

(19)



(11)

EP 3 332 069 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

01.01.2020 Bulletin 2020/01

(51) Int Cl.:

E02D 17/13 ^(2006.01) **E02F 3/20** ^(2006.01)
E02F 3/24 ^(2006.01) **E02F 3/36** ^(2006.01)
E02F 3/92 ^(2006.01) **E02F 3/96** ^(2006.01)
E02F 5/30 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **16760531.0**

(22) Date de dépôt: **04.08.2016**

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2016/052034

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2017/021664 (09.02.2017 Gazette 2017/06)

(54) **SYSTÈME D'EXCAVATION À OUTILS INTERCHANGEABLES**

AUSGRABUNGSVORRICHTUNG MIT AUSTAUSCHBAREN WERKZEUGEN

EXCAVATION SYSTEM WITH INTERCHANGEABLE TOOLS

(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**

• **RODRIGUEZ, Pascal**

92500 Rueil Malmaison (FR)

• **BOREL, Serge**

92500 Rueil Malmaison (FR)

• **PERPEZAT, Daniel**

92500 Rueil Malmaison (FR)

(30) Priorité: **05.08.2015 FR 1557549**

(43) Date de publication de la demande:

13.06.2018 Bulletin 2018/24

(74) Mandataire: **Cabinet Beau de Loménie**

158, rue de l'Université

75340 Paris Cedex 07 (FR)

(73) Titulaire: **Soletanche Freyssinet**

92500 Rueil-Malmaison (FR)

(56) Documents cités:

EP-A1- 0 921 270 EP-A1- 1 486 620

DE-A1- 10 361 337 JP-A- H11 141 270

US-B1- 6 193 444

(72) Inventeurs:

• **COUDRY, Michel**

92500 Rueil Malmaison (FR)

EP 3 332 069 B1

Il est rappelé 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

Arrière-plan de l'invention

[0001] La présente invention concerne le domaine des systèmes d'excavation, et particulièrement celui des systèmes d'excavation comprenant des outils d'excavation à impulsions électriques.

[0002] On connaît, parmi les outils d'excavation existants, notamment les outils d'excavation de type à fraise dans lesquels une tête de coupe rotative, dite fraise, désagrège le sol pour permettre ensuite l'évacuation des déblais ainsi obtenus, tel que divulgué dans EP 1 486 620 A1. Les outils d'excavation du type fraise sont utilisés le plus souvent pour réaliser dans le sol des tranchées de profondeur relativement importante, jusqu'à 200 mètres, et d'épaisseur relativement réduite par rapport à ladite profondeur, l'épaisseur étant typiquement comprise entre 500 mm et 1800 mm. Une largeur typique de l'outillage est 2800 mm. Un des intérêts de ces machines est de permettre la réalisation de telles tranchées de profondeur importante qui respectent des critères de verticalité rigoureux, notamment afin d'assurer une bonne continuité entre panneaux adjacents. L'ensemble de la tranchée est obtenu par creusement successif de panneaux adjacents et juxtaposés.

[0003] Un inconvénient toutefois de ces outils d'excavation est qu'ils sont peu efficaces dans l'excavation de couches de sol particulièrement dures, et notamment de couches rocheuses. Afin de résoudre ce problème, des outils d'excavation à impulsions électriques ont été proposés, par exemple dans les publications de demandes de brevet US 2003/0137182 et EP 1474 587. Ces outils d'excavation comprennent typiquement des électrodes, disposées sur une face frontale de l'outil d'excavation. Des décharges électriques de haute puissance entre ces électrodes peuvent désagréger la roche située directement sous la face frontale, de manière plus économe en énergie qu'une fraise.

[0004] Néanmoins, l'alimentation électrique des électrodes pose d'autres problèmes. Même quand l'outil d'excavation à impulsions électriques comprend aussi un module électronique de puissance pour convertir en décharges de haute puissance, mais courte durée, une alimentation électrique continue à puissance nominale plus modeste, la puissance d'alimentation reste suffisamment élevée pour poser des problèmes de sécurité des équipements et des personnes en cas de rupture du câble d'alimentation à proximité de la surface.

[0005] Afin de résoudre ce problème, on connaît, dans le domaine spécifique du forage par impulsions électriques, des outils de forage comprenant des générateurs actionnés hydrauliquement depuis la surface, par exemple ceux divulgués dans les publications de demandes de brevet GB 2 420 358 et US 2010/0000790, et dans le modèle d'utilité DE 20 2006 018 980 U1. Toutefois, si de tels outils de forage par impulsions électriques sont bien adaptés aux couches rocheuses dures, ils sont

moins bien adaptés à l'excavation de couches de terrain plus meubles.

Objet et résumé de invention

[0006] La présente divulgation vise à remédier à ces inconvénients, en proposant un système d'excavation versatile et efficace, qui puisse être facilement adapté à excaver de la manière la plus efficace à travers de couches de sol de compositions et consistances très différentes. Ce système peut comprendre un châssis de support, un circuit hydraulique avec une pompe, et un premier et un deuxième outils d'excavation, l'un desdits premier et deuxième outils d'excavation étant un outil d'excavation mécanique comprenant un actionneur hydraulique et une interface de montage avec au moins un organe de fixation mécanique et au moins un raccord hydraulique en communication fluide avec ledit actionneur hydraulique.

[0007] Ce but peut être atteint grâce au fait que l'autre desdits premier et deuxième outils d'excavation est un outil d'excavation par impulsions électriques comprenant un générateur électrique avec un arbre rotatif pour générer de l'électricité à partir de la rotation de l'arbre rotatif, un moteur hydraulique couplé audit arbre rotatif pour actionner la rotation de l'arbre rotatif, un module d'électronique de puissance, connecté électriquement au générateur électrique pour être alimenté par le générateur électrique afin de générer des impulsions électriques d'une puissance instantanée plus élevée que une puissance instantanée du générateur électrique, une pluralité d'électrodes, dont au moins une électrode connectée audit module électronique de puissance, disposées sur ladite face frontale, et une interface de montage avec au moins un organe de fixation mécanique et au moins un raccord hydraulique en communication fluide avec ledit moteur hydraulique, et que chacune des interfaces de montage des premier et deuxième outils d'excavation est apte au montage alternatif et libérable de l'outil d'excavation correspondant sous le châssis de support du système d'excavation, avec le raccord hydraulique correspondant en communication fluide avec ledit circuit hydraulique de l'ensemble d'excavation.

[0008] Grâce à ces dispositions, le système d'excavation peut être facilement adapté à l'excavation de différents types de sol, l'énergie nécessaire pour le fonctionnement de l'outil d'excavation approprié pouvant toujours lui être transmise hydrauliquement depuis la surface, de manière plus sûre que par un courant électrique.

[0009] Dans l'outil d'excavation à impulsions électriques, la pluralité d'électrodes peut notamment comprendre une rampe de plusieurs électrodes disposée en périphérie de la face frontale de l'outil de forage, de manière à créer ainsi un front d'excavation actif sur cette périphérie de la face frontale, et faciliter ainsi la désagrégation de la matière du sol sous la face frontale.

[0010] D'autre part, la pluralité d'électrodes peut aussi comprendre au moins une électrode disposée dans une

zone centrale de la face frontale, de manière à agir comme casse-redan.

[0011] Le module d'électronique de puissance peut être apte à produire des impulsions électriques d'au moins 50 kV de voltage, au moins 1 kA d'intensité, et/ou au moins 30 nanosecondes de durée, et/ou avec une fréquence de répétition d'au moins 1 Hz.

[0012] La pluralité d'électrodes peut notamment comprendre au moins deux électrodes connectées au module électronique de puissance, et le module d'électronique de puissance peut être configuré pour transmettre des impulsions électriques séparément à chacune d'au moins deux électrodes auxquelles le module électronique de puissance est connecté, de manière à permettre ainsi un déphasage entre les impulsions transmises à chacune des électrodes pour augmenter l'efficacité de l'excavation et/ou incliner le front d'excavation sans incliner l'outil.

[0013] Pour adapter la forme du front d'excavation, l'outil d'excavation peut toutefois aussi comprendre un dispositif d'actionnement d'un mouvement d'au moins une électrode de ladite pluralité d'électrodes. Ce mouvement peut notamment comprendre au moins une composante verticale et/ou une composante horizontale. Le dit dispositif d'actionnement peut comprendre au moins un actionneur linéaire.

[0014] Afin de permettre le déblayage du matériau désagrégé sous sa face frontale, l'outil d'excavation à impulsions électriques peut comprendre en outre au moins une bouche d'évacuation de déblais.

