

⑬



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

⑪

Numéro de publication:

0 2 1 2 3 1 6
B1

⑫

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

④⑤

Date de publication du fascicule du brevet:
05.04.89

⑤①

Int. Cl.⁴: **E21B 7/06**

②①

Numéro de dépôt: **86110190.5**

②②

Date de dépôt: **24.07.86**

⑤④

Colonne de forage pour forage à déviations, procédé d'utilisation de cette colonne et dispositif déviateur utilisé dans cette colonne.

③⑩

Priorité: **30.07.85 FR 8511608**

④③

Date de publication de la demande:
04.03.87 Bulletin 87/10

④⑤

Mention de la délivrance du brevet:
05.04.89 Bulletin 89/14

⑧④

Etats contractants désignés:
BE DE FR GB NL

⑤⑥

Documents cités:
EP-A- 0 085 444
DE-C- 3 326 885
US-A- 3 841 420
US-A- 4 076 084
US-A- 4 220 214
US-A- 4 303 135
US-A- 4 319 649
US-A- 4 374 547

⑦③

Titulaire: **ALSTHOM, 38, avenue Kléber, F-75784 Paris Cédex 16(FR)**

⑦②

Inventeur: **Olbrecht, Georges, 14 rue des Mûriers, F-38170 Seyssins(FR)**

⑦④

Mandataire: **Weinmiller, Jürgen et al, Lennéstrasse 9 Postfach 24, D-8133 Feldafing(DE)**

EP 0 212 316 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

La présente invention concerne le forage du sous-sol.

Elle s'applique notamment à la recherche ou à l'exploitation de gisements de pétrole ou de gaz, ou de nappes d'eau, chaude ou non, lorsque les circonstances ne permettent pas ou ne rendent pas souhaitable d'atteindre une cible souterraine par le forage d'un puits rectiligne vertical ou oblique. Un obstacle en sous-sol, même connu à l'avance, peut par exemple amener à changer l'inclinaison ou l'azimut du forage en un point situé à plus ou moins grande profondeur. Il en est de même lorsqu'une couche de faible hauteur plus ou moins inclinée, voire horizontale, doit être parcourue sur une grande longueur par le puits foré.

Dans de tels cas des déviations du puits doivent être prévues dès le départ.

De plus, même dans le cas d'un forage vertical, il arrive que les roches rencontrées provoquent une déviation non souhaitée de l'axe du forage. Cette déviation parasite doit être compensée par une déviation volontaire qui peut être appelée "déviation de correction". Quelle que soit la raison qui les rend nécessaires, les opérations de déviation débutent alors par la mesure de l'inclinaison et de l'azimut de l'axe du tronçon de puits en cours de forage, ainsi que de la position atteinte, cette dernière mesure résultant de la détermination des longueurs, des inclinaisons et des azimuts de tous les tronçons déjà forés. Ces opérations de mesure étant faites, il convient de réaliser la déviation. Un procédé de forage utilisé pour cela comporte une succession d'étapes de forage distinctes, à savoir des étapes de forage rectiligne au cours de chacune desquelles on fore un tronçon de puits rectiligne présentant un axe rectiligne, et au moins une étape de forage courbe. Cette dernière est interposée entre deux étapes de forage rectiligne. Pendant sa durée on fore un tronçon de puits courbe dont l'axe est incurvé sensiblement en arc de cercle et se raccorde à l'axe du tronçon de puits rectiligne précédent. De même l'axe du tronçon rectiligne suivant se raccordera à celui de ce tronçon courbe.

On utilise, au cours de chacune de ces étapes de forage, un outil d'attaque présentant un axe selon une direction haut-bas (arrière-avant si le forage est horizontal), et propre à attaquer vers le bas (l'avant) et éventuellement latéralement la roche au fond du puits. Un moteur de fond est fixé au dessus (à l'arrière) de cet outil pour l'entraîner, et présente un axe dans le prolongement de celui de l'outil. Des tubes, appelés dans le métier tiges de forage, sont fixés au-dessus (à l'arrière) de ce moteur les unes à la suite des autres et forment un "train" jusqu'à la bouche du puits pour amener au fond une boue de forage sous pression qui transporte l'énergie nécessaire au moteur, pour commander depuis la surface du sol la force d'appui de l'outil contre la roche, pour éventuellement entraîner l'ensemble en rotation, et pour porter l'outil et le moteur lorsqu'on les remonte ou les redescend dans le puits.

