

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 225 299 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
08.11.2006 Bulletin 2006/45

(51) Int Cl.:
E21B 7/06 (2006.01) E21B 7/18 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **02290126.8**

(22) Date de dépôt: **18.01.2002**

(54) **Outil de forage à jet de liquide sous pression**

Bohrwerkzeug mit Hochdruckflüssigkeitsstrahlvorrichtung

High pressure fluid jet drilling tool

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(30) Priorité: **22.01.2001 FR 0100799**

(43) Date de publication de la demande:
24.07.2002 Bulletin 2002/30

(73) Titulaire: **COMPAGNIE DU SOL
92000 Nanterre (FR)**

(72) Inventeur: **Gessay, Jean-Claude,
c/o Compagnie du Sol
92000 Nanterre (FR)**

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

(56) Documents cités:
**GB-A- 2 284 837 US-A- 3 488 765
US-A- 3 599 733 US-A- 4 637 479
US-A- 4 790 394 US-A- 5 941 322**

EP 1 225 299 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention a pour objet un ensemble de forage à jet de liquide sous pression qui permet la réalisation de forage dévié.

[0002] La technique dite de "jet grouting" consiste à réaliser des colonnes de béton de sol en utilisant un fluide envoyé à haute pression pour déstructurer le terrain. Cette opération de déstructuration est réalisée à partir d'un forage mécanique matérialisant l'axe de la colonne qui sera ainsi obtenue. La position et notamment la verticalité de ces colonnes sont très importantes pour la qualité de l'ouvrage final en particulier lorsque celui-ci doit avoir une fonction d'étanchéité. Par exemple, pour obtenir une bonne continuité d'un voile résultant de la juxtaposition de colonnes ou celle d'un massif, il faut positionner de façon très précise les axes de toutes les colonnes constituant cet ouvrage. Pour corriger des erreurs de positionnement et notamment de verticalité, on utilise des techniques de forage dirigé afin de corriger les déviations de l'axe du forage en cours de réalisation.

[0003] La technique de forage dirigé s'appuie sur deux systèmes : d'une part la détection de la position du forage et d'autre part la possibilité de faire dévier ce forage dans la direction souhaitée afin de corriger l'erreur de verticalité ou, plus généralement, l'erreur de direction.

[0004] Les techniques couramment utilisées dans les terrains durs, c'est-à-dire essentiellement dans le domaine des forages pétroliers, sont basées sur trois principes :

- l'insertion d'un coude dans la ligne d'outil ;
- l'utilisation de déflecteurs commandés qui créent un effort latéral sur l'outil ; et
- le changement de l'incidence de l'outil, par exemple en faisant fléchir son axe.

[0005] Ces trois techniques sont associées à la rotation continue de l'outil de forage entraîné soit par un moteur de fond, soit directement par la tête de forage via le train de tiges. L'outil de forage est uniquement équipé d'organes mécaniques de coupe. La mise en circulation d'un liquide ou boue de forage a uniquement pour but de lubrifier les organes mécaniques de coupe et de permettre la remontée des débris de sol arrachés.

[0006] Dans les terrains de couverture, d'autres techniques de forage dévié sont utilisées. Elles sont basées sur le fonçage d'une palette inclinée dont est équipé l'outil, ce fonçage étant quelquefois assisté par un jet de fluide de forage. Pour effectuer la déviation, la rotation du train de tiges à l'extrémité duquel est monté l'outil doit être arrêtée et après orientation, l'outil est foncé dans le terrain sur quelques centimètres avant de reprendre sa rotation. Cette opération est répétée plusieurs fois jusqu'à ce que l'on obtienne une déviation significative capable de corriger l'erreur de direction. Pour forer de façon normale, l'outil est mis en rotation continue.

[0007] Dans le cas des forages utilisés pour la cons-

truction de colonnes par "jet grouting", ceux-ci sont obligatoirement situés dans des terrains qui peuvent être détruits par un jet sous haute pression, c'est-à-dire des terrains relativement meubles.