[0015] Par ailleurs, afin de faciliter ce déblayage, l'outil d'excavation à impulsions électriques peut aussi comprendre en outre un conduit d'alimentation en fluide, débouchant sur au moins une buse d'injection de fluide disposée sur une face frontale de l'outil d'excavation. Le fluide injecté ainsi sous la face frontale de l'outil d'excavation à impulsions électriques peut de cette manière, lors de son aspiration par la bouche d'évacuation de déblais, entraîner avec lui ces déblais de manière particulièrement efficace. Pour mieux distribuer ce fluide sous la face frontale de l'outil d'excavation, le conduit d'alimentation en fluide peut déboucher sur une pluralité de buses d'injection de fluide distribuées sur la face frontale de l'outil d'excavation à impulsions électriques. Par ailleurs, le conduit d'alimentation en fluide peut en particulier être apte à alimenter l'au moins une buse d'alimentation en liquide, et notamment en boue de forage, de manière à entraîner les déblais avec ce liquide, mais il peut alternativement être apte à alimenter l'au moins une buse d'injection en gaz, notamment en air sous pression, de manière à entraîner les déblais avec ce gaz.

[0016] Afin de faciliter l'excavation de tranchées, ladite face frontale peut être allongée, par exemple rectangulaire, perpendiculairement à une direction d'excavation.

[0017] Le raccord hydraulique de l'un et/ou l'autre des outils d'excavation peut notamment comprendre au moins un passage pour l'arrivée de liquide hydraulique et un passage pour le retour de liquide hydraulique, quoi-

qu'il serait également envisageable de se passer du passage de retour, par exemple si on utilisait comme fluide hydraulique un liquide pouvant ensuite être injecté sous la face frontale de l'outil d'excavation pour faciliter l'évacuation des déblais.

[0018] Afin de permettre l'inclinaison du front d'excavation, le châssis de support peut comprendre un dispositif d'inclinaison d'outil d'excavation autour d'au moins un axe. Pour faciliter le déblayage sous la face frontale de l'outil d'excavation, cet ensemble d'excavation peut comprendre en outre une pompe d'aspiration de déblais, pouvant être située, par exemple, dans l'outil d'excavation ou dans le châssis de support. Si l'outil d'excavation présente une bouche d'évacuation de déblais, cette pompe d'aspiration de déblais peut être disposée en communication fluide de la bouche d'évacuation de déblais, en aval de celle-ci, de manière à aspirer les déblais à travers la bouche d'évacuation de déblais. En outre, cette pompe d'aspiration de déblais peut être, par exemple, à actionnement hydraulique. Ainsi, un même circuit hydraulique pourrait être utilisé pour actionner le générateur électrique et la pompe d'aspiration de déblais.

[0019] Pour faciliter la descente de l'outil d'excavation dans un puits ou tranchée en cours d'excavation, l'ensemble d'excavation peut comprendre une potence à laquelle le châssis de support est suspendu par au moins un câble.

[0020] L'outil d'excavation mécanique peut notamment être un outil d'excavation du type fraise, comprenant un organe de fraisage couplé à l'actionneur hydraulique de l'outil d'excavation mécanique pour son actionnement

[0021] Cette divulgation concerne également un procédé d'utilisation d'un tel système d'excavation pour l'excavation d'une tranchée, comprenant les étapes suivantes :

- montage du premier outil d'excavation sous le châssis de support ;
- excavation d'une première couche de terrain avec le premier outil d'excavation ;
- remplacement du premier outil d'excavation, sous le châssis de support, par le deuxième outil d'excavation ;
- excavation d'une deuxième couche de terrain avec le deuxième outil d'excavation.

Brève description des dessins

[0022] L'invention sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux, à la lecture de la description détaillée qui suit, d'un mode de réalisation représenté à titre d'exemple non limitatif. La description se réfère aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1A et 1B sont des vues schématiques d'un système d'excavation utilisant deux outils d'excavation alternatifs pendant l'excavation d'une

- tranchée ;
- la figure 2 est une vue schématique d'un outil d'excavation par impulsions électriques de la figure 1A ;
 - les figures 3A à 3D illustrent schématiquement plusieurs variantes envisageables dans la configuration des électrodes de l'outil d'excavation par impulsions électriques de la figure 2 ;
 - la figure 4 illustre encore une autre variante envisageable dans la configuration des électrodes ;
 - les figures 5A et 5B illustrent schématiquement un déplacement vertical d'électrodes d'un outil d'excavation par impulsions électriques suivant une autre variante ; et
 - la figure 6 est une vue de détail en perspective du système d'excavation des figures 1A et 1B, avec un outil d'excavation par impulsions électriques, un outil d'excavation de type fraise, et un châssis de support adapté à recevoir l'un ou l'autre.

Description détail de l'invention

[0023] Les figures 1A et 1B illustrent un système d'excavation suivant un mode de réalisation pendant l'excavation d'une tranchée 200 de profondeur P. Ce système comprend une potence 10, pouvant être installée sur une base mobile 101 sur la surface du terrain à creuser, un châssis de support 34, suspendu de cette potence 10 par au moins un câble, de manière à pouvoir être descendu dans la tranchée et relevé de celle-ci en actionnant le câble, et des outils d'excavation 1, l' aptes à être alternativement suspendus sous le châssis de support 34. L'outil d'excavation 1 est un outil d'excavation à impulsions électriques, tandis que l'outil d'excavation l' est un outil d'excavation mécanique de type fraise. Le système comprend par ailleurs une pompe hydraulique (non illustrée), qui peut être installée sur la même base mobile 101 soutenant la potence 10, et est connectée au châssis de support 34 et à l'outil d'excavation à impulsions électriques 1 par un circuit hydraulique (non illustré), ainsi qu'un circuit d'alimentation en fluide de déblayage (non illustré) et un circuit d'évacuation des déblais 150. Le circuit d'alimentation en fluide de déblayage est configuré pour fournir un fluide servant à entraîner les déblais solides résultant de la désagrégation de matière rocheuse sous l'outil 1 ou 1', afin de faciliter leur évacuation par le circuit d'évacuation des déblais. Ce fluide peut être un liquide, tel qu'une boue de forage, ou alternativement un gaz, et notamment de l'air comprimé.

[0024] Par ailleurs, le châssis de support 34, qui est configuré de manière à se guider sur les parois latérales de la tranchée 200, présente une hauteur H relativement importante dans la direction, verticale, d'excavation, comparée à la largeur L et à l'épaisseur E du châssis de support 34 et de l'outil 1 dans des directions perpendiculaires à cette hauteur. Le châssis de support 34 sert ainsi à assurer un guidage mécanique de l'outil au fur et à mesure de la réalisation de la tranchée 200, pour obtenir une bonne verticalité de celle-ci, même quand sa

profondeur P est importante. Cette profondeur P peut en effet atteindre, par exemple, jusqu'à 200 m.

[0025] Dans une première configuration, illustrée sur la figure 1A, l'outil d'excavation à impulsions électriques 1 est monté de manière libérable sous le châssis de support 1 pour permettre l'excavation d'une couche rocheuse dure, formant ainsi un ensemble 100 avec la base mobile 101, la potence 10 et le châssis de support 34, tandis que dans une deuxième configuration, illustrée sur la figure 1B, l'outil d'excavation à impulsions électriques 1 est remplacé, sous le châssis de support 34, par l'outil d'excavation mécanique de type fraise 1', formant un ensemble alternatif 100' pour excaver des couches moins dures.

[0026] L'outil d'excavation par impulsions électriques 1 est illustré schématiquement sur la figure 2. Dans le mode de réalisation illustré, il comprend deux moteurs hydrauliques 2, deux générateurs électriques 3, un module d'électronique de puissance 4 et une pluralité d'électrodes 5a, 5p. Par ailleurs, il comprend aussi une interface de montage 14 avec deux organes de fixation mécanique 22, ayant la forme d'ergots, et deux raccords hydrauliques 20 comprenant chacun au moins un passage d'arrivée du fluide hydraulique aux moteurs hydrauliques 2 et un passage de retour du fluide hydraulique depuis les moteurs hydrauliques 2 pour établir une connexion fluide entre le circuit hydraulique de l'ensemble d'excavation 100 et les moteurs hydrauliques 2. Chaque moteur hydraulique 2 peut avoir une puissance continue de sortie P_h de, par exemple, jusqu'à 115 kW, et est couplé mécaniquement à un arbre rotatif d'un générateur électrique 3 respectif pour générer une puissance électrique $P_e = k P_h$, où k est un coefficient d'efficacité des générateurs électriques inférieur à 1. Ainsi, par exemple, avec une puissance mécanique P_h de jusqu'à 115 kW pour chaque moteur hydraulique 2, on pourrait obtenir une puissance électrique P_e de jusqu'à 100 kVA de chaque générateur électrique 3. Les deux générateurs électriques sont connectés électriquement au module d'électronique de puissance 4, de manière à assurer son alimentation avec une puissance électrique continue $P_c = n P_e$, où n est le nombre de générateurs électriques 3 (n est donc 2 dans le mode de réalisation illustré).

