe principal et l'application du courant continu variable.

Ces moyens pour contrôler l'usure de l'électrode peuvent donc agir
25 ensemble pour conjuguer leurs effets.

L'invention sera décrite plus en détail en référence aux dessins annexés dans lesquels:

- la figure 1 est une vue en coupe d'une torche à plasma à arc non transféré dans un mode de réalisation particulier de l'invention;

- 30 - la figure 2 montre schématiquement la composante d'intensité I_2 superposée à une intensité I_1 de base, I_2 étant une oscillation telle que $I_2 < I_1$ et $I = I_1 + I_2$ étant le courant continu variable appliqué à ladite bobine de l'électrode amont de la Figure 1 ;

La Figure 1 montre une torche à plasma à arc non transféré selon un mode de réalisation particulier de l'invention. Cette torche comporte deux électrodes tubulaires 1, 2 disposées colinéairement le long d'un axe principal. Ces électrodes 1, 2 sont refroidies par un dispositif de refroidissement à l'eau (non représenté) connu de l'état de l'art et qui ne sera pas décrit plus en détail ici.

Ces électrodes 1, 2 sont séparées l'une de l'autre par une chambre 3 destinée à recevoir un gaz plasmagène.

Un système d'alimentation en énergie 4 relié à ces deux électrodes 1, 2 permet d'appliquer une différence de potentiel entre elles provoquant un arc électrique 5 entretenu.

On mesure le courant d'arc I_{arc} et la tension d'arc U_{arc} afin de déterminer la puissance électrique consommée $P_{arc} = I_{arc} \times U_{arc}$.

Le gaz plasmagène qui est fourni par une source d'alimentation en gaz 6 est forcé dans cette chambre 3. Ce gaz plasmagène est de préférence introduit entre les électrodes 1, 2 avec un mouvement tourbillonnant, ou encore en vortex, afin d'assurer un gainage par le fluide gazeux et une stabilisation de l'arc électrique.

D'autre part, ce mouvement tourbillonnant assure un mouvement naturel de rotation des pieds d'arc amont et aval sur la surface des électrodes correspondantes.

Le moyen pour générer un champ magnétique comprend avantageusement une bobine de champ 7 que l'on alimente avec un courant continu variable 8. On entend par « courant continu variable », un courant continu dont l'intensité varie en fonction du temps.

Cette bobine de champ 7 est ici placée autour de l'électrode amont 1 afin de contrôler la position du pied d'arc amont à la surface de cette électrode.

De préférence, l'intensité I de ce courant continu variable comprend une intensité I_2 superposée à une intensité I_1 , I_2 étant une oscillation telle que $I_2 < I_1$, la variation de l'intensité I_1 étant choisie dans le groupe comprenant variation linéaire, variation par paliers, variation exponentielle, variation logarithmique, variation suivant une fonction polynomiale ou une combinaison de ces éléments.

A titre purement illustratif, la torche à plasma est alimentée avec un courant continu variable dont l'intensité de base I_1 varie par paliers, chaque palier ayant une durée de plusieurs centaines d'heures, l'usure de l'électrode se faisant alors par « tranches ». Alternativement, cette intensité I_1 peut
5 varier de manière linéaire ou selon une loi « courbe » telle qu'exponentielle ou polynômiale.

La Figure 2 montre la forme que peut prendre l'oscillation d'intensité I_2 , laquelle permet de faire osciller le pied d'arc autour d'une position moyenne et par conséquent de limiter l'usure de l'électrode amont. Cette oscillation
10 peut avoir une forme de sinusoïde (Fig. 2a), de carré (Fig. 2b) ou encore de triangle (Fig. 2c).

L'amplitude et la fréquence de cette oscillation peuvent varier dans le temps selon l'énergie électrique consommée par la torche à plasma et de l'état d'usure de l'électrode. Typiquement, l'amplitude sera d'autant plus limitée que
15 la torche sera dans une plage de fonctionnement extrême (basse puissance, puissance nominale). La fréquence de l'onde dépendra de l'enthalpie de fonctionnement de la torche.

La forme de l'onde sera sélectionnée selon l'observation de la stabilité des points de fonctionnement de la torche. Si la puissance torche varie de
20 manière discrète d'une puissance à l'autre et de manière programmée, une forme carrée sera préférée.