[0008] Une technique de forage utilisée dans les terrains alluvionnaires peu cohérents consiste à déstructurer le sol par un jet de fluide sous pression dirigé vers l'avant de l'outil. Cette technique s'appelle le lançage. Elle est très utilisée dans les terrains sableux peu compacts. L'inconvénient de ce principe de forage est qu'il ne fonctionne pas dès qu'il rencontre un obstacle un peu plus dur.

[0009] Un objet de l'invention est de fournir un ensemble de forage dans le sol par injection de fluide sous pression qui permet, dans certaines phases de forage, de réaliser un forage dirigé afin de corriger une erreur de direction du forage.

[0010] L'état de la technique le plus proche est représenté par chacun des documents US-A-3488765, GB-A-2284837, US-A-4637479, US-A-3599733

[0011] Pour atteindre ce but, l'ensemble de forage dans le sol par injection de fluide sous pression comprend :

- une pluralité de tiges de forage raccordées entre elles et comportant des moyens formant conduite pour un fluide sous pression, lesdites tiges formant un train de tiges ;
- une tête de forage pour commander la mise en rotation dans un sens et dans l'autre et la translation verticale dudit train de tiges ;
- un outil de forage fixé à l'extrémité inférieure dudit train de tiges, ledit outil ayant un corps présentant un axe longitudinal prolongeant l'axe du train de tiges, une extrémité inférieure munie de n organes de coupe ($n > 1$) et des moyens pour créer un jet de fluide sous pression pour désagréger le sol, des moyens de raccordement des moyens formant conduite aux moyens de création de jet et des moyens pour donner audit jet une distribution moyenne non symétrique par rapport audit axe longitudinal dudit outil ; et
- des moyens pour alimenter lesdits moyens formant conduite sous une pression suffisante pour que le jet produit réalise effectivement une désagrégation du sol.

caractérisé en ce que durant les phases de déviation la rotation du train de tiges peut être commandée de telle manière qu'on obtient une rotation alternée dans un sens et dans l'autre d'un angle au moins égal à $360/n$ degrés et inférieur à 360 degrés.

[0012] Dans le présent texte, par moyens pour créer un jet de fluide sous pression, il faut entendre des moyens qui permettent de créer à l'extrémité inférieure de l'outil de forage une sortie de fluide sous pression, pouvant consister effectivement en un seul jet ou en une pluralité de jets.

[0013] En outre, l'outil de forage pouvant être animé d'un mouvement de rotation continu ou alterné autour de son axe longitudinal, par distribution moyenne non symétrique par rapport à l'axe longitudinal, on entend non seulement la distribution du jet à l'état statique (en l'absence de rotation) mais également dynamique, c'est-à-dire l'ensemble des positions du ou des jets lors d'une période de rotation de l'outil autour de son axe.

[0014] Selon un premier mode de mise en oeuvre, l'outil se caractérise en ce que les moyens pour créer un jet de fluide sous pression comprennent q buses d'injection réparties symétriquement par rapport à l'axe longitudinal dudit outil et en ce qu'il comprend des moyens pour commander temporairement l'interruption de l'alimentation de certaines desdites buses de telle manière que lesdites r buses alimentées présentent une distribution non symétrique par rapport à l'axe longitudinal dudit outil.

[0015] On comprend que, dans ce premier mode de mise en oeuvre, en dehors des phases de déviation, le jet de fluide sous pression présente une distribution symétrique par rapport à l'axe de l'outil et le jet est modifié temporairement dans les phases de déviation pour introduire une dissymétrie dans la direction souhaitée.

[0016] Selon un deuxième mode de mise en oeuvre, l'outil de forage directionnel se caractérise en ce que lesdits moyens de création du jet de fluide sous pression comprennent q buses d'injection sous pression, lesdites q buses étant réparties non symétriquement par rapport à l'axe longitudinal dudit outil, et il comprend des moyens pour alimenter simultanément lesdites buses.