[0027] Le module d'électronique de puissance 4 est configuré pour générer, à partir de la puissance électrique continue P_c fournie par les générateurs électriques 3, des impulsions électriques de puissance instantanée P_i sensiblement plus élevée, mais de courte durée. Ainsi, les impulsions électriques générées par le module d'électronique de puissance 4 peuvent avoir un voltage V de, par exemple, 50 à 500 kV, une intensité I de, par exemple, 1 à 100 kA, et une durée d de, par exemple, 30 ns à 100 μ s, pour se répéter avec une fréquence de répétition f de, par exemple, 1 à 100 Hz.

[0028] Dans le mode de réalisation illustré, le module d'électronique de puissance 4 est connecté électriquement à deux électrodes actives 5a parmi les trois électrodes illustrées, de manière à leur transmettre ces im-

pulsions électriques. La troisième électrode 5p, illustrée au milieu, est mise à terre, de telle manière que lorsque les impulsions électriques soient transmises aux deux autres électrodes 5a, des décharges électriques puissent se produire entre ces électrodes actives 5a et l'électrode passive 5p située entre elles. Ces électrodes 5a, 5p sont situées sur une face frontale de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1, de manière à faire contact avec la face rocheuse, pour que les décharges électriques entre les électrodes 5, traversant la roche, la désagrègent. On entend bien sûr par « face frontale » celle qui est opposée à la surface rocheuse dans la direction d'excavation, c'est-à-dire normalement orientée vers le bas.

[0029] Bien que la figure 2 n'illustre que deux électrodes actives 5a et une électrode passive 5p entre les deux électrodes actives 5a, le nombre et arrangement des électrodes sur la face frontale de l'outil d'excavation par impulsions électriques peut varier suivant les circonstances, avec un espacement entre, par exemple, 2 à 10 cm entre électrodes adjacentes. Ainsi, dans la variante illustrée sur la figure 3A, deux rampes d'électrodes actives 5a et passives 5p alternées sont situées sur des côtés opposés de la périphérie de la face frontale de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1, tandis que la variante illustrée sur la figure 3B comprend aussi une troisième rampe d'électrodes actives 5a et passives 5p alternées, orientée parallèlement aux deux autres rampes et située dans une zone centrale de la face frontale de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1, de manière à servir de casse-redan. On entend par « redan », dans ce contexte, la crête rocheuse qui peut se former, par exemple, entre deux tambours rotatifs d'un outil de fraisage comme celui divulgué dans EP 1 486 620. Dans une troisième variante, illustrée sur la figure 3C, les électrodes actives et passives sont distribuées en quinconce sur toute la face frontale de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1, tandis que dans une quatrième variante illustrée sur la figure 3D, l'outil d'excavation par impulsions électriques 1 comprend aussi un dispositif d'actionnement d'un mouvement horizontal des électrodes 5a, 5p, permettant ainsi de couvrir toute la surface de la face frontale de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1 par déplacement d'une seule rampe linéaire d'électrodes 5a, 5p.

[0030] Les électrodes 5a, 5p peuvent ne pas être disposées dans un même plan horizontal, mais étagées sur plusieurs hauteurs différentes, comme illustré sur la figure 4, notamment afin d'adapter le profil d'excavation de l'outil 1 à celui d'un outil précédent. Par ailleurs, le mouvement des électrodes 5a, 5p peut non seulement être horizontal, mais aussi vertical, en complément ou alternativement à un mouvement horizontal. Les figures 5A et 5B illustrent ainsi une autre variante avec plusieurs rampes d'électrodes 5a, 5p équipées de dispositifs d'actionnement de mouvement vertical, servant à adapter l'arrangement des rampes à une surface rocheuse irrégulière. Ces dispositifs d'actionnement de mouvements

verticaux et/ou horizontaux peuvent notamment comprendre des actionneurs linéaires, notamment des vérins et plus particulièrement des vérins hydrauliques.

[0031] Par ailleurs, le module d'électronique de puissance 4 peut être configuré pour transmettre les impulsions électriques à toutes les électrodes actives 5a simultanément, ou bien séquentiellement.

[0032] Comme illustré sur la figure 2, l'outil d'excavation par impulsions électriques 1 comprend aussi une bouche 8 d'évacuation de déblais connectée à un passage 32 d'évacuation des déblais, et un conduit 6 d'alimentation en fluide débouchant sur une pluralité de buses 7 d'injection de fluide distribuées sur la face frontale de l'outil d'excavation. Ce fluide peut être un liquide, comme par exemple de la boue de forage, ou un gaz, notamment de l'air comprimé et sert notamment à entraîner les déblais lors de leur évacuation, à travers la bouche 8 et le passage 32.

[0033] En fonctionnement, l'arbre rotatif de chaque générateur électrique 3 est donc actionné par le moteur hydraulique 2 correspondant pour générer de l'électricité. Le module d'électronique de puissance 4 est ainsi alimenté en énergie électrique par les générateurs électriques 3 de manière à générer les impulsions électriques qui produisent des décharges entre les électrodes 5a, 5p pour désagréger une matière rocheuse située sous la face frontale de l'outil d'excavation à impulsions électrique 1. Le fluide injecté par le conduit 6 et les buses 7 entraîne la matière rocheuse désagrégée lors de son évacuation à travers la bouche 8 et le passage 32 vers la surface.

[0034] La figure 6 illustre l'outil d'excavation par impulsions électriques 1, à côté d'une partie inférieure du châssis de support 34, et de l'outil d'excavation l' du type fraise, qui est configuré pour être monté sous le même châssis de support 34, de manière interchangeable avec l'outil d'excavation par impulsions électriques 1. Comme on peut voir sur cette figure, l'outil d'excavation par impulsions électriques peut présenter une section horizontale, perpendiculaire à la direction d'excavation, sensiblement allongée, et plus spécifiquement rectangulaire, avec une largeur L de, par exemple, 1 à 4 mètres, et plus particulièrement environ 2,8 mètres, et une épaisseur E de, par exemple, 0,5 à 1,8 mètres, et plus particulièrement 0,5 à 1,5 mètres.

[0035] Comme illustré aussi sur la figure 6, les organes de fixation mécanique 22 dans ce mode de réalisation sont constitués de deux axes se présentant sous la forme d'ergots cylindriques métalliques fixés rigidement sur l'interface 14 symétriquement par rapport au centre de l'interface 14 et orthogonalement à cette interface. Chaque organe de fixation mécanique 22 comporte en outre un perçage intérieur 24 qui le traverse horizontalement de part en part et a une partie supérieure 26 conique afin de faciliter le montage qui sera détaillé ci-après.

[0036] A l'extrémité inférieure du châssis 34 est fixée une plaque 36 inclinable par rapport audit châssis ayant sensiblement les mêmes dimensions que l'interface 14

associée à l'outil d'excavation par impulsions électriques 1. L'inclinaison de la plaque 36 est commandée par les vérins hydrauliques 38 fixés sur ladite plaque 36, qui forment ainsi un dispositif d'inclinaison de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1 autour de deux axes horizontaux quand cet outil d'excavation 1 est monté sous la plaque 36.

[0037] Le long du châssis 34 est fixé en outre un conduit 30 du circuit d'évacuation de déblais 150, destiné à évacuer la matière rocheuse désagrégée aspirée à travers la bouche 8 et le passage 32 vers la surface, ainsi qu'un conduit 50 du circuit d'alimentation en fluide de déblayage, destiné à alimenter le conduit 6 et les buses 7 en fluide de déblayage. Les extrémités inférieures de ces conduits 30, 50 traversent la plaque 36. Le châssis 34 peut par ailleurs comprendre aussi une pompe d'aspiration de déblais 151, disposée de manière à être mise en communication fluide avec la bouche 8 d'évacuation de déblais à travers le passage 32 et le conduit 30 quand l'outil d'excavation 1 est monté sous la plaque 36, et un moteur hydraulique (non illustré) connecté au circuit hydraulique de l'ensemble d'excavation 100, pour actionner la pompe d'aspiration de déblais 151. D'autres dispositifs d'aspiration de déblais, avec d'autres moyens d'actionnement (par exemple électriques) sont néanmoins également envisageables.

[0038] Sur la plaque 36 associée au châssis 34, sont présents deux orifices cylindriques 40 ayant un diamètre sensiblement égal au diamètre des organes de fixation 22 fixés sur l'interface 14 associée à la tête de coupe 10. Ces trous 40 sont disposés symétriquement par rapport au centre de la plaque 36 de manière à recevoir les ergots 22 lorsque l'interface 14 de montage de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1 est positionné sous la plaque 36.

