

(11)

EP 3 383 145 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
03.10.2018 Bulletin 2018/40

(51) Int Cl.: *H05H 1/40* (2006.01) *H05H 1/34* (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18162465.1**

(22) Date de dépôt: **19.03.2018**

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
 GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
 PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
 Etats d'extension désignés:
BA ME
 Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(71) Demandeur: **ARIANEGROUP SAS**
75015 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- **VAN OOTEGEM, Bruno**
33510 ANDERNOS LES BAINS (FR)
- **LABROT, Maxime**
33200 BORDEAUX (FR)

(30) Priorité: 30.03.2017 FR 1752665

(74) Mandataire: **Cabinet Beau de Loménie**
158, rue de l'Université
75340 Paris Cedex 07 (FR)

(54) **TORCHE À PLASMA**

(57) L'invention concerne une torche à plasma (1) comprenant au moins :

- une chambre (3) de génération d'un plasma à l'intérieur de laquelle débouche au moins un canal d'injection d'un gaz (G) sous pression,
- une anode (20) et une cathode (30) situées de part et d'autre de la chambre (3) de génération du plasma et comprenant chacune un corps (22 ; 32) conducteur de l'électricité présentant une surface conductrice externe (S1 ; S2) de forme annulaire en communication avec la

chambre (3) de génération du plasma, et
- une première (24) et une deuxième (34) bobine de gé-
nération d'un champ magnétique, la première bobine
(24) étant présente à l'intérieur du corps (22) de l'anode
(20) et la deuxième bobine (34) étant présente à l'inté-
rieur du corps (24) de la cathode (30), chacune des pre-
mière (24) et deuxième (34) bobines comprenant un en-
roulement d'un fil (26 ; 36) conducteur de l'électricité po-
sitionné autour de la surface conductrice (S1 ; S2) du
corps associé.

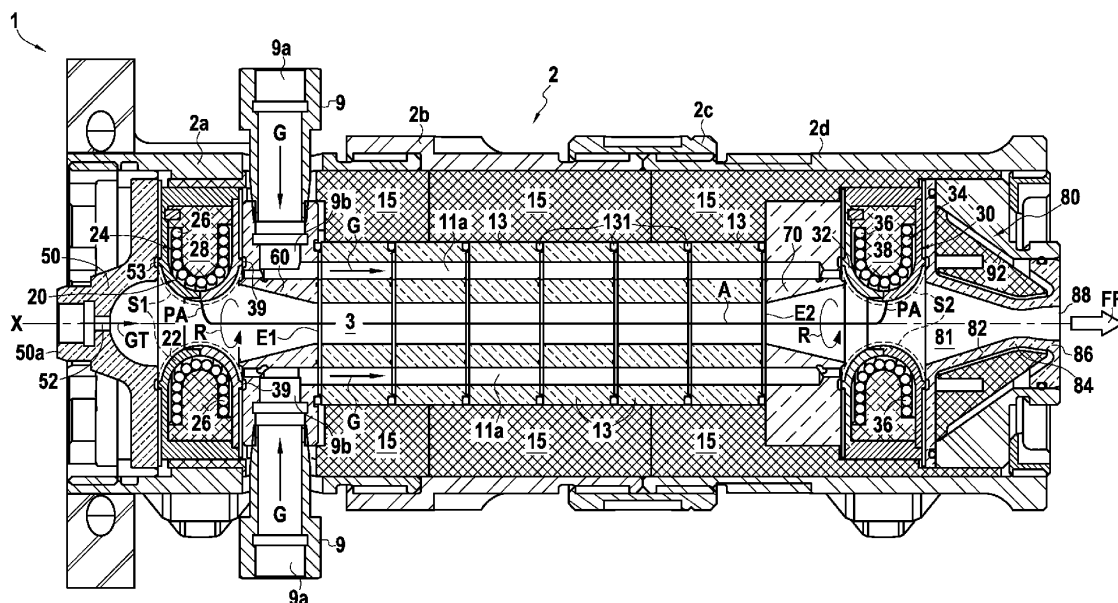


FIG.2

Description

Arrière-plan de l'invention

[0001] L'invention concerne une torche à plasma comprenant une anode et une cathode chacune munies d'une bobine de génération d'un champ magnétique. Les anode et cathode de la torche selon l'invention présentent une durée de vie augmentée.

[0002] Les torches à plasma sont des équipements qui ont commencé à apparaître au début des années 1930 avec le développement de l'électricité pour une finalité industrielle. Le développement réel de ces systèmes dans le monde industriel est effectif depuis les années 1970, on retrouve ces systèmes dans la sidérurgie ainsi que la chimie des procédés.

[0003] On a représenté à la figure 1 un modèle de base d'une torche 200 de génération d'un plasma selon l'art antérieur. Cette torche 200 comporte une anode métallique 202 en forme de pointe et une cathode 204 en forme de cône. Un arc électrique A s'établit entre l'anode 202 et la cathode 204. Un gaz est injecté entre les deux électrodes (flèches 208) afin de former le flux de plasma FP.

[0004] Un premier problème de ce type de torche à plasma est relatif à l'érosion des électrodes 202 et 204 produite par l'arc A qui affecte la durée de vie de ces dernières. Une limitation supplémentaire liée à cette durée de vie réduite des électrodes dans l'art antérieur est que seuls des gaz neutres ou non oxydants peuvent être utilisés afin de générer le plasma. En effet, l'oxygène atomique généré dans un plasma dégrade les électrodes plus rapidement encore. Or, des gaz neutres, comme l'hélium, peuvent être onéreux, contribuant ainsi à rendre relativement élevé le coût de mise en oeuvre des torches de l'art antérieur.

[0005] Un deuxième problème qui peut être rencontré avec les torches à plasma de l'art antérieur est que l'arc A est libre d'aller s'accrocher à n'importe quelle position de la cathode 204. Ce libre positionnement de l'arc engendre une fluctuation de sa longueur dans le temps. La longueur de l'arc étant directement représentative de la tension de l'arc, il en résulte une fluctuation significative de la tension, et donc de la puissance.

[0006] Il existe donc un besoin pour augmenter la durée de vie des électrodes des torches à plasma.

[0007] Il existe aussi un besoin pour rendre plus stable la longueur de l'arc généré en fonctionnement.

Objet et résumé de l'invention

[0008] A cet effet, l'invention propose, selon un premier aspect, une torche à plasma comprenant au moins :

- une chambre de génération d'un plasma à l'intérieur de laquelle débouche au moins un canal d'injection d'un gaz sous pression,
- une anode et une cathode situées de part et d'autre de la chambre de génération du plasma et compre-

nant chacune un corps conducteur de l'électricité présentant une surface conductrice externe de forme annulaire en communication avec la chambre de génération du plasma, et

- une première et une deuxième bobine de génération d'un champ magnétique, la première bobine étant présente à l'intérieur du corps de l'anode et la deuxième bobine étant présente à l'intérieur du corps de la cathode, chacune des première et deuxième bobines comprenant un enroulement d'un fil conducteur de l'électricité positionné autour de la surface conductrice du corps associé.

[0009] Les première et deuxième bobines permettent de générer un champ magnétique induit engendrant une force permettant de faire tourner l'arc électrique formé entre l'anode et la cathode. Cette rotation de l'arc électrique permet de répartir l'érosion des électrodes sur la surface externe du corps et, par conséquent, d'augmenter la durée de vie des électrodes.

[0010] Dans un exemple de réalisation, chaque corps conducteur présente une surface interne en communication avec un orifice d'introduction d'un fluide de refroidissement.

[0011] Dans un exemple de réalisation, chaque corps conducteur a une forme torique. En particulier, chacune des première et deuxième bobines est portée par un support de bobine ayant une forme torique. Dans un exemple de réalisation, chacune des première et deuxième bobines présente une forme en U en coupe longitudinale.

[0012] Dans un exemple de réalisation, la torche comprend une unique cathode et une unique anode.

[0013] Dans un exemple de réalisation, chaque corps conducteur est en cuivre ou en alliage de cuivre.

[0014] Dans un exemple de réalisation, la chambre de génération du plasma est définie par au moins un segment de neutrode de forme tubulaire.

[0015] Dans un exemple de réalisation, la chambre de génération du plasma est définie par au moins un premier et un deuxième segments de forme tubulaire reliés entre eux de manière amovible. En particulier, le canal d'injection de gaz peut être défini entre les premier et deuxième segments.

[0016] Dans un exemple de réalisation, la torche comprend en outre une buse d'éjection du plasma située en aval de l'anode et de la cathode.

[0017] La présente invention vise également un ensemble utile pour la génération d'un plasma comprenant au moins :

- une torche à plasma telle que décrite plus haut, et
- une source de gaz sous pression en communication avec le canal d'injection.

[0018] Dans un exemple de réalisation, le gaz sous pression est un gaz oxydant sous pression. En variante, le gaz sous pression est un gaz neutre sous pression.