Compte tenu que le courant moyen que la bobine de champ, lorsqu'il arrive à son maximum, ne parvient pas à repousser suffisamment l'arc électrique vers l'aval de la torche, il reste du cuivre non vu par les pieds d'arc.
25 Il sera donc avantageux de mettre en mouvement la bobine de champ en la faisant se déplacer. Ce déplacement permet donc de baisser la valeur du courant moyen de la bobine de champ et d'appliquer de nouvelles lois de croissance du courant moyen ainsi que de formes d'ondulation.

Pour cela, la torche à plasma comporte des moyens 9 pour déplacer
30 ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique 7 le long de l'axe principal de manière à varier la position sur l'électrode dont on cherche à contrôler l'usure du pied de l'arc électrique généré entre ces électrodes 1, 2.

Ces moyens 9 comprennent ici une vis sans fin entraînée en rotation
35 par un moteur. La bobine de champ 7 est liée à cette vis de sorte que la mise

en rotation de la vis sans fin entraîne une translation de la bobine de champ
7.

Dans l'hypothèse où on souhaitera déplacer ledit au moins un moyen
pour générer un champ magnétique de part et d'autre d'une position de
5 référence, ce moteur pourra par exemple être un moteur alternatif.

Avantageusement, on pourra également de manière connue moduler
l'injection d'un gaz plasmagène secondaire 10 afin de contrôler la position du
pied d'arc.

REVENDICATIONS

1. Procédé de contrôle de l'usure d'au moins une des électrodes d'une torche à plasma, ladite torche comprenant deux électrodes ayant un même axe principal entre lesquelles s'établit un arc auquel correspondent un pied d'arc et un courant d'arc, ces électrodes étant séparées par une chambre destinée à recevoir un gaz plasmagène, et au moins un moyen pour générer un champ magnétique placé localement à ladite au moins une électrode dont on cherche à contrôler l'usure, dans lequel on fait balayer longitudinalement ledit pied d'arc sur une partie de la surface de ladite électrode à partir d'une position initiale jusqu'à ce que ledit pied d'arc atteigne une position finale déterminée de ladite partie impliquant le changement de ladite électrode, la progression longitudinale dudit pied d'arc étant déterminée par une fonction dépendante au moins du temps, $f(t)$ qui est fixée, et dans lequel on mesure au moins l'énergie électrique consommée par ladite torche en fonction du temps depuis la mise en service de ladite électrode, on enregistre lesdites mesures dans une unité de stockage et on détermine à partir de l'évolution temporelle d'au moins ladite énergie électrique consommée sur au moins une partie desdites mesures, une variable d'ajustement $\xi(t)$ de la fonction $f(t)$ sur une période de temps τ déterminée par l'état d'usure de ladite électrode.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel on mesure également ledit courant d'arc en fonction du temps depuis la mise en service de ladite électrode.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel on fait osciller sur lui-même, pendant le balayage, ledit pied d'arc autour d'une position moyenne définie par la fonction $f(t)$.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel on réalise lesdites mesures en temps réel ou à intervalles de temps réguliers.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel on détermine ladite variable d'ajustement $\xi(t)$ à partir de la détermination de l'évolution temporelle de ladite énergie électrique consommée d'une part, sur l'ensemble desdites mesures et d'autre part, sur les mesures obtenues depuis un intervalle de temps déterminé T correspondant à un régime de fonctionnement différent de ladite torche.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique est choisi dans le groupe comprenant une bobine de champ, un aimant permanent et des combinaisons de ces éléments.
7. Procédé selon la revendication 6, dans lequel, ledit moyen pour générer un champ magnétique comprenant une bobine de champ, on alimente ladite bobine avec un courant continu variable.
8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel l'intensité I dudit courant continu variable comprenant une intensité I_2 superposée à une intensité I_1 , I_2 étant une oscillation telle que $I_2 < I_1$, la variation de l'intensité I_1 est choisie dans le groupe comprenant variation linéaire, variation par paliers, variation exponentielle, variation logarithmique, variation suivant une fonction polynomiale ou une combinaison de ces éléments.
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel on déplace ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique le long dudit axe principal de manière à varier la position sur ladite électrode du pied de l'arc électrique généré entre lesdites électrodes.

