

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31.01.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.08.23 Bulletin 23/31.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : AKRYVIA Société par actions simpli-
fiée — FR.

72 Inventeur(s) : CAMY-PEYRET Frédéric et BON
Emmanuel.

73 Titulaire(s) : AKRYVIA Société par actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : Cabinet Sébastien MARCONNET.

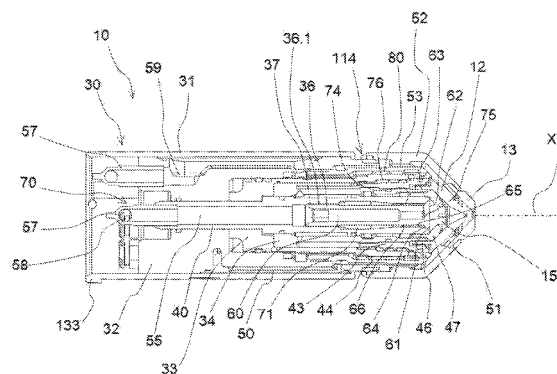
54 TORCHE DE COUPAGE PLASMA AVEC REFROIDISSEMENT INDIRECT DES CONSOMMABLES.

57 La présente invention porte sur une torche (10) de
coupage plasma comportant:

- un barreau central muni d'un logement de réception
d'un porte-électrode,
- un porte-électrode (36) disposé à l'intérieur du loge-
ment (37), et
- une électrode (15) plaquée contre une face d'extrémité
pleine du porte-électrode (36),
- le porte-électrode (36) comportant au moins un conduit
(60) destiné à amener un liquide de refroidissement à proxi-
mité de la face d'extrémité du porte-électrode (36) contre la-
quelle est plaquée l'électrode (15),

de sorte que l'électrode (15) est apte à être refroidie par
conduction par le porte-électrode (36) formant un radiateur
thermique, lequel étant apte à être refroidi intérieurement au
moins par une circulation de fluide de refroidissement à l'in-
térieur du conduit (60).

Figure 6



Description

Titre de l'invention : TORCHE DE COUPAGE PLASMA AVEC REFROIDISSEMENT INDIRECT DES CONSOMMABLES

- [0001] La présente invention porte sur une torche de coupage plasma avec refroidissement indirect des consommables.
- [0002] Le principe de coupage plasma est utilisé pour la découpe de tôles plus ou moins épaisses. Le passage d'un courant est établi entre une électrode et la tôle à découper de manière à former un plasma d'arc électrique. Une tuyère vient concentrer ce plasma qui est chauffé par effet Joule pour atteindre des températures très élevées. La tuyère présente un orifice de sortie qui oriente le jet plasma. Le jet plasma est en outre éjecté par l'orifice de la tuyère à grande vitesse. Du fait de la température élevée, la tôle fond localement et la pression d'alimentation en gaz de la tuyère créant la vitesse du jet plasma permet d'éjecter le métal fondu sous la tôle. On réalise de la sorte une saignée dans la pièce à découper.
- [0003] Un dispositif pour mettre en œuvre ce principe de coupage s'appelle une torche, notamment une torche plasma. Une telle torche comporte notamment une électrode, une tuyère, et un système d'alimentation en gaz de la tuyère.
- [0004] Il est connu en outre de munir une torche plasma d'une seconde tuyère, disposée en aval (ou autour) de la première tuyère de manière à former autour du jet plasma une couche de gaz protectrice. La seconde tuyère est alors souvent alimentée avec un gaz inerte ou de l'air. Le document EP2384097 décrit une telle tuyère qui est optimisée pour le refroidissement amont de la tuyère plasma munie d'une ouverture formant une buse par laquelle passe le jet plasma. La torche plasma décrite dans ce document présente donc les avantages d'un flux gazeux de plasma ionisé ainsi qu'un refroidissement de la buse et sa protection renforcés contre les projections de métal fondu qui peuvent intervenir pendant l'utilisation de la torche, et en particulier durant les phases de perçage.
- [0005] Les systèmes de refroidissement connus des consommables plasma (électrodes et tuyères) sont configurés généralement pour faire circuler un fluide de refroidissement au contact direct de l'électrode ou des tuyères. Ce fluide est la plupart du temps un liquide pour les torches les plus performantes, en particulier celles utilisées sur les machines de découpe automatisées. Lors du remplacement des consommables, par exemple l'électrode, il est désagréable pour l'opérateur que le liquide de refroidissement s'écoule lors du démontage de la torche. L'écoulement de liquide hors de la torche lors de l'ouverture du circuit de refroidissement est généralement perdu, ce qui oblige les opérateurs à refaire régulièrement le plein du circuit de refroidissement. En

outre, le liquide de refroidissement contient généralement un antigel de type éthylène glycol ou propylène glycol qui donne une consistance poisseuse au liquide. Cela oblige l'opérateur à utiliser des gants lors des opérations de maintenance de la torche, et à nettoyer régulièrement le poste de travail de changement des consommables.

[0006] Par ailleurs, l'électrode doit être suffisamment longue et comporter des surfaces d'échange thermique importantes pour que le fluide de refroidissement puisse en extraire efficacement les calories. Cela induit l'utilisation d'une quantité de matière importante pour sa réalisation. En outre, l'électrode présente généralement des formes spécifiques, c'est-à-dire des ailettes, pour augmenter la surface d'échange thermique avec le fluide de refroidissement. Le procédé de fabrication de l'électrode est donc relativement complexe.

[0007] La présente invention vise à remédier à ces inconvénients en proposant une torche de coupage plasma sèche comportant:

- un barreau central muni d'un logement de réception d'un porte-électrode,
- un porte-électrode disposé à l'intérieur du logement, et
- une électrode plaquée contre une face d'extrémité pleine du porte-électrode,
- le porte-électrode comportant au moins un conduit destiné à amener un liquide de refroidissement à proximité de la face d'extrémité du porte-électrode contre laquelle est plaquée l'électrode,

de sorte que l'électrode est apte à être refroidie par conduction par le porte-électrode formant un radiateur thermique, lequel étant apte à être refroidi intérieurement au moins par une circulation de fluide de refroidissement à l'intérieur du conduit.

[0008] L'invention porte également sur une ou plusieurs tuyères fonctionnant sur le même principe, c'est-à-dire refroidies indirectement par contact contre une surface d'un radiateur lui-même en contact avec le fluide de refroidissement.

[0009] L'invention permet ainsi, grâce au refroidissement de l'électrode et/ou de(s) tuyère(s) par conduction via le porte-électrode et le(s) porte-tuyère(s), d'éviter que du liquide de refroidissement soit au contact direct des consommables. On parle ainsi de torche de coupage plasma "sèche" dans la mesure où l'électrode et les autres consommables sont maintenus au sec pendant l'utilisation de la torche ainsi que pendant les opérations de remplacement de la torche. L'invention permet donc d'éviter les pertes de liquide à chaque démontage, qui ne coule plus sur les mains de l'opérateur lors d'une opération de maintenance de la torche puisque le circuit n'est jamais ouvert. En outre, l'électrode qui ne participe plus à la circulation du fluide ni à la surface d'échange nécessaire aux ailettes, pourra être de taille réduite de sorte que l'on économise de la matière pour la fabriquer. Il est également possible de réaliser les formes complexes pour optimiser le passage du fluide du côté du porte-électrode, qui est une pièce non consommable, ce qui simplifie la réalisation et réduit le coût de l'électrode qui est une pièce d'usure

changée régulièrement.

- [0010] Selon une réalisation de l'invention, le conduit est apte à alimenter des trous de passage de liquide de refroidissement débouchant dans un espace annulaire s'étendant radialement entre une face externe du porte-électrode et une face interne du logement du barreau central.
- [0011] Selon une réalisation de l'invention, le porte-électrode comporte sur sa face externe des ailettes de refroidissement, notamment de forme hélicoïdale, de sorte que les ailettes de refroidissement délimitent à l'intérieur de l'espace annulaire au moins un canal de refroidissement, dans lequel le fluide de refroidissement est apte à circuler depuis les trous de passage vers un conduit de collecte de liquide de refroidissement.
- [0012] Selon une réalisation de l'invention, le porte-électrode est assemblé de façon étanche avec le barreau central par l'intermédiaire d'une portée cône-cône et un vissage interne.
- [0013] Selon une réalisation de l'invention, l'électrode présente une face de contact avec le porte-électrode, ladite face de contact présentant un état de surface de rugosité Ra contrôlée: Ra inférieur à 1.6 μm , de préférence inférieur à 0.8 μm , de préférence comprise entre Ra=0.4 μm et Ra=0.2 μm .
- [0014] Selon une réalisation de l'invention, la face de contact de l'électrode est plane ou très légèrement bombée, par exemple avec un bombé au centre inférieur à 0.01mm, idéalement de l'ordre de 0.005mm. Ledit bombé permet d'assurer une pression de contact élevée au centre de la face de l'électrode même lorsque celle-ci se déforme lors du serrage.
- [0015] Selon une réalisation de l'invention, ladite torche de coupage plasma comporte une tuyère amont reliée mécaniquement de façon amovible à un dissipateur thermique amont, ladite tuyère amont étant refroidie par contact par ledit dissipateur thermique amont.
- [0016] Selon une réalisation de l'invention, ladite torche de coupage plasma comporte une chambre de refroidissement s'étendant radialement entre le dissipateur thermique amont et une face annulaire interne d'un élément isolant d'un corps de ladite torche.
- [0017] Selon une réalisation de l'invention, le dissipateur thermique amont comporte sur sa face externe des ailettes de refroidissement notamment de forme hélicoïdale, de sorte que les ailettes de refroidissement délimitent à l'intérieur de la chambre de refroidissement au moins un canal de refroidissement.
- [0018] Selon une réalisation de l'invention, ladite torche de coupage plasma comporte une tuyère aval refroidie par contact par un dissipateur thermique aval.
- [0019] Selon une réalisation de l'invention, ladite torche de coupage plasma comporte une chambre de refroidissement s'étendant radialement entre le dissipateur thermique aval et une face annulaire externe de l'élément isolant du corps de ladite torche.
- [0020] Selon une réalisation de l'invention, le dissipateur thermique aval comporte sur sa

face externe des ailettes de refroidissement notamment de forme hélicoïdale, de sorte que les ailettes de refroidissement délimitent à l'intérieur de la chambre de refroidissement au moins un canal de refroidissement.

- [0021] Selon une réalisation de l'invention, le porte-électrode est réalisé dans un matériau conducteur de courant et conducteur de chaleur, notamment un matériau métallique, tel que de l'aluminium, du cuivre, de l'argent, de l'or, ou tout alliage ou composite, incluant les revêtements de surface, à base de l'un de ces métaux.
- [0022] La présente invention sera mieux comprise et d'autres caractéristiques et avantages apparaîtront encore à la lecture de la description détaillée qui suit comprenant des modes de réalisation donnés à titre illustratif en référence avec les figures annexées, présentées à titre d'exemples non limitatifs, qui pourront servir à compléter la compréhension de la présente invention et l'exposé de sa réalisation et, le cas échéant, contribuer à sa définition, sur lesquelles:
- [0023] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue en perspective d'une torche de coupage plasma selon la présente invention montée sur une embase;
- [0024] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue en perspective de l'embase destinée à recevoir la torche plasma selon la présente invention;
- [0025] [Fig.3][Fig.4] Les figures 3 et 4 sont des vues en perspective selon deux angles différents de la torche plasma selon la présente invention;
- [0026] [Fig.5] La [Fig.5] est une vue en perspective d'une torche plasma selon l'invention sans la coiffe ni les consommables;
- [0027] [Fig.6] La [Fig.6] est une vue en coupe longitudinale de la torche de coupage plasma selon la présente invention;
- [0028] [Fig.7] La [Fig.7] est une vue en coupe longitudinale de la partie terminale d'une torche de coupage plasma selon la présente invention;
- [0029] [Fig.8] La [Fig.8] est une vue en coupe longitudinale de l'empilement des pièces d'usure à l'intérieur de la torche de coupage plasma selon la présente invention;
- [0030] [Fig.9a][Fig.9b] Les figures 9a et 9b sont des vues en coupe longitudinale de l'embase suivant deux plans de coupe différents;
- [0031] [Fig.10a][Fig.10b] Les figures 10a et 10b sont des vues en coupe longitudinale de la torche de coupage plasma et de l'embase respectivement avant et après leur assemblage;
- [0032] [Fig.11a][Fig.11h] Les figures 11a à 11h sont des vues illustrant différents états d'un système de verrouillage selon l'invention lors d'une installation de la torche de coupage plasma sur une embase;
- [0033] [Fig.12a][Fig.12c] Les figures 12a à 12c sont respectivement des vues en perspective avant, arrière, et en coupe d'une électrode selon l'invention utilisée avec la torche de coupage plasma selon l'invention;

- [0034] [Fig.12d] La [Fig.12d] est une vue en perspective d'une variante de réalisation d'une électrode selon l'invention utilisée avec la torche de coupage plasma selon l'invention;
- [0035] [Fig.13a][Fig.13d] Les figures 13a à 13d sont respectivement des vues en perspective avant, avec arête cachée, arrière, et en coupe d'une tuyère amont selon l'invention utilisée avec la torche de coupage plasma selon l'invention;
- [0036] [Fig.14a][Fig.14d] Les figures 14a à 14d sont respectivement des vues en perspective avant selon deux angles différents, arrière, et en coupe d'une tuyère aval selon l'invention utilisée avec la torche de coupage plasma selon l'invention;
- [0037] [Fig.15a][Fig.15c] Les figures 15a à 15c sont respectivement des vues en perspective avant, arrière, et de dessus d'un premier mode de réalisation d'un diffuseur de gaz selon l'invention utilisé avec la torche de coupage plasma selon l'invention;
- [0038] [Fig.15d][Fig.15e] Les figures 15d à 15e sont respectivement des vues en perspective et de dessus d'un deuxième mode de réalisation d'un diffuseur de gaz selon l'invention utilisé avec la torche de coupage plasma selon l'invention;
- [0039] [Fig.16] La [Fig.16] montre des vues en coupe de différentes formes de sections transversales d'un canal de passage de gaz d'un diffuseur de gaz selon l'invention.
- [0040] Il est à noter que les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation présentent les mêmes références. Ainsi, sauf mention contraire, de tels éléments disposent de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.
- [0041] Dans la suite de la description les termes relatifs du type amont et aval sont entendus par référence au sens de circulation d'un gaz de coupe à l'intérieur de la torche plasma. Par ailleurs, une face dite "interne" d'une pièce est tournée vers l'intérieur de la pièce tandis qu'une face dite "externe" est tournée vers l'extérieur de la pièce.
- [0042] La [Fig.1] montre une torche de coupage plasma 10 d'axe X1 assemblée avec une embase 11 de forme générale cylindrique d'axe X2. L'embase 11 montrée seule sur la [Fig.2] est destinée à être fixée sur une machine de découpe (non représenté). La torche de coupage plasma 10 montrée seule sur les figures 3, 4, et 5 est une torche du type à double tuyères, c'est-à-dire qu'elle comporte une tuyère amont 12 et une tuyère aval 13 visibles notamment dans la vue en coupe de la [Fig.7] disposées autour d'une électrode 15. Cette électrode 15 permet, lorsqu'elle est mise sous tension, et que les tuyères amont 12 et aval 13 sont respectivement alimentées en gaz plasmagène et en gaz aval, de générer un jet plasma d'arc électrique apte à découper une pièce. Le gaz aval est destiné à concentrer le jet plasma généré au niveau de la tuyère amont 12.
- [0043] La torche 10 est destinée à être fixée de façon amovible avec l'embase 11. Il est ainsi possible de désolidariser la torche de coupage plasma 10 pour pouvoir aisément remplacer les pièces d'usure de la torche 10, tel que cela est expliqué plus en détails ci-après.