Brève description des dessins

[0019] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante, donnée à titre non limitatif, en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 représente une vue en coupe longitudinale d'une torche à plasma de l'art antérieur,
- la figure 2 représente une vue en coupe longitudinale, réalisée selon un premier plan de coupe, d'un exemple de torche à plasma selon l'invention,
- la figure 3 représente une vue en coupe longitudinale, réalisée selon un deuxième plan de coupe, de la torche à plasma de la figure 2,
- la figure 4 est une vue éclatée d'une partie de la torche à plasma de la figure 2 montrant notamment un canal d'injection du gaz débouchant dans la chambre de génération du plasma,
- la figure 5 est une vue en perspective d'une partie d'une coupe de la torche à plasma de la figure 2,
- la figure 6 est une vue en coupe d'une partie de la torche à plasma de la figure 2 montrant, de manière isolée, l'anode et la première bobine de génération du champ magnétique,
- la figure 7 est une vue en perspective de la première bobine de génération du champ magnétique illustrée à la figure 6 prise isolément, et
- la figure 8 illustre le raccordement de différents éléments de la torche à plasma à des générateurs électriques.

Description détaillée de modes de réalisation

[0020] Un exemple de torche à plasma 1 selon l'invention va être décrit en lien avec les figures 2 à 7. La partie centrale de la torche 1 va tout d'abord être décrite.

[0021] La figure 2 est une coupe longitudinale d'un exemple de torche à plasma 1 selon l'invention. La coupe de la figure 2 a été réalisée dans un premier plan de coupe intersectant les ports d'introduction 9 du gaz sous pression G dans la torche 1.

[0022] La torche 1 s'étend selon un axe longitudinal X. La torche 1 comprend une chambre 3 de génération d'un plasma s'étendant selon l'axe X. La torche 1 comprend plusieurs ports d'introduction 9 du gaz G. Les ports 9 sont, dans l'exemple illustré, positionnés autour de l'axe X. Les ports 9 sont positionnés symétriquement ou non par rapport à l'axe X.

[0023] La chambre 3 est en communication avec chacun des ports 9. Le gaz G sous pression, destiné à former le plasma, est injecté au travers de chacun des ports 9. Ce gaz G est ensuite transféré à la chambre 3 dans laquelle le plasma est généré.

[0024] Chacun des ports 9 comprend une entrée 9a qui est reliée à une source de gaz G sous pression (non représentée) et une sortie 9b qui débouche à l'intérieur de la torche 1. Cette sortie 9b débouche dans un canal

11a de transfert du gaz G sous pression. Chacune des sorties 9b débouche dans un canal 11a de transfert distinct. Chaque canal 11a de transfert s'étend le long de l'axe X. Les canaux 11a de transfert sont positionnés symétriquement ou non par rapport à l'axe X.

[0025] Chaque canal 11a de transfert communique avec au moins un canal 5 d'injection du gaz sous pression qui débouche dans la chambre 3. Le canal 11a de transfert relie la sortie 9b à au moins un canal 5 d'injection. Le canal 5 d'injection relie le canal 11a de transfert à la chambre 3. Deux canaux 5 d'injection reliés à un même canal 11a de transfert sont visibles sur la figure 4. Comme visible sur la figure 4, le canal 5 d'injection s'étend transversalement par rapport au canal 11a de transfert. Le canal 5 d'injection s'étend transversalement par rapport à l'axe X.

[0026] La chambre 3 est donc mise en communication avec un port 9 par l'intermédiaire d'un canal 11a de transfert et d'un canal 5 d'injection. Le gaz G sous pression traverse ainsi initialement les ports 9, puis les canaux 11a de transfert, puis les canaux 5 d'injection afin d'être introduit dans la chambre 3 et former le plasma. Le trajet du gaz G est matérialisé par les flèches G sur les figures 2 et 4.

[0027] L'exemple illustré concerne le cas d'une torche 1 munie d'une pluralité de ports 9 d'introduction du gaz G. On ne sort toutefois pas du cadre de l'invention lorsque la torche 1 comprend un unique port d'introduction du gaz sous pression. Auquel cas, il est possible de n'avoir qu'un seul canal 11a de transfert.

[0028] On notera aussi que, selon la longueur de la chambre 3, il est possible de disposer une pluralité de canaux 5 d'injection, comme dans l'exemple illustré, ou seulement un canal 5 d'injection. Ce dernier cas peut être adapté dans le cas d'une torche présentant une chambre de génération du plasma de longueur réduite.

[0029] On a, par ailleurs, fait figurer dans l'exemple illustré une pluralité de ports 9 positionnés autour de l'axe X. Les ports pourraient, dans une variante non illustrée, être décalés le long de l'axe X.

[0030] La torche 1 comprend une anode 20 et une cathode 30 qui sont situées de part et d'autre de la chambre 3 de génération du plasma. La chambre 3 est ainsi située entre l'anode 20 et la cathode 30. L'anode 20, la chambre 3 et la cathode 30 se succèdent lorsque l'on se déplace le long de l'axe X. En fonctionnement, une différence de potentiel suffisante est appliquée entre l'anode 20 et la cathode 30 afin de générer un arc électrique A. L'arc électrique A généré s'étend dans la chambre 3 entre l'anode 20 et la cathode 30 et permet de générer le plasma par ionisation du gaz G injecté. L'anode 20, la cathode 30 et leurs bobines 24 et 34 de génération du champ magnétique associé seront décrites plus en détails dans la suite.

[0031] Le gaz G injecté peut être un gaz neutre et par exemple être choisi parmi : l'argon, l'hélium, l'azote et leurs mélanges. En variante, le gaz G peut être un gaz oxydant, comme de l'air. Comme il sera rappelé plus bas,

un des avantages de la torche selon l'invention est de permettre une utilisation satisfaisante, si cela est souhaité, d'un gaz oxydant pour générer le plasma.

[0032] Dans l'exemple illustré, la chambre 3 est définie par une pluralité de segments 13 de forme tubulaire positionnés successivement le long de l'axe X. La chambre 3 est définie à l'intérieur des segments 13. Chaque canal 11a de transfert traverse les segments 13.

[0033] Chaque segment 13 constitue une neutrode dans l'exemple considéré. Ainsi, durant le fonctionnement les segments 13 ne sont pas polarisés (électriquement neutres) afin d'éviter l'accrochage de l'arc A électrique sur ces segments 13. Les segments 13 de neutrode ne sont pas reliés électriquement à l'anode 20 et à la cathode 30. On peut disposer un ou plusieurs éléments électriquement isolants entre l'ensemble de segments 13 et chaque électrode 20 ou 30. Une couche d'un matériau isolant de l'électricité peut en outre être positionnée entre chaque segment 13 afin d'isoler électriquement les segments 13 entre eux. L'exemple illustré concerne un cas où la chambre 3 est définie par plusieurs segments 13 positionnés successivement le long de l'axe X. On ne sort toutefois pas du cadre de l'invention lorsque la chambre n'est définie que par un unique segment.

[0034] Dans cette configuration où la chambre 3 est définie par un ou plusieurs segments de neutrode, l'anode 20 et la cathode 30 sont ainsi séparées par un matériau sur lequel l'arc électrique ne peut pas s'accrocher. Cela permet de favoriser un accrochage de l'arc A au niveau de l'anode 20 et de la cathode 30, et cela participe donc à réduire les fluctuations de la longueur de l'arc en fonctionnement, conférant ainsi au plasma généré une plus grande stabilité.

[0035] Par ailleurs, l'exemple de torche 1 illustré met en oeuvre plusieurs segments de neutrode 13 reliés entre eux de manière amovible. Comme visible notamment sur les figures 3 et 4, la liaison des segments 13 est assurée par insertion d'éléments de fixation 13a, comme des pions, dans des logements 13c ménagés dans chacun des segments 13. Les segments 13 sont ainsi, dans l'exemple illustré, emboîtés les uns avec les autres de manière amovible.

[0036] Le fait de définir la chambre 3 à l'aide de plusieurs segments 13 reliés entre eux de manière amovible permet avantageusement d'ajuster la distance séparant l'anode 20 de la cathode 30 par le nombre de segments employés. De ce fait, il devient possible de modifier la longueur de l'arc A électrique généré par ajout ou retrait d'un ou plusieurs segments. La longueur de l'arc devient ainsi un paramètre utilisable pour ajuster les caractéristiques du plasma généré, au même titre que l'intensité du courant et le débit de gaz. Il est, en particulier, possible de générer des arcs de longueur augmentée, ce qui permet, pour la même puissance, de diminuer l'intensité de courant mis en oeuvre et donc d'étendre ainsi davantage encore la durée de vie des électrodes.

[0037] Dans l'exemple illustré, les segments 13 présentent chacun sensiblement la même épaisseur. Sauf

mention contraire, l'épaisseur d'un segment 13 est mesurée le long de l'axe X. On ne sort toutefois pas du cadre de l'invention lorsque la chambre 3 est formée par assemblage d'une pluralité de segments d'épaisseurs différentes.

[0038] Des détails relatifs aux segments 13 utilisés sont illustrés à la figure 4. La figure 4 montre un premier segment 13 (segment inférieur sur la figure) et un deuxième segment 13 (segment supérieur sur la figure) qui est adjacent au premier.