[0039] A proximité de ces trous 40 sont fixés des vérins hydrauliques 42 sur la partie supérieure de la plaque 36 associée au châssis 34. A l'extrémité des tiges des vérins est fixée une davette métallique 44 dont la largeur est sensiblement inférieure à la largeur du trou 24 des ergots 22 mentionnés ci-dessus et dont la longueur s'étend selon l'axe XX'. La position des vérins 42 est telle que l'on peut déplacer les clavettes 44 selon l'axe XX' et, en position actionnée, les clavettes 44 se situent exactement au-dessus des trous 24 de la plaque 36. La fixation de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1 est ainsi libérable grâce aux vérins hydrauliques 42. On comprend que dans cette configuration, la disposition relative de l'extrémité du châssis 34, de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1, des moyens d'alimentation en fluide hydraulique et des moyens d'évacuation fournit un dispositif apte à offrir les mêmes fonctionnalités qu'un outil non-démontable. Néanmoins, le démontage global de la de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1 permet un changement d'outil très rapide. De plus, dans le mode de réalisation décrit, le démontage est obtenu en actionnant des vérins, ce qui facilite grandement cette opération.

[0040] L'outil d'excavation 1' du type fraise illustré aussi sur la figure 6 est compatible avec le châssis de support 34, et donc interchangeable avec l'outil d'excavation par impulsions électriques 1. Pour cela, il comprend également une interface de montage 14 avec deux organes de fixation mécanique 22 et un raccord hydraulique 20 de forme et dimensions équivalentes à celles de l'outil d'excavation par impulsions électriques 1. Par ailleurs, cet outil d'excavation 50 comprend un ensemble moteur 12 avec deux moteurs hydrauliques (non représentés) solidarisés de manière rigide sur la partie inférieure de l'interface de montage 14. Quatre tambours cylindriques 16 constitués par des viroles sont entraînés en rotation par les moteurs grâce à des moyens de liaison mécanique non représentés ici. En périphérie des tambours sont fixés rigidement les organes de fraisage 18 que l'on nomme également dents de fraisage. Les moteurs hydrauliques sont reliés par des flexibles hydrauliques aux raccords hydrauliques 20 fixés sur la partie supérieure de l'interface de montage 14, symétriquement par rapport au centre de l'interface de montage 14. Ces flexibles et les raccords hydrauliques 20 servent donc aussi à fournir de l'énergie à l'ensemble moteur 12 de l'outil d'excavation 1'. Bien que, dans le mode de réalisation illustré, l'outil d'excavation mécanique soit du type fraise, il est également envisageable qu'il soit d'un autre type comportant un actionneur hydraulique, par exemple un outil d'excavation mécanique avec au moins une benne actionnée par au moins un vérin hydraulique.

[0041] L'outil d'excavation par impulsion électriques 1 et l'outil d'excavation 1' du type fraise sont donc rapidement interchangeables, en fonction des couches de terrain à excaver, par déconnexion de l'interface de montage 14 de l'un des deux outils d'excavation 1, 1' du châssis de support 34, et connexion subséquente de l'interface de montage 14 de l'autre des deux outils d'excavation 1, 1' au châssis de support 34.

[0042] Ainsi, on peut monter l'outil d'excavation par impulsions électriques 1 sous le châssis de support 34 pour procéder à excaver des couches rocheuses dures, comme illustré sur la figure 1A et procéder à le remplacer par l'outil d'excavation mécanique 1' pour l'excavation de couches plus meubles, comme illustré sur la figure 1B, et vice versa.

[0043] Quoique la présente invention ait été décrite en se référant à un exemple de réalisation spécifique, il est évident que des différentes modifications et changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.

55 Revendications

1. Système d'excavation comprenant un châssis de support (34), un circuit hydraulique avec une pompe,

- et un premier et un deuxième outils d'excavation, l'un desdits premier et deuxième outils d'excavation étant un outil d'excavation mécanique (1') comprenant un actionneur hydraulique et une interface de montage avec au moins un organe (22) de fixation mécanique et au moins un raccord hydraulique (20) en communication fluide avec ledit actionneur hydraulique, **caractérisé en ce que** l'autre desdits premier et deuxième outils d'excavation est un outil (1) d'excavation par impulsions électriques comprenant un générateur électrique (3) avec un arbre rotatif pour générer de l'électricité à partir de la rotation de l'arbre rotatif, un moteur hydraulique couplé audit arbre rotatif pour actionner la rotation de l'arbre rotatif, un module d'électronique de puissance (4), connecté électriquement au générateur électrique (3) pour être alimenté par le générateur électrique (3) afin de générer des impulsions électriques d'une puissance instantanée plus élevée que une puissance instantanée du générateur électrique (3), une pluralité d'électrodes (5a,5p), dont au moins une électrode (5a) connectée audit module électronique de puissance (4), disposées sur ladite face frontale, et une interface de montage (14) avec au moins un organe (22) de fixation mécanique et au moins un raccord hydraulique (20) en communication fluide avec ledit moteur hydraulique (2), et **en ce que** chacune des interfaces de montage des premier et deuxième outils d'excavation est apte au montage alternatif et libérable de l'outil d'excavation correspondant sous le châssis de support (34) du système d'excavation, avec le raccord hydraulique correspondant en communication fluide avec ledit circuit hydraulique de l'ensemble d'excavation,
2. Système d'excavation suivant la revendication 1, dans lequel le châssis de support comprend un dispositif d'inclinaison d'outil d'excavation autour d'au moins un axe.
 3. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications 1 ou 2, comprenant en outre une pompe d'aspiration de déblais.
 4. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, comprenant une potence (10) de laquelle le châssis de support (34) est suspendu par au moins un câble.
 5. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ledit outil d'excavation mécanique est un outil d'excavation du type fraise, comprenant un organe de fraisage couplé à l'actionneur hydraulique de l'outil d'excavation mécanique pour son actionnement.
 6. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite pluralité d'électrodes (5a,5p) comprend au moins une rampe de plusieurs électrodes (5a,5p) disposée en périphérie de ladite face frontale.
 7. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite pluralité d'électrodes (5a,5p) comprend au moins une électrode (5a,5p) disposée dans une zone centrale de ladite face frontale.
 8. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite pluralité d'électrodes (5a,5p) comprend au moins deux électrodes (5a) connectées au module électronique de puissance (4), et le module électronique de puissance (4) est configuré pour transmettre des impulsions électriques séparément à chacune d'au moins deux électrodes (5a) auxquelles le module électronique de puissance (4) est connecté.
 9. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant en outre un dispositif d'actionnement d'un mouvement d'au moins une électrode (5a,5p) de ladite pluralité d'électrodes (5a,5p), en particulier d'un mouvement présentant au moins une composante verticale et/ou une composante horizontale.
 10. Système d'excavation suivant la revendication 5, dans lequel ledit dispositif d'actionnement comprend au moins un actionneur linéaire.
 11. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'outil d'excavation par impulsions électriques (1) comprend en outre au moins une bouche (8) d'évacuation de déblais.
 12. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'outil d'excavation par impulsions électriques (1) comprend en outre un conduit (6) d'alimentation en fluide, débouchant sur au moins une buse (7) d'injection de fluide disposée sur une face frontale de l'outil d'excavation (1).
 13. Système d'excavation suivant la revendication 12, dans lequel ledit conduit (6) d'alimentation en fluide débouche sur une pluralité de buses d'injection de fluide (7) distribuées sur la face frontale de l'outil d'excavation (1).
 14. Système d'excavation suivant l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel ladite face frontale est allongée, par exemple rectangulaire, perpendiculairement à une direction d'excavation.
 15. Procédé d'utilisation d'un système d'excavation sui-

vant l'une quelconque des revendications 1 à 14 pour l'excavation d'une tranchée, comprenant les étapes suivantes :

montage du premier outil d'excavation sous le châssis de support ;
excavation d'une première couche de terrain avec le premier outil d'excavation ;
remplacement du premier outil d'excavation, sous le châssis de support (34), par le deuxième outil d'excavation ;
excavation d'une deuxième couche de terrain avec le deuxième outil d'excavation,

