

(19)



(11)

EP 4 288 634 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
05.03.2025 Bulletin 2025/10

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
E21B 7/15 ^(2006.01) **E21B 10/00** ^(2006.01)
E21C 37/18 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **22702475.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
E21B 7/15; E21B 10/00; E21C 37/18

(22) Date de dépôt: **31.01.2022**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2022/052229

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2022/167370 (11.08.2022 Gazette 2022/32)

(54) **TRÉPAN ET OUTIL DE FORAGE DE HAUTES PUISSANCES PULSÉES**

GEPULSTER HOCHLEISTUNGSBOHRMEISSEL UND BOHRWERKZEUG

PULSED HIGH-POWER DRILL BIT AND DRILLING TOOL

(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

(30) Priorité: **04.02.2021 FR 2101063**

(43) Date de publication de la demande:
13.12.2023 Bulletin 2023/50

(73) Titulaire: **I-Cube Research**
31100 Toulouse (FR)

(72) Inventeur: **AVRILLAUD, Gilles**
31120 PINSAGUEL (FR)

(74) Mandataire: **Argyma**
14 Boulevard de Strasbourg
31000 Toulouse (FR)

(56) Documents cités:
WO-A1-2017/033059 WO-A1-2020/092559
WO-A1-2020/098415 WO-A2-2011/031942
CN-A- 109 577 864 NO-A1- 20 140 460

EP 4 288 634 B1

Il est appelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine du forage et concerne plus particulièrement un outil de forage rotatif de hautes puissances pulsées.

Technique antérieure

[0002] Dans le domaine du forage, il est connu d'utiliser des outils de forage rotatif pour creuser la roche. Dans une solution connue, ce type d'outil comporte un trépan comportant des dents qui creuse la terre ou la roche par rotation. Un tel forage rotatif purement mécanique peut s'avérer particulièrement chronophage en particulier pour les roches dures.

[0003] Une autre solution connue consiste à utiliser un outil de hautes puissances pulsées qui déclenche des arcs électriques dans la roche à partir d'une électrode haute-tension et d'une électrode de masse soumises à une différence de potentiel élevé, par exemple de l'ordre de quelques dizaines de kilovolts à quelques centaines de kilovolts. Cependant, cette solution ne permet de briser la roche qu'au niveau du couple d'électrodes, ce qui peut rendre le procédé là encore relativement chronophage.

[0004] Le document CN 109577864A concerne un trépan pour outil de forage. Le trépan comprend un corps de trépan présentant une face de forage et une face de fixation du trépan à un ensemble de rotor de l'outil de forage. Le canal central et les trous de circulation de fluide sont utilisés pour la circulation du fluide de forage entre la face de fixation et la face de forage en débouchant au niveau d'une ouverture faciale centrale circulaire de la face de forage. Le trépan comprend une unique électrode haute-tension, disposée dans le canal traversant au centre l'ouverture faciale centrale, et une unique électrode de masse disposée autour de l'ouverture faciale centrale. La face de forage comprend une pluralité de dents de forage qui paraissent réparties uniformément sur une surface externe. Le document US 8172006 B2 concerne un outil de forage dont le trépan comporte des électrodes d'électro-broyage. Dans une forme de réalisation décrite à la figure 5 de ce document, le trépan comporte à la fois des dents et une électrode haute-tension entourée par une électrode de masse annulaire. Les impulsions électriques ne sont donc concentrées qu'au centre de la tête de l'outil, ce qui peut en limiter l'efficacité et présente donc un inconvénient. En outre, les électrodes peuvent être endommagées car elles sont directement exposées à la roche lors de la rotation du trépan. Dans une forme de réalisation décrite à la figure 6 de ce document, le trépan comporte des rangées de dents, une électrode haute-tension et une électrode déportée disposée à la place d'une rangée de dents. Cependant, avec cette configuration, les impulsions électriques ne sont concentrées que sur un côté de l'outil, ce

qui peut en limiter l'efficacité et présente donc là encore un inconvénient. En outre, les électrodes peuvent être endommagées car elles sont directement exposées à la roche lors de la rotation du trépan. Dans les formes de réalisation des figures 35 à 37 de cet art antérieur, l'outil est dépourvu de dents et n'est pas rotatif pour ne pas endommager les électrodes. Des électrodes haute-tension sont réparties au centre de la face avant du trépan et des électrodes de masse sont réparties autour des électrodes haute-tension, en périphérie de la face avant du trépan. Cette configuration présente l'inconvénient de nécessiter beaucoup d'énergie pour générer des impulsions entre chacune des électrodes haute-tension et une électrode de masse. Ensuite, le forage peut s'avérer chronophage avec un tel outil dans la mesure où il n'est qu'électrique et non mécanique rotatif. En outre, il n'est pas certain que les impulsions électriques soient générées efficacement, car cela dépend du caractère diélectrique du milieu entre les électrodes haute-tension et les électrodes de masse.

[0005] Il existe donc un besoin d'une solution simple et efficace permettant de remédier au moins en partie à ces inconvénients.

Exposé de l'invention

[0006] A cette fin, l'invention concerne tout d'abord un trépan pour outil de forage, ledit trépan comprenant un corps de trépan présentant une face de forage et une face de fixation du trépan à un ensemble de rotor de l'outil de forage, ledit corps de trépan délimitant un canal traversant de passage du flux de fluide reliant la face de fixation à la face de forage en débouchant au niveau d'une ouverture faciale centrale circulaire de la face de forage, la face de forage comprenant une surface externe reliant l'ouverture faciale centrale à la face de fixation et de laquelle s'étend une pluralité d'organes de forage répartis uniformément sur ladite surface externe, chaque organe de forage comprenant une ailette, s'étendant radialement depuis la surface externe depuis la face de fixation jusqu'à l'ouverture faciale centrale, et une pluralité de dents de forage s'étendant depuis ladite ailette en étant disposées côte-à-côte entre une première dent de forage située au niveau de l'extrémité de la face de forage et une dernière dent de forage située du côté de la face de fixation, et comportant chacune une embase et un élément de coupe disposé à l'extrémité de ladite embase, le trépan comprenant une électrode haute-tension disposée dans le canal traversant, au centre de l'ouverture faciale centrale en retrait de la première dent de forage de chaque organe de forage, chaque organe de forage comprenant une électrode de masse placée à l'extrémité de l'aillette, au niveau de ladite électrode haute-tension, de sorte à s'étendre au moins en partie au droit de l'ouverture faciale centrale en retrait de la première dent de forage dudit organe de forage.