[0039] Dans l'exemple considéré, chaque segment 13 comprend une première portion 132 et une deuxième portion 133. La première portion 132 peut être formée d'un matériau conducteur de l'électricité, comme du cuivre. La deuxième portion 133 est formée d'un matériau isolant de l'électricité et permet d'isoler électriquement deux segments 13 adjacents entre eux.

[0040] La première portion 132 présente une face 130, située en regard d'un segment 13 adjacent, sur laquelle est ménagé le canal 5 d'injection. La deuxième portion 133 du deuxième segment recouvre le canal 5 d'injection du premier segment. La deuxième portion du deuxième segment délimite axialement suivant l'axe X le canal 5 d'injection du premier segment. Dans l'exemple illustré, le canal 5 d'injection du premier segment est défini entre le premier et le deuxième segment. On pourrait en variante réaliser le canal d'injection au travers de chacun des segments (et pas entre deux segments adjacents).

[0041] Un joint d'étanchéité 131 annulaire peut, comme illustré, être présent entre les premier et deuxième segments. Le joint d'étanchéité 131 permet d'assurer une étanchéité radiale.

[0042] On notera, par ailleurs, que lorsqu'il y a plusieurs canaux 5 d'injection, ces derniers peuvent ou non être régulièrement espacés le long de l'axe X.

[0043] Le fait de réaliser l'injection du gaz G au niveau du ou des segments 13 permet avantageusement de former, en fonctionnement, une couche de gaz « froide » non conductrice à proximité de ces derniers. Cette couche de gaz permet de réduire davantage encore le risque que l'arc ne vienne s'accrocher sur le ou les segments 13, et participe donc à améliorer la stabilité de la longueur de l'arc en fonctionnement.

[0044] Dans l'exemple illustré, la torche 1 comprend en outre une enveloppe 15 formée d'un matériau isolant de l'électricité qui entoure la chambre 3 et les segments 13. L'enveloppe 15 s'étend le long de l'axe X. Afin d'assurer la fixation de l'enveloppe 15, des éléments de fixation 100, tels que des goujons, peuvent être utilisés (voir figure 5 montrant les éléments de fixation 100 traversant l'enveloppe 15). L'enveloppe 15 peut être sectorisée en plusieurs parties, comme illustré.

[0045] La torche 1 comprend en outre un corps 2 extérieur à l'intérieur duquel sont notamment présents, l'anode 20 et la cathode 30, la chambre 3 de génération de plasma, les segments 13 et l'enveloppe 15. Ce corps 2 peut, comme illustré, être sectorisé en plusieurs parties. La solidarisation des parties 2b et 2a peut être ef-

fectuée par vissage de la partie 2b sur la partie 2a. Les parties 2b et 2d peuvent, quant à elles, être solidarisées par l'intermédiaire de la bague 2c.

[0046] Lors du fonctionnement, les segments 13 définissant la chambre 3 de génération du plasma sont refroidis par circulation d'un fluide F de refroidissement. Cet aspect va à présent être décrit, en lien notamment avec la figure 3.

[0047] La coupe reproduite à la figure 3 a été réalisée dans un deuxième plan de coupe, différent du premier plan de coupe associé à la figure 2. Le deuxième plan de coupe intersecte notamment les ports 19 d'introduction du fluide de refroidissement.

[0048] La torche 1 comprend plusieurs ports 19 d'introduction du fluide F de refroidissement. Les ports 19 sont, dans l'exemple illustré, positionnés autour de l'axe X. Les ports 19 peuvent ou non être positionnés symétriquement par rapport à l'axe X.

[0049] Chacun des ports 19 comprend une entrée 19a qui est reliée à une source de fluide de refroidissement (non représentée) et une sortie 19b débouchant à l'intérieur de la torche 1. La sortie 19b débouche dans une pluralité de canaux de refroidissement 11b. Les canaux 11b de refroidissement s'étendent le long de l'axe X. Les canaux 11b traversent les segments 13. Les canaux de refroidissement 11b sont, dans l'exemple illustré, positionnés autour de l'axe X. Les canaux 11b peuvent ou non être régulièrement répartis autour de l'axe X.

[0050] La torche 1 comprend en outre plusieurs ports 29 de sortie du fluide de refroidissement F. Les ports 29 sont, dans l'exemple illustré, positionnés autour de l'axe X. Les ports 29 peuvent ou non être positionnés symétriquement par rapport à l'axe X.

[0051] Chacun des ports 29 comprend une entrée 29a qui est en communication avec les canaux de refroidissement 11b et une sortie 29b en communication avec un circuit d'évacuation du fluide de refroidissement (non représenté). Les sorties 19b sont positionnées au niveau d'une première extrémité E1 de la chambre 3 et les entrées 29a sont positionnées au niveau d'une deuxième extrémité E2 de la chambre 3, opposée à la première extrémité. Les segments 13 sont situés entre les ports 19 et les ports 29. Chaque canal de refroidissement 11b relie une sortie 19b à une entrée 29a.

[0052] Durant le fonctionnement, le fluide F est introduit au travers des ports 19, puis s'écoule au travers des canaux de refroidissement 11b, et est ensuite évacué à l'extérieur de la torche 1 par les ports 29. Ce trajet du fluide F est matérialisé à la figure 3 par les flèches F.

[0053] On comprendra que la structure du circuit de refroidissement qui vient d'être décrite n'est fournie qu'à titre d'exemple. D'autres variantes sont envisageables comme le fait d'avoir un unique canal de refroidissement de forme annulaire et/ou un seul port 19 ou 29.

[0054] La torche 1 est, par ailleurs, munie d'un convergent 60 et d'un divergent 70. La chambre 3 de génération du plasma est située entre le convergent 60 et le divergent 70. Le convergent 60 peut être situé en amont de

la chambre 3 et le divergent 70 en aval de la chambre 3. Les termes « amont » et « aval » sont utilisés ici en référence au sens d'écoulement du plasma vers l'extérieur de la torche 1 (voir flèche FP sur la figure 2).

[0055] Le convergent 60 est situé entre l'anode 20 et la chambre 3. Le convergent 60 peut déboucher en regard de l'anode 20. Le divergent 70 est situé entre la chambre 3 et la cathode 30. Le divergent 70 peut déboucher en regard de la cathode 30.

[0056] Le convergent 60 présente un rétrécissement de section lorsque l'on se déplace en direction de la chambre 3. La section du convergent 60 du côté de l'anode 20 est supérieure à la section du convergent 60 du côté de la chambre 3.

[0057] Le divergent 70 présente un élargissement de section lorsque l'on se déplace en direction de la cathode 30. La section du divergent 70 du côté de la cathode 30 est supérieure à la section du divergent 70 du côté de la chambre 3.

[0058] La présence du convergent 60 et du divergent 70 qui présentent chacun une section élargie du côté des électrodes 20 et 30 permet avantageusement à l'arc de s'accrocher plus facilement encore à ces dernières et donc d'améliorer davantage encore la stabilité du plasma généré.

[0059] La partie centrale de la torche 1 vient d'être décrite. La description qui suit s'attache à décrire plus en détails les parties de cette torche situées de part et d'autre de cette partie centrale, et notamment la structure de l'anode 20 et de la cathode 30.

[0060] Comme indiqué précédemment, l'anode 20 et la cathode 30 sont situées de part et d'autre de la chambre 3 de génération du plasma. L'anode 20 est située du côté de la première extrémité E1 de la chambre 3 et la cathode 30 du côté de la deuxième extrémité E2 de la chambre 3, opposée à la première extrémité E1.

[0061] Dans l'exemple illustré, l'anode 20 est située entre un fond 50 de la torche à plasma 1 et le convergent 60. La cathode 30 est, quant à elle, située entre le divergent 70 et la buse d'éjection 80 de la torche à plasma 1.

[0062] Le fond 50 peut, comme illustré, être muni d'un orifice d'injection 52 d'un gaz tampon GT. Le fond 50 présente un col 50a destiné à être relié à une source de gaz tampon (non représentée). Le col 50a définit un orifice 52 au travers duquel le gaz tampon GT est destiné à être injecté (voir flèche d'injection GT sur la figure 2).

[0063] L'injection du gaz tampon GT au travers de l'orifice 52 permet de réaliser un « coussin » de gaz tampon GT en amont de l'anode 20 afin d'éviter que l'arc A ne s'accroche au fond 50, durant le fonctionnement. Cela participe donc aussi à stabiliser la longueur de l'arc durant le fonctionnement et donc à conférer au plasma une plus grande stabilité encore.

[0064] Le gaz tampon GT employé peut être un gaz neutre, par exemple choisi parmi : l'argon, l'hélium, l'azote et leurs mélanges.