[0017] Dans ce deuxième mode de mise en oeuvre, le jet de fluide sous pression est dissymétrique par rapport à l'axe du corps de l'outil en permanence et, dans les phases de déviation, on obtient donc la déviation. En revanche, en dehors des phases de déviation, l'outil est commandé en rotation continue pour rendre la distribution moyenne du jet de fluide sous pression symétrique sur une période de rotation de l'outil.

[0018] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit de plusieurs modes de réalisation de l'invention donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux figures annexées sur lesquelles :

- la figure 1 est une vue en élévation d'un ensemble de forage par jet sous pression ;
- la figure 2A est une vue en coupe longitudinale d'un outil de forage selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2B est une vue de face de l'outil de la figure 2A ;
- la figure 3A est une vue de face d'un outil de forage selon un deuxième mode de réalisation ; et
- la figure 3B est une vue de côté de l'outil de la figure 3A montrant l'effet de déviation.

[0019] Sur la figure 1, on a représenté un ensemble

de forage comportant une plate-forme 10 montée de préférence sur des chenilles 14 ou tout autre système de déplacement. Sur la plate-forme 10 est articulé un mât de guidage 16 servant à guider en translation un chariot 18. Le chariot 18 supporte une tête de forage 20 pour la mise en rotation et le déplacement en translation d'un train de tiges de forage 22 à l'extrémité inférieure 22a duquel est monté l'outil de forage 24. L'outil de forage 24 est du type capable de créer des jets de fluide sous pression.

[0020] L'alimentation sous pression est réalisée par une source de fluide sous pression 26, de préférence un liquide, qui alimente une conduite non représentée disposée à l'intérieur des tiges de forage 2, cette conduite pouvant être constituée par les tiges elles-mêmes et raccordée à celle-ci par un tube flexible 28 et un joint tournant 30. Le contrôle des déplacements verticaux de la tête de forage 20 est assuré par exemple par un système de câble 32 ou de chaîne, entraîné par un moteur non représenté, alors que la mise en rotation du train de tiges est réalisée par exemple par un moteur 34.

[0021] En se référant tout d'abord aux figures 2A et 2B, on va décrire un premier mode de réalisation de l'outil de forage qui porte la référence 24a. Cet outil comprend un corps 40 qui présente une extrémité inférieure 42 sur laquelle sont montés des organes de coupe tels que 44 de type classique. Dans la face inférieure 42 sont également prévues des buses telles que 46 capables de créer un jet de liquide sous pression dirigé sensiblement selon l'axe longitudinal X-X' du corps 40 de l'outil. Le corps 40 de l'outil comporte une deuxième extrémité 48 munie d'un filetage 50 de raccordement au train de tiges 22. On a représenté également dans le train de tiges 22 une conduite d'alimentation en liquide sous pression 52. Cette conduite 52 est raccordée à des passages tels que 54 aménagés dans le corps de l'outil pour alimenter les buses 46. Comme le montre la figure 2A, la buse 46a est équipée d'un interrupteur commandable 56. Sur la figure 2B, on a représenté quatre outils mécaniques de coupe tels que 44 et quatre buses d'injection 46a, 46b, 46c et 46d. Ces buses sont disposées à 90° les unes par rapport aux autres. Plus généralement, ces buses dont le nombre peut être différent de 4 sont disposées globalement symétriquement par rapport à l'axe X-X' de l'outil.

[0022] On comprend que, lorsque les buses sont alimentées en liquide sous pression, les buses 46b, 46c et 46d créent en permanence un jet localisé de liquide alors que la buse 46a crée un tel jet ou ne crée aucun jet selon l'état de l'interrupteur 56. L'interrupteur 56 peut par exemple être commandé par un système bistable dont l'état dépend de l'application d'une surpression temporaire.