[0007] Chaque couple d'électrodes formé par l'électrode haute-tension et une électrode de masse est confi-

guré pour déclencher un arc électrique lorsque ledit couple reçoit une tension délivrée à ses bornes par le générateur d'impulsions hautes-puissances. Ainsi, en traversant le corps de trépan pour déboucher au niveau de l'ouverture faciale centrale, le canal traversant permet d'acheminer le flux de fluide à travers le trépan de manière à ce que le fluide circule en continu autour de l'électrode haute-tension, formant ainsi un écran de fluide ayant une fonction d'élément diélectrique permettant à l'arc électrique de se former entre l'électrode haute-tension et l'une des électrodes de masse. Lorsque l'ensemble du rotor est entraîné en rotation par la turbine, le trépan tourne sur lui-même afin de creuser mécaniquement la roche à l'aide des dents. Ce faisant, les électrodes de masse présentent une vitesse tangentielle supérieure à la vitesse tangentielle de l'électrode haute-tension, qui est proche de zéro étant donné que l'électrode haute-tension est située au centre de la face avant du corps de trépan. Ainsi, lorsqu'une tension est appliquée entre l'électrode haute-tension et les électrodes de masse, un arc électrique est généré entre l'électrode haute-tension et l'une des électrodes de masse et au travers de la roche alors que le trépan est en rotation. Un tel agencement et un tel fonctionnement permettent au trépan en rotation d'être au plus près de la zone fragilisée par la fragmentation électrique tout en protégeant l'électrode haute-tension et les électrodes de masse des frottements directs sur la roche. Le fluide circulant entre l'électrode haute-tension et les électrodes de masse présente une double fonction : une fonction d'élément diélectrique car, entre le fluide et la roche, l'arc électrique va privilégier le passage dans la roche et ainsi la fracturer et une fonction de boue de forage car la circulation du fluide permet d'évacuer les débris de roche, en le convoyant à la surface. En outre, le flux de fluide permet de nettoyer la zone inter-électrodes.

[0008] Selon un aspect de l'invention, les organes de forage sont répartis de manière uniforme sur la surface externe autour du corps de trépan afin d'améliorer l'efficacité du forage, notamment mécanique, tout en permettant l'écoulement des boues de forages entre les organes de forage.

[0009] De manière préférée, le corps de trépan comprend au moins trois organes de forage, de préférence quatre, cinq ou six organes de forage pour améliorer l'efficacité du forage tout en permettant l'écoulement des boues de forages entre les organes de forage.

[0010] Selon une caractéristique de l'invention, les ailettes sont issues de matière de la surface externe du corps de trépan afin d'améliorer la solidité du trépan et donc l'efficacité du forage.

[0011] Selon une autre caractéristique de l'invention, les embases de dents d'un organe de forage sont issues de matière de l'ailette dudit organe de forage afin d'améliorer la solidité du trépan et donc l'efficacité du forage.

[0012] De préférence, les ailettes s'étendent sur la surface externe de manière incurvée dans le sens opposé à la rotation du trépan de forage dans un but

d'efficacité du forage.

[0013] De préférence encore, chaque organe de forage comprend au moins trois dents de forage, de préférence quatre, cinq ou six dents de forage afin d'améliorer l'efficacité du forage.

[0014] Selon une caractéristique de l'invention, l'embase est de forme sensiblement cylindrique en s'étendant dans une direction orthogonale à l'axe de rotation du trépan afin de rendre les dents solides et améliorer ainsi l'efficacité du forage et la durée de vie de l'outil.

[0015] Avantageusement, les éléments de coupe sont réalisés en un matériau de forage dur et abrasif, par exemple à partir de particules de diamant polycristallin liées entre elles, notamment du type « compact en diamant polycristallin » (PDC).

[0016] De manière préférée, les électrodes de masse étant identiques, l'électrode haute-tension et les électrodes de masse présentent chacune au moins en partie une forme sphérique afin de ralentir l'érosion des électrodes. En variante, les électrodes pourraient présenter une forme pointue, par exemple conique, ou toute autre forme adaptée.

[0017] Dans une forme de réalisation, les électrodes présentant chacune au moins en partie une forme sphérique, le diamètre de l'électrode haute-tension est au moins égal au double du diamètre de chaque électrode de masse afin de permettre la formation d'un arc électrique entre l'électrode haute-tension et n'importe laquelle des électrodes de masse.

[0018] Selon un aspect de l'invention, l'électrode haute-tension et les six électrodes de masse sont réalisées en un matériau électriquement conducteur, par exemple du métal tel que, de préférence, de l'acier.

[0019] L'invention concerne également un outil de forage rotatif de hautes puissances pulsées, ledit outil de forage comportant un ensemble de stator et un ensemble de rotor, ledit ensemble de stator comprenant un corps cylindrique creux comportant une extrémité de fixation adaptée pour être reliée à une tige de forage et une extrémité libre, ledit ensemble de rotor comprenant une turbine, montée à l'intérieur du corps au niveau de l'extrémité de fixation et configurée pour être entraînée par un flux de fluide fourni par la tige de forage afin d'entraîner ledit ensemble de rotor en rotation, un générateur d'impulsions hautes-puissances monté à l'intérieur du corps et relié solidement à la turbine et un trépan tel que présenté précédemment s'étendant en dehors du corps cylindrique au niveau de l'extrémité libre de l'ensemble de stator.

[0020] Dans une forme de réalisation, l'outil de forage comprend en outre un générateur d'électricité configuré pour convertir l'énergie mécanique de la turbine en rotation en énergie électrique afin d'alimenter le générateur d'impulsions hautes-puissances.

[0021] De préférence, le générateur est monté à l'intérieur de l'ensemble de stator.

[0022] De manière avantageuse, l'outil de forage comprend en outre un moteur de forage monté à l'inté-

rieur du corps, relié solidairement au générateur d'impulsions hautes-puissances et configuré pour être entraîné par le flux de fluide ayant traversé la turbine.

[0023] Avantageusement encore, l'outil de forage comprend en outre un dispositif de direction relié solidairement au trépan et se présentant sous la forme d'un tube articulé configuré pour recevoir la puissance fournie par la turbine ou la puissance augmentée fournie par le moteur de forage et transmettre ladite puissance au trépan, pour orienter le trépan dans une direction donnée et pour transférer le flux de fluide provenant de la turbine vers le trépan.

Brève description des dessins

[0024] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront encore à la lecture de la description qui va suivre. Celle-ci est purement illustrative et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels :

[Fig.1] La [Fig.1] est une vue de côté partielle en transparence d'une forme de réalisation d'un outil de forage selon l'invention.