Patentansprüche

1. Aushubsystem, umfassend einen Tragrahmen (34), einen Hydraulikkreislauf mit einer Pumpe sowie ein erstes und ein zweites Aushubwerkzeug, wobei eines der ersten und zweiten Aushubwerkzeuge ein mechanisches Aushubwerkzeug (1') ist, das ein hydraulisches Stellglied und eine Montageschnittstelle mit mindestens einem mechanischen Befestigungselement (22) und mindestens einer Hydraulikverbindung (20) in Fluidverbindung mit dem hydraulischen Stellglied umfasst, **dadurch gekennzeichnet, dass** das andere der ersten und zweiten Aushubwerkzeuge ein Elektroimpuls-Aushubwerkzeug (1) ist, umfassend einen Stromgenerator (3) mit einer Drehwelle zum Erzeugen von Strom aus der Drehung der Drehwelle, einen mit der Drehwelle gekoppelten Hydraulikmotor zum Antreiben der Drehung der Drehwelle, ein elektronisches Leistungsmodul (4), das elektrisch mit dem Stromgenerator (3) verbunden ist, sodass es vom Stromgenerator (3) versorgt wird, um elektrische Impulse mit einer Momentanleistung zu erzeugen, die höher ist als eine Momentanleistung des Stromgenerators (3), eine Mehrzahl von auf der Vorderseite angeordneten Elektroden (5a, 5p), von denen mindestens eine Elektrode (5a) mit dem elektronischen Leistungsmodul (4) verbunden ist, und eine Montageschnittstelle (14) mit mindestens einem mechanischen Befestigungselement (22) und mindestens einer Hydraulikverbindung (20) in Fluidverbindung mit dem Hydraulikmotor (2), und dass jede der Montageschnittstellen der ersten und zweiten Aushubwerkzeuge für eine alternative Montage geeignet und vom entsprechenden Aushubwerkzeug unter dem Tragrahmen (34) des Aushubsystems lösbar ist, wobei die entsprechende Hydraulikverbindung in Fluidverbindung mit dem Hydraulikkreislauf der Aushubanordnung steht.
2. Aushubsystem nach Anspruch 1, wobei der Tragrahmen eine Vorrichtung zum Kippen des Aushubwerkzeugs um mindestens eine Achse umfasst.

3. Aushubsystem nach einem der Ansprüche 1 oder 2, ferner umfassend eine Saugpumpe für Aushubmaterial.
4. Aushubsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend einen Auslegerarm (10), an dem der Tragrahmen (34) an mindestens einem Seil aufgehängt ist.
5. Aushubsystem nach einem der obigen Ansprüche, wobei das mechanische Aushubwerkzeug ein Fräs-
werkzeug ist, umfassend ein Fräselement, das mit dem hydraulischen Stellglied des mechanischen Aushubwerkzeugs gekoppelt ist, um es zu betätigen.
6. Aushubsystem nach einem der obigen Ansprüche, wobei die Mehrzahl von Elektroden (5a, 5p) mindestens eine Rampe aus mehreren Elektroden (5a, 5p) umfasst, die am Umfang der Vorderseite angeordnet ist.
7. Aushubsystem nach einem der obigen Ansprüche, wobei die Mehrzahl von Elektroden (5a, 5p) mindestens eine Elektrode (5a, 5p) umfasst, die in einem zentralen Bereich der Vorderseite angeordnet ist.
8. Aushubsystem nach einem der obigen Ansprüche, wobei die Mehrzahl von Elektroden (5a, 5p) mindestens zwei Elektroden (5a) umfasst, die mit dem elektronischen Leistungsmodul (4) verbunden sind, und das elektronische Leistungsmodul (4) dazu ausgelegt ist, elektrische Impulse separat zu jeder der mindestens zwei Elektroden (5a) zu übertragen, mit denen das elektronische Leistungsmodul (4) verbunden ist.
9. Aushubsystem nach einem der obigen Ansprüche, ferner umfassend eine Vorrichtung zum Auslösen einer Bewegung von mindestens einer Elektrode (5a, 5p) aus der Mehrzahl der Elektroden (5a, 5p), insbesondere einer Bewegung mit mindestens einer vertikalen und/oder einer horizontalen Komponente.
10. Aushubsystem nach Anspruch 5, wobei die Auslösevorrichtung mindestens ein lineares Stellglied umfasst.
11. Aushubsystem nach einem der obigen Ansprüche, wobei das Elektroimpuls-Aushubwerkzeug (1) ferner mindestens einen Auslass (8) zum Entfernen des Aushubmaterials umfasst.
12. Aushubsystem nach einem der obigen Ansprüche, wobei das Elektroimpuls-Aushubwerkzeug (1) ferner eine Fluidzufuhrleitung (6) umfasst, die zu mindestens einer Fluideinspritzdüse (7) führt, die auf einer Vorderseite des Aushubwerkzeugs (1) angeordnet ist.

13. Aushubsystem nach Anspruch 12, wobei die Fluidzufuhrleitung (6) zu einer Mehrzahl von Fluideinspritzdüsen (7) führt, die auf der Vorderseite des Aushubwerkzeugs (1) verteilt sind.
14. Aushubsystem nach einem der obigen Ansprüche, wobei die Vorderseite senkrecht zu einer Aushubrichtung verlängert ist, beispielsweise rechteckig.
15. Verfahren zum Verwenden eines Aushubsystems nach einem der Ansprüche 1 bis 14 für das Ausheben eines Grabens, umfassend die folgenden Schritte:

Montieren des ersten Aushubwerkzeugs unter dem Tragrahmen,
 Ausheben einer ersten Bodenschicht mit dem ersten Aushubwerkzeug,
 Ersetzen des ersten Aushubwerkzeugs unter dem Tragrahmen (34) durch das zweite Aushubwerkzeug,
 Ausheben einer zweiten Bodenschicht mit dem zweiten Aushubwerkzeug.

Claims

1. An excavation system comprising a support frame (34), a hydraulic circuit with a pump, and first and second excavation tools, one of said first and second excavation tools being a mechanical excavation tool (1') having a hydraulic actuator and a mounting interface with at least one mechanical fastener member (22) and at least one hydraulic coupling (20) in fluid flow communication with said hydraulic actuator, the system being **characterized in that** the other one of said first and second excavation tools is a tool (1) for excavation by electric pulses, comprising an electricity generator (3) with a rotary shaft for generating electricity from rotation of the rotary shaft, a hydraulic motor coupled to said rotary shaft to drive rotation of the rotary shaft, and an electronic power module (4) electrically connected to the electricity generator (3) in order to be powered by the electricity generator (3) so as to generate electric pulses of instantaneous power that is higher than an instantaneous power of the electricity generator (3), a plurality of electrodes (5a, 5p) including at least one electrode (5a) connected to said electronic power module (4), the electrodes being arranged on said front face, and a mounting interface (14) with at least one mechanical fastener member (22) and at least one hydraulic coupling (20) in fluid flow communication with said hydraulic motor (2), and **in that** each of the mounting interfaces of the first and second excavation tools is suitable for releasably and alternatively mounting the corresponding excavation tool under the support frame (34) of the excavation system, with the corresponding hydraulic coupling in fluid flow communication with said hydraulic circuit of the excavation assembly.
2. An excavation system according to claim 1, wherein the support frame includes a device for tilting the excavation tool about at least one axis.
3. An excavation system according to claim 1 or claim 2, further including a spoil suction pump.
4. An excavation system according to any one of claims 1 to 3, including a jib (10) from which the support frame (34) is suspended by at least one cable.
5. An excavation system according to any preceding claim wherein said mechanical excavation tool is a cutter type excavation tool comprising a cutter member coupled to the hydraulic actuator of the mechanical excavation tool in order to be actuated.
6. An excavation system according to any preceding claim wherein said plurality of electrodes (5a, 5p) comprises at least one row of a plurality of electrodes (5a, 5p) arranged at the periphery of said front face.
7. An excavation system according to any preceding claim wherein said plurality of electrodes (5a, 5p) comprises at least one electrode (5a, 5p) arranged in a central zone of said front face.
8. An excavation system according to any preceding claim wherein said plurality of electrodes (5a, 5p) comprises at least two electrodes (5a) connected to the electronic power module (4), and the electronic power module (4) is configured to transmit electric pulses separately to each of the at least two electrodes (5a) to which the electronic power module (4) is connected.
9. An excavation system according to any preceding claim further comprising an actuator device for driving movement of at least one electrode (5a, 5p) of said plurality of electrodes (5a, 5p), in particular with movement presenting at least a vertical component and/or a horizontal component.
10. An excavation system according to claim 5, wherein said actuator device comprises at least one linear actuator.
11. An excavation system according to any preceding claim wherein the tool (1) for excavation by electric pulses further includes at least one spoil-removal inlet (8).
12. An excavation system according to any preceding claim wherein the tool (1) for excavation by electric

pulses further comprises a fluid feed duct (6) leading to at least one fluid injection nozzle (7) arranged on a front face of the excavation tool (1).