(De manière générale, il doit être compris que les expressions telles que haut et bas, ou supérieur et

inférieur, etc. doivent être remplacées ci-après par arrière et avant ou postérieur et antérieur etc., respectivement, lorsque le forage progresse horizontalement).

5 Les tiges présentent des axes prolongeant celui du moteur et se prolongeant les uns les autres. Leur nombre est progressivement augmenté par adjonction de nouvelles tiges au fur et à mesure de l'approfondissement du puits. Les diamètres de ce moteur 10 et de ces tiges sont inférieurs au diamètre de forage normal creusé par l'outil et les tiges présentent une flexibilité suffisante pour que la colonne de forage constituée par les éléments décrits ci-dessus puisse suivre les tronçons de forage courbes.

15 Il est connu de réaliser les étapes de forage courbe en incorporant un dispositif de déviation dans la colonne de forage au sommet du moteur de fond qui entraîne l'outil d'attaque. Ce dispositif est un raccord coudé qui incline l'axe commun de l'outil 20 par rapport à celui du reste de la colonne. Le moteur de fond peut aussi être lui même coudé. Un autre procédé de déviation utilise des stabilisateurs excentrés. Un tel stabilisateur forme au moins une saillie radiale dissymétrique dont le sommet est à 25 une distance de l'axe de la colonne légèrement supérieure à un rayon normal égal à la moitié du diamètre de forage normal. Il s'appuie donc contre la paroi du puits de forage et écarte l'axe du moteur de fond de l'axe du puits avec flexion élastique de la colonne, 30 de manière à décaler angulairement la direction d'attaque de l'outil par rapport à l'axe du tronçon de puits en cours de forage et à donner ainsi à ce tronçon la forme courbe souhaitée.

35 Le moteur de fond est généralement une turbine ou un moteur du type Moineau.

Dans certains de ces procédés connus, on remonte toute la colonne de forage chaque fois que l'on veut forer un tronçon rectiligne après un tronçon courbe, pour permettre d'enlever le dispositif 40 de déviation tel que raccord coudé, le moteur coudé ou les stabilisateurs excentrés, et aussi chaque fois que l'on veut effectuer une nouvelle déviation, car il faut alors remettre ce dispositif en place. Ces manœuvres de montée et descente de la colonne de forage comportent notamment le démontage et le remontage de toutes les tiges de la colonne, successivement. Elles prennent une fraction importante du 45 temps nécessaire à la réalisation d'une déviation, cette réalisation incluant les opérations de mesure précédemment indiquées et le forage du tronçon de puits courbe qui assure le changement de direction souhaité. Or ce temps constitue un éléments important du coût d'un forage.

50 Selon un autre procédé connu utilisant des stabilisateurs excentrés le forage d'un tronçon rectiligne est obtenu, après celui d'un tronçon courbe, grâce à une remise en rotation de la colonne de forage. L'outil fore alors un trou de diamètre élargi. Cette méthode évite les opérations onéreuses de remontée et de redescende de la garniture, mais elle présente l'inconvénient de solliciter le moteur de fond par des contraintes de flexion importantes.

65 Cet autre procédé connu est par exemple décrit dans la demande de brevet européen EP-A 0 085 444 (Shell)

D'autres procédés connus encore utilisent un dispositif déviateur commandable notamment un raccord coudé commandable constituant un tronçon de la colonne de forage au-dessus du moteur de fond. Un tel dispositif prend sur commande soit, pendant les étapes de forage courbe, une configuration coudée, soit pendant les étapes de forage, une configuration rectiligne qui maintient ou rétablit la rectilinéarité de la colonne. Il comporte deux manchons successifs qui peuvent pivoter l'un par rapport à l'autre autour d'un axe de pivotement faisant un même petit angle avec les axes de ces deux manchons. Le pivotement est commandé soit avec l'aide de déplacement axiaux de la partie supérieure de la colonne soit à l'aide d'un moteur de pivotement entraînant un engrenage comme décrit dans le brevet US-A 4 303 135 (Benoit).