[Fig.2] La [Fig.2] est une vue de côté partielle en perspective du trépan et du dispositif de direction de l'outil de la [Fig.1] .

[Fig.3] La [Fig.3] est une vue de face du trépan de l'outil de la [Fig.1] .

[Fig.4] La [Fig.4] est une vue de côté partielle en perspective du trépan de l'outil de la [Fig.1] , montrant notamment certaines des dents.

Description des modes de réalisation

[0025] On a représenté sur les figures un exemple d'outil de forage 1 selon l'invention. L'outil de forage 1 est rotatif et de hautes puissances pulsées.

l) Outil de forage 1

[0026] En référence à la [Fig.1], l'outil de forage 1 comprend un ensemble de stator 10 et un ensemble de rotor 20.

1) Ensemble de stator 10

[0027] L'ensemble de stator 10 comprend un corps 110 cylindrique creux comportant une extrémité de fixation 110A, adaptée pour être reliée à une tige de forage 2, et une extrémité libre 110B.

2) Ensemble de rotor 20

[0028] L'ensemble de rotor 20 comprend une turbine 210, un générateur d'impulsions hautes-puissances 220 et un trépan 230. Dans cet exemple préféré mais non limitatif, l'outil de forage 1 comprend en outre un générateur d'électricité 240, un moteur de forage 250 et un

dispositif de direction 260.

a) Turbine 210

[0029] La turbine 210 est montée à l'intérieur du corps 110 de l'ensemble de stator 10 au niveau de l'extrémité de fixation 110A et est configurée pour être entraînée par un flux de fluide fourni par la tige de forage 2 afin d'entraîner ledit ensemble de rotor 20 en rotation.

b) Générateur d'électricité 240

[0030] Le générateur d'électricité 240 est configuré pour convertir l'énergie mécanique de la turbine 210 en rotation en énergie électrique.

c) Générateur d'impulsions hautes-puissances 220

[0031] Le générateur d'impulsions hautes-puissances 220 est monté à l'intérieur du corps 110 de l'ensemble de stator 10 et est relié solidairement à la turbine 210.

d) Moteur de forage 250

[0032] Le moteur de forage 250 est de type « moteur à boue » (« mud motor » en langue anglaise). Le moteur de forage 250 est monté à l'intérieur du corps 110 de l'ensemble de stator 10 en étant relié solidairement au générateur d'impulsions hautes-puissances 220 et est configuré pour être entraîné par le flux de fluide ayant traversé la turbine 210 afin d'augmenter le couple généré par la turbine 210 et le fournir au trépan 230 via le dispositif de direction 260.

e) Dispositif de direction 260

[0033] Le dispositif de direction 260 est relié solidairement d'une part au moteur de forage 250 et d'autre part au trépan 230.

[0034] Le dispositif de direction 260 se présente sous la forme d'un tube articulé configuré à la fois pour recevoir la puissance augmentée fournie par le moteur de forage 250 et transmettre ladite puissance augmentée au trépan 230, pour orienter le trépan 230 dans une direction donnée et pour transférer le flux de fluide provenant de la turbine 210 via le moteur de forage 250 vers le trépan 230.

f) Trépan 230

[0035] En référence à la [Fig.2], le trépan 230 est relié au dispositif de direction 260 via une portion de connexion tubulaire 270 de sorte à s'étendre en dehors du corps 110 cylindrique creux de l'ensemble de stator 10 par l'extrémité libre 110B. Le trépan 230 est rotatif autour d'un axe de rotation X.

[0036] Le trépan 230 comprend un corps de trépan 231 présentant une face de forage 231A et une face de

fixation 231B ([Fig.2]). La face de forage 231A est destinée à venir en contact avec la roche afin de la broyer. La face de fixation 231B est configurée pour fixer le trépan 230 à la portion de connexion tubulaire 270 de sorte que le corps de trépan 231 et la portion de connexion tubulaire 270 soient reliés de manière coaxiale.

[0037] Le corps de trépan 231 délimite un canal traversant 231C de passage du flux de fluide reliant la face de fixation 231B, au niveau de la connexion à la portion de connexion tubulaire 270, à la face de forage 231A en débouchant au niveau d'une ouverture faciale centrale 231A1 circulaire de la face de forage 231A ([Fig.3]) pour permettre au flux de fluide de circuler du trépan 230 vers la roche afin notamment d'évacuer les débris rocheux.

[0038] En référence aux figures 3 et 4, le trépan 230 comprend une électrode haute-tension 232C disposée au centre de l'ouverture faciale centrale 231A1 et présentant une forme de demi-sphère dont l'axe est confondu avec l'axe de rotation X. L'axe de rotation X passe par le centre de l'ouverture faciale centrale 231A1 et le centre de l'électrode haute-tension 232C.

[0039] Le corps de trépan 231 comprend une surface externe 232 s'étendant de l'ouverture faciale centrale 231A1 à la face de fixation 231B et de laquelle s'étend une pluralité d'organes de forage (ou de coupe) 233 adaptés pour briser la roche.

[0040] Les organes de forage 233 sont de préférence issus de matière du corps de trépan 231 et sont répartis de manière uniforme sur la surface externe 232, autour du corps de trépan 231. Dans l'exemple illustré, qui n'est aucunement limitatif, le trépan 230 comprend six organes de forage 233.

[0041] Chaque organe de forage 233 comprend une ailette 233A issue de matière de la surface externe 232 en s'étendant radialement de manière incurvée dans le sens opposé à la rotation du trépan 230 de forage dans un but d'efficacité du forage.

[0042] Chaque ailette 233A comprend une extrémité distale s'étendant en partie dans l'ouverture faciale centrale 231A1 et une extrémité proximale située au niveau de la jonction entre la surface externe 232 et la face de fixation 231B ([Fig.2]). Chaque couple d'ailettes 233A adjacentes délimite une rainure 234 permettant notamment l'évacuation des boues de forage.

[0043] Des dents de forage 233B sont issues de matière de l'ailette 233A en étant réparties côte-à-côte le long de l'ailette 233A depuis l'extrémité distale en direction de l'extrémité proximale. Dans l'exemple des figures, notamment à la [Fig.4], chaque organe de forage 230 comprend cinq dents de forage 233B.

[0044] Comme illustré sur les figures 2 à 4, chaque dent de forage 233B s'étend depuis l'ailette 233A dans une direction orthogonale à l'axe de rotation X du trépan 230 de sorte à creuser la roche efficacement. Comme illustré sur la [Fig.2], l'ensemble comprenant chaque première dent de forage de chaque organe de forage 233 constitue l'extrémité du corps de trépan 231 venant en premier lieu en contact avec la roche.