- [0044] Plus précisément, comme on peut le voir sur la [Fig.2], l'embase 11 comporte un premier conduit d'alimentation en gaz 17 destiné à être en communication avec un circuit d'alimentation de gaz plasmagène pour alimenter la tuyère amont 12. La source de gaz plasmagène peut être une bouteille de gaz, par exemple de l'air comprimé, de l'oxygène ou tout autre gaz adapté au matériau à découper connu de l'homme du métier, munie de préférence d'un détendeur. Il peut aussi s'agir d'un réseau de gaz industriel, d'un réservoir de gaz stocké à basse température sous phase liquide, d'un générateur de gaz, etc...Le circuit d'alimentation situé entre la ou les sources de gaz plasmagène et le conduit 17 peut comporter des éléments de mélange de gaz, de filtrage, de mesure, de régulation de pression ou de débit mécanique ou électromécaniques, etc...
- [0045] L'embase 11 comporte également un deuxième conduit d'alimentation en gaz 18 destiné à être en communication avec un circuit d'alimentation de gaz aval pour alimenter la tuyère aval 13. Le gaz aval peut être un gaz inerte tel de l'azote mais il peut aussi s'agir par exemple d'air. Le gaz aval pourra être le même gaz que le gaz plasmagène ou un gaz différent.
- [0046] Afin d'assurer le refroidissement de la torche de coupage plasma 10, l'embase 11 comporte en outre un conduit d'entrée 20 du liquide de refroidissement dans la torche 10 et un conduit de sortie 21 du liquide de refroidissement de la torche 10. Chaque conduit 20, 21 peut être muni d'un dispositif d'obturation automatique 24 visible sur les figures 9a, 9b, 10a, et 10b évitant une fuite de liquide de refroidissement lorsque la torche 10 est déconnectée de l'embase 11. Chaque dispositif d'obturation automatique 24 comporte une bille 25 et un ressort 26 sollicitant la bille 25 vers son siège 27 lorsque la torche 10 est déconnectée de l'embase 11.
- [0047] Le conduit d'entrée 20 de liquide de refroidissement remplit également une fonction de transmetteur de courant électrique vers la torche de coupage plasma 10. A cette fin, le conduit d'entrée 20 de liquide de refroidissement est réalisé dans un matériau électriquement conducteur.
- [0048] Par ailleurs, la torche de coupage plasma 10 comporte un corps 30 réalisé en plusieurs parties, à savoir un carter tubulaire 31 réalisé dans un matériau métallique contenant les différents composants de la torche 10 et des éléments isolants internes 32, 33, 34 imbriqués les uns dans les autres. Les éléments isolants 32, 33, 34 sont réalisés dans un matériau électriquement isolant, notamment un matériau plastique ou en céramique. En variante, les différents éléments isolants 32, 33, 34 pourraient être monoblocs les uns avec les autres de façon à former un seul et même élément isolant.
- [0049] L'électrode 15 est plaquée contre un porte-électrode 36 disposé à l'intérieur d'un logement 37 ménagé dans un barreau central 40. L'électrode 15 et le porte-électrode 36 sont disposées de façon coaxiale par rapport à l'axe X1 de la torche 10.

- [0050] La tuyère amont 12 est disposée de façon coaxiale autour de cette électrode 15. La tuyère amont 12 est reliée mécaniquement de façon amovible à un dissipateur thermique, dit dissipateur thermique amont 43. A cet effet, la tuyère amont 12 est vissée sur le dissipateur thermique amont 43. Le dissipateur thermique amont 43 s'étend circonférentiellement autour du barreau central 40.
- [0051] A l'extérieur de la tuyère amont 12, la tuyère aval 13 est disposée de façon coaxiale par rapport à l'axe X1 de la torche 10. La tuyère aval 13 est associé à un dissipateur thermique aval 44. Le dissipateur thermique aval 44 est disposé circonférentiellement autour du dissipateur thermique amont 43.
- [0052] Un premier passage de gaz 46 ménagé dans la torche 10 permet d'alimenter en gaz plasmagène la tuyère amont 12 par l'intermédiaire d'un diffuseur de gaz amont 47. Le diffuseur de gaz amont 47 est disposé de façon coaxiale par rapport à l'axe X2. Le diffuseur de gaz amont 47 est intercalé axialement entre l'électrode 15 et la tuyère amont 12.
- [0053] Un deuxième passage de gaz 50 ménagé dans la torche 10 permet d'alimenter en gaz aval la tuyère aval 13 par l'intermédiaire d'un diffuseur de gaz aval 51. Le diffuseur de gaz aval 51 est disposé de façon coaxiale par rapport à l'axe X2. Le diffuseur de gaz aval 51 est intercalé axialement entre la tuyère amont 12 et la tuyère aval 13. La tuyère aval 13 est portée par une coiffe 52 destinée à être fixée sur le corps 30 de la torche 10 par l'intermédiaire d'une liaison hélicoïdale 53 de type vis-écrou.
- [0054] La torche de coupage plasma 10 comporte ainsi un empilement axial de pièces d'usure "électrode 15-diffuseur de gaz amont 47-tuyère amont 12-diffuseur de gaz aval 51-tuyère aval 13" dont la configuration est décrite plus en détails ci-après.
- [0055] Plus précisément, l'électrode 15 est plaquée contre une face d'extrémité du porte-électrode 36 disposé à l'intérieur du logement 37 du barreau central 40 creux. Le barreau central 40 présente globalement une forme tubulaire de section ronde. Le barreau central 40 est réalisé dans un matériau électriquement conducteur.
- [0056] Le barreau central 40 est apte à acheminer un courant électrique vers le porte-électrode 36. A cet effet, le barreau central 40 est apte à établir un contact électrique avec le conduit d'entrée 20 de liquide de refroidissement de l'embase 11 ayant également une fonction de transmetteur de courant. Le contact entre le barreau central 40 et le conduit d'entrée 20 est de préférence un contact de forme tronconique.
- [0057] En outre, le barreau central 40 comporte un canal central 55 de passage de liquide de refroidissement. Le canal central 55 de passage de liquide de refroidissement est destiné à être en regard du conduit d'entrée 20 de liquide de refroidissement, dit également barreau central de l'embase 11. Le barreau central 40 est muni à son extrémité d'une broche tubulaire 57 ayant une ouverture traversante 58 d'orientation transversale débouchant à l'intérieur du canal central 55.

- [0058] Lorsque la torche de coupage plasma 10 est connecté sur l'embase 11, la broche 57 qui pénètre au moins en partie à l'intérieur du conduit d'entrée 20 de liquide de refroidissement pousse la bille 25 de façon à l'écarter de son siège 27. Cela permet une circulation de liquide de refroidissement entre le conduit de circulation de liquide de refroidissement de l'embase 11 et le barreau central 40 de la torche 10. Un conduit 59 de sortie de liquide de refroidissement de la torche 10 est muni d'une broche 57 analogue.
- [0059] Par ailleurs, le porte-électrode 36 est disposé à l'intérieur du logement de réception 37 du barreau central 40 situé dans un prolongement du canal central 55. Le porte-électrode 36 est fixé au barreau central 40 par vissage interne. A cet effet, le porte-électrode 36 présente une extrémité vissée 36.1 sur un filetage ménagé dans une face interne du logement 37. L'électrode 15 est plaquée contre une face d'extrémité 62 pleine du porte-électrode 36 de façon à être refroidie par conduction par le porte-électrode 36. Par "face d'extrémité pleine", on entend une face dépourvue d'ouverture mettant en communication fluidique le porte-électrode 36 et l'électrode 15. Afin d'optimiser le refroidissement par conduction de l'électrode 15, cette dernière décrite plus en détails ci-après est une électrode "pleine" par opposition aux électrodes "creuses" classiques munies d'une ouverture destinée à recevoir la circulation du liquide de refroidissement.
- [0060] Le porte-électrode 36 comporte un conduit d'alimentation central 60 d'orientation axiale amenant le liquide de refroidissement à proximité de la face d'extrémité du porte-électrode 36 contre laquelle est plaquée l'électrode 15. Le conduit d'alimentation 60 débouche par un côté en regard du canal central 55 du barreau central 40 de façon à recevoir du liquide de refroidissement provenant du barreau central 40. Le conduit 60 alimente à son autre extrémité des trous de passage 75 de liquide de refroidissement réalisés dans le porte-électrode 36 et débouchant dans un espace annulaire 65 s'étendant radialement entre le porte-électrode 36 et le barreau central 40, plus précisément entre la face externe du porte-électrode 36 et une face interne du logement 37 du barreau central 40 creux. Ces trous de passage 75 de liquide de refroidissement présentent de préférence une orientation radiale mais pourrait présenter toute autre orientation permettant d'acheminer le liquide depuis le conduit d'alimentation central 60 vers l'espace annulaire 65.
- [0061] Le porte-électrode 36 comporte des ailettes de refroidissement 66 sur sa face externe. Les ailettes de refroidissement 66 s'étendent radialement en saillie entre la face externe du porte-électrode 36 et la face interne du logement 37 du barreau central 40 creux. Les ailettes de refroidissement 66 présentent de préférence une forme hélicoïdale. A l'intérieur de l'espace annulaire 65, les ailettes 66 forment au moins un canal de refroidissement hélicoïdal 74, dans lequel le fluide de refroidissement circule depuis les trous de passage 75 vers un conduit 71 de collecte de liquide de refroidissement. En

variante, les ailettes de refroidissement 66 pourront présenter une forme rectiligne d'orientation axiale par rapport à l'axe X1, et le fluide s'écoule axialement entre les ailettes 66.

- [0062] Le porte-électrode 36 est assemblé de façon étanche avec le barreau central 40 par l'intermédiaire d'une portée cône-cône et le vissage interne. Plus précisément, le porte-électrode 36 présente une extrémité évasée 61 munie d'une face d'extrémité 62 d'orientation généralement perpendiculaire à l'axe du porte-électrode 36. Cette face d'extrémité 62 est en contact avec l'électrode 15 afin d'augmenter la surface de contact entre l'électrode 15 et le porte-électrode 36.
- [0063] La portée cône-cône est constituée par une face interne 63 de l'extrémité évasée 61 en appui étanche contre une face 64 de forme complémentaire du barreau central 40. Les faces 63, 64 en contact pourront présenter une forme tronconique. Les faces en contact sont de préférence collées entre elles au moyen d'une colle étanche, ou brasées.
- [0064] Le porte-électrode 36 est réalisé dans un matériau conducteur de courant et conducteur de chaleur, notamment un matériau métallique, tel que de l'aluminium, du cuivre, de l'argent, de l'or, ou tout alliage ou composite, incluant les revêtements de surface, à base de l'un de ces métaux.
- [0065] Afin d'assurer un refroidissement optimal de la torche de coupage plasma 10, on utilise un circuit de refroidissement 70 dans lequel circule un fluide de refroidissement, de préférence sous forme liquide tel que de l'eau, ou de l'eau contenant de l'antigel, ainsi éventuellement que des additifs d'entretien comme des produits anti-corrosion, anticalcaire, ou biocides. En variante, le liquide de refroidissement pourra être de l'huile ou tout autre liquide à fort pouvoir caloporteur.
- [0066] Comme on peut le voir sur les figures 6 et 7, le circuit de refroidissement 70 comporte une première chambre de refroidissement du porte-électrode 36. La première chambre de refroidissement comprend le conduit 60 refroidissant la surface intérieure du porte-électrode 36, les trous de passage 75, et le ou les canaux hélicoïdaux 74.
- [0067] L'électrode 15 est ainsi apte à être refroidie par conduction par le porte-électrode 36 formant un radiateur thermique, lequel étant apte à être refroidi intérieurement par une circulation de fluide à l'intérieur du conduit 60, à la surface des trous de passage 75, et extérieurement par une circulation de fluide à l'intérieur du ou des canaux hélicoïdaux 74.
- [0068] Par ailleurs, la tuyère amont 12 est reliée mécaniquement de façon amovible au dissipateur thermique amont 43. La tuyère amont 12 est refroidie par contact par le dissipateur thermique amont 43.
- [0069] Une deuxième chambre de refroidissement 76 est en communication fluidique avec la sortie 71 de la première chambre de refroidissement. La deuxième chambre de refroidissement 76 s'étend radialement entre une face externe annulaire externe du dis-

sipateur thermique amont 43 et une face annulaire interne de l'élément isolant 33 du corps 30 de ladite torche 10.

- [0070] Le dissipateur thermique amont 43 comporte sur sa face externe des ailettes de refroidissement 78 s'étendant radialement en saillie à l'intérieur de la deuxième chambre de refroidissement 76. Les ailettes de refroidissement 78 présentent de préférence une forme hélicoïdale. A l'intérieur de la chambre de refroidissement 76, les ailettes de refroidissement 78 délimitent au moins un canal de refroidissement hélicoïdal. En variante, les ailettes de refroidissement 78 pourront présenter une forme rectiligne d'orientation axiale par rapport à l'axe X1.
- [0071] La tuyère aval 13 est refroidie par contact par le dissipateur thermique aval 44. Une troisième chambre de refroidissement 80 est en communication fluide d'une part avec la deuxième chambre de refroidissement 76 et d'autre part avec le conduit de sortie 21 de liquide de refroidissement. La troisième chambre de refroidissement 80 s'étend entre une face annulaire interne du dissipateur thermique aval 44 et une face annulaire externe de l'élément isolant 33 du corps de ladite torche 10.
- [0072] Le dissipateur thermique aval 44 comporte sur sa face externe des ailettes de refroidissement 81 s'étendant radialement en saillie à l'intérieur de la troisième chambre de refroidissement 80. Les ailettes de refroidissement 81 présentent de préférence une forme hélicoïdale. A l'intérieur de la chambre de refroidissement 80, les ailettes de refroidissement 81 délimitent au moins un canal de refroidissement hélicoïdal. En variante, les ailettes de refroidissement 81 pourront présenter une forme rectiligne d'orientation axiale par rapport à l'axe X1.
- [0073] Ainsi le liquide de refroidissement pénétrant à l'intérieur du porte-électrode 36 via le conduit d'entrée 20 de liquide de refroidissement et le canal central 55 passe ensuite à l'intérieur de la première chambre de refroidissement formée des conduits 60, 202 et 74 pour extraire les calories du porte-électrode 36 via sa face interne et sa face externe. Le liquide de refroidissement passe ensuite dans le collecteur 71, communiquant avec l'intérieur de la deuxième chambre de refroidissement 76 pour extraire, via le ou les canaux de refroidissement hélicoïdaux, les calories du dissipateur thermique amont 43 puis à l'intérieur de la troisième chambre de refroidissement 80 pour extraire, via le ou les canaux de refroidissement hélicoïdaux, les calories du dissipateur thermique aval 44. Le liquide de refroidissement est ensuite évacué par le conduit de sortie 21 de liquide de refroidissement.
- [0074] La première chambre de refroidissement est ainsi consacrée au refroidissement indirect de l'électrode 15, par contact via le porte-électrode 36, la deuxième chambre de refroidissement 76 au refroidissement de la tuyère amont 12, par contact avec le dissipateur thermique amont 43, la troisième chambre de refroidissement 80 au refroidissement de la tuyère aval 13, par contact avec le dissipateur thermique aval 44, sans

qu'aucune des trois pièces d'usure précitées (électrode 15, tuyère amont 12, tuyère aval 13) ne soit en contact direct avec le fluide de refroidissement, et puisse ainsi être changée sans ouverture du circuit de refroidissement, et sans engendrer de pertes ou de salissures.

- [0075] Par ailleurs, comme cela est bien visible sur la [Fig.8], la torche 10 comporte un empilement axial de pièces d'usure de la torche 10 formé par la tuyère aval 13, le diffuseur de gaz aval 51, la tuyère amont 12, le diffuseur de gaz amont 47, et l'électrode 15 destinée à être plaquée contre une face d'extrémité du porte-électrode 36.
- [0076] La coiffe 52 comporte une portion de forme tronconique 84 ayant une face interne 85 et une portion en forme de manchon annulaire 88 munie d'une portion filetée 89 sur sa périphérie interne. La coiffe 52 présente une ouverture central pour le passage d'une extrémité aval de la tuyère aval 13, l'extrémité amont de la tuyère aval 13 étant en appui contre une face interne de la coiffe 52.
- [0077] Plus précisément, suivant cet empilement, la tuyère aval 13 a une face externe 94 de forme généralement tronconique en appui contre la face interne de forme généralement tronconique de la coiffe 52. Le diffuseur de gaz aval 51 a une face externe 98 en appui contre une face interne 95 de forme généralement tronconique de la tuyère aval 13. La tuyère amont 12 a une face externe 102 de forme généralement tronconique en appui contre une face interne 99 de forme tronconique du diffuseur de gaz aval 51. Le diffuseur de gaz amont 47 a une face externe 106 en appui contre une face interne 103 de la tuyère amont 12. L'électrode 15 a une face externe 110 de forme généralement tronconique en appui contre une face interne 107 de forme généralement tronconique du diffuseur de gaz amont 47.
- [0078] Ainsi, un vissage de la portion filetée 89 de la coiffe 52 sur une portion filetée 113 du corps 30 de la torche 10 engendre la création d'un effort de compression sur l'empilement enserré entre la coiffe 52 et le porte-électrode 36, lui-même en appui sur le corps 30, qui applique une force en réaction à la force de serrage appliquée par la coiffe 52 sur l'empilement des pièces d'usure 13-51-12-47-15. Cela permet d'assurer un centrage des différents composants de l'empilement des pièces d'usure 13-51-12-47-15 ayant chacun au moins une face de forme généralement conique en appui contre une face conique d'un élément adjacent correspondant de l'empilement.
- [0079] Le dissipateur thermique amont 43 présente un degré de liberté en translation axiale par rapport au corps de la torche 10, de façon à permettre le centrage des différents composants lors d'un vissage de la portion filetée 89 de la coiffe 52.
- [0080] Avantagusement, on prévoit un dispositif de détrompage 114 pour s'assurer d'un vissage complet de la coiffe 52 sur le corps de la torche 10. Le dispositif de détrompage 114 comporte un bandeau annulaire coloré disposé sur le corps 30 de la torche 10 qui devient invisible uniquement si le vissage de la coiffe 52 sur la torche 10

est complet.