De tels dispositifs déviateurs commandables présentent l'inconvénient d'être complexes.

La présente invention a pour but de faire succéder des étapes de forage courbes et de forage rectiligne sans pertes de temps tout en faisant travailler l'outil de forage dans des conditions toujours bonnes, ceci à l'aide d'un dispositif déviateur commandable plus simple que selon le brevet Benoit précité.

Elle a notamment pour objet une colonne de forage pour forage à déviations, cette colonne présentant un axe en tous points de sa longueur et comportant, comme connu par le brevet Benoit précité,

— un outil de forage rotatif porté par un arbre d'outil au bas de la colonne, cet outil présentant un axe d'outil qui constitue en même temps localement l'axe de la colonne,

— un élément actif d'un moteur de fond pour entraîner cet outil en rotation rapide par rapport à cette colonne,

— un élément de pivoterie de ce même moteur placé entre cet élément actif et cet outil et portant ledit arbre d'outil pour transmettre à cet outil une poussée axiale appliquée à cette colonne tout en permettant la rotation de cet outil,

— un dispositif déviateur commandable pouvant prendre une configuration coudée pour couder localement la colonne afin de réaliser un tronçon de forage courbe, et pouvant prendre une configuration rectiligne pour rétablir la rectilinéarité de la colonne afin de réaliser un tronçon de forage droit,

— et une succession de tubes de forage pour permettre, à partir de la surface du sol, d'appliquer une poussée axiale audit élément de pivoterie, et d'entraîner l'ensemble de la colonne en rotation lente,

— ledit dispositif déviateur comportant un manchon inférieur constituant un tronçon de ladite colonne de forage au-dessus dudit outil, et présentant un axe qui est localement l'axe de cette colonne et qui est solidaire dudit axe d'outil,

— un manchon supérieur constituant un tronçon de ladite colonne de forage au-dessus dudit manchon inférieur, et présentant un axe qui est localement l'axe de cette colonne,

— et des moyens de pivotement reliant ces deux manchons, ces moyens présentant un axe de pivotement incliné d'un même petit angle par rapport aux deux axes de ces deux manchons et maintenant ces

deux manchons l'un par rapport à l'autre tout en permettant une rotation du manchon inférieur par rapport au manchon supérieur autour de cet axe de pivotement, une position "d'alignement" de ce manchon inférieur assurant l'alignement des axes de ces deux manchons, pour mettre ce dispositif dans sa configuration rectiligne, une position "de déviation" de ce manchon créant un angle de déviation entre les axes de ces deux manchons pour mettre le dispositif dans sa configuration coudée, ces moyens de pivotement laissant un passage libre à l'intérieur de la colonne au moins pour une boue de forage.

La colonne selon l'invention est caractérisée par le fait que lesdits moyens de pivotement du dispositif déviateur permettent seulement au manchon inférieur une rotation sur un secteur angulaire de pivotement limité autour dudit axe de pivotement, lesdites positions d'alignement et de déviation étant définies par des butées aux deux extrémités de ce secteur,

— cette colonne comportant, au dessous du dispositif déviateur et au dessus de l'outil, un organe frottant contre la paroi du puits pour qu'un entraînement en rotation de cette colonne de forage dans un sens normal fasse apparaître un couple de frottement qui amène le manchon inférieur en butée à ladite extrémité d'alignement du secteur de pivotement, et pour qu'un entraînement en rotation de la colonne de forage dans le sens inverse fasse apparaître un couple de frottement qui amène ce manchon en butée à ladite extrémité de déviation, des moyens étant prévus pour maintenir ce manchon à cette extrémité de déviation en l'absence de rotation de la colonne.

Selon une disposition préférée ledit dispositif déviateur est placé entre ledit élément actif de moteur et ledit élément de pivoterie et il est traversé axialement par un accouplement assurant la transmission du mouvement de ce moteur audit arbre d'outil, ce moteur entraînant cet accouplement en rotation dans ledit sens normal, pour que le frottement de cet arbre dans cet élément de pivoterie tende à entraîner et à maintenir ledit manchon inférieur en butée à ladite extrémité de déviation en l'absence de rotation de la colonne de forage.