[0045] L'électrode haute-tension 232C est disposée en retrait des premières dents de forage 233B de chaque organe de forage 233, c'est-à-dire en retrait dans le canal traversant 231C de passage de fluide, afin de la protéger des frottements de la roche lors de la rotation du trépan 230.

[0046] En référence aux figures 3 et 4, chaque dent de forage 233B comporte une embase 233B1 et un élément de coupe 233B2. L'embase 233B1 est issue de matière de l'ailette 233A et est de forme sensiblement cylindrique en s'étendant dans une direction orthogonale à l'axe de rotation X du trépan 230. L'élément de coupe 233B2 est disposé à l'extrémité de l'embase 233B1 dans le sens de rotation du trépan 230 afin de forer la roche par rotation de l'ensemble de rotor 20. L'élément de coupe 233B2 est réalisé en un matériau de forage dur et abrasif, par exemple à partir de particules de diamant polycristallin liées entre elles, notamment du type « compact en diamant polycristallin » (PDC). Les éléments de coupe 233B2 peuvent être fabriqués séparément du corps de trépan 231 puis fixés sur les embases 233B1 grâce à un matériau de liaison tel qu'un alliage de brasage.

[0047] Chaque organe de forage 233 comprend une électrode de masse 233C placée à l'extrémité de l'ailette 233A, au niveau de l'électrode haute-tension 232C, de sorte à s'étendre au moins en partie au droit de l'ouverture faciale centrale 231A1. De même que l'électrode haute-tension 232C, chaque électrode de masse 233C est disposée en retrait des premières dents de forage 233B des organes de forage 233, c'est-à-dire en retrait dans le canal traversant 231C de passage de fluide, afin de la protéger des frottements de la roche lors de la rotation du trépan 230. Avantageusement, chaque électrode de masse 233C présente une forme de demi-sphère dont l'axe peut être légèrement incliné en direction de l'électrode haute-tension 232C, par exemple entre 0 et 30°, afin d'améliorer la formation d'arc électrique entre l'électrode haute-tension 232C et ladite électrode de masse 233C.

[0048] L'électrode haute-tension 232C et les électrodes de masse 233C sont réalisées en un matériau électriquement conducteur, par exemple du métal tel que, de préférence, de l'acier.

[0049] Chaque couple d'électrodes formé par l'électrode haute-tension 232C et une électrode de masse 233C est configuré pour déclencher un arc électrique lorsque ledit couple reçoit une tension délivrée à ses bornes par le générateur d'impulsions hautes-puissances 220.

II) Mise en œuvre

[0050] Le trépan 230 de forage à coupe fixe peut être placé dans un trou de forage de sorte que les éléments de coupe 233B2 viennent en butée contre la formation de roche à forer, l'électrode haute-tension 232C et les électrodes de masse 233C étant protégées de la roche par les dents de forage 233B.

[0051] Afin d'entraîner l'ensemble de rotor 20, et donc le trépan 230, en rotation, un fluide, par exemple de type boue, est envoyé par la tige de forage 2 dans la turbine 210 afin de l'entraîner en rotation.

[0052] Le générateur de puissance 240, entraîné par la turbine 210, génère alors un courant de charge permettant de recharger les condensateurs du générateur d'impulsion hautes-fréquences 220 par le biais d'un circuit électronique adapté.

[0053] Une fois qu'il a traversé la turbine 210, le flux de fluide traverse le moteur de forage 250 qui augmente la puissance (couple) transmise au trépan 230 afin de forer la roche par rotation.

[0054] Lors de la rotation du trépan 230, les éléments de coupe 233B2 raclent et cisailent la surface de la formation sous-jacente. Dans le même temps, le générateur d'impulsion hautes-fréquences 220 applique périodiquement, par exemple entre 0,5 et 50 impulsions par seconde, de préférence 30 impulsions par seconde, une tension entre l'électrode haute-tension 232C et les électrodes de masse 233C afin de déclencher la formation d'un arc électrique permettant de générer des fragments de roche ce qui supprime les contraintes mécaniques importantes sur le trépan qui auraient dûes lui être appliquées pour générer ces fragments.

[0055] En traversant le corps de trépan 231 pour déboucher au niveau de l'ouverture faciale centrale 231A1, le canal traversant 231C permet d'acheminer le flux de fluide à travers le corps de trépan 231 de manière à ce que le fluide circule en continu autour de l'électrode haute-tension 232C, formant ainsi un écran de fluide ayant une fonction de diélectrique permettant à l'arc électrique de se former entre l'électrode haute-tension 232C et l'une des électrodes de masse 233C. Le flux de fluide acheminé à travers le trépan 230 permet aussi d'évacuer les débris de roche au niveau de la zone de forage vers le haut du puit de forage.

[0056] Avec la rotation du trépan, les électrodes de masse 233C présentent une vitesse tangentielle supérieure à la vitesse tangentielle de l'électrode haute-tension 232C, qui est proche de zéro étant donné que l'électrode haute-tension 232C est située au centre de la face de forage 231A du corps de trépan 231. Ainsi, lorsqu'une tension est appliquée entre l'électrode haute-tension 232C et les électrodes de masse 233C, le flux de fluide entourant l'électrode haute-tension 232C crée un milieu efficace qui assure la formation d'un arc électrique dans la roche entre l'électrode haute-tension 232C et l'une des électrodes de masse 233C alors que le trépan 230 est en rotation.

[0057] Le fluide présente ainsi une double fonction : une fonction de diélectrique car, entre le fluide et la roche, l'arc électrique va privilégier le passage dans la roche et ainsi la fracturer et une fonction de boue de forage car la circulation du fluide permet d'évacuer les débris de roche, en le convoyant à la surface. En outre, le flux de fluide permet de nettoyer la zone inter-électrodes.