[0023] On comprend que, lorsque l'outil 24a n'est pas entraîné en rotation et que la buse 46a est obturée, le jet global de liquide sous pression créé par les buses 46b, 46c et 46d est dissymétrique et va permettre la déviation de la trajectoire de l'outil dans le sol. Au contraire, si la buse 46a est alimentée, le jet global est symétrique

et aucune déviation n'intervient.

[0024] Il est possible lors de la phase de déviation de combiner l'effet des jets sous pression et l'action mécanique des organes de coupe 44 pour obtenir le forage. Pour maintenir l'effet de déviation, il suffit de provoquer la rotation alternée de l'outil d'un angle égal à 90° par exemple, ce qui n'altère pas la dissymétrie du jet, mais permet l'action des différents outils de coupe sur 360° degrés. Plus généralement, si l'outil comporte n organes de coupe 40, la rotation alternée sera d'un angle au moins égal à $360/n$ degrés et inférieur à 360 degrés pour maintenir la dissymétrie moyenne des jets produits par les buses. Le moteur 34 de la tête de forage devra être commandé en conséquence.

[0025] Dans le mode de réalisation représenté sur les figures 3A et 3B, l'outil de forage qui porte la référence 24b comprend trois organes de coupe 60 et trois buses d'injection de liquide sous pression 62a, 62b et 62c. Les buses d'injection 62a et 62c sont obturées en permanence alors que la buse 62b est ouverte en permanence. Il serait également possible de prévoir un outil ne comportant qu'une seule buse. On comprend qu'ainsi lorsque l'outil de forage est alimenté en fluide sous pression, le jet global résultant est, à l'état statique, c'est-à-dire en l'absence de rotation de l'outil, dissymétrique par rapport à l'axe X-X' de l'outil de forage. On peut ainsi provoquer la déviation de l'outil comme le montre la figure 3B. Pour permettre l'action des différents organes de coupe 60, on peut donner à l'outil un mouvement de rotation alterné F d'un angle égal à 120° . En effet, cette rotation permet l'action des organes de coupe sur 360° mais n'altère pas la dissymétrie moyenne du jet de liquide sous pression globale produit par la buse 62b. Plus généralement, si l'outil comporte n organes de coupe 40, la rotation alternée devra correspondre à un angle au moins égal à $360/n$ degrés pour assurer une coupe sur 360° degrés. L'angle de rotation alterné doit respecter la condition de distribution moyenne dissymétrique du jet (ou des jets) de liquide sous pression. Cet angle est donc nécessairement inférieur à 360 degrés.

[0026] En revanche, en dehors des phases de déviation de l'outil, on peut imprimer à celui-ci un mouvement de rotation continu commandé par la tête de forage 20. En effet, en moyenne, le jet unique produit par la buse 62b occupe toutes les positions angulaires par rapport à l'axe X-X' sur une rotation complète. On peut également provoquer des rotations alternées de l'outil de plus ou moins 360 degrés.

[0027] Bien entendu le nombre de buses actives d'injection du liquide de forage pourrait être différent de un.

[0028] Il suffit que le nombre de buses actives et leur disposition angulaire par rapport à l'axe longitudinal de l'outil fasse que les jets soient dissymétriques par rapport à cet axe.

Revendications

1. Ensemble de forage dans le sol par injection de fluide sous pression comprenant :

- une pluralité de tiges de forage (22) raccordées entre elles et comportant des moyens formant conduite pour un fluide sous pression (28, 30), lesdites tiges formant un train de tiges ;
- une tête de forage (20) pour commander la mise en rotation et la translation verticale dudit train de tiges ;
- un outil de forage (24) fixé à l'extrémité inférieure dudit train de tiges, ledit outil ayant un corps (40) présentant un axe longitudinal prolongeant l'axe du train de tiges, une extrémité inférieure (42) munie de n organes de coupe ($n > 1$) et des moyens par buses pour créer un jet de fluide sous pression pour désagréger le sol, des moyens de raccordement des moyens formant conduite aux moyens par buses de création de jet et des moyens pour donner audit jet une distribution moyenne non symétrique par rapport audit axe longitudinal dudit outil ; et
- des moyens pour alimenter lesdits moyens formant conduite sous une pression suffisante pour que le jet produit réalise effectivement une désagrégation du sol, **caractérisé en ce que** durant les phases de déviation la rotation du train de tiges peut être commandée de telle manière qu'on obtient une rotation alternée dans un sens et dans l'autre d'un angle au moins égal à $360/n$ degrés et inférieur à 360 degrés.