- [0081] Avantageusement, la forme généralement tronconique 94 de la face externe de la tuyère aval 13 externe peut avoir une légère sphéricité, de sorte que la ligne de contact entre la sphère 94 et le tronc de cône de la coiffe 52 assure l'étanchéité entre la tuyère 13 et la coiffe lors du serrage de celle-ci.
- [0082] Avantageusement, les surface d'appui cône sur cône des diffuseurs amont 47 et aval 51 assurent lors du serrage une étanchéité relative permettant un passage du gaz amont et aval très majoritairement par les canaux des diffuseurs 47, 51, sans avoir à recourir à des joints élastomère entre les diffuseurs et les autres pièces d'usure, ce qui simplifie leur usinage, économise un joint élastomère fragile et peu résistant à la température.
- [0083] L'ensemble torche-embase est configuré de telle façon qu'un effort axial soit exercé sur le barreau central 40, par exemple au moyen de la compression d'un organe élastique comme un ressort ondulé, lors du montage de la torche 10 sur l'embase 11, de sorte qu'un effort de compression de l'empilement des pièces d'usure soit garanti même si la coiffe 52 n'est pas suffisamment serrée par l'opérateur au montage.
- [0084] Par ailleurs, comme on peut le voir sur les figures 10a et 10b, un dispositif de verrouillage 120 est apte à assurer une liaison mécanique amovible entre la torche 10 et l'embase 11. Plus précisément, l'embase 11 comporte un corps d'embase 121 venant recevoir la torche 10 et un tube d'embase 122 destiné à être fixé sur l'axe embarquant la torche de la machine de découpe. Le corps d'embase 121 est mobile axialement à l'intérieur du tube d'embase 122.
- [0085] Un organe élastique 123, tel qu'un ressort notamment de type ondulé, est en appui sur le corps d'embase 121 exerçant un effort axial lorsque ledit organe élastique 123 est comprimé par la mise en place de la torche 10. L'appui axial de la torche 10 sur le corps d'embase 121 se fait au niveau de l'appui cône sur cône entre le barreau central 40 de la torche 10 et le barreau central 20 de l'embase 11. L'effort d'appui permet d'assurer un bon contact électrique (résistance de contact faible), et la géométrie cône-cône centre la torche 11 sur le corps d'embase 121, ce qui assure que toutes les connexions fluides et électriques soient disposées précisément face-à-face.
- [0086] Le dispositif de verrouillage 120 comporte une bague de verrouillage 127 fixe axialement mais mobile en rotation par rapport au tube d'embase 122. La bague de verrouillage 127 comportant au moins un lobe d'embase 128 ayant sur sa face supérieure une pente de guidage 130 et une pente de verrouillage 131. La pente de verrouillage 131 forme un angle non nul par rapport à la pente de guidage 130.
- [0087] La torche 10 comporte au moins un lobe de torche 133 issu du corps 30 de la torche 10. Le lobe de torche 133 comporte sur sa face inférieure une pente de guidage 134 et une pente de verrouillage 135. La pente de verrouillage 135 forme un angle non nul par rapport à la pente de guidage 134.

- [0088] Les pentes de verrouillage 131, 135 et les pentes de guidage 130, 134 sont inclinées suivant des directions opposées de telle façon que les pentes de guidage 130, 134 agissent en compression de l'organe élastique 123 et les pentes de verrouillage 131, 135 agissent en décompression de l'organe élastique 123 lors du serrage de la bague de verrouillage 127.
- [0089] Comme cela est illustré par les figures 11a à 11h, lors d'une rotation de la bague de verrouillage 127 suivant une fraction de tour, notamment un quart ou un tiers de tour, la pente de guidage 130 du lobe d'embase 128 coopère avec la pente de guidage 134 du lobe de torche 133 de façon à faire remonter le corps d'embase 121 en comprimant l'organe élastique 123 via l'appui sur la portée d'appui du corps d'embase 121 jusqu'à ce que la pente de verrouillage 131 du lobe d'embase 128 coopère avec la pente de verrouillage 135 du lobe de torche 133 pour assurer, dans une position de verrouillage, un verrouillage de la torche 10 par rapport à l'embase 11 lorsque la torche 10 est connectée sur l'embase 11. La position de verrouillage est maintenue par l'effort de l'organe élastique 123.
- [0090] En l'occurrence, pour un verrouillage par une rotation d'un tiers de tour (120 degrés) de la bague de verrouillage 127, ladite bague de verrouillage 127 comporte trois lobes d'embase 128 espacés angulairement entre eux de façon régulière et la torche 10 comporte trois lobes de torche 133 correspondant espacés angulairement entre eux de façon régulière. Bien entendu, le nombre de lobes d'embase 128 et de lobes de torche 133 pourra varier d'une application à une autre.
- [0091] Avantageusement, l'embase 11 comporte un dispositif de détrompage 139 permettant d'identifier une position de verrouillage et une position de déverrouillage de la torche 10 par rapport à l'embase 11. Le dispositif de détrompage 139 comporte un repère 141 réalisé sur la bague de verrouillage 127 destiné à venir par rotation sélectivement en regard d'un symbole 142 correspondant à une position verrouillée ou à une position déverrouillée de la torche 10 par rapport à l'embase 11.
- [0092] L'organe élastique 123 est également apte à appliquer un effort de contact entre une extrémité du conduit d'entrée 20 de liquide de refroidissement ayant une également une fonction d'arrivée de courant de l'embase 11 et une extrémité du barreau central 40 de transmission de courant de la torche 10. Ainsi, la résistance de contact entre l'embase 11 et la torche 10 est minimisée, et contrôlée de manière répétable par l'effort d'appui de l'organe élastique 123.
- [0093] L'extrémité du conduit d'entrée 20 de liquide de refroidissement de l'embase 11 et l'extrémité du barreau central 40 de la torche 10 présentent de préférence des formes tronconiques complémentaires pour assurer un bon centrage de la torche 10 sur le corps d'embase.
- [0094] L'électrode 15 alimentée électriquement par le porte-électrode 36 est réalisée dans un

matériau conducteur de l'électricité et de la chaleur, par exemple en cuivre, en argent ou dans un alliage ou un composite à base de cuivre et d'argent, par exemple du cuivre revêtu d'argent.

- [0095] Comme on peut le voir sur les figures 12a, 12b, et 12c, l'électrode 15 d'axe général de révolution X3 comporte une première portion 150 et une deuxième portion 151. La première portion 150 a une première face d'extrémité libre 152 munie d'un logement 153 de réception d'un insert émissif 155, tel que cela est visible sur les figures 12a et 12c.
- [0096] La première portion 150 pourra présenter une forme cylindrique simple comme cela est illustré par les figures 12a, 12b, et 12c. Alternativement, la première portion 150 pourra présenter une forme plus complexe constituée par un tronçon cylindrique, et pourra comporter un ou plusieurs tronçons tronconiques, et le cas échéant un ou plusieurs congés, un ou plusieurs chanfreins ou des étagements, comme cela est représenté sur la [Fig.12d].
- [0097] L'insert émissif 155 est emmanché, brasé, serti, soudé, ou tout autre moyen d'assemblage assurant la continuité thermique et électrique entre les matériaux, à l'intérieur du logement 153 de réception dudit insert émissif 155. L'insert émissif 155 est réalisé de préférence dans un matériau réfractaire et thermo-émissif, comme par exemple le tungstène ou ses alliages, qui présente une température de fusion très élevée, ou bien le hafnium, le zirconium ou leurs alliages (ou autre), éventuellement dopés aux oxydes de terres rares et de lanthanides comme les oxydes de thorium, de lanthane, de cérium, etc... Selon les matériaux à découper et la nature du gaz plasmagène, un matériau sera préféré à un autre, notamment des alliages à base de tungstène pour les gaz neutres comme l'azote, l'argon, l'hydrogène ou leurs mélanges, et les alliages à base de hafnium ou de zirconium pour les gaz oxydants comme l'air ou l'oxygène.
- [0098] La deuxième portion 151 de forme tronconique a une section transversale dont un diamètre augmente lorsqu'on se déplace d'un centre de l'électrode 15 vers une deuxième face d'extrémité libre 156 opposée axialement par rapport à la première face d'extrémité libre 152. La deuxième face d'extrémité libre 156, dite face d'extrémité de contact est destinée à venir en contact avec le porte-électrode 36. La deuxième portion 151 a son diamètre terminal, c'est-à-dire son plus grand diamètre, supérieur à un diamètre maximal de la première portion 150.
- [0099] La deuxième portion tronconique 151 pourra se terminer par ladite face d'extrémité de contact 156, comme cela est représenté sur les figures 12a, 12b, 12c. En variante, la deuxième portion tronconique 151 et la face d'extrémité de contact pourront être séparés par une portion ayant une forme cylindrique ou autre.
- [0100] La face d'extrémité de contact 156 est une face pleine sur au moins 90% de sa

surface, c'est-à-dire qu'elle est dépourvue de protubérance ou de cavité sur au moins 90% de sa surface. La face d'extrémité de contact 156 pourra toutefois comporter une cavité en son centre, de préférence de diamètre inférieur à 0.5mm. Une telle cavité permet de faciliter l'usinage de l'électrode 15. La face d'extrémité de contact 156 pourra présenter une forme plane ou une forme légèrement bombée, c'est-à-dire convexe. La face d'extrémité de contact 156 pourra par exemple présenter un bombé entre son centre et son bord de 0.01mm, idéalement de 0.005mm.

- [0101] La face d'extrémité de contact 156 a de préférence un état de surface de rugosité Ra contrôlée: $Ra < 1.6 \mu m$, de préférence $Ra < 0.8 \mu m$, idéalement entre $Ra 0.4 \mu m$ et $Ra 0.2 \mu m$, réalisé brut de tournage, rectification, ou polissage. La face d'extrémité de contact 156 pourra être recouverte d'une couche réalisée dans un matériau en argent.
- [0102] La deuxième portion de forme tronconique 151 a un état de surface de rugosité Ra contrôlée : $Ra < 1.6 \mu m$, de préférence $Ra < 0.8 \mu m$, idéalement entre $Ra 0.4 \mu m$ et $Ra 0.2 \mu m$, réalisé brut de tournage, rectification, ou polissage.
- [0103] Au moins la portion de forme tronconique 151 est réalisée de préférence dans un matériau plein. De préférence, l'ensemble de l'électrode 15 est réalisée dans un matériau plein.
- [0104] Dans l'exemple représenté non limitatif, l'électrode 15 comporte uniquement le logement 153 de réception de l'insert émissif 155, c'est-à-dire qu'elle est dépourvue d'autre logement afin d'améliorer son refroidissement par conduction. En variante, le l'électrode 15 pourra comporter d'autre formes.
- [0105] L'électrode 15 présente une longueur comprise de préférence entre 5mm et 20 mm et de préférence de l'ordre de 10 mm. Un diamètre maximal de la portion de forme tronconique 151 est de l'ordre de 13mm. Par "de l'ordre de", on entend une variation possible de l'ordre de 30% autour de la valeur indiquée.
- [0106] La forme extérieure de l'électrode entre la portion conique 151 et la face 152, représentée dans les figures par un cylindre 150, peut être adaptée à la configuration de la tuyère amont, par exemple en comportant des sections tronconiques, des congés, des chanfreins ou des arêtes vives entre le cône 151 et la face 152.
- [0107] Par ailleurs, comme on peut le voir sur les figures 13a, 13b, 13c, et 13d, la tuyère amont 12 d'axe général de révolution X4 comporte une portion annulaire tronconique 159 ayant la face interne 103 de forme tronconique et la face externe 102 de forme tronconique. La portion annulaire tronconique 159 comporte un canal central traversant 160. Le canal central 160 présente au moins un col de forme circulaire définissant une section minimale. En variante, le canal central 160 pourrait également présenter une portion cylindrique, une portion convergente, une portion divergente, des étagements, etc... afin de mettre en forme le jet plasma formé par la tuyère.
- [0108] La tuyère amont 12 comporte en outre une portion de montage 163 ayant une forme

annulaire d'orientation axiale. La portion de montage 163 est située dans un prolongement de la portion tronconique 159. La portion de montage 163 est munie d'au moins un filetage 164 coopérant avec au moins un filetage de forme correspondante du dissipateur thermique amont 43, tel que cela est visible sur la [Fig.7]. La portion tronconique 159 est monobloc avec la portion de montage 163.

- [0109] Le dissipateur thermique 43 est monté libre axialement par rapport au corps 30 de la torche 10 pour ne pas contraindre un positionnement géométrique de la tuyère 12 lors d'une mise en appui sur ses faces tronconiques 102, 103.
- [0110] La face externe 102 de la portion annulaire tronconique 159 comporte un dispositif de préhension 168 pour permettre un entraînement en rotation de la tuyère 12 au moyen d'un outil (non représenté) manipulé par un opérateur. En l'occurrence, le dispositif de préhension 168 comporte des trous de préhension 170 destinés à coopérer avec des plots de préhension de forme correspondante ménagés sur l'outil.
- [0111] Les trous de préhension 170 sont des trous borgnes. Ces trous de préhension pourront être espacés angulairement de façon régulière suivant une circonférence de la tuyère amont 12.
- [0112] Dans l'exemple représenté, la tuyère amont 12 comporte quatre trous de préhension 170. Bien entendu, le nombre de trous de préhension 170 pourra être adapté en fonction de l'application.
- [0113] Alternativement, la configuration pourra être inversée, c'est-à-dire que la tuyère amont 12 pourra comporter des plots de préhension 171 ménagés dans la face externe 102. Ces plots de préhension 171 s'étendent en saillie depuis la face externe 102. Ces plots de préhension 171 sont destinés à coopérer avec des trous de forme correspondante réalisés dans un outil manipulé par l'opérateur.
- [0114] Le matériau pour réaliser la tuyère amont 12 est de préférence un matériau bon conducteur de la chaleur. Il peut s'agir d'un alliage de cuivre (par exemple de type Cu ou CuTe ou CuCrZr), d'un alliage d'aluminium, d'argent ou d'or (ou autre).
- [0115] Comme on peut le voir sur les figures 14a, 14b, 14c, et 14d, la tuyère aval 13 d'axe X5 comporte une première portion annulaire tronconique 175 et une deuxième portion annulaire tronconique 176 munie d'un canal central traversant 178. Le canal central 178 présente au moins un col de forme circulaire définissant une section de passage minimale. En variante, le trou central 178 pourrait également présenter une portion cylindrique, divergente, convergente, des étagements, ou autre afin de mettre en forme l'écoulement de plasma dans la tuyère aval.
- [0116] La première portion annulaire tronconique 175 présente la face interne 95 et la face externe 94. La première portion annulaire tronconique 175 a une première épaisseur E1 s'étendant entre la face interne 95 et la face externe 94, tel que cela est montré sur la [Fig.14d].