Revendications

1. Trépan (230) pour outil de forage (1), ledit trépan (230) comprenant un corps de trépan (231) présentant une face de forage (231A) et une face de fixation (231B) du trépan (230) à un ensemble de rotor (20) de l'outil de forage (1), ledit corps de trépan (231) délimitant un canal traversant (231C) de passage du flux de fluide reliant la face de fixation (231B) à la face de forage (231A) en débouchant au niveau d'une ouverture faciale centrale (231A1) circulaire de la face de forage (231A), la face de forage (231A) comprenant une surface externe (232) reliant l'ouverture faciale centrale (231A1) à la face de fixation (231B) et de laquelle s'étend une pluralité d'organes de forage (233) répartis uniformément sur ladite surface externe (232), chaque organe de forage (233) comprenant une ailette (233A), s'étendant radialement depuis la surface externe (232) depuis la face de fixation (231B) jusque dans l'ouverture faciale centrale (231A1), et une pluralité de dents de forage (233B) s'étendant depuis ladite ailette (233A) en étant disposées côte-à-côte entre une première dent de forage (233) située au niveau de l'extrémité de la face de forage (231A) et une dernière dent de forage (233B) située du côté de la face de fixation (231B), et comportant chacune une embase (233B1) et un élément de coupe (233B2) disposé à l'extrémité de ladite embase (233B1), le trépan (230) comprenant une électrode haute-tension (232C) disposée dans le canal traversant (231C), au centre de l'ouverture faciale centrale (231A1) en retrait de la première dent de forage (233B) de chaque organe de forage (233), chaque organe de forage (233) comprenant une électrode de masse (233C) placée à l'extrémité de l'aillette (233A), au niveau de ladite électrode haute-tension (232C), de sorte à s'étendre au moins en partie au droit de l'ouverture faciale centrale (231A1) en retrait de la première dent de forage (233B) dudit organe de forage (233).
2. Trépan (230) selon la revendication 1, dans lequel les organes de forage (233) sont répartis de manière uniforme sur la surface externe (232) autour du corps de trépan (231).
3. Trépan (230) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le corps de trépan (231) comprend au moins trois organes de forage (233), de préférence quatre, cinq ou six organes de forage (233).
4. Trépan (230) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les ailettes (233A) sont issues de matière de la surface externe du corps de trépan (231).

5. Trépan (230) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les embases (233B1) de dents (233B) d'un organe de forage (233) sont issues de matière de l'ailette (233A) dudit organe de forage (233). 5
6. Trépan (230) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les ailettes (233A) s'étendent sur la surface externe (232) de manière incurvée dans le sens opposé à la rotation du trépan (230) de forage. 10
7. Trépan (230) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel chaque organe de forage (230) comprend au moins trois dents de forage (233B), de préférence quatre, cinq ou six dents de forage (233B). 15
8. Trépan (230) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'embase (233B1) est de forme sensiblement cylindrique en s'étendant dans une direction orthogonale à l'axe de rotation (X) du trépan (230). 20
9. Trépan (230) selon l'une quelconque des revendications précédentes, les éléments de coupe (233B2) sont réalisés en un matériau de forage dur et abrasif, par exemple à partir de particules de diamant polycristallin liées entre elles, notamment du type « compact en diamant polycristallin » (PDC). 25
10. Trépan (230) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel, les électrodes de masse (233C) étant identiques, l'électrode haute-tension (232C) et les électrodes de masse (233C) présentent chacune au moins en partie une forme sphérique. 30
11. Trépan (230) selon l'une quelconque des revendications précédentes, les électrodes (232C, 233C) présentant chacune au moins en partie une forme sphérique, le diamètre de l'électrode haute-tension (232C) est au moins égal au double du diamètre de chaque électrode de masse (233C) afin de permettre la formation d'un arc électrique entre l'électrode haute-tension (232C) et n'importe laquelle des électrodes de masse (233C). 35
12. Outil de forage (1) rotatif de hautes puissances pulsées, ledit outil de forage (1) comportant un ensemble de stator (10) et un ensemble de rotor (20), ledit ensemble de stator (10) comprenant un corps (110) cylindrique creux comportant une extrémité de fixation (110A), adaptée pour être reliée à une tige de forage (2), et une extrémité libre (110B), ledit ensemble de rotor (20) comprenant une turbine (210), montée à l'intérieur de corps (110) au niveau de l'extrémité de fixation (110A) et configurée pour être entraînée par un flux de fluide fourni par la tige de forage (2) afin d'entraîner ledit ensemble de rotor (20) en rotation, un générateur d'impulsions hautes-puissances (220) monté à l'intérieur de corps (110) et relié solidairement à la turbine (210), et un trépan (230) selon l'une des revendications précédentes s'étendant en dehors du corps (110) cylindrique au niveau de l'extrémité libre (110B) de l'ensemble de stator (10). 40
13. Outil de forage (1) selon la revendication précédente, comprenant en outre un générateur d'électricité (240) configuré pour convertir l'énergie mécanique de la turbine (210) en rotation en énergie électrique afin d'alimenter le générateur d'impulsions hautes-puissances (220). 45
14. Outil de forage (1) selon l'une quelconque des revendications 12 ou 13, comprenant en outre un moteur de forage (250) monté à l'intérieur de corps (110), relié solidairement au générateur d'impulsions hautes-puissances (220) et configuré pour être entraîné par le flux de fluide ayant traversé la turbine (210). 50
15. Outil de forage (1) selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, comprenant en outre un dispositif de direction (260) relié solidairement au trépan (230) et se présentant sous la forme d'un tube articulé configuré pour recevoir la puissance fournie par la turbine (210) ou la puissance augmentée fournie par le moteur de forage (250) et transmettre ladite puissance au trépan (230), pour orienter le trépan (230) dans une direction donnée et pour transférer le flux de fluide provenant de la turbine (210) vers le trépan (230). 55

Patentansprüche

1. Bohrmeißel (230) für ein Bohrwerkzeug (1), wobei der Bohrmeißel (230) einen Bohrmeißelkörper (231) umfasst, der eine Bohrseite (231A) und eine Befestigungsseite (231B) des Bohrmeißels (230) an einer Rotoranordnung (20) des Bohrwerkzeugs (1) aufweist, wobei der Bohrmeißelkörper (231) einen Durchgangskanal (231C) für den Fluidstrom begrenzt, der die Befestigungsseite (231B) mit der Bohrseite (231A) verbindet, indem er im Bereich einer kreisförmigen zentralen Frontöffnung (231A1) der Bohrseite (231A) ausmündet, wobei die Bohrseite (231A) eine Außenfläche (232) umfasst, die die zentrale Frontöffnung (231A1) mit der Befestigungsseite (231B) verbindet und von der sich eine Vielzahl von Bohrorganen (233) erstreckt, die gleichmäßig auf der Außenfläche (232) verteilt sind, wobei jedes Bohrorgan (233) einen Flügel (233A)