13. An excavation system according to claim 12, wherein said fluid feed duct (6) leads to a plurality of fluid injection nozzles (7) distributed over the front face of the excavation tool (1). 5
14. An excavation system according to any preceding claim wherein said front face is elongate, e.g. rectangular, perpendicularly to an excavation direction. 10
15. A method of using an excavation system according to any one of claims 1 to 14 for excavating a trench, the method comprising the following steps: 15
 - mounting the first excavation tool under the support frame;
 - excavating a first layer of ground with the first excavation tool; 20
 - replacing the first excavation tool under the support frame (34) with the second excavation tool; and
 - excavating a second layer of ground with the second excavation tool. 25

30

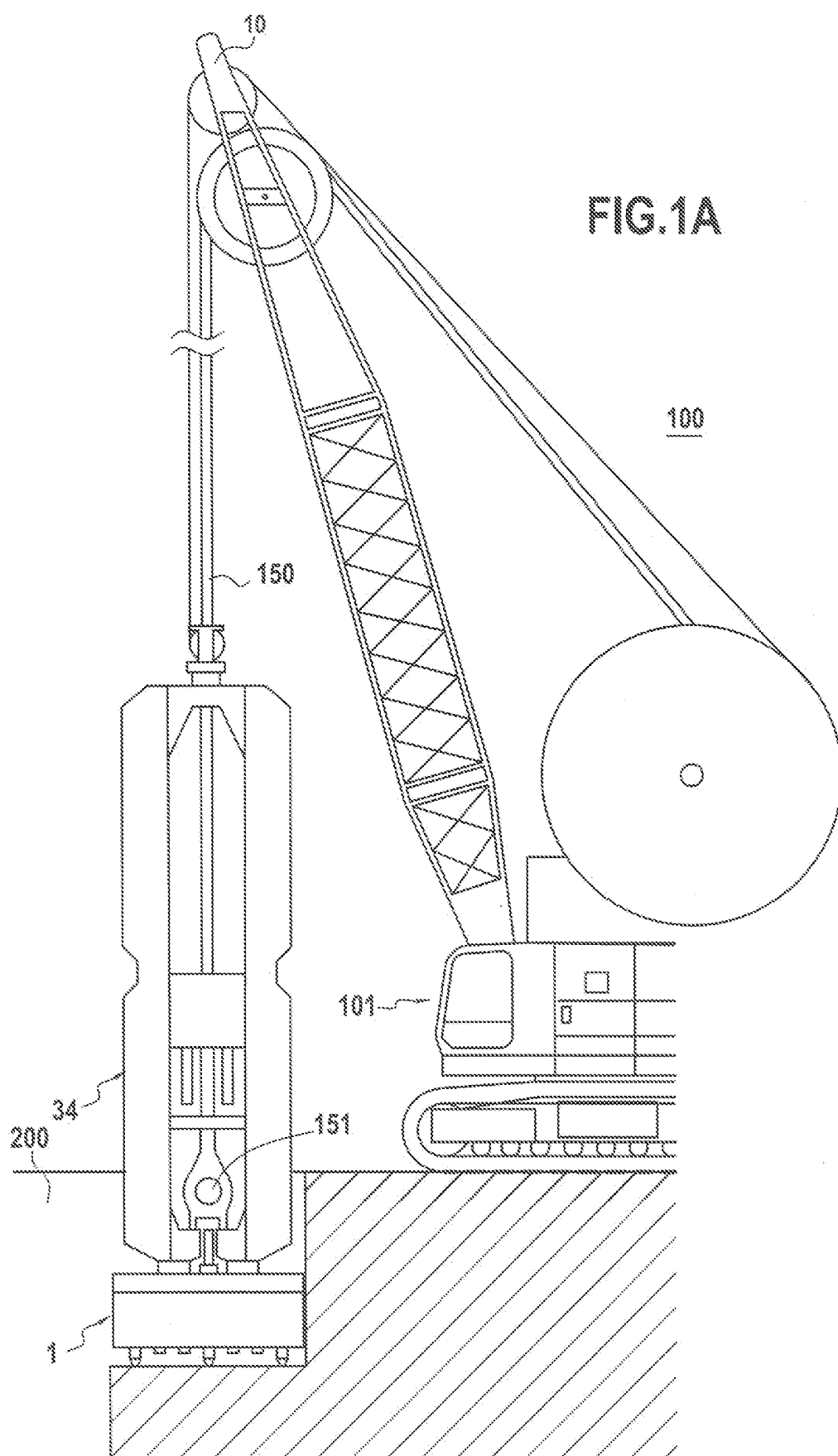
35

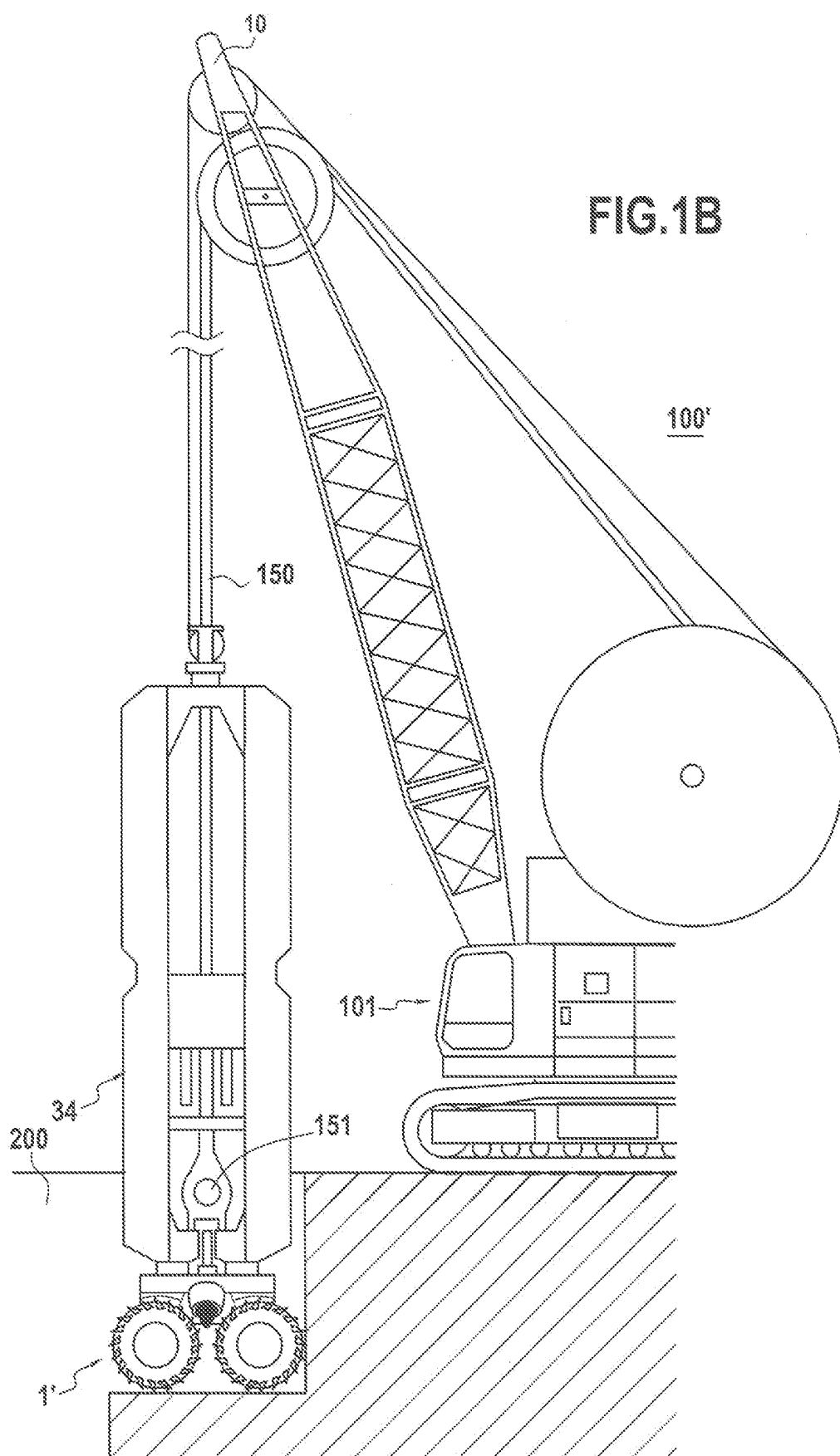
40

45

50

55





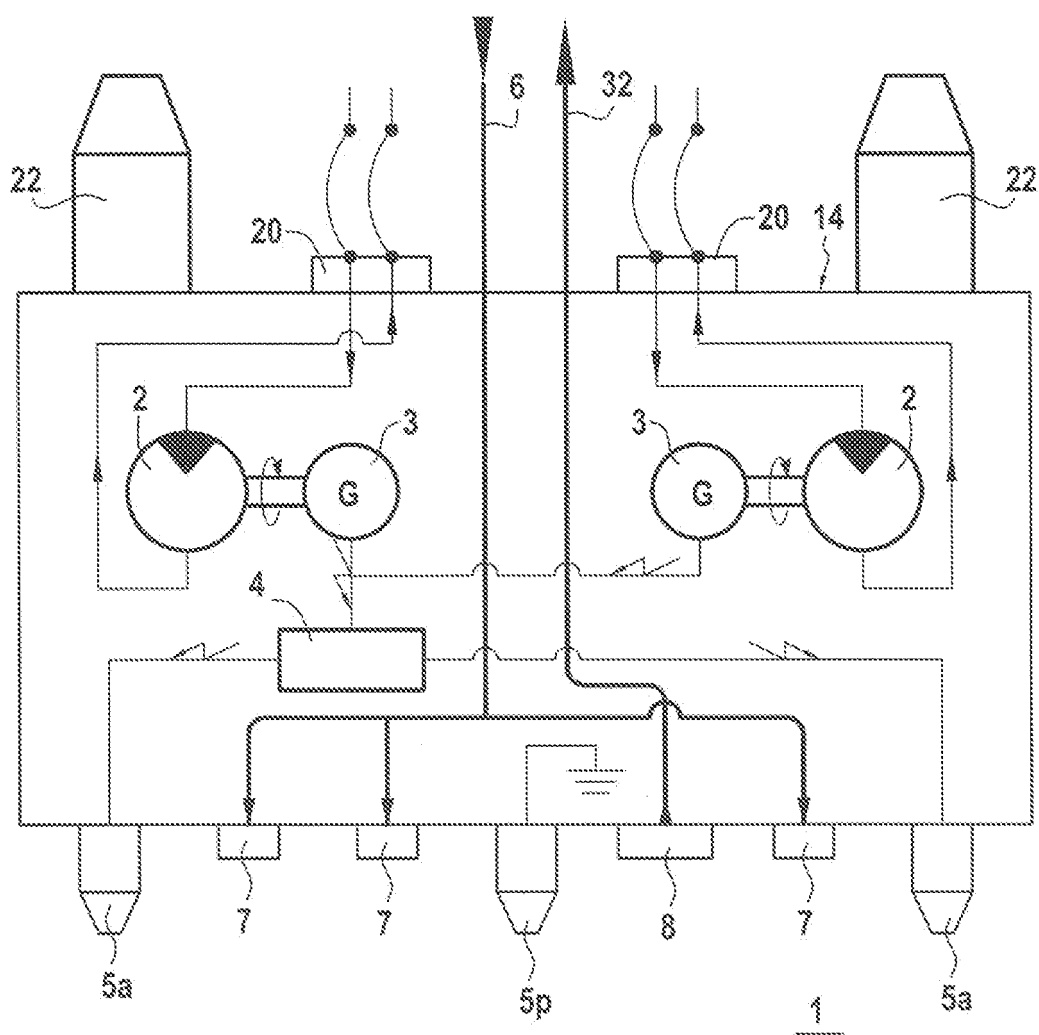


FIG.2

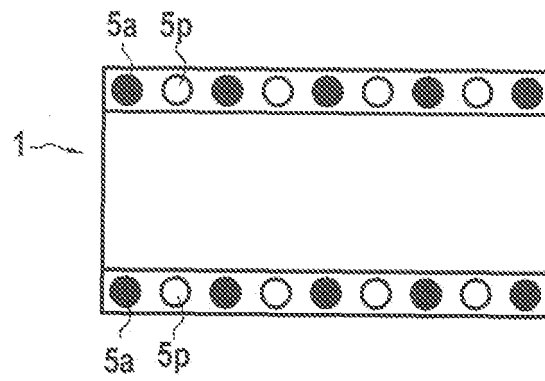


FIG. 3A

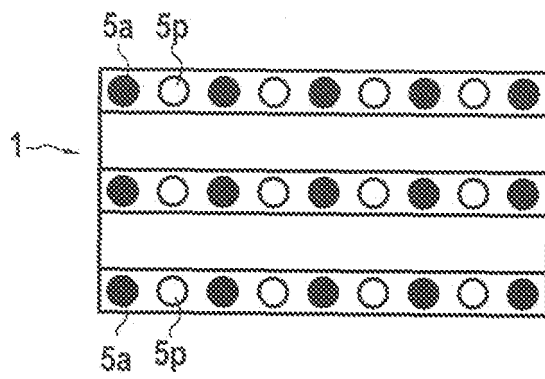