- [0117] La deuxième portion annulaire tronconique 176 présente une face interne 180 et une face externe 181. La deuxième portion annulaire tronconique 176 a une deuxième épaisseur E2 s'étendant entre la face interne 180 et la face externe 181, tel que cela est montré sur la [Fig.14d].
- [0118] La première épaisseur E1 de la première portion annulaire tronconique 175 est inférieure à la deuxième épaisseur E2 de la deuxième portion annulaire tronconique 176.
- [0119] Comme on peut le voir sur la [Fig.8], la configuration de la tuyère aval 13 est telle que la face externe 94 de la première portion 175 vient en appui contre une face interne d'une portion de la coiffe 52 d'épaisseur réduite de telle façon que la face externe 181 de la deuxième portion 176 de la tuyère 13 se trouve dans le prolongement de la face externe de la coiffe 52. La somme de l'épaisseur E1 de la première portion 175 de la tuyère 13 et de l'épaisseur E3 de la portion d'épaisseur réduite de la coiffe est égale à l'épaisseur E2 de la deuxième portion 176 de la tuyère 13.
- [0120] La face externe 94 de la première portion annulaire généralement tronconique 175 présente de préférence une forme tronconique légèrement bombée, c'est-à-dire convexe. Suivant cette configuration, la face externe 94 de la première portion 175 de la tuyère 13 est en appui contre une face interne 85 de la portion annulaire tronconique 175 de la coiffe 52 de façon à assurer une étanchéité relative sans joint.
- [0121] La face externe 94 de la première portion annulaire tronconique 175 et la face externe de la deuxième portion annulaire tronconique 176 sont reliées entre elles par une portion de liaison incurvée 184 définie par un rayon de raccordement. La portion de liaison 184 permet de créer la différence d'épaisseur entre les deux portions 175 et 176.
- [0122] Une extrémité libre 186 de la première portion annulaire tronconique 175 pourra être biseautée.
- [0123] Par ailleurs, une extrémité libre 187 de la deuxième portion annulaire tronconique 176 s'étend perpendiculairement à l'axe X5 de la tuyère 13, définissant la face de la tuyère aval.
- [0124] Le matériau pour réaliser la tuyère aval 13 est de préférence un matériau bon conducteur de la chaleur. Il peut s'agir d'un alliage de cuivre (par exemple de type Cu ou CuTe ou CuCrZr), d'un alliage d'aluminium, d'argent ou de tout autre matériau adapté à l'application.
- [0125] Les figures 15a, 15b, 15c, 15d, et 15e montrent le diffuseur de gaz amont 47 d'axe X6 comportant au moins une portion de diffusion de gaz 190 comprenant une face externe 191 de forme tronconique, une face interne 192 de forme tronconique, ainsi que plusieurs canaux de passage de gaz 193.
- [0126] Un canal de passage de gaz 193 est constitué par une rainure ouverte 195 réalisée dans la face externe 191. La rainure ouverte 195 débouche à chaque extrémité de la

face externe 191. La rainure ouverte 195 comporte un fond 198, deux faces latérales 199 et une ouverture 200 opposée au fond 198. L'ouverture 200 opposée au fond 198 débouche vers l'extérieur du diffuseur de gaz 47. La rainure ouverte 195 présente ainsi une section transversale ayant une forme choisie parmi: une forme rectangulaire, une forme en U, ou une forme de demi-O comme présenté en [Fig.16]. L'extrémité d'entrée des gaz de la rainure ouverte 195 pourra présenter une forme de convergent.

- [0127] La rainure ouverte 195 pourra présenter une section transversale variable de l'amont vers l'aval d'un écoulement de gaz sur au moins une partie de la rainure, de préférence de section décroissante de l'amont vers l'aval de l'écoulement de gaz.
- [0128] Dans le mode de réalisation des figures 15a, 15b, et 15c, une rainure ouverte 195 présente une forme rectiligne.
- [0129] Dans le mode de réalisation des figures 15d et 15e, une rainure ouverte 195 présente une forme incurvée de façon à créer un écoulement tourbillonnaire de gaz. Un niveau d'effet tourbillonnaire, déterminé par un angle de sortie d'une pluralité de canaux 193 par rapport à un axe X6 du diffuseur 47, pourra être variable en fonction d'une intensité de plasma et est appairé avec d'autres pièces d'usure. Par ailleurs, les canaux 193 formés par les rainures 195 se rejoignent avant une sortie du diffuseur, formant ainsi un bord de fuite en forme d'arête vive minimisant des recirculations de gaz et la génération de turbulences.
- [0130] De préférence, la portion de diffusion de gaz 190 est prolongée par une portion 202 constituant un écran d'isolation électrique entre l'électrode 13 et la tuyère amont 12, et une ailette de refroidissement thermique. La portion 202 présente une forme tubulaire d'orientation axiale par rapport à l'axe X6. La portion de diffusion de gaz 190 et la portion 202 constituant l'écran d'isolation électrique forment une pièce monobloc.
- [0131] En variante, le diffuseur de gaz 47 est dépourvu de portion formant écran d'isolation électrique, comme cela est le cas pour le diffuseur de gaz aval 51.
- [0132] Avantageusement, les diffuseurs de gaz 47, 51 sont réalisés dans un matériau isolant électriquement et résistant à la chaleur, comme par exemple un matériau céramique comme l'alumine, le nitrure d'aluminium, le nitrure de silicium, la zircone, le nitrure de bore, etc., ou un plastique à haute tenue en température comme le polyéthylène téréphtalate (dit PETP), le polyetheretherketone (dit PEEK), ou un plastique à base de polyimide tel que le VESPEL (marque déposée), etc...
- [0133] En variante, une pluralité de rainures ouvertes 195 pourra être réalisée dans la face interne 192. Dans ce cas, chaque rainure ouverte 195 débouche à chaque extrémité de la face interne 192. En outre, la rainure ouverte 195 présente une ouverture débouchant vers l'intérieur du diffuseur de gaz 47.
- [0134] Le diffuseur de gaz 47, 51 pourra être réalisé par usinage, notamment tournage et/ou fraisage, par moulage à chaud, par frittage de poudres, avec ou sans recuit, ou par im-

pression tridimensionnelle.

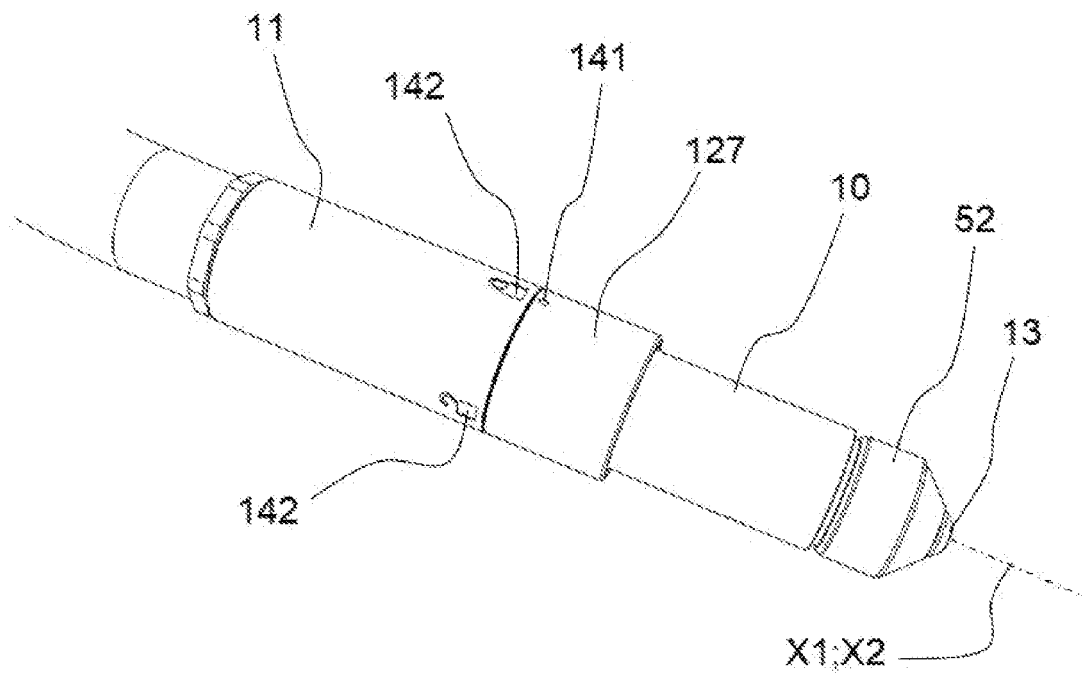
- [0135] Bien entendu, les différentes caractéristiques, variantes et/ou formes de réalisation de la présente invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.
- [0136] En outre, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits précédemment et fournis uniquement à titre d'exemple. Elle englobe diverses modifications, formes alternatives et autres variantes que pourra envisager l'homme du métier dans le cadre de la présente invention et notamment toutes combinaisons des différents modes de fonctionnement décrits précédemment, pouvant être pris séparément ou en association.

Revendications

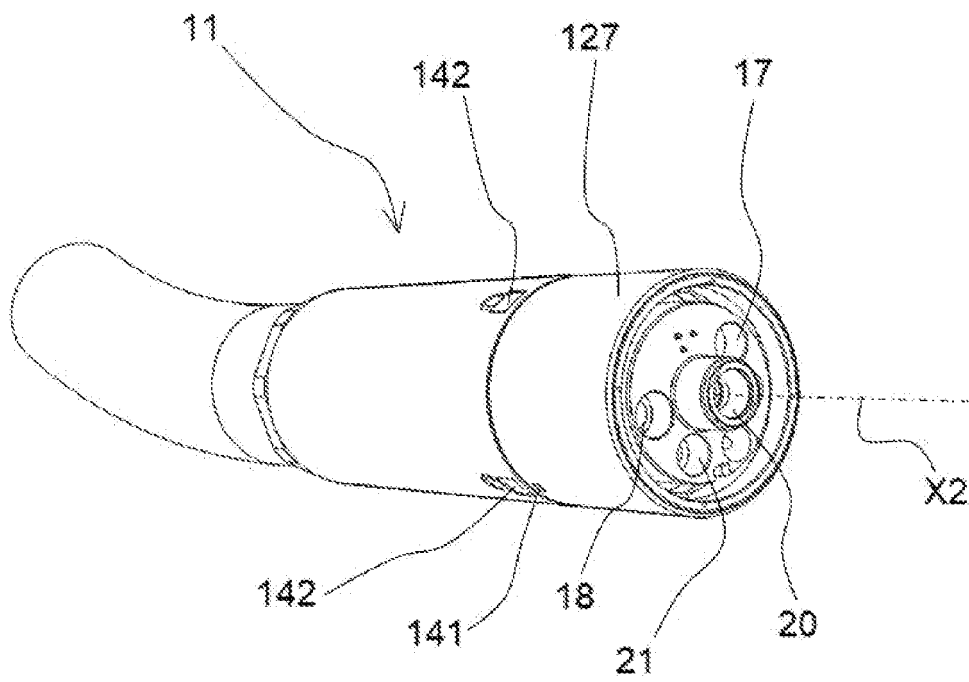
- [Revendication 1] Torche (10) de coupage plasma caractérisée en ce qu'elle comporte:
- un barreau central (40) muni d'un logement (37) de réception d'un porte-électrode,
 - un porte-électrode (36) disposé à l'intérieur du logement (37), et
 - une électrode (15) plaquée contre une face d'extrémité pleine du porte-électrode (36),
 - le porte-électrode (36) comportant au moins un conduit (60) destiné à amener un liquide de refroidissement à proximité de la face d'extrémité du porte-électrode (36) contre laquelle est plaquée l'électrode (15), de sorte que l'électrode (15) est apte à être refroidie par conduction par le porte-électrode (36) formant un radiateur thermique, lequel étant apte à être refroidi intérieurement au moins par une circulation de fluide de refroidissement à l'intérieur du conduit (60).
- [Revendication 2] Torche de coupage plasma selon la revendication 1, caractérisée en ce que le conduit (60) est apte à alimenter des trous de passage (75) de liquide de refroidissement débouchant dans un espace annulaire (65) s'étendant radialement entre une face externe du porte-électrode (36) et une face interne du logement (37) du barreau central (40).
- [Revendication 3] Torche de coupage plasma selon la revendication 2, caractérisée en ce que le porte-électrode (36) comporte sur sa face externe des ailettes de refroidissement (66), notamment de forme hélicoïdale, de sorte que les ailettes de refroidissement (66) délimitent à l'intérieur de l'espace annulaire (65) au moins un canal de refroidissement (74), dans lequel le fluide de refroidissement est apte à circuler depuis les trous de passage (75) vers un conduit (71) de collecte de liquide de refroidissement.
- [Revendication 4] Torche de coupage plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le porte-électrode (36) est assemblé de façon étanche avec le barreau central (40) par l'intermédiaire d'une portée cône-cône et un vissage interne.
- [Revendication 5] Torche de coupage plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que l'électrode (15) présente une face de contact (156) avec le porte-électrode, ladite face de contact présentant un état de surface de rugosité Ra contrôlée: Ra inférieur à 1.6 μm , de préférence inférieur à 0.8 μm , de préférence comprise entre Ra=0.4 μm et Ra=0.2 μm .
- [Revendication 6] Torche de coupage plasma selon l'une quelconque des revendications 1

- à 5, caractérisée en ce que la face de contact de l'électrode (15) est plane ou très légèrement bombée, par exemple avec un bombé au centre inférieur à 0.01mm, idéalement de l'ordre de 0.005mm.
- [Revendication 7] Torche de coupage plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce qu'elle comporte une tuyère amont (12) reliée mécaniquement de façon amovible à un dissipateur thermique amont (43), ladite tuyère amont (12) étant refroidie par contact par ledit dissipateur thermique amont (43).
- [Revendication 8] Torche de coupage plasma selon la revendication 7, caractérisée en ce qu'elle comporte une chambre de refroidissement (76) s'étendant radialement entre le dissipateur thermique amont (43) et une face annulaire interne d'un élément isolant (33) d'un corps (30) de ladite torche (10).
- [Revendication 9] Torche de coupage plasma selon la revendication 8, caractérisée en ce que le dissipateur thermique amont (43) comporte sur sa face externe des ailettes de refroidissement (78) notamment de forme hélicoïdale, de sorte que les ailettes de refroidissement (78) délimitent à l'intérieur de la chambre de refroidissement (76) au moins un canal de refroidissement.
- [Revendication 10] Torche de coupage plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle comporte une tuyère aval (13) refroidie par contact par un dissipateur thermique aval (44).
- [Revendication 11] Torche de coupage plasma selon la revendication 10, caractérisée en ce qu'elle comporte une chambre de refroidissement (80) s'étendant radialement entre le dissipateur thermique aval (44) et une face annulaire externe de l'élément isolant (33) du corps (30) de ladite torche (10).
- [Revendication 12] Torche de coupage plasma selon les revendications 10 et 11, caractérisée en ce que le dissipateur thermique aval (44) comporte sur sa face externe des ailettes de refroidissement (81) notamment de forme hélicoïdale, de sorte que les ailettes de refroidissement (81) délimitent à l'intérieur de la chambre de refroidissement (80) au moins un canal de refroidissement.
- [Revendication 13] Torche de coupage plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que le porte-électrode (36) est réalisé dans un matériau conducteur de courant et conducteur de chaleur, notamment un matériau métallique, tel que de l'aluminium, du cuivre, de l'argent, de l'or, ou tout alliage ou composite, incluant les revêtements de surface, à base de l'un de ces métaux.