- umfasst, der sich radial ab der Außenfläche (232) ab der Befestigungsseite (231B) bis in die zentrale Frontöffnung (231A1) erstreckt, und eine Vielzahl von Bohrzähnen (233B), die sich ab dem Flügel (233A) erstrecken, indem sie Seite an Seite zwischen einem ersten Bohrzahn (233), der sich im Bereich des Endes der Bohrseite (231A) befindet, und einem letzten Bohrzahn (233B), der sich auf der Seite der Befestigungsseite (231B) befindet, angeordnet sind, und jeweils eine Grundplatte (233B1) und ein Schneidelement (233B2) aufweisen, das am Ende der Grundplatte (233B1) angeordnet ist, wobei der Bohrmeißel (230) eine Hochspannungselektrode (232C) umfasst, die in dem Durchgangskanal (231C) angeordnet ist, in der Mitte der zentralen Frontöffnung (231A1) zurückgesetzt vom ersten Bohrzahn (233B) jedes Bohrorgans (233), wobei jedes Bohrorgan (233) eine Masseelektrode (233C) umfasst, die am Ende des Flügels (233A) im Bereich der Hochspannungselektrode (232C) angeordnet ist, so dass sie sich zumindest teilweise an der zentralen Frontöffnung (231A1) zurückgesetzt vom ersten Bohrzahn (233B) des Bohrorgans (233) erstreckt.
2. Bohrmeißel (230) nach Anspruch 1, wobei die Bohrorgane (233) gleichmäßig auf der Außenfläche (232) um den Bohrmeißelkörper (231) herum verteilt sind.
 3. Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Bohrmeißelkörper (231) mindestens drei Bohrorgane (233), vorzugsweise vier, fünf oder sechs Bohrorgane (233), umfasst.
 4. Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Flügel (233A) aus Material der Außenfläche des Bohrmeißelkörpers (231) hervorgegangen sind.
 5. Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Grundplatten (233B1) der Zähne (233B) eines Bohrorgans (233) aus dem Material des Flügels (233A) des Bohrorgans (233) hervorgegangen sind.
 6. Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei sich die Flügel (233A) auf der Außenfläche (232) gekrümmt in der entgegengesetzten Drehrichtung des Bohrmeißels (230) erstrecken.
 7. Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jedes Bohrorgan (230) mindestens drei Bohrzähne (233B), vorzugsweise vier, fünf oder sechs Bohrzähne (233B), umfasst.
 8. Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Grundplatte (233B1) eine im Wesentlichen zylindrische Form aufweist, indem sie sich in einer Richtung orthogonal zur Drehachse (X) des Bohrmeißels (230) erstreckt.
 9. Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schneidelemente (233B2) aus einem harten und abrasiven Bohrmaterial hergestellt sind, beispielsweise aus miteinander verbundenen polykristallinen Diamantpartikeln, insbesondere vom Typ "polykristalliner Diamantkompakt" (PDC).
 10. Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei, da die Masseelektroden (233C) identisch sind, die Hochspannungselektrode (232C) und die Masseelektroden (233C) jeweils zumindest teilweise eine Kugelform aufweisen.
 11. Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Elektroden (232C, 233C) jeweils zumindest teilweise eine Kugelform aufweisen, der Durchmesser der Hochspannungselektrode (232C) mindestens gleich dem Doppelten des Durchmessers jeder Masseelektrode (233C) ist, um die Bildung eines Lichtbogens zwischen der Hochspannungselektrode (232C) und einer beliebigen der Masseelektroden (233C) zu ermöglichen.
 12. Rotierendes Bohrwerkzeug (1) mit hohen gepulsten Leistungen, wobei das Bohrwerkzeug (1) eine Statorbaugruppe (10) und eine Rotorbaugruppe (20) aufweist, wobei die Statorbaugruppe (10) einen hohlen zylindrischen Körper (110) umfasst, der ein Befestigungsende (110A), das zur Verbindung mit einer Bohrstange (2) geeignet ist, und ein freies Ende (110B) aufweist, wobei die Rotorbaugruppe (20) eine Turbine (210) umfasst, die im Inneren des Körpers (110) im Bereich des Befestigungsendes (110A) angebracht und ausgelegt ist, um durch einen von der Bohrstange (2) gelieferten Fluidstrom angetrieben zu werden, um die Rotoranordnung (20) rotatorisch anzutreiben, einen Hochleistungsimpulsgenerator (220), der im Inneren des Körpers (110) angebracht und fest mit der Turbine (210) verbunden ist, und einen Bohrmeißel (230) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, der sich im Bereich des freien Endes (110B) der Statorbaugruppe (10) aus dem zylindrischen Körper (110) heraus erstreckt.
 13. Bohrwerkzeug (1) nach vorhergehendem Anspruch, ferner umfassend einen Stromgenerator (240), der ausgelegt ist, um die mechanische Energie der rotierenden Turbine (210) in elektrische Energie umzuwandeln, um den Hochleistungsimpulsgenerator (220) zu versorgen.
 14. Bohrwerkzeug (1) nach einem der Ansprüche 12

oder 13, ferner umfassend einen Bohrmotor (250), der im Inneren des Körpers (110) angebracht ist, fest mit dem Hochleistungsimpulsgenerator (220) verbunden ist und ausgelegt ist, um durch den Fluidstrom, der die Turbine (210) durchquert hat, angetrieben zu werden.

15. Bohrwerkzeug (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, ferner umfassend eine Lenkvorrichtung (260), die fest mit dem Bohrmeißel (230) verbunden ist und in Form eines Gelenkrohrs vorliegt, das ausgelegt ist, um die von der Turbine (210) gelieferte Leistung oder die vom Bohrmotor (250) gelieferte erhöhte Leistung zu empfangen und diese Leistung an den Bohrmeißel (230) zu übertragen, um den Bohrmeißel (230) in eine bestimmte Richtung zu lenken und um den von der Turbine (210) kommenden Fluidstrom an den Bohrmeißel (230) zu übertragen.

Claims

1. A bit (230) for drilling tool (1), said bit (230) comprising a bit body (231) having a drilling face (231A) and a face (231B) for attaching the bit (230) to a rotor assembly (20) of the drilling tool (1), said bit body (231) delimiting a through channel (231C) for passing the fluid flow connecting the attachment face (231B) to the drilling face (231A) by opening at a circular central face opening (231A1) of the drilling face (231A), the drilling face (231A) comprising an outer surface (232) connecting the central face opening (231A1) to the attachment face (231B) and from which a plurality of drilling members (233) evenly distributed on said outer surface (232) extend, each drilling member (233) comprising a fin (233A), extending radially from the outer surface (232) from the attachment face (231B) into the central face opening (231A1), and a plurality of drilling teeth (233B) extending from said fin (233A) by being disposed side-by-side between a first drilling tooth (233) located at the end of the drilling face (231A) and a last drilling tooth (233B) located on the side of the attachment face (231B), and each comprising a base (233B1) and a cutting element (233B2) disposed at the end of said base (233B1), the bit (230) comprising a high-voltage electrode (232C) disposed in the through channel (231C), in the center of the central face opening (231A1) recessed from the first drilling tooth (233B) of each drilling member (233), each drilling member (233) comprising a ground electrode (233C) placed at the end of the fin (233A), at said high-voltage electrode (232C), so as to extend at least partially in line with the central face opening (231A1) recessed from the first drilling tooth (233B) of said drilling member (233).