Ledit organe frottant est avantageusement constitué par un stabilisateur qui est utilisé en même temps de manière connue pour maintenir la colonne dans l'axe du puits au voisinage de l'outil et pour guider ainsi ce dernier.

Lesdits moyens de pivotement sont constitués par un pivot de forme générale tubulaire allongée selon ledit axe de pivotement, avec une surface latérale constituant des portées de guidage qui sont cylindriques de révolution autour de cet axe et qui coopèrent avec la surface intérieure d'un logement formé dans l'un desdits manchons qui constitue un manchon mobile, pour guider la rotation de ce manchon mobile, ce pivot comportant également un épaulement de retenue coopérant avec un épaulement interne de ce manchon pour empêcher son déplacement axial et le maintenir au contact de l'autre desdits manchons, qui est un manchon fixe, ce pivot comportant encore des moyens de retenue et des moyens de blocage angulaire pour l'immobiliser dans

ledit manchon fixe, ce pivot ou ce manchon mobile comportant enfin une saillie s'étendant dans un secteur angulaire évidé pratiqué dans ce manchon mobile ou ce pivot, respectivement, pour permettre ladite rotation du manchon inférieur par rapport au manchon supérieur sur un secteur angulaire limité.

La présente invention a également pour objet un procédé de forage de puits avec déviations, ce procédé étant caractérisé par le fait que l'on utilise une colonne selon la revendication 1,

— cette colonne de forage étant entraînée en rotation continue dans ledit sens normal à partir de la surface du sol pendant des étapes de forage rectiligne pour maintenir ledit manchon inférieur en butée à ladite extrémité d'alignement du secteur de pivotement,

— le passage d'une étape de forage rectiligne à une étape de forage courbe comportant les étapes suivantes:

— entraînement temporaire de la colonne de forage en rotation dans ledit sens inverse à partir de la surface du sol pour amener ledit manchon inférieur en butée à ladite extrémité de déviation du secteur de pivotement,

— et mesure de la position angulaire de l'extrémité inférieure de la colonne de forage autour de son axe et poursuite limitée de l'entraînement en rotation de cette colonne dans le sens inverse pour que cet axe arrive dans un plan prédéterminé de courbure dans lequel un tronçon de puits courbe doit être foré,

— ladite étape de forage courbe ayant lieu ensuite sans rotation de la colonne de forage,

— et le passage d'une étape de forage courbe à une étape de forage rectiligne se faisant par reprise de la rotation de la colonne de forage dans le sens normal.

De préférence, dans ce procédé, lors du passage à une étape de forage courbe, après ladite étape de poursuite limitée de l'entraînement en rotation de la colonne de forage dans le sens inverse, on prévoit une étape de détorsion de colonnes au cours de laquelle la colonne de forage est entraînée en rotation dans le sens normal pour éviter que le couple de torsion élastique qui est apparu dans la colonne entraîne ultérieurement l'axe dudit manchon inférieur à dépasser ledit plan de courbure.

A l'aide des figures schématiques ci-jointes on va décrire plus particulièrement ci-après, à titre d'exemple non limitatif, comment l'invention peut être mise en œuvre. Il doit être compris que les éléments décrits et représentés peuvent, sans sortir du cadre de l'invention, être remplacés par d'autres éléments assurant les mêmes fonctions techniques. Lorsqu'un même élément est représenté sur plusieurs figures il y est désigné par le même signe de référence.

La figure 1 représente une vue en élévation de la partie inférieure d'une colonne de forage selon l'invention au cours d'une étape de forage rectiligne.

La figure 2 représente une vue en élévation de la même partie de la même colonne au cours d'une étape de forage courbe, c'est-à-dire pendant une opération de déviation du forage.

La figure 3 représente une vue à échelle agran-

die d'une partie III de la colonne de la figure 1, en coupe par un plan passant par l'axe de cette colonne, pour montrer un dispositif selon l'invention, le pivot de ce dispositif étant représenté non coupé.