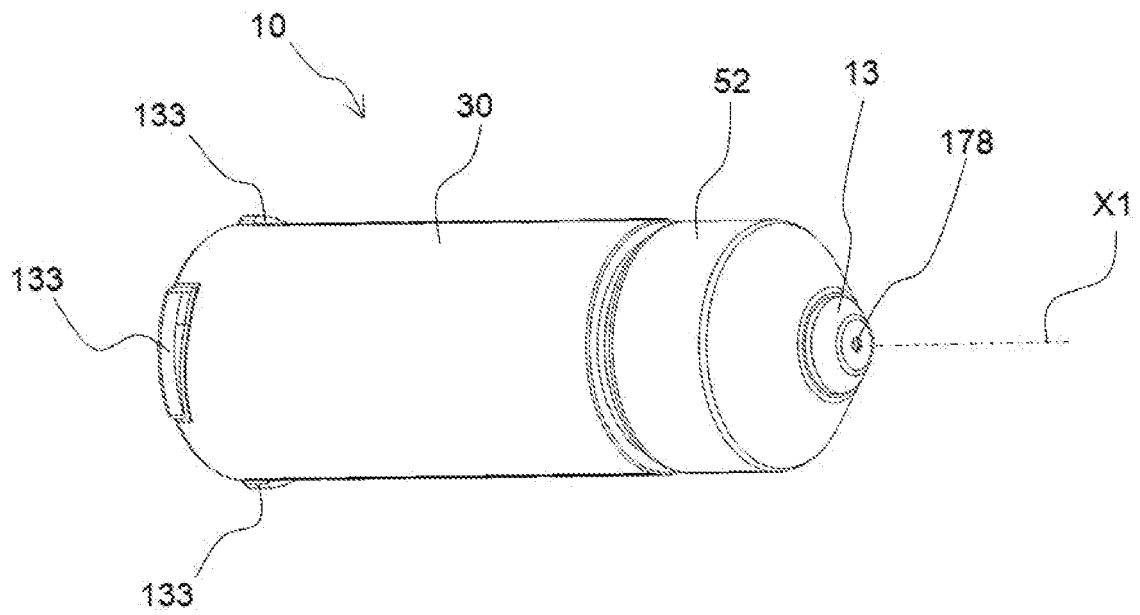
[Fig. 1]



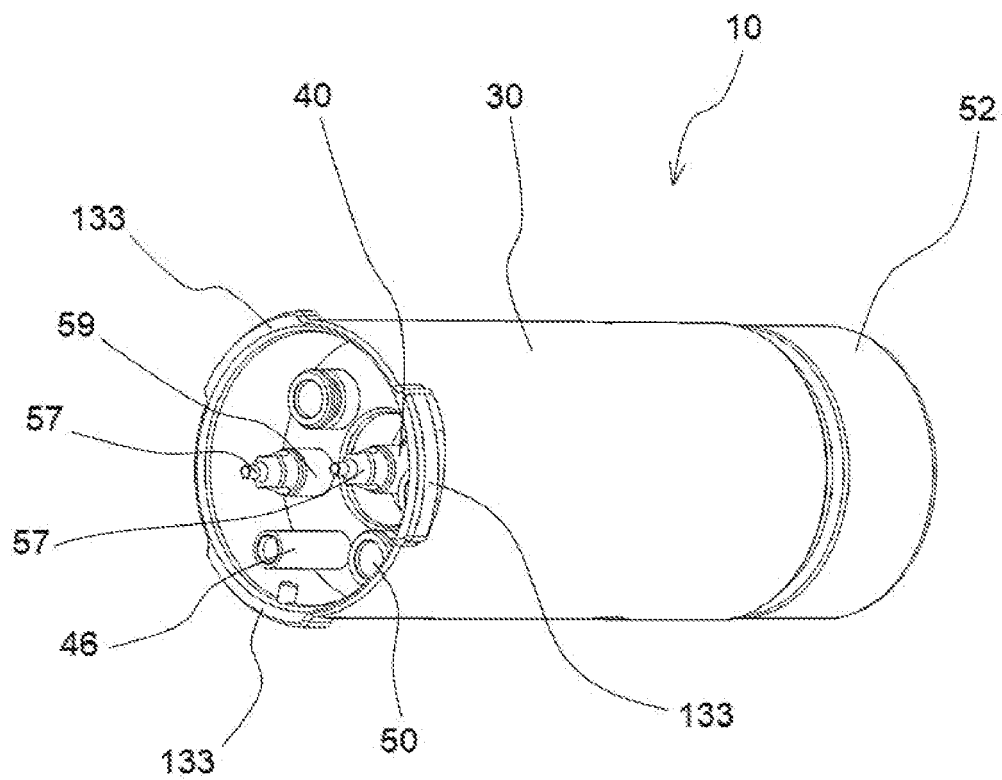
[Fig. 2]



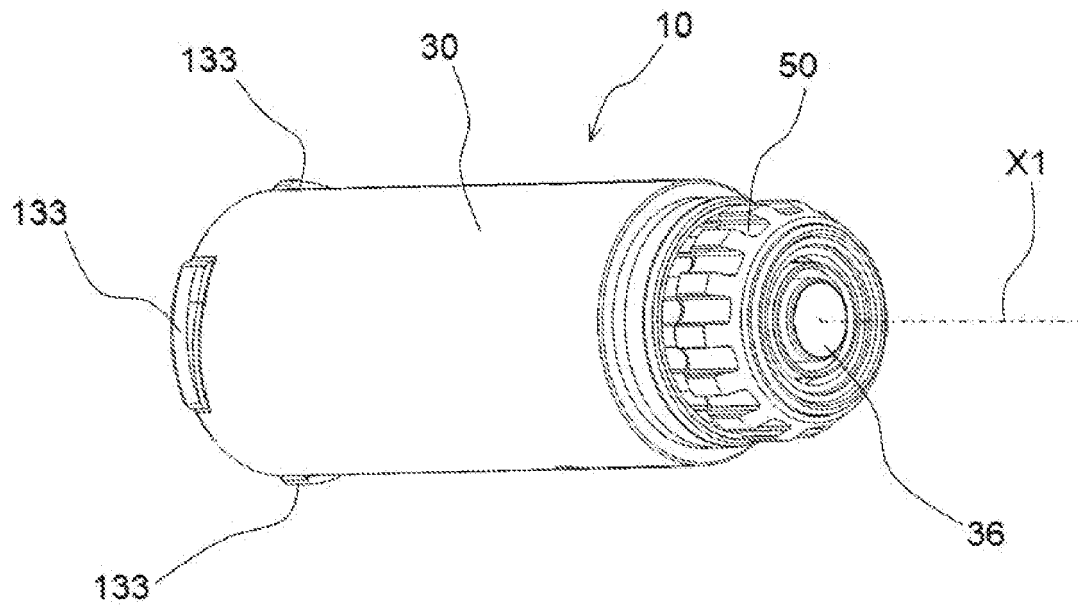
[Fig. 3]



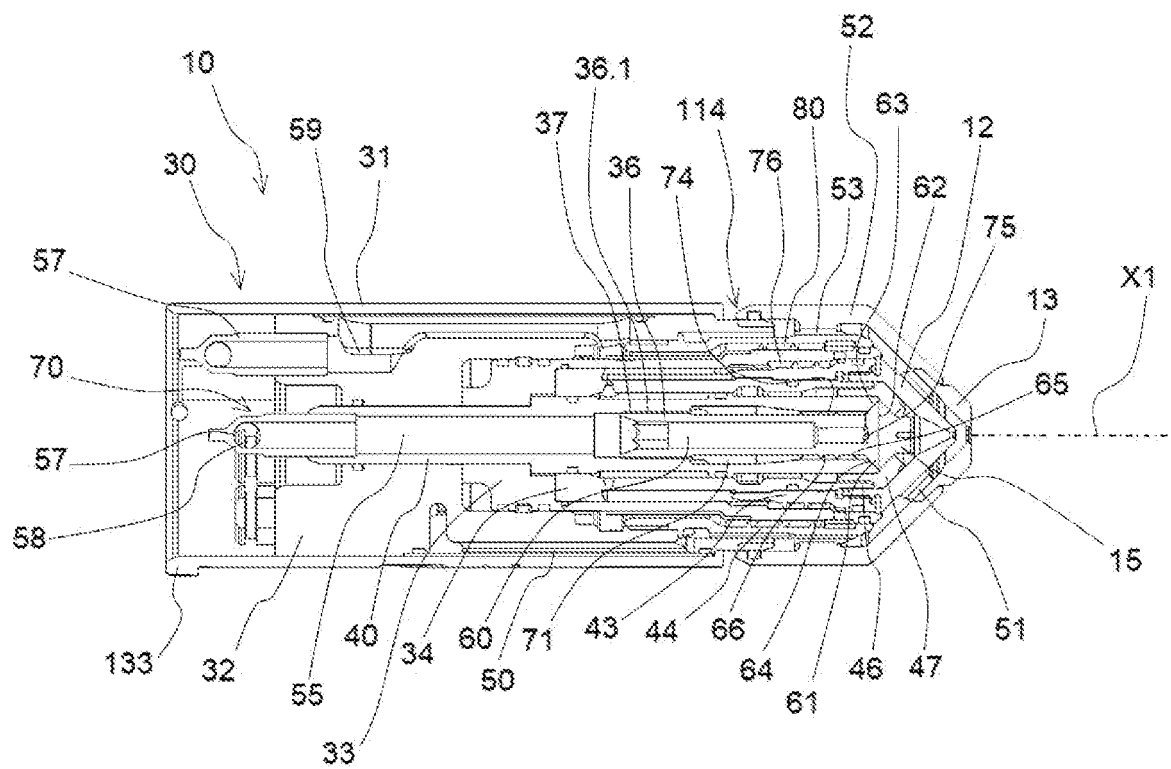
[Fig. 4]



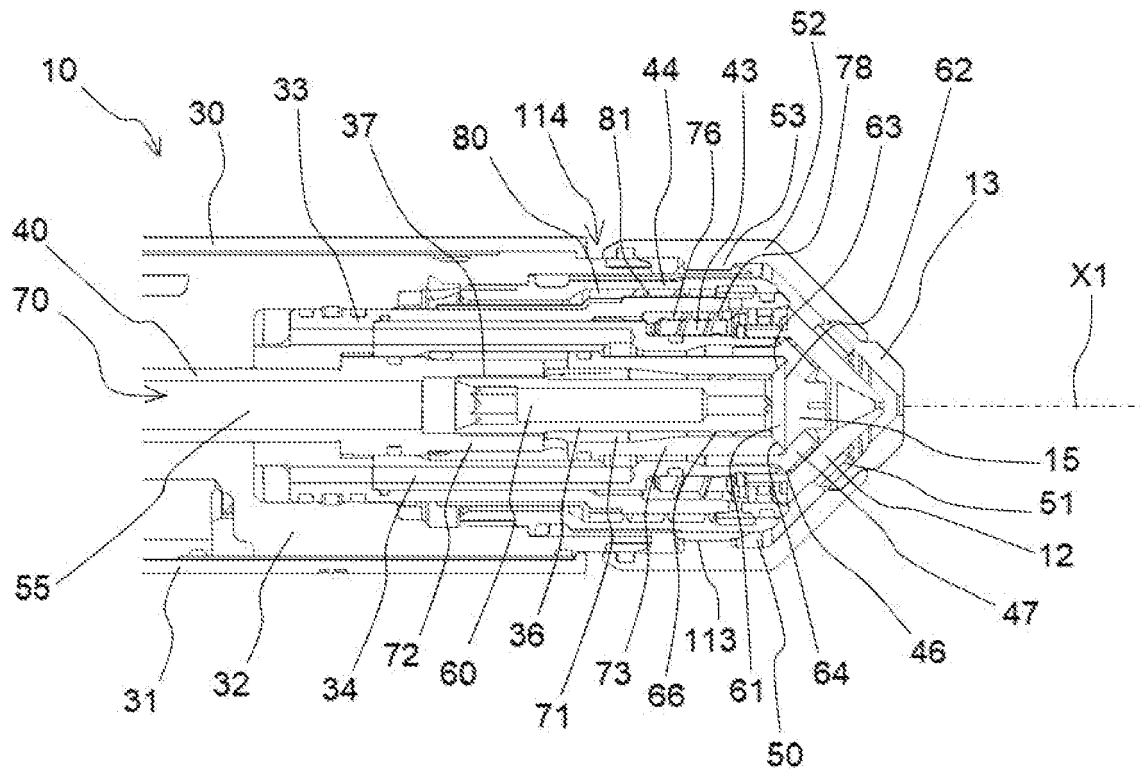
[Fig. 5]



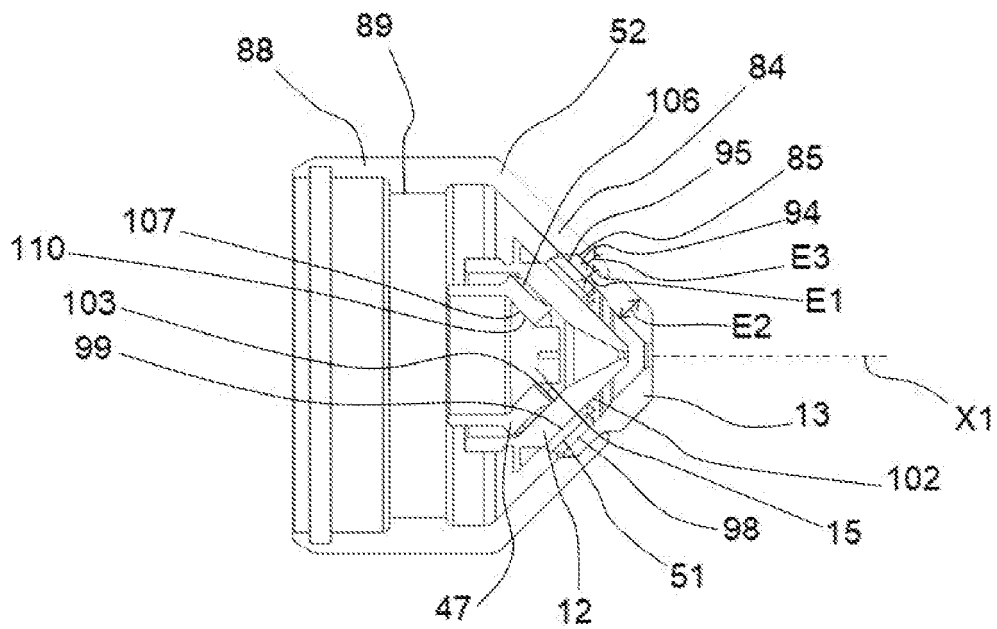
[Fig. 6]



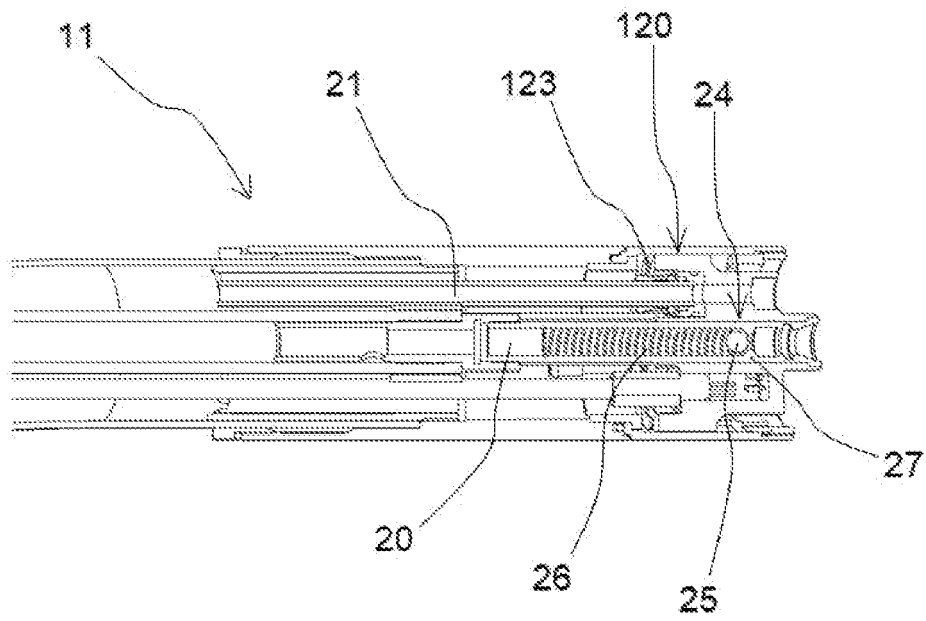
[Fig. 7]



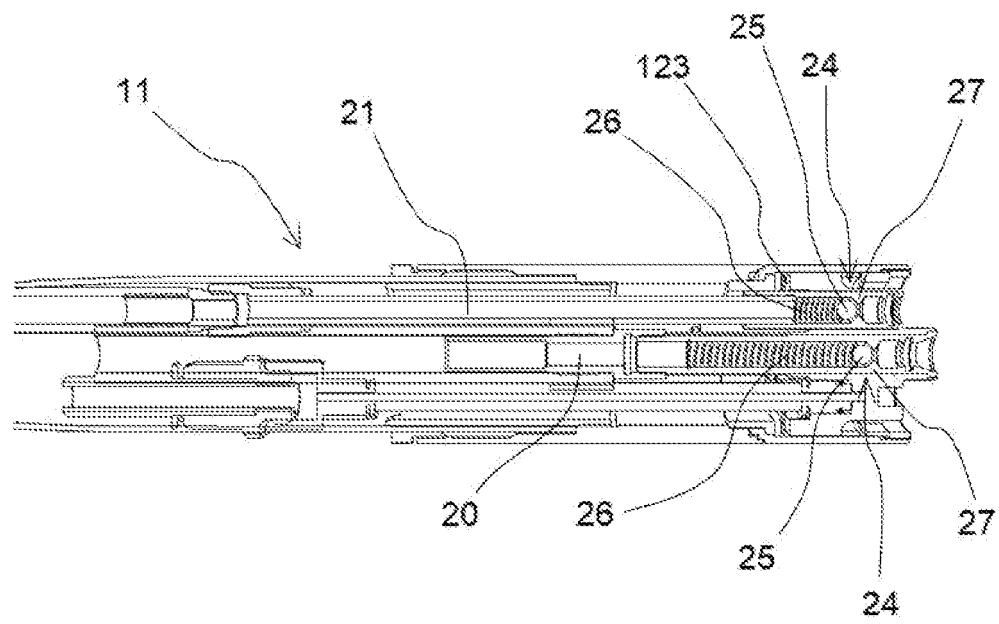
[Fig. 8]