[0065] L'anode 20 et la cathode 30 comprennent chacune un corps conducteur de l'électricité, respectivement

22 et 32. Chaque corps conducteur 22 ou 32 définit une surface externe conductrice de l'électricité, notée S1 ou S2, qui est de forme annulaire. Ainsi, la surface externe S1 ou S2 s'étend à 360° autour de l'axe X. La surface externe S1 ou S2 peut avoir une forme de révolution. Le corps conducteur 22 ou 32 présente dans l'exemple illustré une forme torique. Le corps conducteur 22 ou 32 présente une forme en U lorsque la torche 1 est observée en coupe longitudinale.

[0066] Chacune des surfaces externes S1 ou S2 est en communication avec la chambre 3 de génération du plasma. Ainsi, en fonctionnement, l'arc A électrique est généré entre la surface externe S1 et la surface externe S2. L'arc A comprend une partie centrale s'étendant au travers de la chambre 3 et des pieds PA d'arc reliant cette partie centrale à l'anode 20 et à la cathode 30.

[0067] Une coupe plus détaillée de l'anode 20 est fournie à la figure 6. La cathode 30 présente une structure similaire.

[0068] Le corps conducteur 22 peut être en cuivre ou en alliage de cuivre. D'autres matériaux conducteurs de l'électricité sont envisageables pour constituer le corps conducteur 22. L'emploi de cuivre reste toutefois préférentiel afin d'optimiser la diffusion des calories dans le corps, et donc permettre d'augmenter davantage encore la durée de vie de l'électrode.

[0069] Le corps conducteur 22 comporte, dans l'exemple illustré, deux parties distinctes 22a et 22b assemblées, par exemple par soudure, le long d'une surface d'assemblage 22c. Chaque partie 22a et 22b s'étend à 360° autour de l'axe X. Les parties 22a et 22b comprennent chacune un relief de positionnement 22d ou 22e destiné à coopérer avec un relief complémentaire, respectivement 53 ou 39 (voir figure 2), afin d'assurer le bon positionnement de l'électrode dans la torche 1. Les reliefs de positionnement 22d et 22e peuvent chacun avoir une forme annulaire et s'étendre autour de l'axe X. Les reliefs de positionnement 22d et 22e peuvent chacun s'étendre à 360° autour de l'axe X.

[0070] Le corps 22 conducteur définit un volume intérieur 23 dans lequel est présente une première bobine 24 de génération d'un champ magnétique. Le volume intérieur 23 peut lui aussi avoir une forme annulaire, et s'étendre à 360° autour de l'axe X.

[0071] La première bobine 24 comprend un enroulement d'un fil 26 conducteur de l'électricité positionné autour de la surface S1. Lors du fonctionnement, le fil 26 est traversé par un courant électrique permettant ainsi de générer un champ magnétique induit. Ce champ magnétique engendre une force permettant de faire tourner les pieds PA de l'arc électrique A autour de l'axe X. Cette rotation est matérialisée par la flèche R sur la figure 2.

[0072] Cette rotation permet de répartir l'érosion des électrodes due à l'arc électrique sur la surface externe du corps et, par conséquent, d'augmenter la durée de vie des électrodes. Un autre avantage résultant de cette durée de vie augmentée des électrodes est la possibilité d'utiliser un gaz oxydant pour générer le plasma. L'utili-

sation d'un gaz oxydant permet de limiter le coût d'utilisation de la torche 1 sur des applications tolérant la présence d'oxygène. On peut en particulier, si cela est souhaité, s'affranchir de l'utilisation d'hélium dans le gaz G, lequel présente un coût relativement élevé.

[0073] Le fil 26 peut être en cuivre ou en alliage de cuivre. D'autres matériaux conducteurs sont toutefois utilisables pour constituer le fil. Le fil 26 est présent sur un support 28 de bobine. Dans l'exemple illustré, le support 28 a une forme torique. Le support 28 présente une forme en U lorsque la torche 1 est observée en coupe longitudinale. L'enroulement du fil 26 reproduit la courbure du support 28. Dans l'exemple illustré, la première bobine 24 présente ainsi une forme en U lorsque la torche 1 est observée en coupe longitudinale.

[0074] Le fil 26 s'étend à 360° autour de l'axe X. Le fil 26 est enroulé en spirale autour de l'axe X. Le fil 26 définit une première spirale 261 dans un premier plan P1 transversal à l'axe X et une deuxième spirale 263 dans un deuxième plan P2 transversal à l'axe X et décalé du premier plan P1 le long de cet axe (voir figure 7). Le fil 26 définit en outre une zone de transition 265 entre les première 261 et deuxième 263 spirales.

[0075] Lorsque l'on se déplace le long de l'enroulement formé par le fil 26, le rayon de cet enroulement est décroissant puis croissant. Le rayon de l'enroulement est décroissant dans la première région R1 puis croissant dans la deuxième région R2. Les première et deuxième régions sont décalées le long de l'axe X. On notera par ailleurs que la première bobine 24 peut ou non être symétrique par rapport à un plan P transversal à l'axe X.

[0076] La réalisation de l'anode 20, respectivement de la cathode 30, comprend le bobinage du fil 26, respectivement 36, sur le support 28, respectivement 38. Ce bobinage peut être réalisé dans un moule en forme de tore dont la section est en forme de U. Le bobinage est ensuite relié à deux bornes de connexion électrique. Les première 24 et deuxième 34 bobines ainsi obtenues sont alors figées et solidarisées au support par injection et durcissement d'une résine isolante de l'électricité.

[0077] L'exemple de torche 1 illustré comprend une unique anode 20 et une unique cathode 30. On ne sort toutefois pas du cadre de l'invention si la torche comprenait plusieurs anodes et/ou plusieurs cathodes.

[0078] Dans l'exemple illustré, l'anode 20 est située du côté du fond 50 et la cathode 30 du côté opposé à l'anode 20. La polarisation pourrait toutefois être inversée : la cathode serait dans ce cas positionnée du côté du fond 50 et l'anode du côté opposé à la cathode. Le contenu de cette description détaillée est aussi valable dans le cas où la polarisation est inversée.

[0079] Les première 24 et deuxième 34 bobines permettent d'améliorer notablement la durée de vie de l'anode 20 et de la cathode 30. Une autre caractéristique permettant d'améliorer davantage encore la durée de vie des électrodes est relative au circuit permettant le refroidissement de ces dernières durant le fonctionnement. Ce circuit de refroidissement va, à présent, être décrit

pour l'anode 20, étant entendu que le refroidissement de la cathode 30 est opéré de manière similaire.

[0080] Le corps conducteur 22 présente une surface interne S3 au niveau de laquelle le refroidissement de l'anode 20 est destiné à être réalisé (voir figure 6). La surface interne S3 est en communication avec un orifice 46b d'introduction d'un fluide F de refroidissement. Le refroidissement est ainsi réalisé au plus près de l'arc A électrique ce qui permet d'optimiser son efficacité, et d'améliorer davantage encore la durée de vie des électrodes en limitant l'érosion due à l'arc électrique. La limitation de l'érosion due à l'arc est avantageuse, en particulier, dans le cas où la torche 1 est utilisée pour réaliser un dépôt d'un matériau par voie plasma afin de limiter la « pollution » du flux plasma, et donc du dépôt réalisé, par le matériau d'électrode érodé.

[0081] La torche 1 comprend au moins un port 46 d'introduction d'un fluide F de refroidissement au niveau de chacune des électrodes 20 et 30.

[0082] Le port 46 comprend une entrée 46a qui est reliée à une source de fluide de refroidissement (non représentée) et une sortie 46b débouchant à l'intérieur du corps 22. La sortie 46b débouche dans le volume intérieur 23 du corps 22.

[0083] Dans l'exemple illustré, le port 46 est formée de deux parties distinctes, à savoir : une première partie 48 définissant l'entrée 46a et une deuxième partie 47 définissant la sortie 46b et insérée à l'intérieur de la première partie 48. En variante, le port 46 pourrait être formé d'une seule et même pièce.

[0084] La torche 1 comprend en outre au moins un port de sortie d'un fluide F de refroidissement au niveau de chacune des électrodes 20 et 30. Le port de sortie situé au niveau de l'anode 20 est noté 40 et le port situé au niveau de la cathode 30 est noté 140 (voir figure 3). Le port 40 comprend une entrée 40a en communication avec le volume intérieur 23 et une sortie 40b en communication avec un système d'évacuation du fluide de refroidissement (non représenté).

[0085] Le port 40 et le port 46 peuvent ou non être positionnés symétriquement par rapport à l'axe X.

[0086] En fonctionnement, le fluide F de refroidissement est introduit dans le volume intérieur 23 au travers du port 46. Le fluide F circule alors dans le volume intérieur 23. Le fluide F est au contact de la surface interne S3 afin de réaliser le refroidissement du corps 22 ou 32. On notera en effet la présence d'un espace e entre la bobine 24 et la surface interne S3 permettant au fluide F de refroidissement de circuler. En d'autres termes, la bobine 24 est située à une distance non nulle du corps 22. Cette distance peut typiquement être inférieure ou égale à 3 mm.

[0087] Une fois que le fluide F de refroidissement a traversé le volume intérieur 23, ce dernier est évacué à l'extérieur de la torche 1 au travers du port 40.