2. Ensemble de forage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens par buses pour créer un jet de fluide sous pression comprennent q buses d'injection (46) réparties globalement symétriquement par rapport à l'axe longitudinal dudit outil et **en ce qu'il** comprend des moyens (56) pour commander temporairement l'interruption de l'alimentation de certaines desdites buses de telle manière que lesdites r buses alimentées produiront une distribution non symétrique par rapport à l'axe longitudinal dudit outil.

3. Ensemble de forage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** lesdits moyens par buses de création du jet de fluide sous pression comprennent q buses d'injection (62) sous pression, lesdites q buses étant réparties globalement non symétriquement par rapport à l'axe longitudinal dudit outil, et **en ce qu'il** comprend des moyens pour alimenter simultanément lesdites buses.

4. Ensemble de forage dans le sol par injection de fluide sous pression selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** ledit outil de forage (24a) comporte n or-

ganes de coupe (44) et **en ce que**, durant les phases de déviation, seulement r desdites buses ($r \leq n$) sont alimentées en fluide sous pression.

5. Ensemble de forage dans le sol par injection de fluide sous pression selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** ledit outil de forage comprend n organes de coupe (60) avec $n \geq q$ et **en ce que** la tête de forage est commandée pour provoquer la rotation continue dans un même sens, ou des rotations alternées de plus ou moins 360 degrés du train de tiges pendant les phases de forage sans déviation.

Claims

1. An assembly for boring in the ground by injecting fluid under pressure, the assembly comprising:

a plurality of interconnected boring rods (22) including means forming a pipe for a fluid under pressure (28, 30), said rods forming a bore string;

· a boring head (20) for controlling the movement of said bore string in rotation and in vertical translation;

· a boring tool (24) fixed to the bottom end of said bore string, said tool having a body (40) presenting a longitudinal axis extending the axis of the bore string, a bottom end (42) provided with n cutting members and nozzle means for creating a jet of fluid under pressure to break up the ground, means for coupling the pipe-forming means to the jet-creation nozzle means, and means for imparting a mean distribution to said jet that is not symmetrical about said longitudinal axis of said tool; and

means for feeding said pipe-forming means under a pressure that is sufficient for the jet that is produced actually to break up the ground, the assembly being **characterised in that** during deflection stages, the rotation of the bore string may be controlled so as to cause it to rotate in alternation in one direction and in the other through an angle of not less than $360/n$ degrees and less than 360° .

2. A boring assembly according to claim 1, **characterised in that** the nozzle means for creating a jet of fluid under pressure comprise q injection nozzles (46) distributed generally symmetrically about the longitudinal axis of said tool, and **in that** it includes means (56) for causing the feed to some of said nozzles to be interrupted temporarily in such a manner that said r nozzles that are being fed produce a distribution that is not symmetrical about the longitudinal axis of said tool.

3. A boring assembly according to claim 1, **characterised in that** said nozzle means for creating a jet of fluid under pressure comprise q nozzles (62) for injection under pressure, said q nozzles being distributed in generally asymmetrical manner about the longitudinal axis of said tool, and **in that** the assembly comprises means for feeding said nozzles simultaneously.

4. An assembly according to claim 2 for boring in the ground by injecting a fluid under pressure, the assembly being **characterised in that** said boring tool (24a) has n cutting members (44), and **in that** during deflection stages, only r of said nozzles, where $r \leq n$, are fed with fluid under pressure.