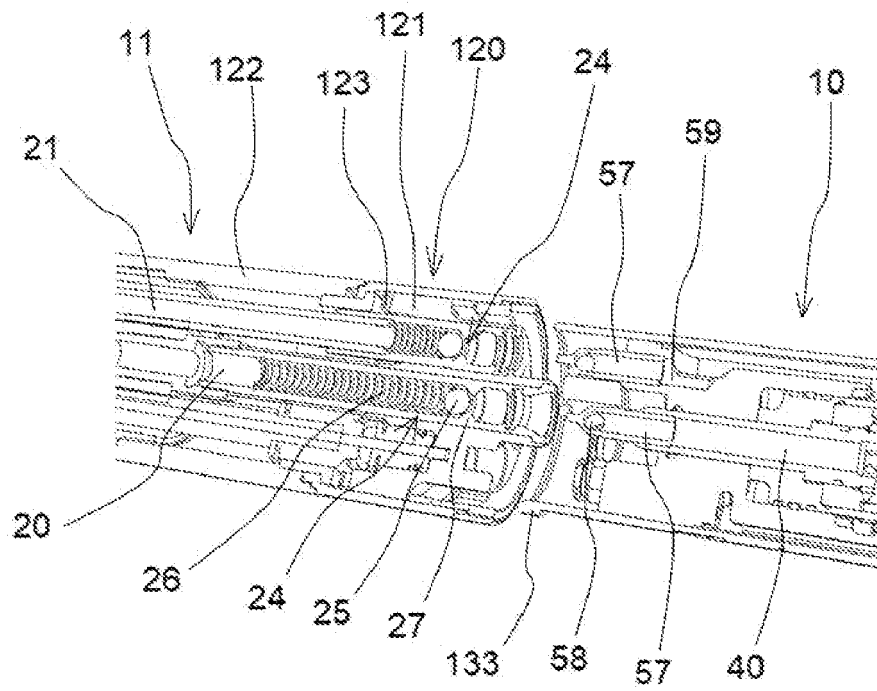
[Fig. 9a]



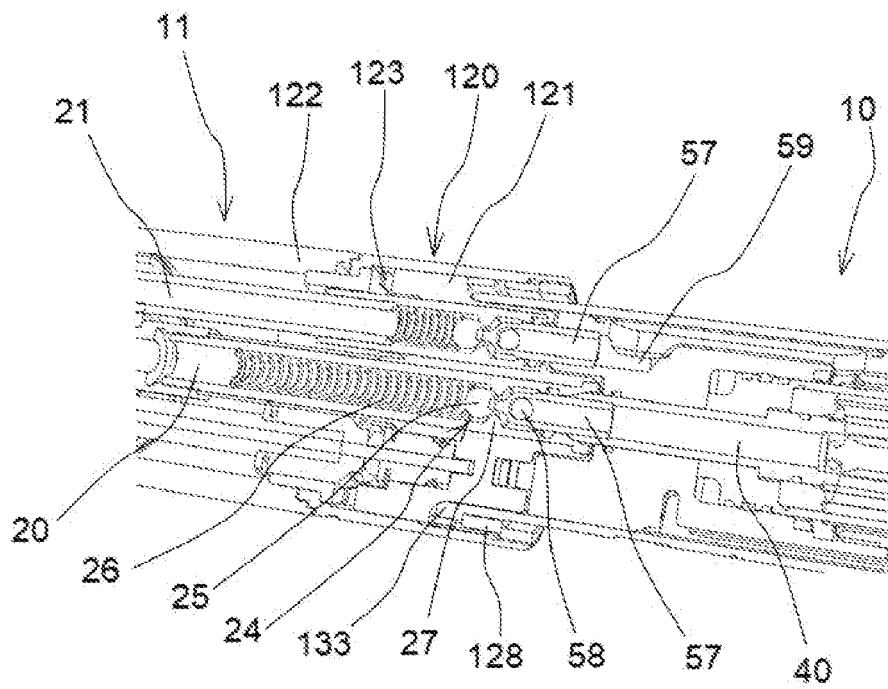
[Fig. 9b]



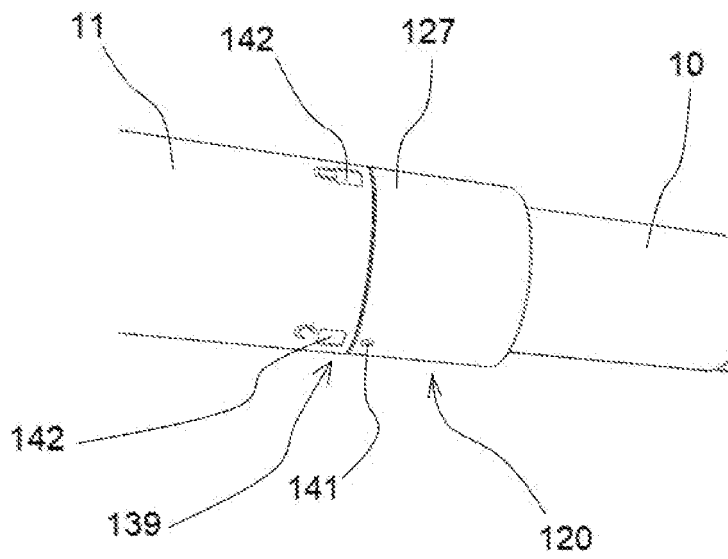
[Fig. 10a]



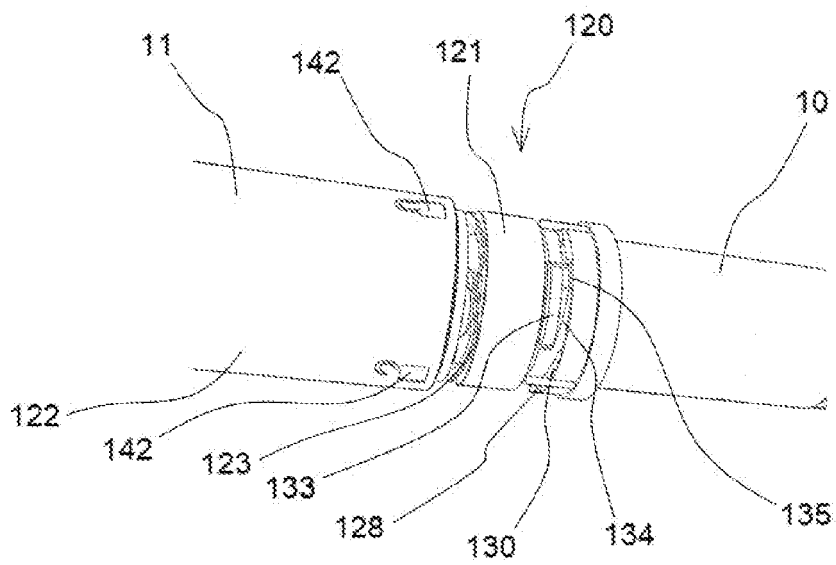
[Fig. 10b]



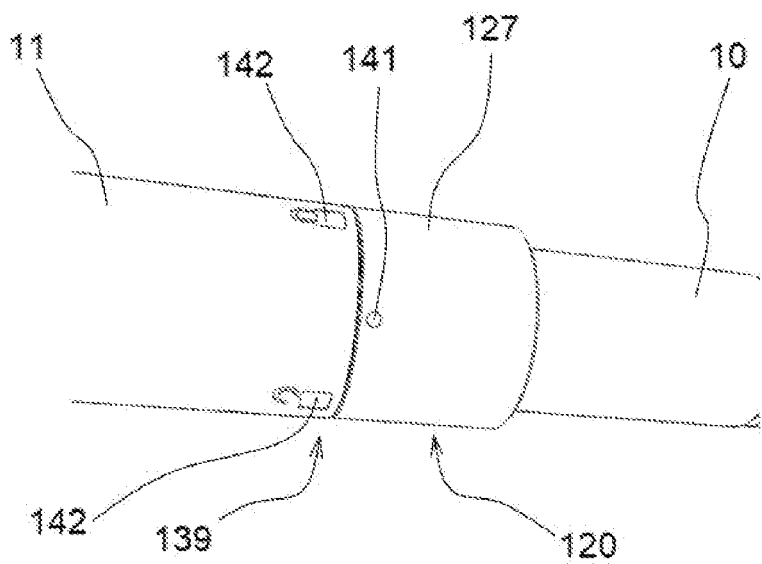
[Fig. 11a]



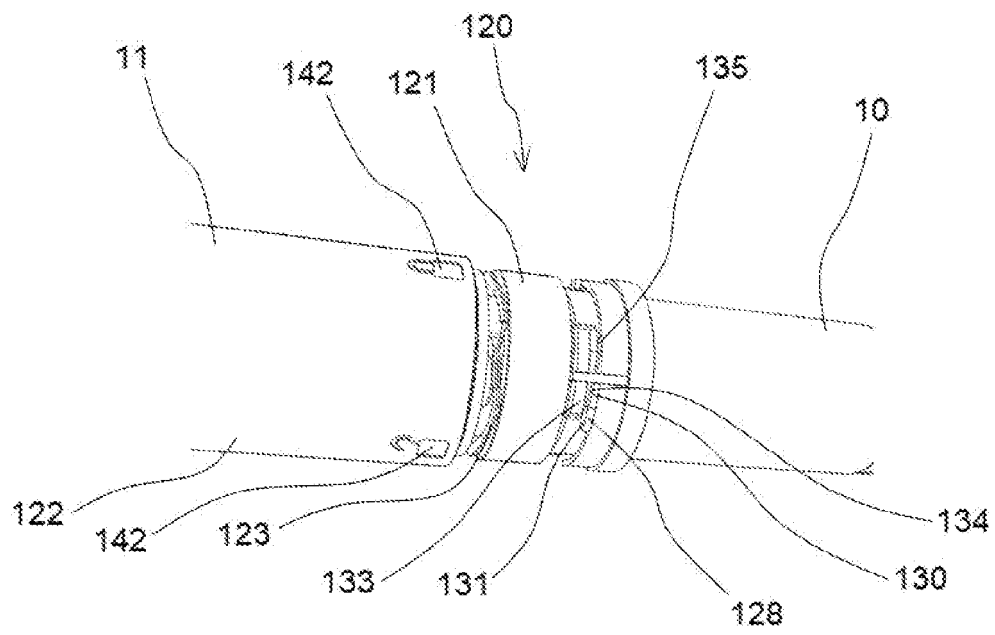
[Fig. 11b]



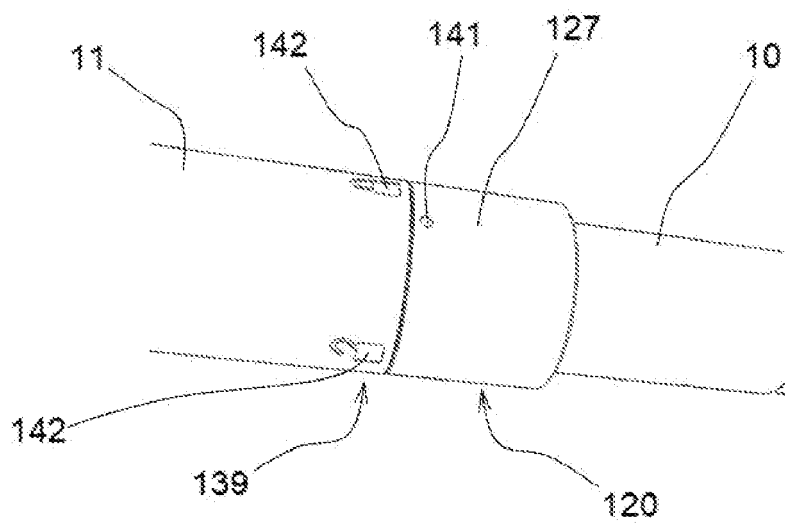
[Fig. 11c]



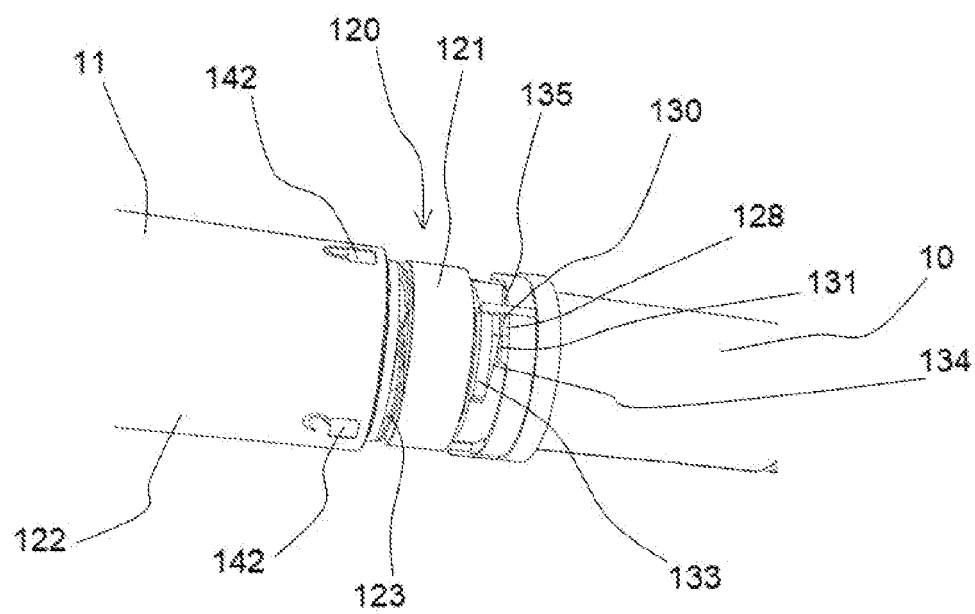
[Fig. 11d]



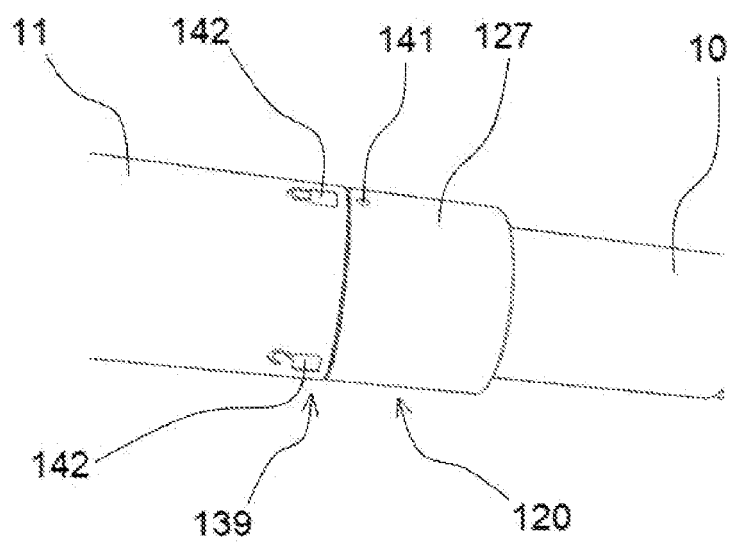
[Fig. 11e]