[0088] Le trajet du fluide F de refroidissement dans le corps 22 est matérialisé, à la figure 6, par les flèches F.

[0089] Comme il vient d'être décrit plus haut, la pré-

sence des bobines et du circuit de refroidissement des électrodes participe avantageusement à augmenter la durée de vie de ces dernières. La description qui suit s'attache à détailler un autre aspect de l'exemple de torche 1 illustré, relatif à la buse d'éjection 80.

[0090] La buse d'éjection 80 est située en aval de l'anode 20 et de la cathode 30. Le plasma est destiné à être distribué à l'extérieur de la torche 1 au travers de la buse d'éjection (flux plasma FP à la figure 2). La buse d'éjection 80 définit un canal 81 d'éjection du plasma en communication avec la chambre 3. Le canal 81 s'étend le long de l'axe X. Le canal 81 débouche à l'extérieur de la torche 1 au travers de l'orifice 88 de sortie.

[0091] La buse 80 d'éjection illustrée présente une forme de tuyère. La buse d'éjection 80 comprend ainsi un convergent 82 situé du côté de la chambre 3, un divergent 86 situé du côté de l'orifice 88 de sortie et un col 84 situé entre le convergent 82 et le divergent 86. La section du convergent 82 du côté de la chambre 3 est supérieure à la section du convergent 82 du côté de l'orifice 88. La section du divergent 86 du côté de la chambre 3 est inférieure à la section du divergent 86 du côté de l'orifice 88.

[0092] Dans une variante non illustrée, la buse d'éjection peut uniquement comporter un convergent et être dépourvue de divergent.

[0093] Il apparaîtra clairement à l'homme du métier que la forme du canal d'éjection 81 est déterminée en fonction de l'application envisagée pour la torche 1 à plasma. Il fait partie des connaissances générales de l'homme du métier d'adapter la forme de ce canal 81 à l'application souhaitée.

[0094] Comme décrit précédemment pour les segments 13 et les électrodes 20 et 30, la buse d'éjection 80 est elle aussi munie d'un circuit de refroidissement.

[0095] Ainsi, la buse d'éjection 80 définit un volume intérieur 92 dans lequel un fluide de refroidissement est destiné à circuler. Ce volume intérieur 92 peut s'étendre à 360° autour de l'axe X. Le volume intérieur 92 peut être situé autour du canal d'éjection 81.

[0096] La figure 3 illustre les détails du système de refroidissement de la buse 80. La torche 1 peut comprendre au moins un port 90 d'introduction d'un fluide F de refroidissement débouchant dans le volume intérieur 92. Le port 90 comprend une entrée 90a qui est reliée à une source de fluide de refroidissement (non représentée) et une sortie 90b débouchant dans le volume intérieur 92.

[0097] La torche 1 peut en outre comprendre au moins un port 94 de sortie du fluide F de refroidissement en communication avec le volume intérieur 92. Le port 94 et le port 90 peuvent ou non être positionnés symétriquement par rapport à l'axe X. Le port 94 comprend une entrée 94a en communication avec le volume intérieur 92 et une sortie 94b reliée à un système d'évacuation du fluide de refroidissement (non représenté).

[0098] En fonctionnement, le fluide F de refroidissement est introduit dans le volume intérieur 92 au travers du port 90. Le fluide F de refroidissement traverse alors le volume intérieur 92 afin de réaliser le refroidissement

de la buse d'éjection 80. Le fluide F de refroidissement est ensuite évacué au travers du port 94 de sortie. Le trajet du fluide de refroidissement dans le volume intérieur 92 est matérialisé par les flèches F sur la figure 3.

[0099] La buse d'éjection 80 peut être fixée de manière amovible au reste de la torche 1 comprenant l'anode 20 et la cathode 30. Cela permet avantageusement de modifier l'élément de mise en forme de l'écoulement afin d'adapter un même système à différentes applications. On notera toutefois que la présence d'une buse d'éjection demeure optionnelle.

[0100] Dans une variante non illustrée, la torche peut comporter au moins un canal d'introduction d'un matériau à déposer par procédé plasma débouchant en aval de la chambre de génération du plasma. Une telle variante est adaptée à des applications où la torche est utilisée pour réaliser un revêtement sur un substrat par procédé plasma. Dans ce cas, le matériau est introduit dans le flux de plasma généré afin d'être déposé sur le substrat. Le canal d'introduction peut déboucher en aval de l'anode et de la cathode. Le canal d'introduction peut déboucher entre une électrode et la buse d'éjection. Le canal d'introduction peut en variante déboucher en aval de la buse d'éjection.

[0101] L'invention n'est toutefois pas limitée à l'utilisation de la torche pour la réalisation d'un revêtement par procédé plasma. On pourrait, en variante, générer un plasma à l'aide de la torche que l'on appliquerait au niveau d'un bouclier thermique d'une sonde spatiale par exemple, afin d'évaluer son comportement en conditions de rentrée atmosphérique.

[0102] On a représenté à la figure 8 un schéma électrique simplifié montrant un premier système électrique 203 dans lequel le corps 22 de l'anode 20 et le corps 32 de la cathode 30 sont reliés en série aux bornes d'un premier générateur électrique GE1. Le premier système électrique 203 permet d'assurer la formation du plasma.

[0103] La figure 8 montre en outre un deuxième système électrique 205 dans lequel les première 24 et deuxième 34 bobines sont reliées en série aux bornes d'un deuxième générateur électrique GE2. Le deuxième système électrique 205 permet d'assurer la création du champ magnétique induit permettant de faire tourner l'arc électrique et de prolonger ainsi la durée de vie des électrodes.

[0104] En fonctionnement, on peut imposer entre l'anode 20 et la cathode 30 une tension comprise entre 150 V et 400 V, par exemple comprise entre 200 V et 300 V. L'intensité du courant circulant entre l'anode 20 et la cathode 30 peut être inférieure ou égale à 200 A. L'intensité du courant circulant dans les première et deuxième bobines 24 et 34 peut être inférieure ou égale à 200 A.

[0105] L'expression « compris(e) entre ... et ... » doit se comprendre comme incluant les bornes.

Revendications

1. Torche à plasma (1) comprenant au moins :

- une chambre (3) de génération d'un plasma à l'intérieur de laquelle débouche au moins un canal (5) d'injection d'un gaz (G) sous pression,
- une anode (20) et une cathode (30) situées de part et d'autre de la chambre (3) de génération du plasma et comprenant chacune un corps (22 ; 32) conducteur de l'électricité présentant une surface conductrice externe (S1 ; S2) de forme annulaire en communication avec la chambre (3) de génération du plasma, et
- une première (24) et une deuxième (34) bobine de génération d'un champ magnétique, la première bobine (24) étant présente à l'intérieur du corps (22) de l'anode (20) et la deuxième bobine (34) étant présente à l'intérieur du corps (24) de la cathode (30), chacune des première (24) et deuxième (34) bobines comprenant un enroulement d'un fil (26 ; 36) conducteur de l'électricité positionné autour de la surface conductrice (S1 ; S2) du corps associé, chacune des première et deuxième bobines présentant une forme en U en coupe longitudinale.

2. Torche (1) selon la revendication 1, dans laquelle chaque corps conducteur (22 ; 32) présente une surface interne (S3) en communication avec un orifice (46b) d'introduction d'un fluide (F) de refroidissement.

3. Torche (1) selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle chaque corps conducteur (22 ; 32) a une forme torique.

4. Torche (1) selon la revendication 3, dans laquelle chacune des première (24) et deuxième (34) bobines est portée par un support de bobine (28 ; 38) ayant une forme torique.

5. Torche (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans laquelle la torche comprend une unique cathode (30) et une unique anode (20).

6. Torche selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle chaque corps conducteur (22 ; 32) est en cuivre ou en alliage de cuivre.

7. Torche (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle la chambre (3) de génération du plasma est définie par au moins un segment (13) de neutrode de forme tubulaire.

8. Torche selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle la chambre (3) de génération du plasma est définie par au moins un premier et un

deuxième segments (13) de forme tubulaire reliés entre eux de manière amovible.