FIG. 3B

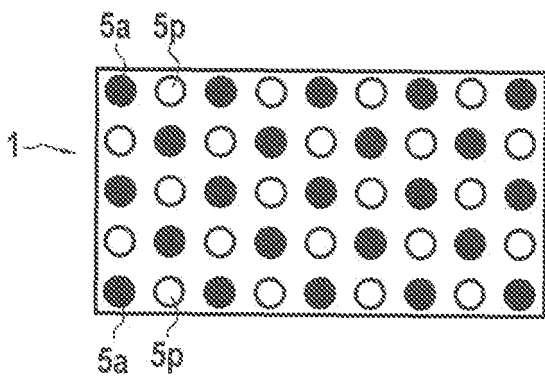


FIG. 3C

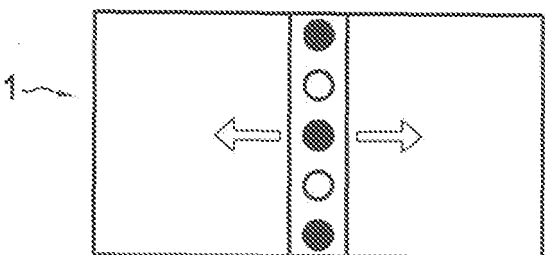


FIG. 3D

FIG.4

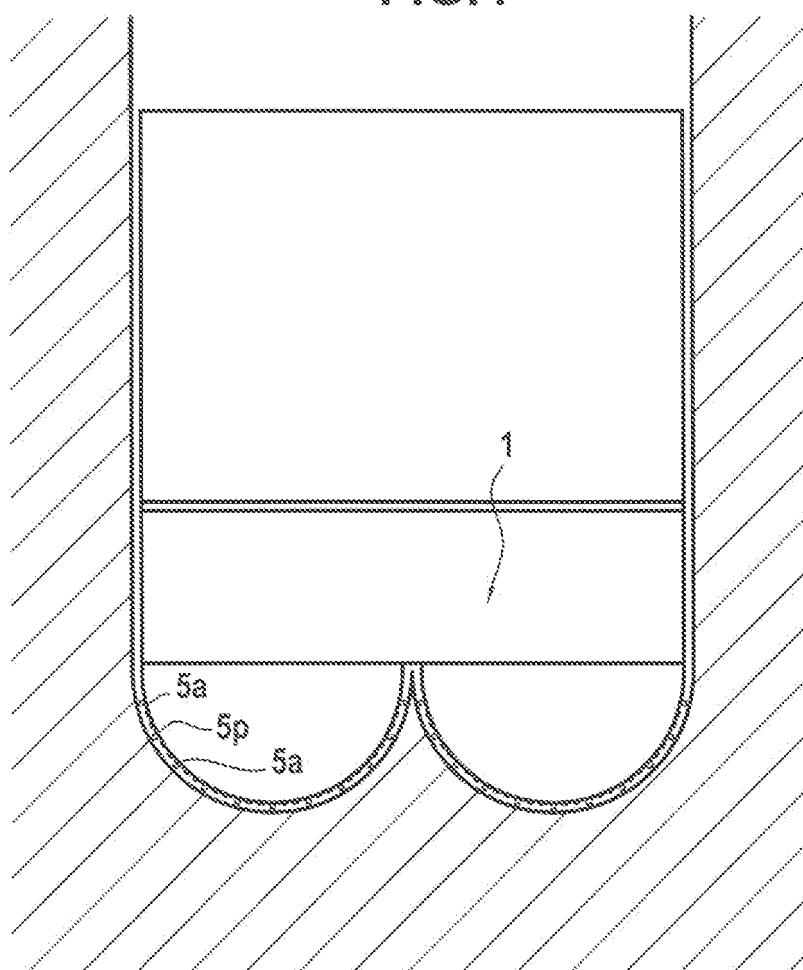


FIG.5B

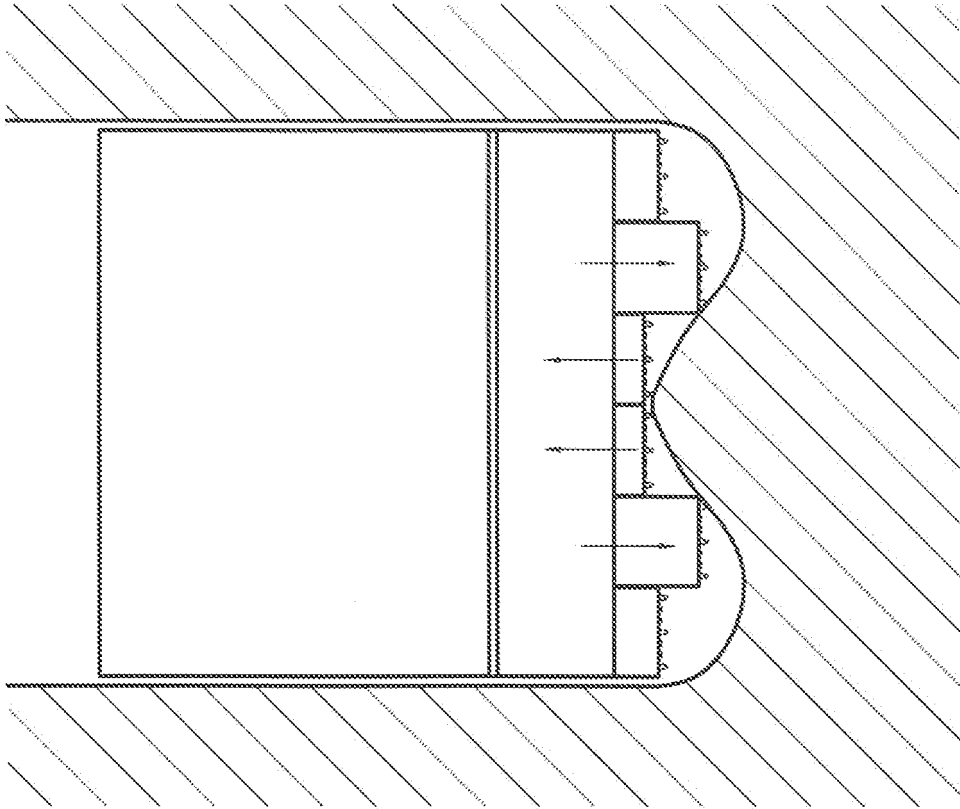


FIG.5A

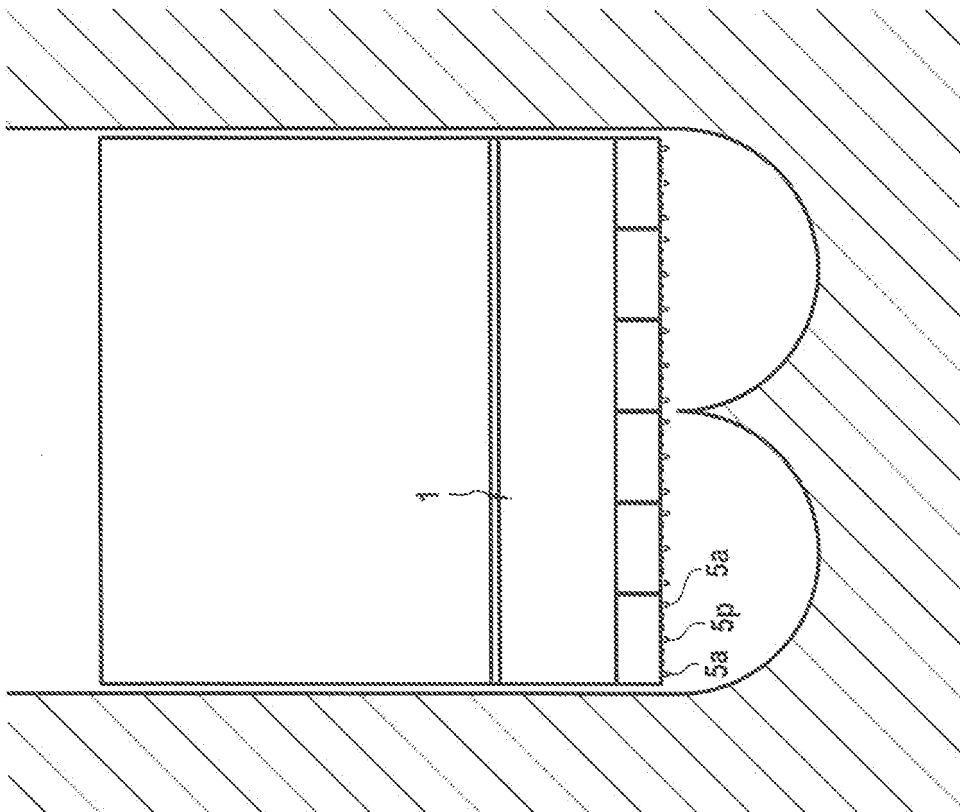
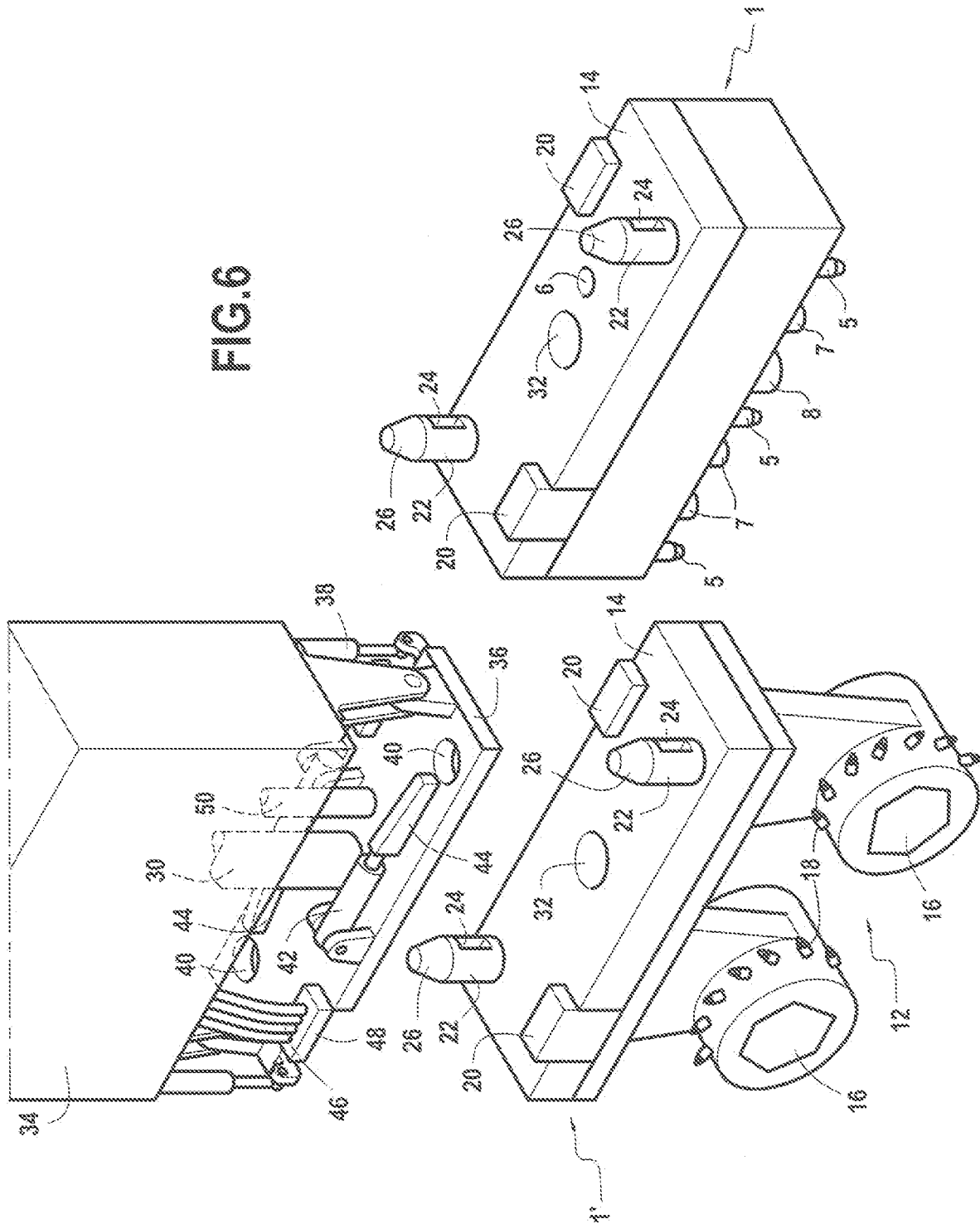


FIG. 6



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

- EP 1486620 A1 [0002]
- US 20030137182 A [0003]
- EP 1474587 A [0003]
- GB 2420358 A [0005]
- US 20100000790 A [0005]
- DE 202006018980 U1 [0005]
- EP 1486620 A [0029]