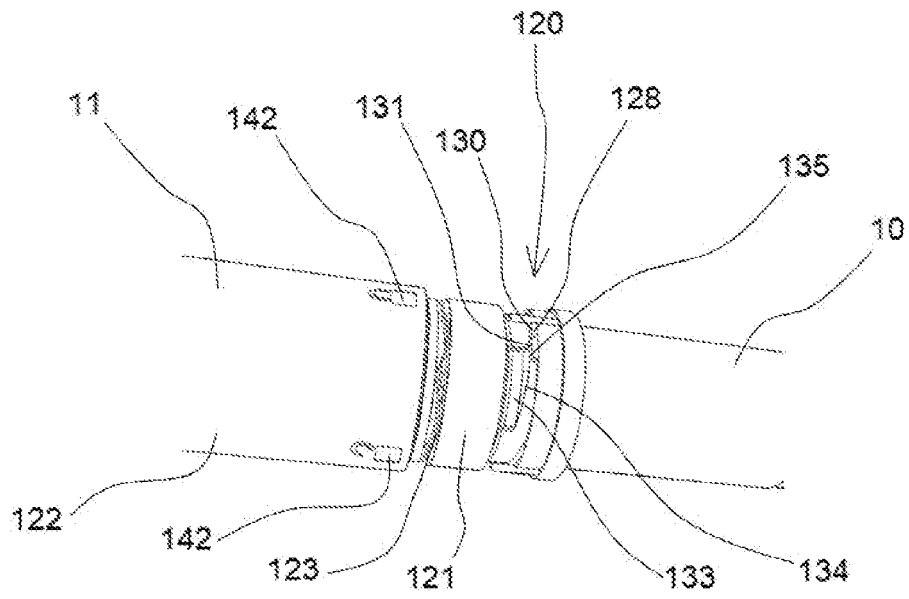
[Fig. 11f]



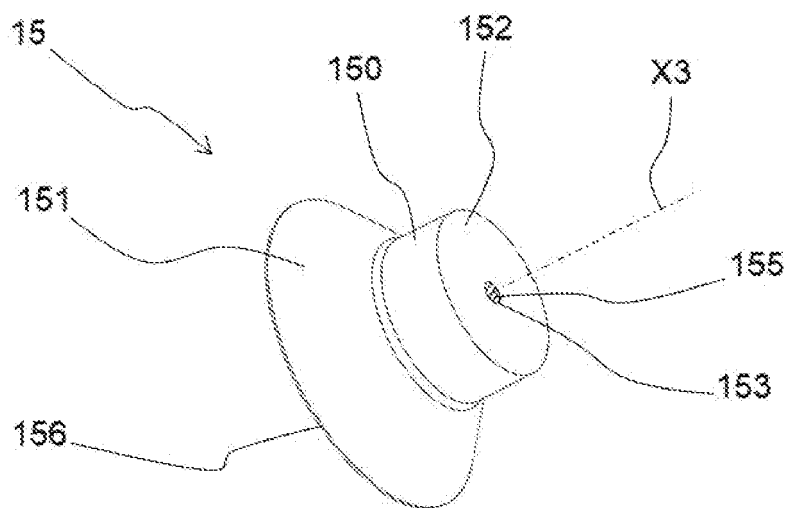
[Fig. 11g]



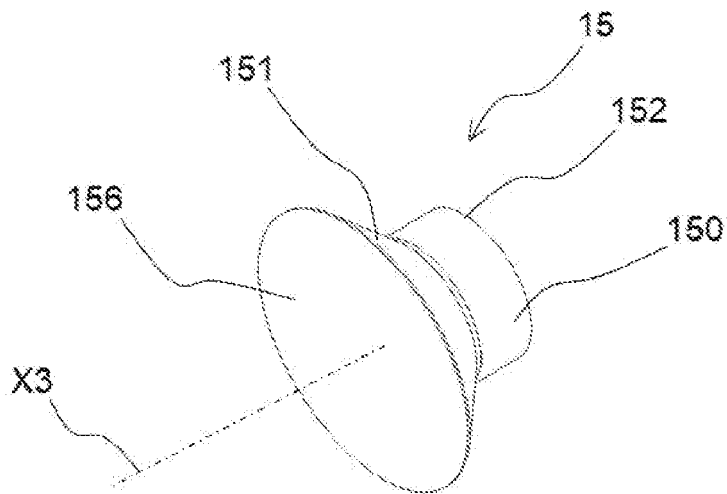
[Fig. 11h]



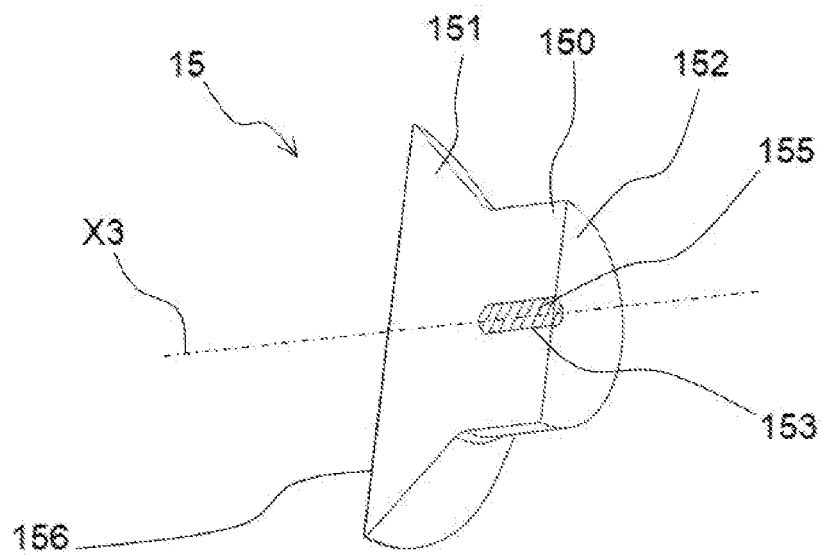
[Fig. 12a]



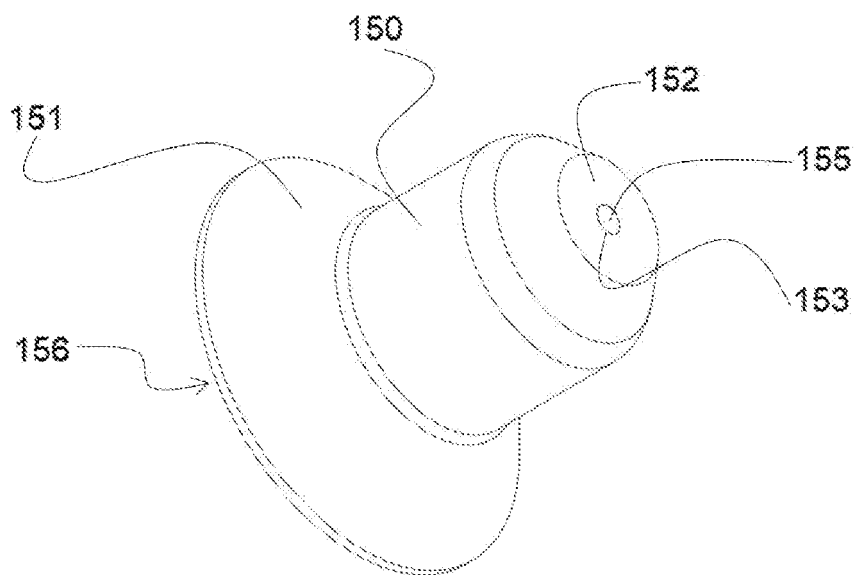
[Fig. 12b]



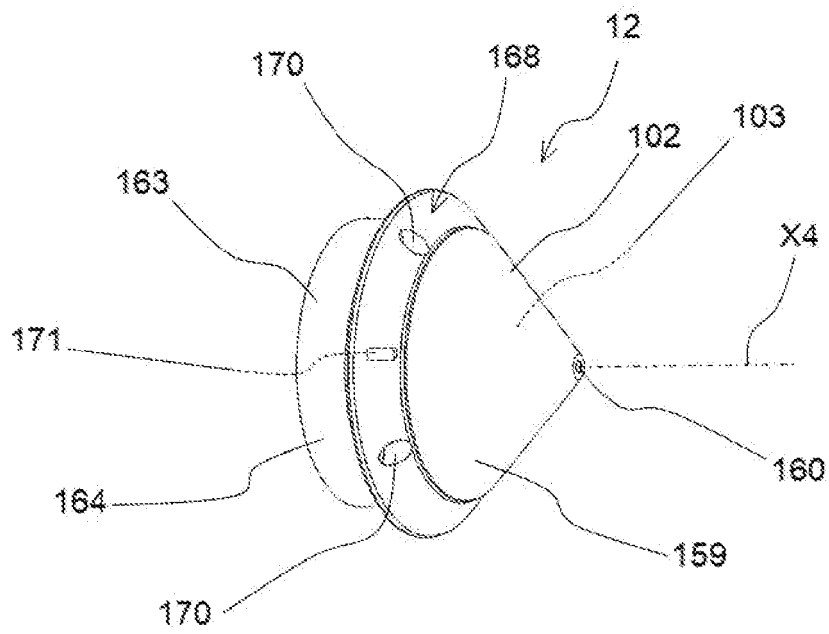
[Fig. 12c]



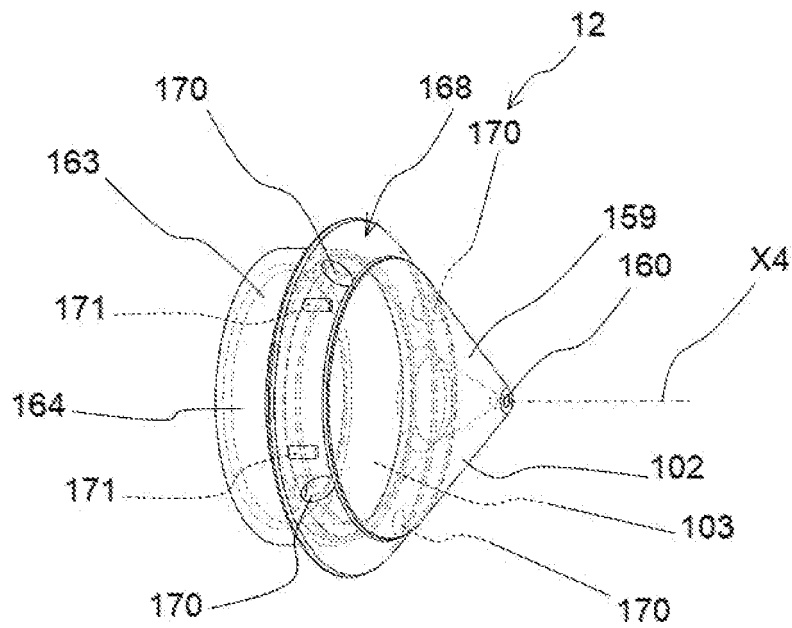
[Fig. 12d]



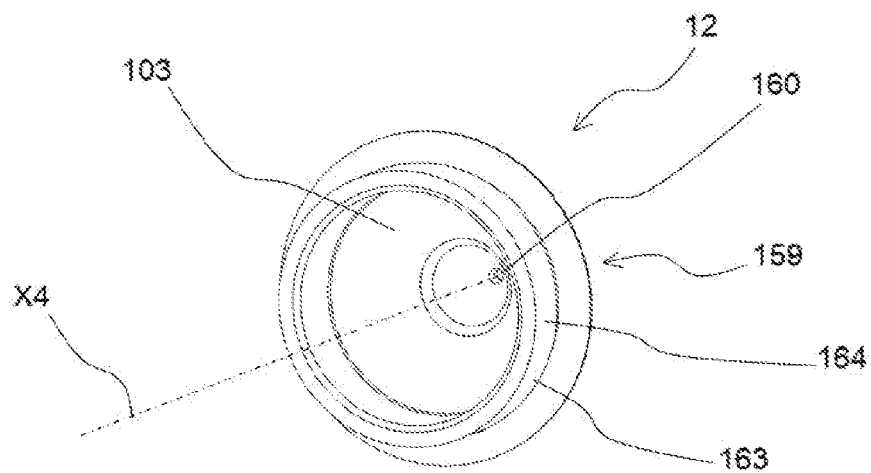
[Fig. 13a]



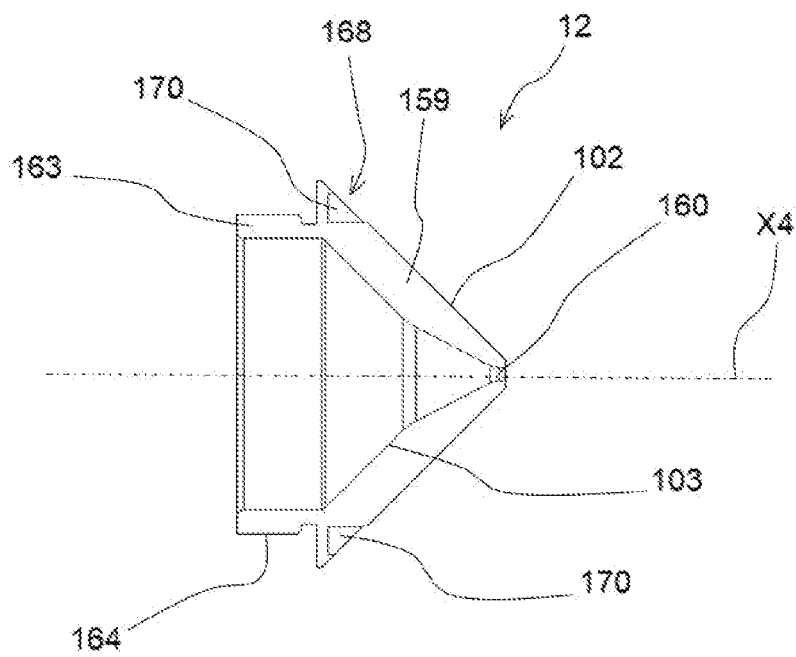
[Fig. 13b]



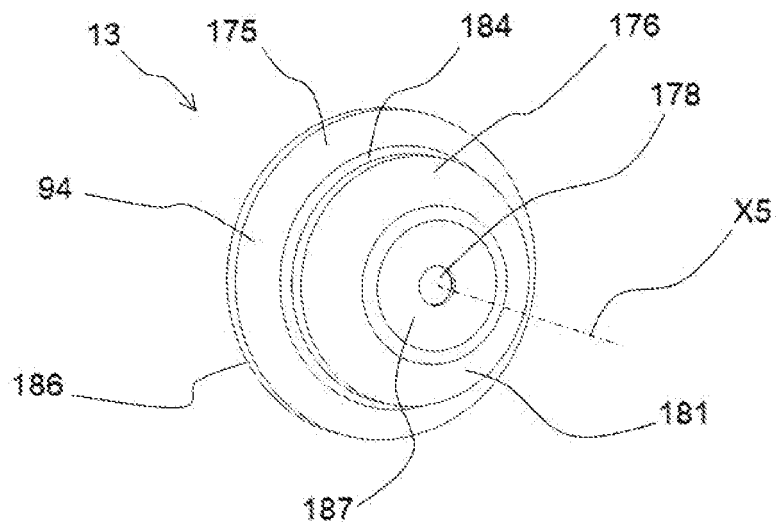
[Fig. 13c]



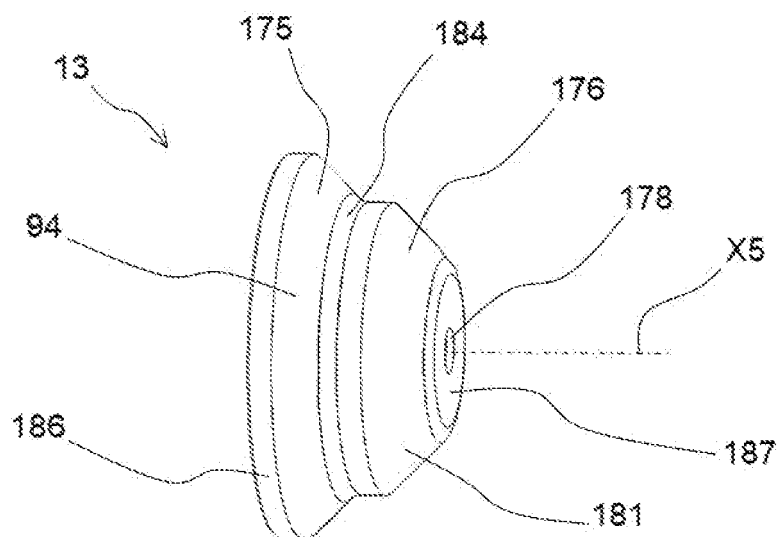
[Fig. 13d]