5. An assembly according to claim 3 for boring in the ground by injecting fluid under pressure, the assembly being **characterised in that** said boring tool comprises n cutting members (60) where $n \geq q$, and **in that** the boring head is controlled to cause the bore string to rotate continuously in a single direction or to rotate in alternation through plus or minus 360° during stages of boring without deflection.

Patentansprüche

1. Anordnung zum Bohren im Boden durch Injektion von Hochdruckflüssigkeit, umfassend:

- mehrere miteinander verbundene Bohrstan-
gen (22) mit Mitteln, die eine Leitung für eine
Hochdruckflüssigkeit (28, 30) bilden, wobei die
Stangen einen Stangenzug bilden;

- einen Bohrkopf (20) zum Steuern des Inbe-
triebsetzens der Rotation und der vertikalen
Translation des Stangenzuges;

- ein am unteren Ende des Stangenzuges befe-
stigtes Bohrwerkzeug (24), wobei das Werk-
zeug einen Körper (40) mit einer Längsachse,
die die Achse des Stangenzuges verlängert, ein
unteres Ende (42), das mit n Schneidelementen
($n > 1$) und Mitteln mit Düsen, um einen Hoch-
druckstrahl zur Bodenlockerung auszubilden,
ausgestattet ist, Verbindungsmittel, die eine Lei-
tung mit den Mitteln mit Düsen zur Strahlerzeu-
gung bilden, und Mittel, um dem Strahl eine mitt-
lere Verteilung zu geben, die bezüglich der
Längsachse des Werkzeugs nicht symmetrisch
ist, aufweist; und

- Mittel zum Speisen der eine Leitung ausbilden-
den Mittel unter einem so ausreichenden Druck,
dass der produzierte Strahl effektiv eine Locke-
rung des Bodens herstellt, **dadurch gekenn-
zeichnet, dass** während der Umlenkungspha-
sen die Rotation des Stangenzuges so gesteu-
ert werden kann, dass man eine Rotation erhält,

die zwischen einer Richtung und einer anderen mit einem Winkel alterniert, der wenigstens $360/n$ Grad beträgt und kleiner als 360 Grad ist.

2. Bohranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel mit Düsen zur Erzeugung eines Hochdruckflüssigkeitstrahls q Injektionsdüsen (46) umfassen, die im Gesamten symmetrisch bezüglich der Längsachse des Werkzeugs verteilt sind und dass sie Mittel (56) zur zeitweisen Steuerung der Unterbrechung der Speisung von einigen der Düsen aufweist, derart dass die r gespeisten Düsen eine Verteilung schaffen, die nicht symmetrisch bezüglich der Längsachse des Werkzeugs ist.

5
10
15

3. Bohranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel mit Düsen zur Erzeugung des Hochdruckflüssigkeitstrahls q Hochdruckinjektionsdüsen (62) umfassen, wobei die q Düsen im Gesamten nicht symmetrisch bezüglich der Längsachse des Werkzeugs verteilt sind und dass sie Mittel zum gleichzeitigen Speisen der Düsen aufweist.

20
25

4. Anordnung zum Bohren im Boden durch Injektion von Hochdruckflüssigkeit nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bohrwerkzeug (24a) n Schneidelemente (44) aufweist, und dass, während der Umlenkungsphasen, nur r der Düsen ($r \leq n$) mit Hochdruckflüssigkeit gespeist werden.

30

5. Anordnung zum Bohren im Boden durch Injektion von Hochdruckflüssigkeit nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Bohrwerkzeug (24a) n Schneidelemente (60) mit $n \geq q$ aufweist, und dass der Bohrkopf so gesteuert wird, dass er die fortlaufende Rotation in gleicher Richtung oder alternierende Rotationen von mehr oder weniger als 360 Grad des Stangenzuges während der Bohrphasen ohne Umlenkung erzeugt.

35
40
45
50
55