Les figures 4 et 5 représentent deux vues de la même partie de colonne que la figure 3 en coupe par deux plans perpendiculaires à l'axe de cette colonne et repérés IV-IV et V-V, respectivement, sur la figure 3.

Conformément à la figure 1 la partie inférieure d'une colonne de forage généralement cylindrique de révolution est entraînée en rotation à partir du sol, à une petite vitesse, par exemple 80 tours par minute, dans un sens que l'on peut appeler "sens normal", de manière notamment à faciliter la descente de la colonne au fur et à mesure du travail de l'outil de forage 51.

Une boue de forage est injectée dans le train de tiges à partir de la surface du sol. Elle traverse successivement, de haut en bas,

— un moteur de fond, ou plus précisément un élément actif de moteur 50 chargé d'entraîner l'outil de forage 51 en rotation et recevant pour cela son énergie de la boue sous pression. Ce moteur peut être avantageusement du type connu appelé "moteur Moineau". Il peut par exemple tourner à 300 tours par minute comme l'outil 51.

— un dispositif déviateur tubulaire 1, 2, selon l'invention, ce dispositif étant ici dans sa configuration rectiligne qui lui donne la forme d'un tube rectiligne coaxial à la colonne, c'est-à-dire ne créant aucune déviation à cette étape du forage,

— un élément (cartouche) de pivoterie 30 pour supporter les efforts axiaux du moteur 50 et de l'outil 51 tout en permettant leur rotation à grande vitesse.

— un stabilisateur 31 comportant des lames qui sont disposées dans des plans axiaux radiaux et font saillies radialement pour maintenir la colonne dans l'axe du trou

— et l'outil de forage 51.

La référence 60 désigne l'"ensemble moteur" comprenant le moteur proprement dit 50, la cartouche de pivoterie 30 et le stabilisateur 31.

La boue sortant par l'outil de forage 51 remonte de la manière classique autour de la colonne de forage jusqu'à la surface du sol en entraînant les débris de roche formés par le travail de l'outil.

La même partie de la colonne est représentée sur la figure 2 avec le dispositif déviateur selon l'invention dans sa configuration coudée pour forer un tronçon de puits courbe.

Sur la figure 3 le dispositif déviateur selon l'invention est représenté dans sa configuration rectiligne. Il présente les dispositions précédemment mentionnées selon l'invention.

Il comporte:

— un manchon inférieur 1 dont l'extrémité inférieure est aménagée pour recevoir coaxialement la cartouche de pivoterie 30 et dont la partie supérieure possède des aménagements destinés à recevoir un pivot 3,

— un manchon supérieur 2 dont l'extrémité supérieure est aménagée pour recevoir coaxialement l'élément moteur 50 et dont la partie inférieure possède

des aménagements destinés à recevoir le pivot 3,
 - un pivot 3 tubulaire, qui comporte un épaulement inférieur 5, une clavette 6 et une extrémité supérieure fileté 7,
 - un écrou de blocage 4 coopérant avec l'extrémité fileté 7 pour appuyer les manchons 1 et 2 l'un contre l'autre entre l'épaulement 5 et cet écrou
 - et des joints d'étanchéité toriques 52 pour empêcher la boue de forage de s'insérer entre les surfaces frottantes.

Des faces 8 du manchon 1 et 9 du manchon 2 sont des faces de section planes en appui l'une contre l'autre. Elles sont obliques par rapport à l'axe commun 10, 10A des surfaces extérieures 11 et 12 de ces manchons: Leur plan coupe l'axe 10 en un point 0 et est très légèrement écarté du plan perpendiculaire en 0 à l'axe 10. Leur axe 14 passant par 0 est également l'axe du pivot 3 et fait un angle A très faible avec l'axe 10, par exemple de 0 à 10 degrés.

Le raccord est prêt à être utilisé lorsque l'écrou 4 est bloqué sur le pivot 3 et que sa face 15 et l'épaulement 5 sont appuyés sans jeu sur les faces de logements correspondants usinés dans les manchons 1 et 2.

La clavette 6 du pivot 3 est ajustée dans le manchon 2 et s'y appuie sur ses faces 21 et 22.