10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel on déplace ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique avec une vitesse variable dans le temps.
- 5 11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel on déplace ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique avec une vitesse variant progressivement ou par paliers.
- 10 12. Procédé selon la revendication 10 ou 11, dans lequel on déplace ledit au moins un moyen pour générer un champ magnétique de part et d'autre d'une position de référence.
- 15 13. Procédé selon l'une des revendications 7 à 12, dans lequel on réalise, simultanément ou successivement, un déplacement dudit au moins un moyen pour générer un champ magnétique le long dudit axe principal et l'application du courant continu variable.
- 20 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel on module l'injection d'un gaz plasmagène secondaire afin de contrôler la position du pied d'arc.

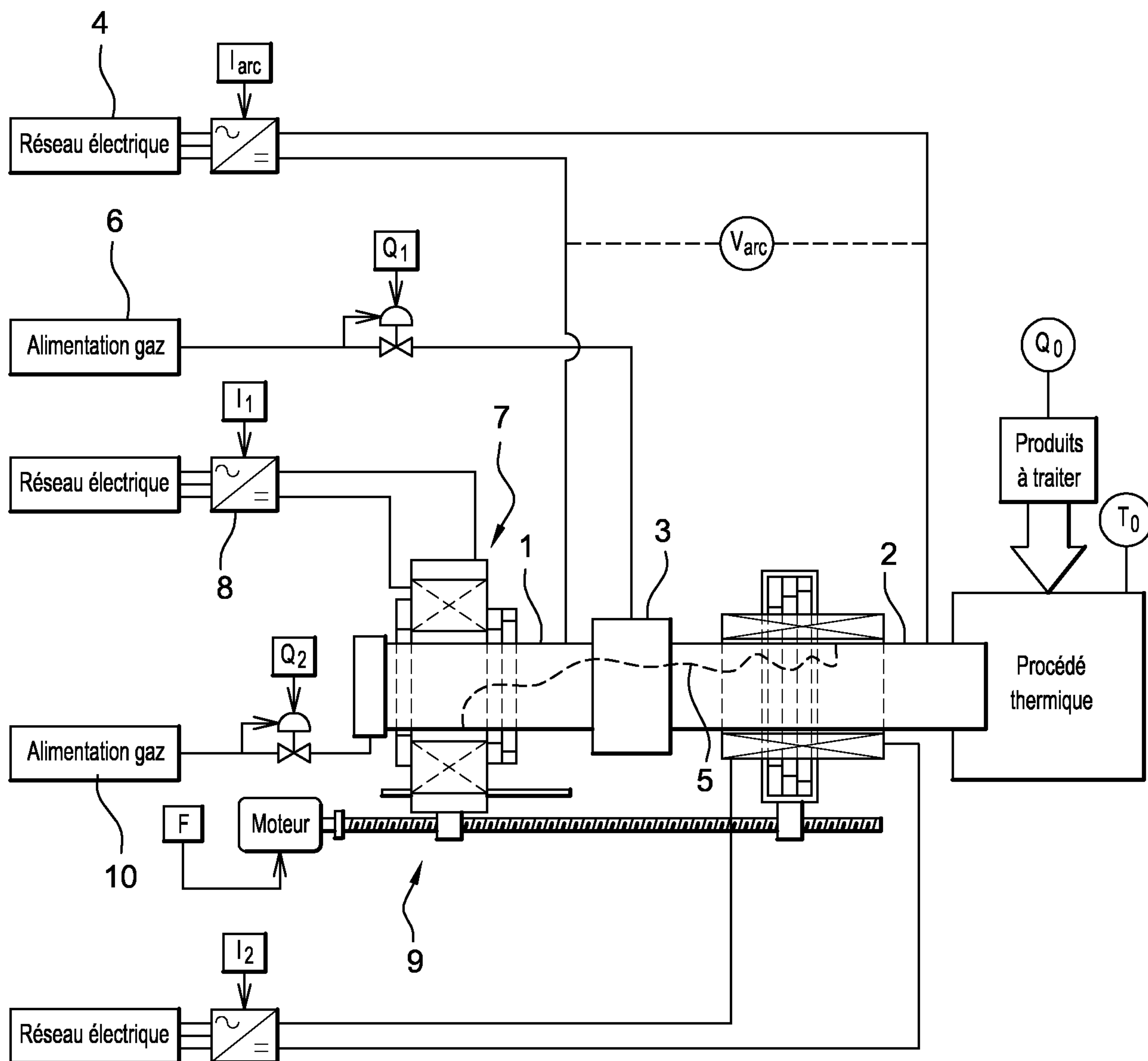


Fig. 1

Fig. 2a)

Fig. 2b)

Fig. 2c)

Fig. 2