2. The bit (230) according to claim 1, wherein the drilling

members (233) are evenly distributed on the outer surface (232) around the bit body (231).

3. The bit (230) according to any of the preceding claims, wherein the bit body (231) comprises at least three drilling members (233), preferably four, five, or six drilling members (233).
4. The bit (230) according to any of the preceding claims, wherein the fins (233A) are made as one piece with the outer surface of the bit body (231).
5. The bit (230) according to any of the preceding claims, wherein the bases (233B1) of teeth (233B) of a drilling member (233) are made as one piece with the fin (233A) of said drilling member (233).
6. The bit (230) according to any of the preceding claims, wherein the fins (233A) extend onto the outer surface (232) in a curved manner in the opposite sense to the rotation of the drilling bit (230).
7. The bit (230) according to any of the preceding claims, wherein each drilling member (230) comprises at least three drilling teeth (233B), preferably four, five, or six drilling teeth (233B).
8. The bit (230) according to any of the preceding claims, wherein the base (233B1) is substantially cylindrical in shape extending in an orthogonal direction to the axis of rotation (X) of the bit (230).
9. The bit (230) according to any of the preceding claims, the cutting elements (233B2) are made of a hard, abrasive drilling material, for example from interlinked polycrystalline diamond particles, in particular of the "polycrystalline diamond compact" (PDC) type.
10. The bit (230) according to any of the preceding claims, wherein, the ground electrodes (233C) being identical, the high-voltage electrode (232C) and the ground electrodes (233C) each have at least partially a spherical shape.
11. The bit (230) according to any of the preceding claims, the electrodes (232C, 233C) each having at least partially a spherical shape, the diameter of the high-voltage electrode (232C) is at least equal to twice the diameter of each ground electrode (233C) in order to allow the formation of an electric arc between the high-voltage electrode (232C) and any of the ground electrodes (233C).
12. A pulsed high-power rotary drilling tool (1), said drilling tool (1) comprising a stator assembly (10) and a rotor assembly (20), said stator assembly (10) comprising a hollow cylindrical body (110) compris-

ing an attachment end (110A), adapted to be connected to a drilling rod (2), and a free end (110B), said rotor assembly (20) comprising a turbine (210), mounted inside the body (110) at the attachment end (110A) and configured to be driven by a fluid flow provided by the drilling rod (2) in order to rotatably drive said rotor assembly (20), a high-power pulse generator (220) mounted inside the body (110) and integrally connected to the turbine (210), and a bit (230) according to one of the preceding claims extending out of the cylindrical body (110) at the free end (110B) of the stator assembly (10).

13. The drilling tool (1) according to the preceding claim, further comprising an electricity generator (240) configured to convert the mechanical energy of the rotating turbine (210) into electrical energy in order to supply the high-power pulse generator (220).
14. The drilling tool (1) according to any of claims 12 or 13, further comprising a drilling motor (250) mounted inside the body (110), integrally connected to the high-power pulse generator (220) and configured to be driven by the fluid flow having passed through the turbine (210).
15. The drilling tool (1) according to any of claims 12 to 14, further comprising a steering device (260) integrally connected to the bit (230) and being in the form of a hinged tube configured to receive the power provided by the turbine (210) or the increased power provided by the drilling motor (250) and transmit said power to the bit (230), to direct the bit (230) in a given direction and to transfer the fluid flow from the turbine (210) to the bit (230).

40

45

50

55

[Fig 1]

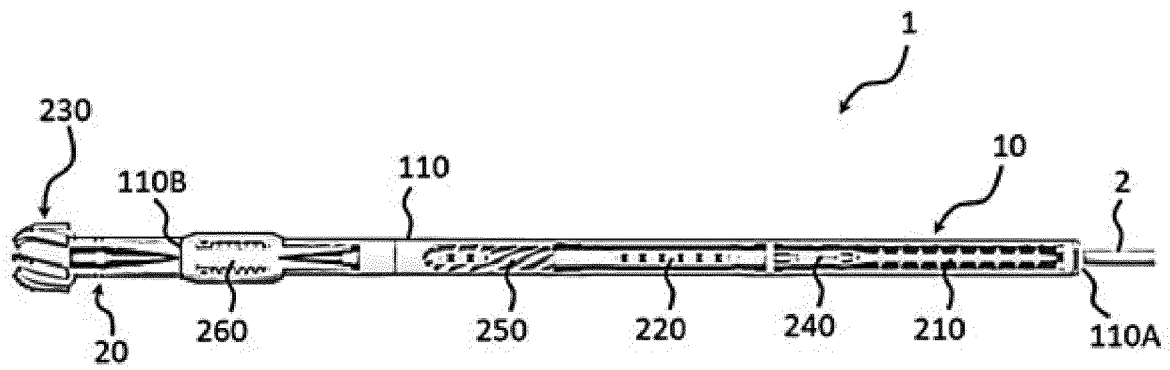


FIGURE 1

[Fig 2]