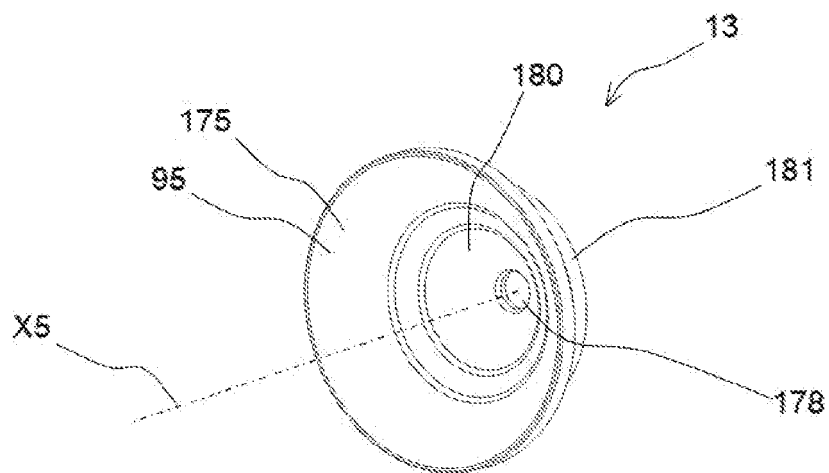
[Fig. 14a]



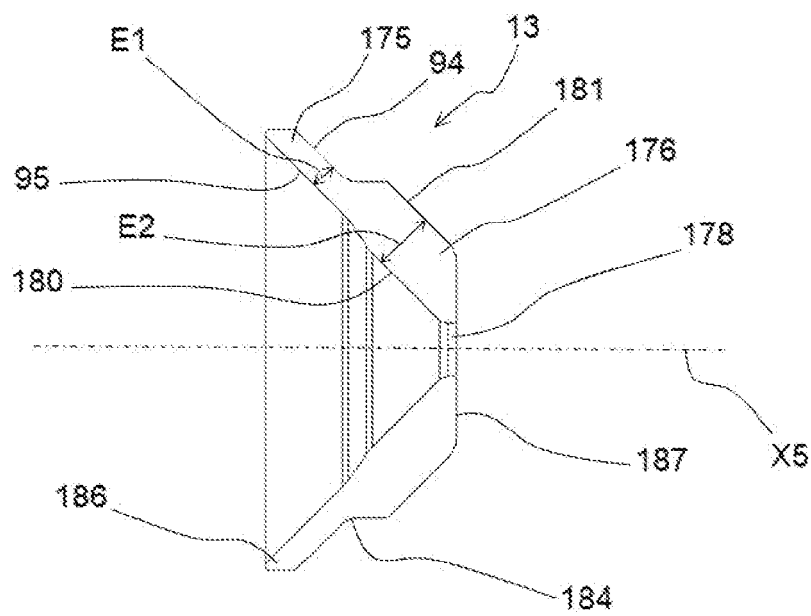
[Fig. 14b]



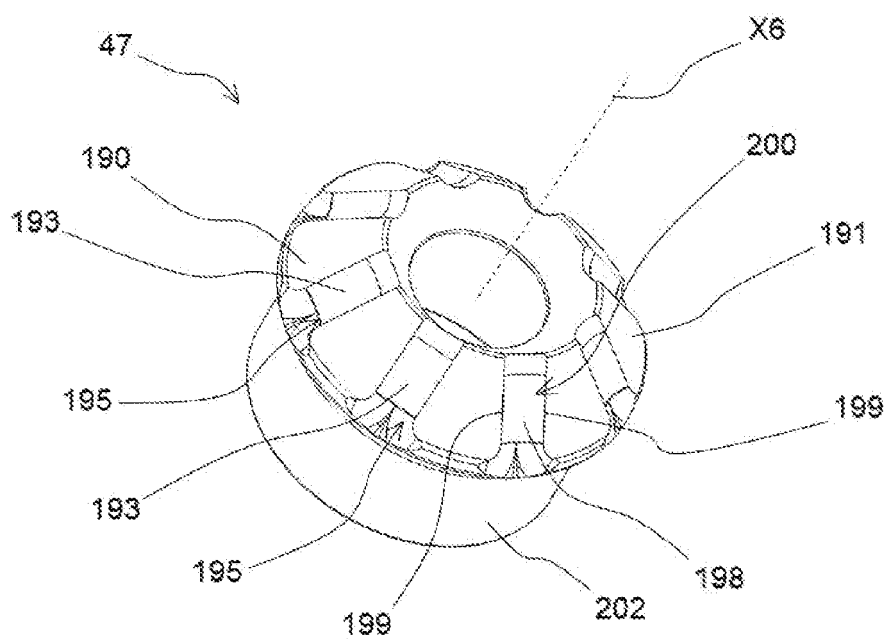
[Fig. 14c]



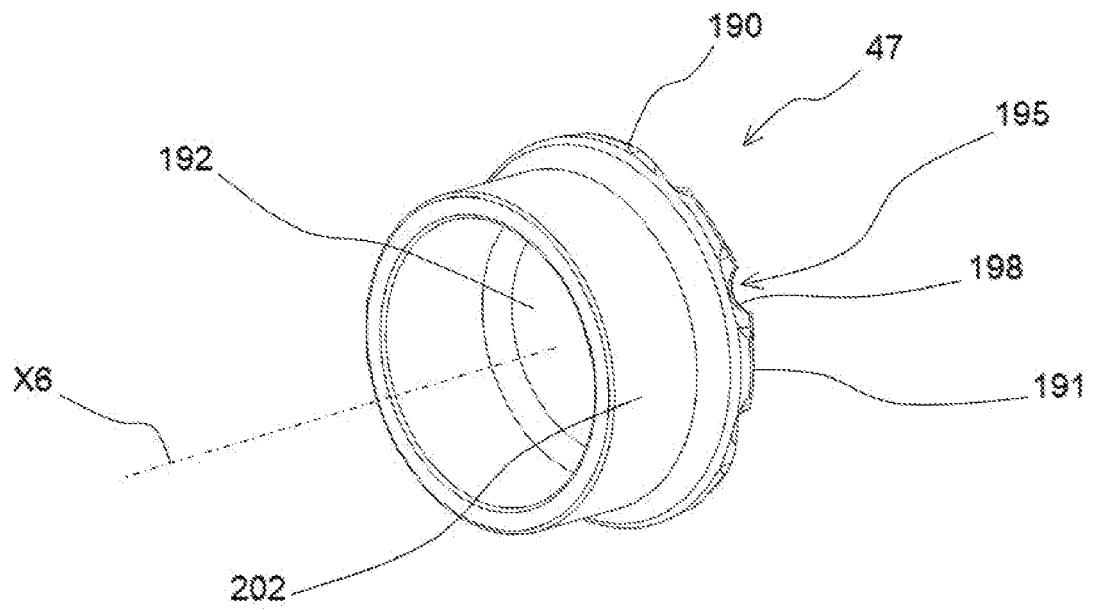
[Fig. 14d]



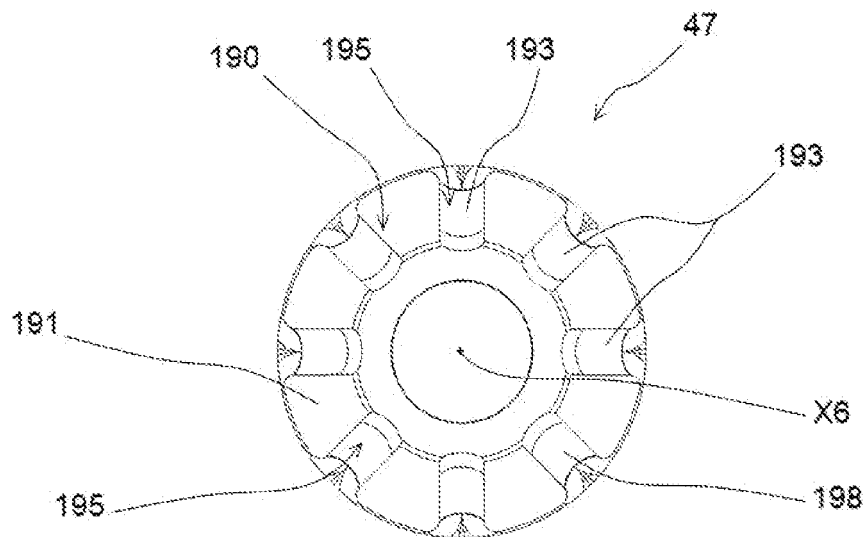
[Fig. 15a]



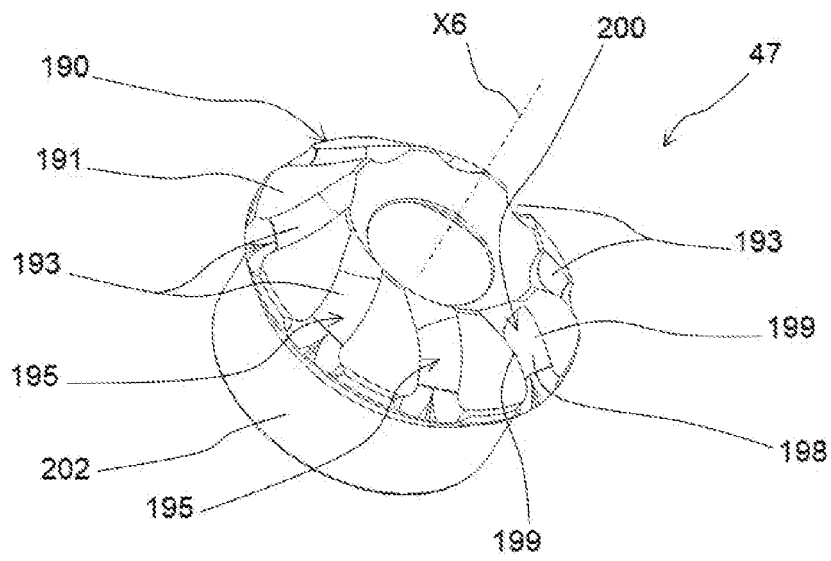
[Fig. 15b]



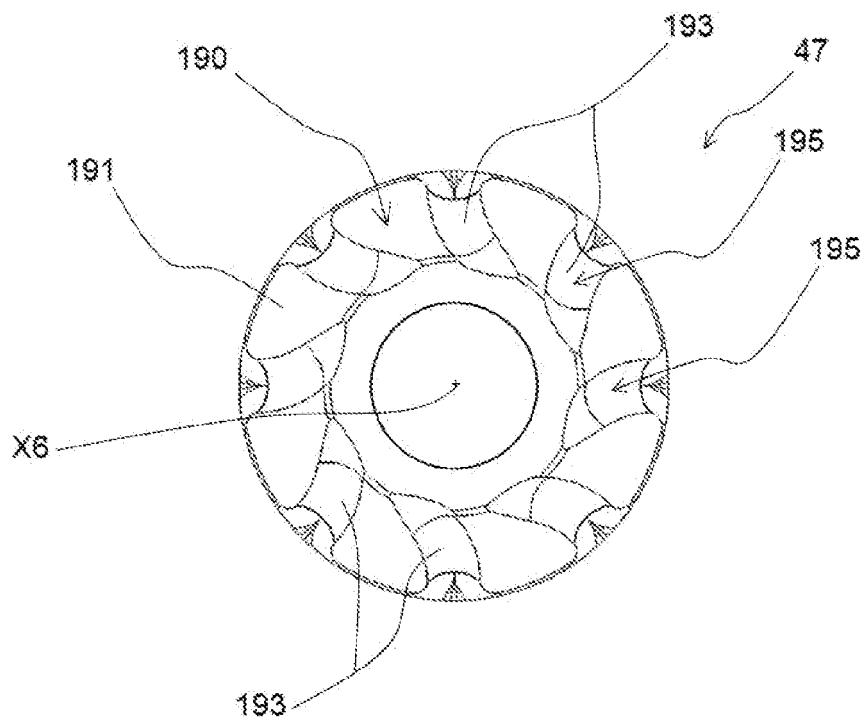
[Fig. 15c]



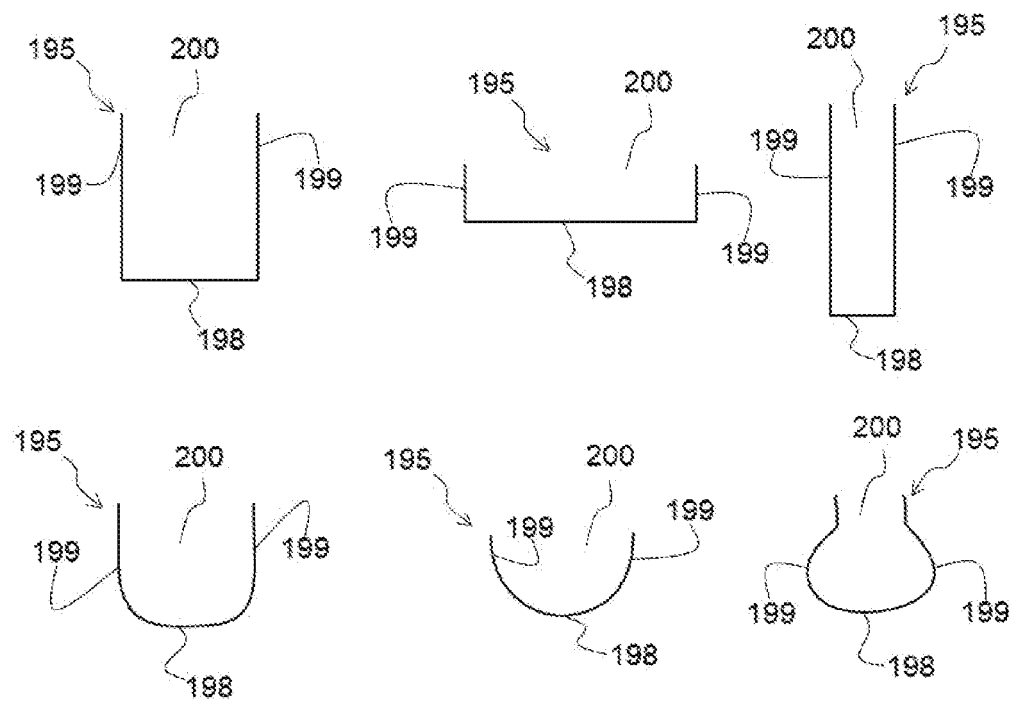
[Fig. 15d]



[Fig. 15e]



[Fig. 16]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 903764
FR 2200802

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 3 740 522 A (MUEHLBERGER E) 19 juin 1973 (1973-06-19) * figures 1, 5a * * colonne 3, ligne 7 - colonne 9, ligne 51 * -----	1, 3-6, 13	H05H1/28 H05H1/34
X	US 3 453 488 A (CANN GORDON L ET AL) 1 juillet 1969 (1969-07-01) * colonne 1, ligne 24 - colonne 4, ligne 15 * * figures 1, 2 * -----	1-5, 7-13	
A	CN 113 438 792 A (BEIJING JINGYI AUTOMATION EQUIPMENT CO LTD) 24 septembre 2021 (2021-09-24) * alinéa [0051]; figure 1 * -----	3, 9, 12	
A	US 2009/230096 A1 (HABERLER WOLFGANG [AT] ET AL) 17 septembre 2009 (2009-09-17) * figure 3A * * alinéa [0061] * -----	1-13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	WO 2013/169710 A1 (OERLIKON METCO US INC) 14 novembre 2013 (2013-11-14) * figures 1-4, 11 * -----	1-13	H05H
A	US 11 134 559 B2 (STEMPFFER FERDINAND [NO]; FALLA TOM ERIK [NO] ET AL.) 28 septembre 2021 (2021-09-28) * figure 3 * * colonne 10, ligne 64 - colonne 12, ligne 24 * -----	1-13	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
26 août 2022		Clemente, Gianluigi	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2200802 FA 903764**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
 Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **26-08-2022**
 Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 3740522	A	19-06-1973	AUCUN	
US 3453488	A	01-07-1969	AUCUN	
CN 113438792	A	24-09-2021	AUCUN	
US 2009230096	A1	17-09-2009	AT 502448 A1	15-03-2007
			CN 101258785 A	03-09-2008
			EP 1922909 A2	21-05-2008
			JP 2009507347 A	19-02-2009
			US 2009230096 A1	17-09-2009
			WO 2007028183 A2	15-03-2007
WO 2013169710	A1	14-11-2013	AU 2013259743 A1	13-11-2014
			CA 2867600 A1	14-11-2013
			EP 2848098 A1	18-03-2015
			JP 6205409 B2	27-09-2017
			JP 2015524021 A	20-08-2015
			US 2014167597 A1	19-06-2014
			WO 2013169710 A1	14-11-2013
US 11134559	B2	28-09-2021	EP 3648923 A1	13-05-2020
			US 2019014652 A1	10-01-2019
			WO 2019007808 A1	10-01-2019