9. Torche selon la revendication 8, dans laquelle le canal (5) d'injection du gaz est défini entre les premier et deuxième segments (13). 5
10. Torche selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans laquelle la torche comprend en outre une buse d'éjection (80) du plasma située en aval de l'anode (20) et de la cathode (30). 10
11. Ensemble utile pour la génération d'un plasma comprenant au moins : 15
- une torche à plasma (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, et
 - une source de gaz (G) sous pression en communication avec le canal d'injection (5). 20
12. Ensemble selon la revendication 11, dans lequel le gaz (G) sous pression est un gaz oxydant sous pression. 25
13. Ensemble selon la revendication 11, dans lequel le gaz (G) sous pression est un gaz neutre sous pression. 30

30

35

40

45

50

55

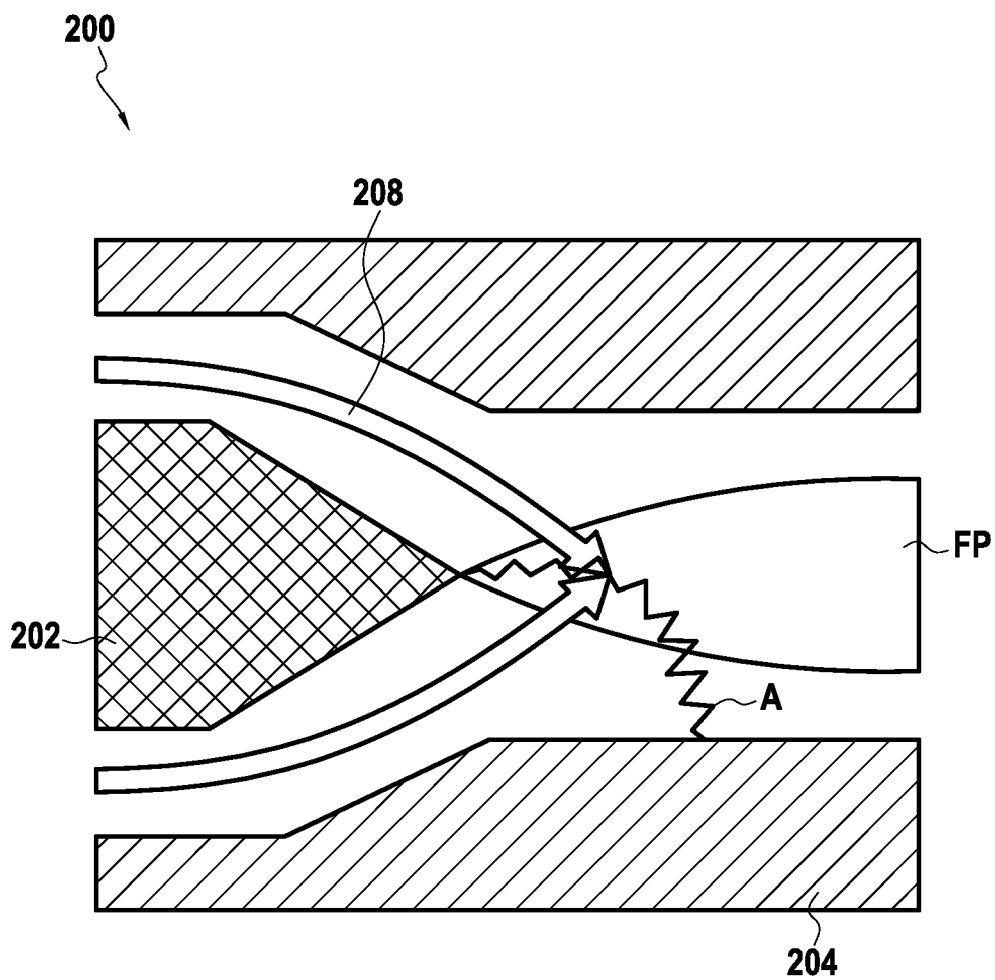


FIG.1
ART ANTERIEUR

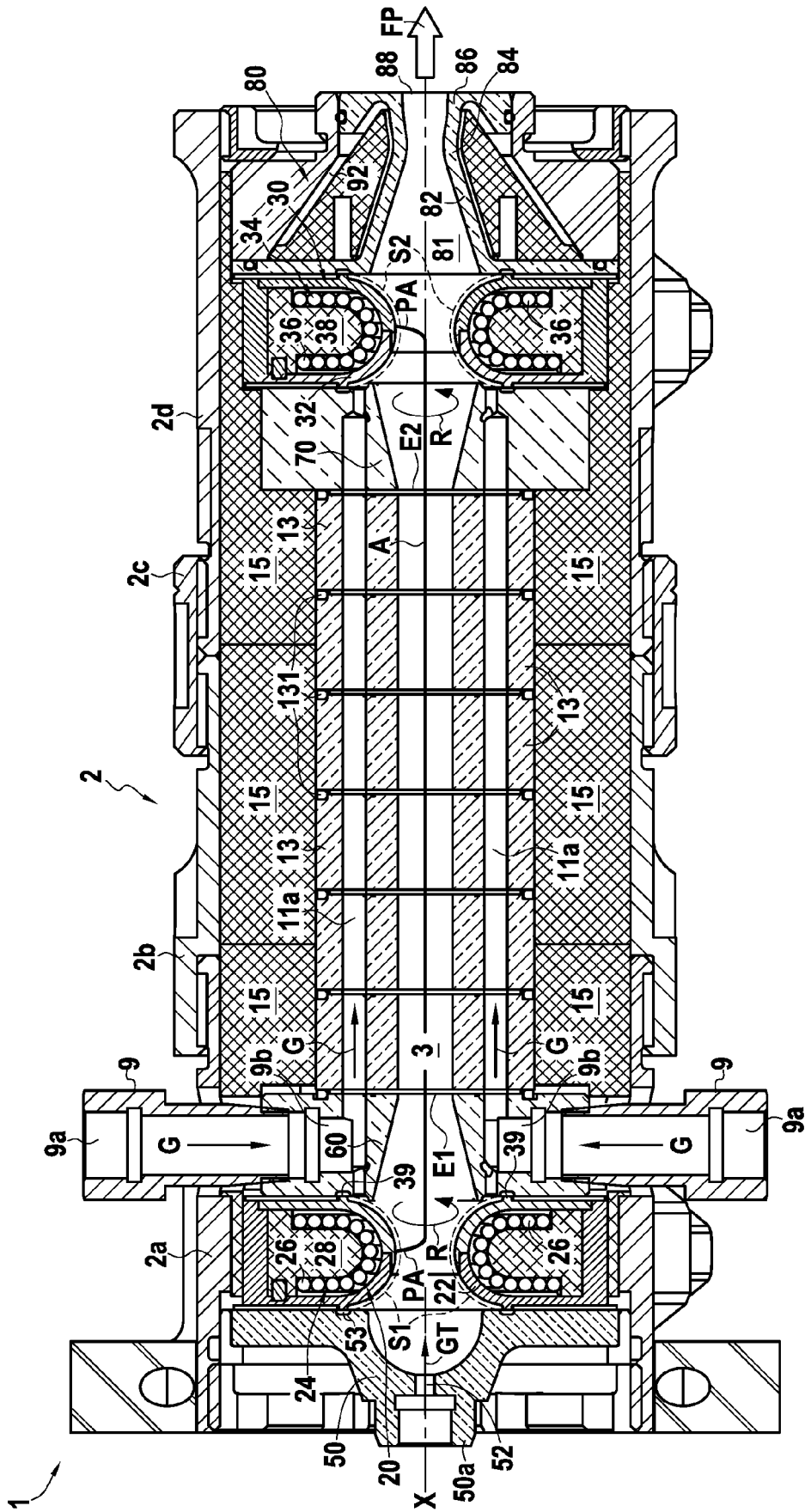


FIG.2

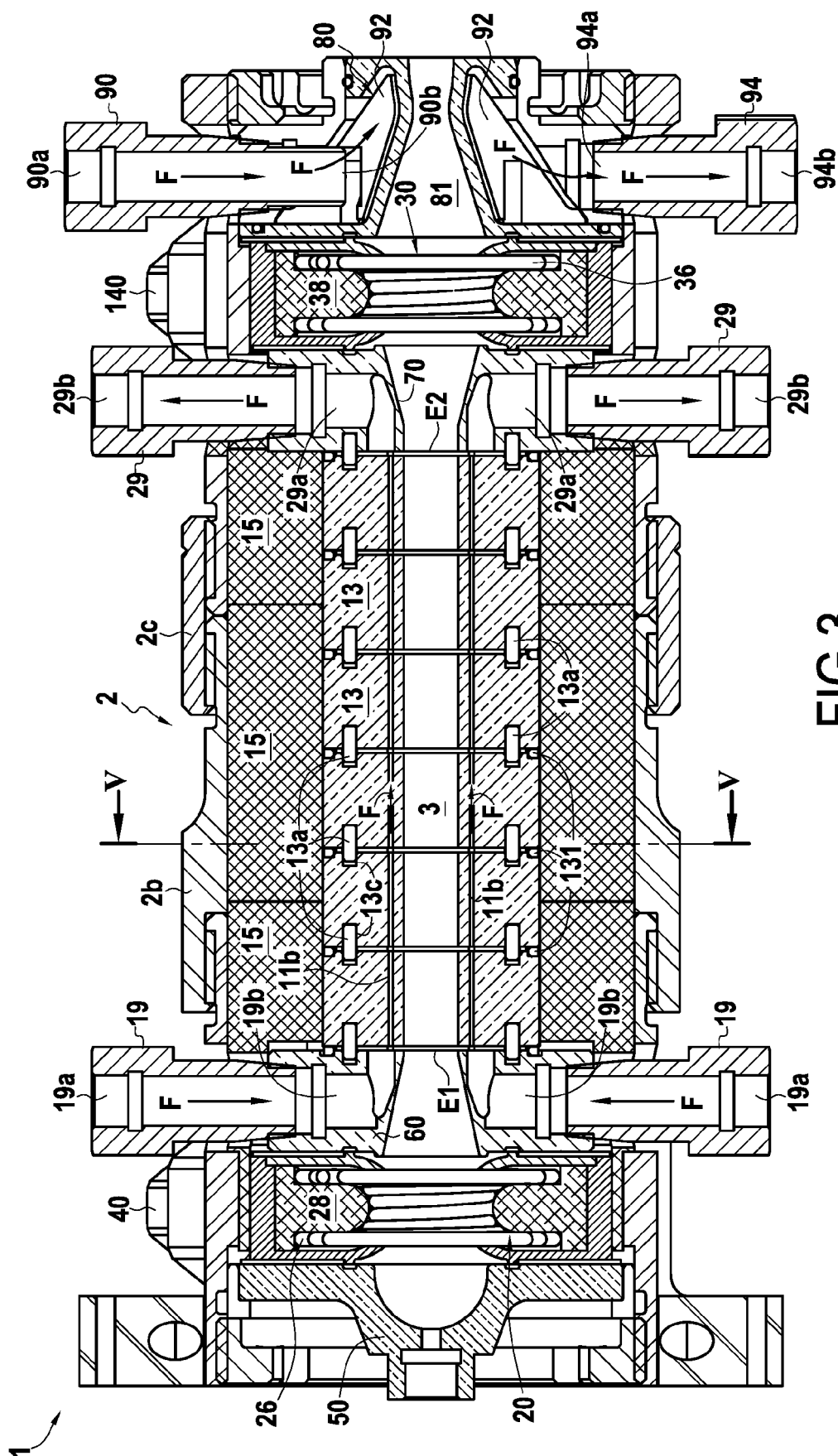


FIG.3

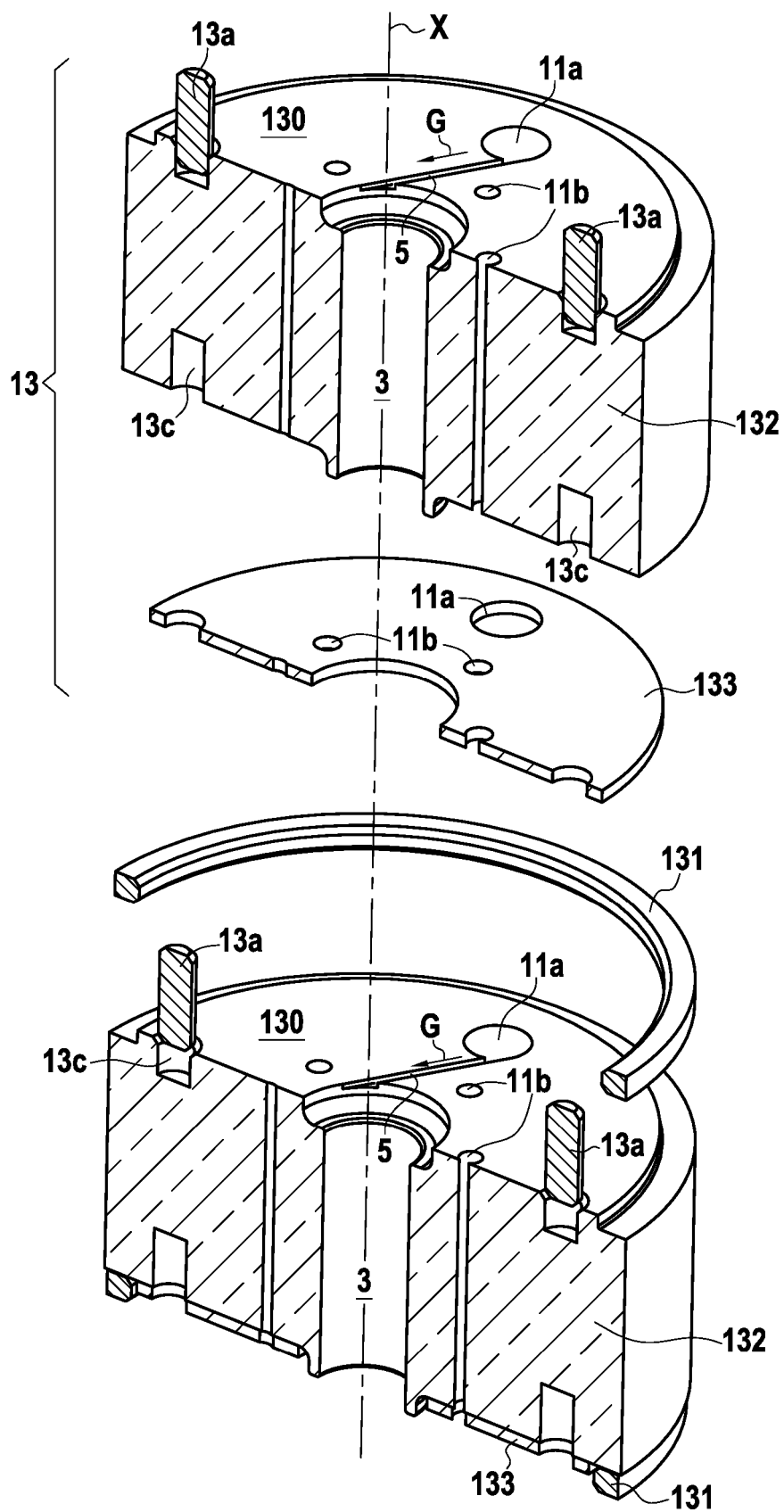