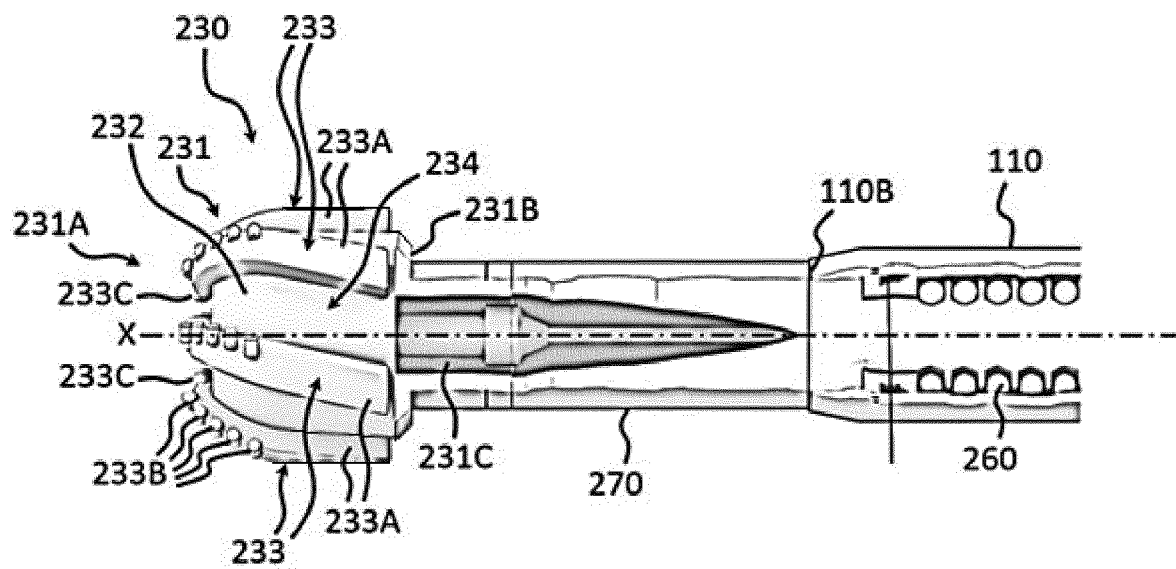


FIGURE 2

[Fig 3]

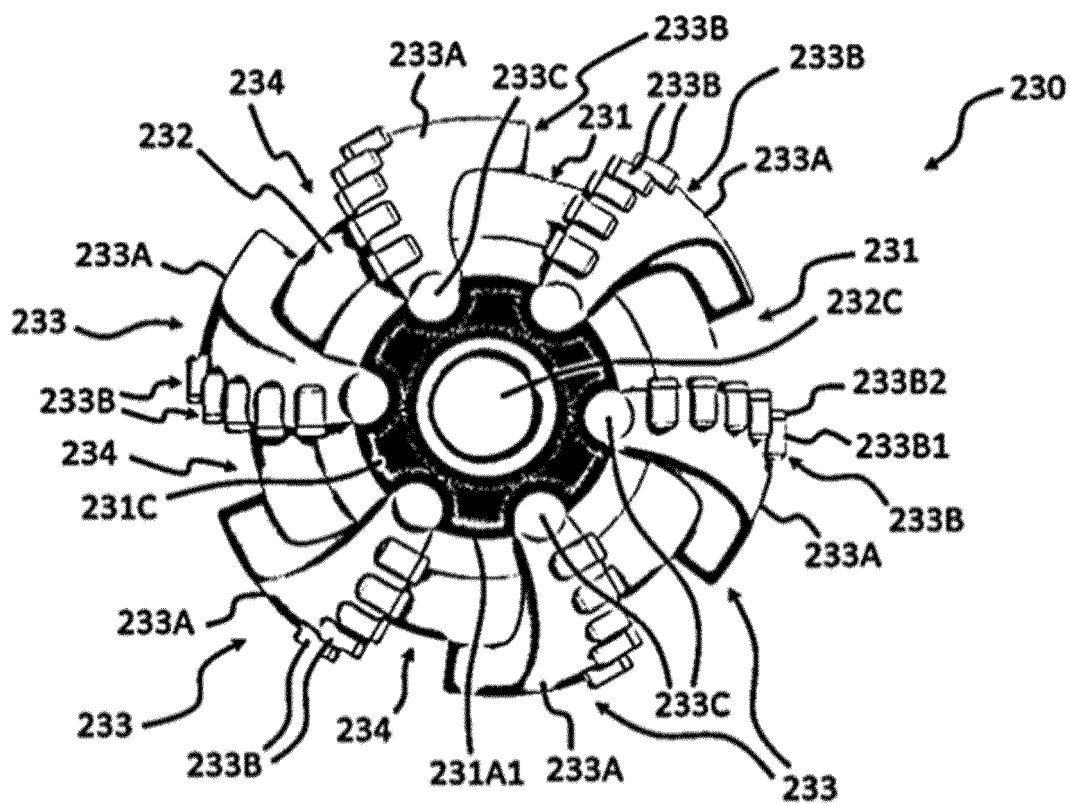


FIGURE 3

[Fig 4]

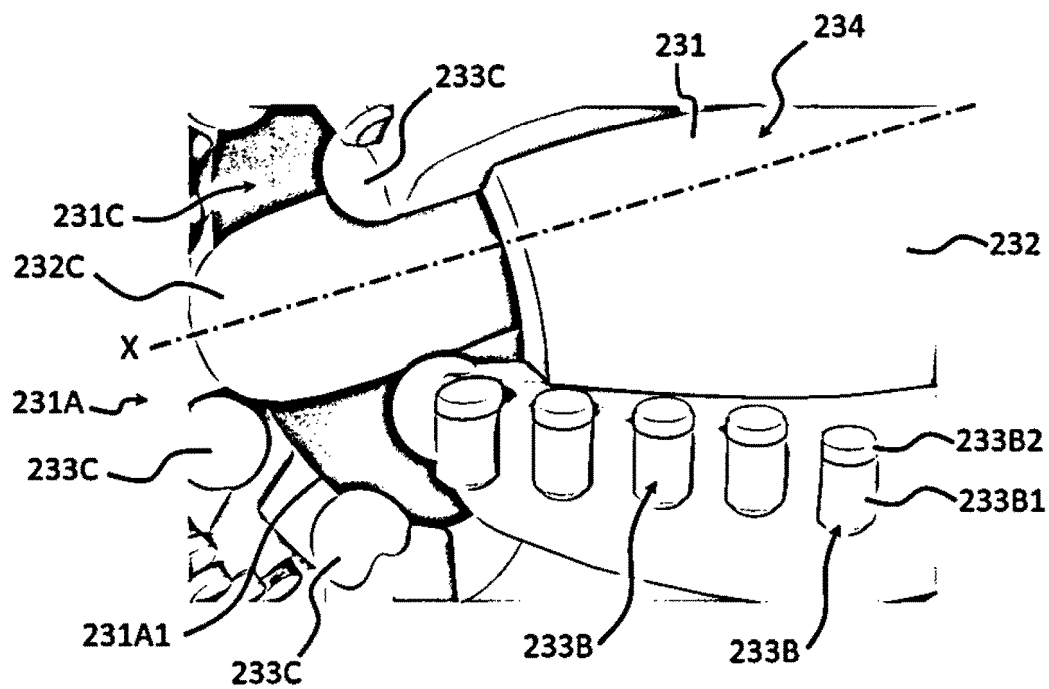


FIGURE 4

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- CN 109577864 A [0004]
- US 8172006 B2 [0004]