FIG.4

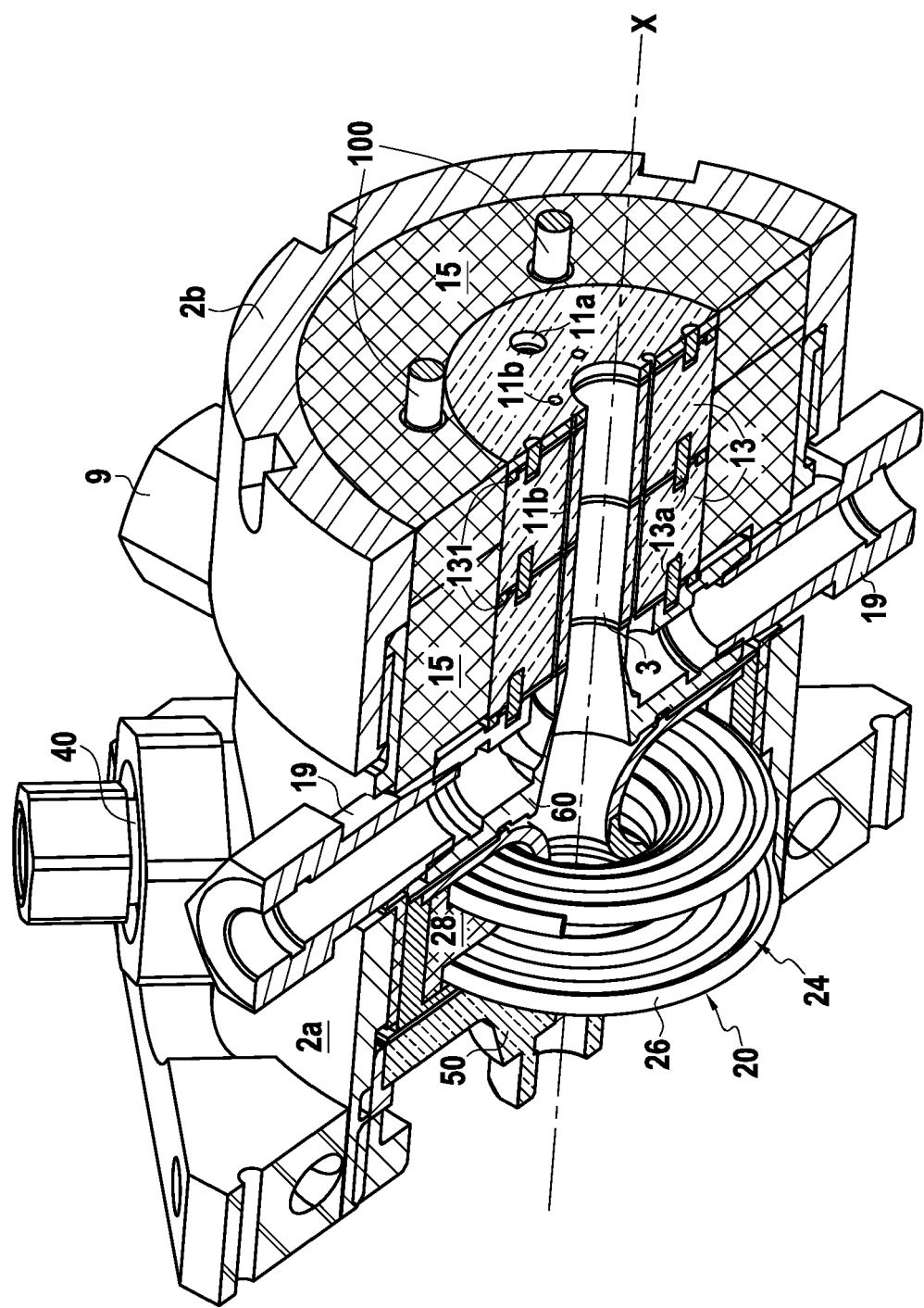


FIG. 5

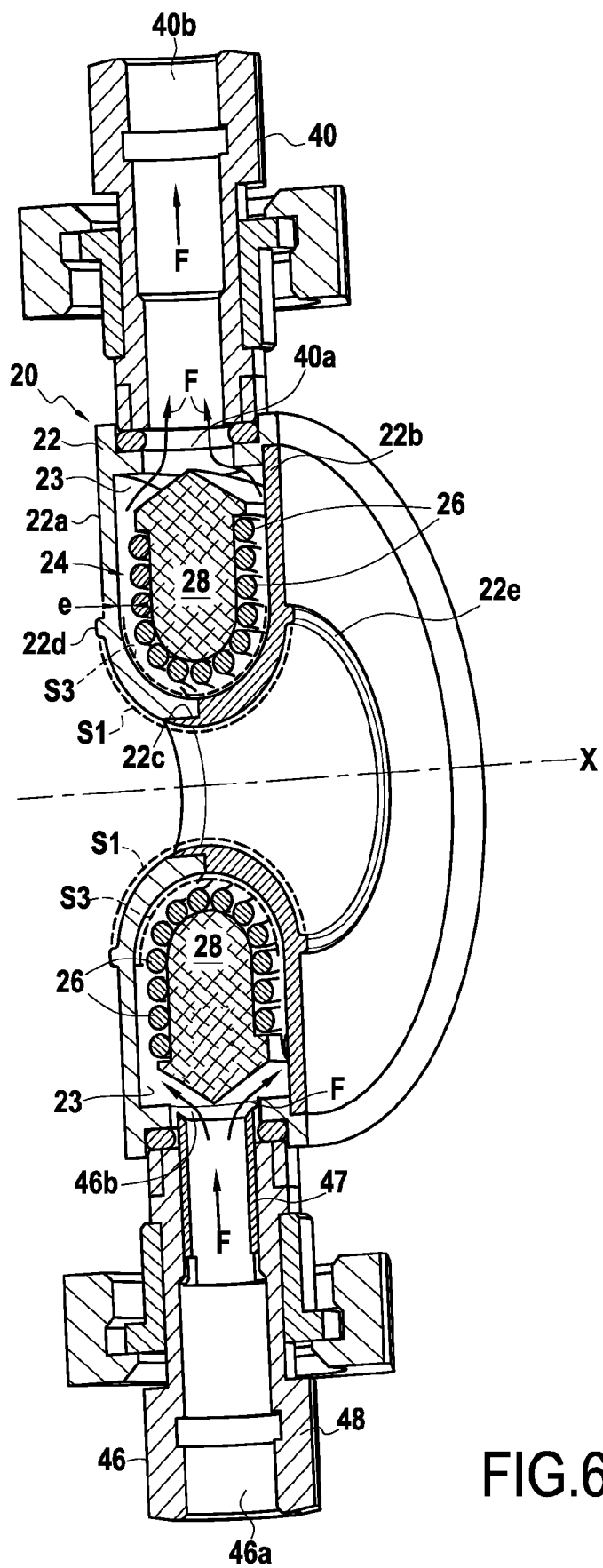


FIG.6

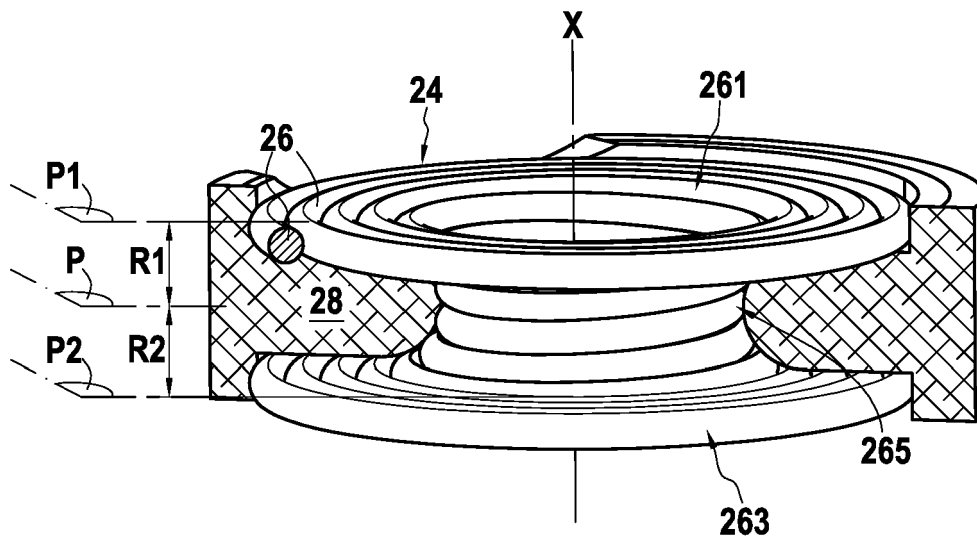


FIG. 7

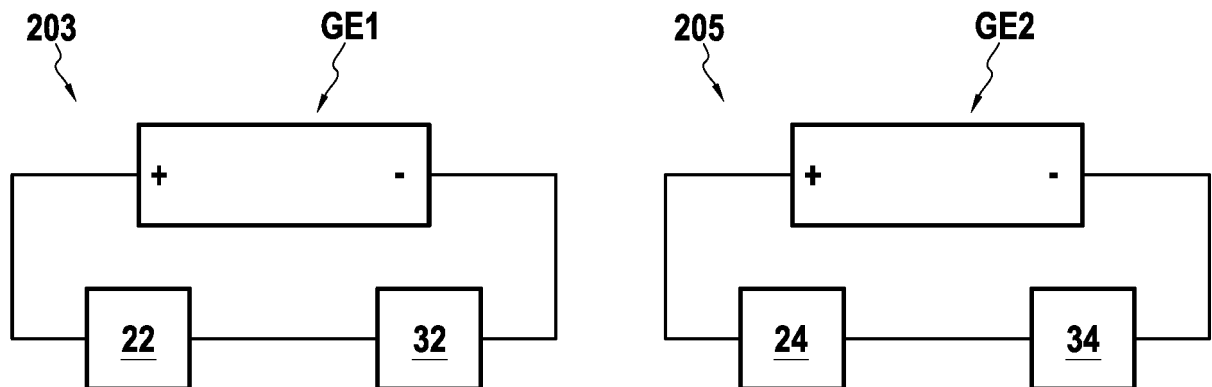


FIG. 8



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 18 16 2465

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	US 3 832 519 A (WOLF C ET AL) 27 août 1974 (1974-08-27) * abrégé; figure 3 * * colonne 6, lignes 23-55 * * colonne 8, lignes 28-35 * * colonne 9, lignes 1-5 *	1-13	INV. H05H1/40 H05H1/34
A	US H 587 H (US AIR FORCE) 7 février 1989 (1989-02-07) * abrégé * * figure 2 *	1-13	
A	US 3 343 019 A (WOLF CHARLES B ET AL) 19 septembre 1967 (1967-09-19) * abrégé * * Figure *	1-13	
A	US 3 445 191 A (BRUNING ARMIN M ET AL) 20 mai 1969 (1969-05-20) * abrégé * * Figure *	1-13	
A	US 3 663 792 A (FEY MAURICE G) 16 mai 1972 (1972-05-16) * abrégé; figures 1A,1B *	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H05H
A	US 3 629 553 A (FEY MAURICE G ET AL) 21 décembre 1971 (1971-12-21) * abrégé * * Figure *	1-13	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 8 août 2018	Examineur Crescenti, Massimo
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 18 16 2465

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

08-08-2018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3832519 A	27-08-1974	CA 980425 A US 3832519 A	23-12-1975 27-08-1974
US H587 H	07-02-1989	AUCUN	
US 3343019 A	19-09-1967	CH 431751 A DE 1244990 B DE 1245509 B FR 1426553 A FR 1426554 A GB 1023730 A GB 1023740 A US 3309550 A US 3343019 A	15-03-1967 20-07-1967 27-07-1967 28-01-1966 28-01-1966 23-03-1966 23-03-1966 14-03-1967 19-09-1967
US 3445191 A	20-05-1969	CH 455963 A DE 1949239 U GB 1116868 A US 3445191 A	15-05-1968 10-11-1966 12-06-1968 20-05-1969
US 3663792 A	16-05-1972	DE 2109634 A1 FR 2084028 A5 GB 1351625 A JP S5529341 B1 US 3663792 A	03-08-1972 17-12-1971 01-05-1974 02-08-1980 16-05-1972
US 3629553 A	21-12-1971	DE 2000869 A1 GB 1288610 A JP S4823578 B1 US 3629553 A	23-07-1970 13-09-1972 14-07-1973 21-12-1971

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82