Par contre, lors de la rotation du pivot, elle évolue entre les faces d'extrémités 23 et 24 d'un logement en forme de secteur angulaire plus large usiné dans le manchon 1. Son angle de pivotement constitue le secteur angulaire de pivotement précédemment mentionné.

Lors du forage rectiligne, le manchon 2 est entraîné en rotation dans le sens des aiguilles d'une montre constituant le sens normal précédemment mentionné. Le manchon 1, lié à la cartouche de pivoterie 30, elle-même équipée d'un stabilisateur 31, est ralenti par le frottement du stabilisateur 31 sur le terrain.

L'entraînement du manchon 2 provoque celui du pivot 3 par la clavette 6. Cette dernière vient alors en appui sur la face 24 du secteur angulaire usiné dans le manchon. Cette position correspond à la coïncidence des axes 10 et 10A.

Quand on effectue une rotation inverse de quelques tours, le frottement du stabilisateur 31 sur le terrain s'oppose à ce mouvement. Le manchon 2 entraîne donc le pivot 3 à tourner, la clavette 6 venant au contact de la face d'extrémité 23. Cette rotation angulaire relative s'effectue autour de l'axe oblique 14 du pivot 3 et avec glissement rotatif des faces 8 et 9 l'une sur l'autre. En conséquence de cette rotation d'angle R, les axes 10 et 10A ne sont plus confondus mais font un angle D:

$$D = 2A \sin R/2$$

Si par exemple on usine le logement 23, 24 pour avoir $R = 60^\circ$, on obtient $D = A$

On voit dans la formule ci-dessus que l'angle de déviation D du raccord dépend du choix des deux variables A, l'angle dit d'inclinaison de pivot, et R, l'angle dit de secteur de pivotement.

Les deux axes 10 et 10A n'étant plus confondus, les arbres de transmission de mouvement 40 et 41 contenus et guidés dans les deux manchons 50 et 30 ne sont plus alignés; en conséquence le raccord

coudé est situé au droit d'un accouplement universel 39 du type cardan par exemple qui assure la transmission du couple de l'élément moteur 50 à l'outil 51 tout en autorisant les inclinaisons relatives des deux arbres 40 et 41 de l'élément moteur et de la cartouche de pivoterie. Dans cette configuration l'angle des deux manchons permet donc, après orientation par les moyens classiques, d'exécuter l'opération de déviation.

Il est à noter que les moteurs volumétriques de type Moineau se prêtent particulièrement bien à ce type de raccord, mais son utilisation peut être étendue sans problème aux moteurs turbines.

L'opération de déviation effectuée et contrôlée, la simple reprise de rotation directe de la garniture permet la reprise de la configuration de forage rectiligne dans les conditions adéquates.

Il apparaît que le dispositif selon l'invention permet de combiner dans le forage les avantages de l'utilisation d'un raccord coudé et ceux de la méthode dans laquelle le forage rectiligne résulte de la rotation d'un stabilisateur excentré, et ceci sans en avoir les inconvénients. Il permet en outre d'effectuer chacune des deux opérations dans la configuration la mieux adaptée à celle-ci.

Il apparaît particulièrement avantageux dans le cas des déviations "de correction" précédemment mentionnées.

30 Revendications

1. Colonne de forage pour forage à déviations, cette colonne présentant un axe en tous points de sa longueur et comportant

— un outil de forage rotatif (51) porté par un arbre d'outil (41) au bas de la colonne, cet outil présentant un axe d'outil (10) qui constitue en même temps localement l'axe de la colonne,

— un élément actif (50) d'un moteur de fond (60) pour entraîner cet outil en rotation rapide par rapport à cette colonne,

— un élément de pivoterie (30) de ce même moteur placé entre cet élément moteur et cet outil et portant ledit arbre d'outil pour transmettre à cet outil une poussée axiale appliquée à cette colonne tout en permettant la rotation de cet outil,

— un dispositif déviateur commandable pouvant prendre une configuration coudée pour couder localement la colonne afin de réaliser un tronçon de forage courbe, et pouvant prendre une configuration rectiligne pour rétablir la rectilinéarité de la colonne afin de réaliser un tronçon de forage droit,

— et une succession de tubes de forage pour transmettre une poussée axiale audit élément de pivoterie, et pour permettre d'entraîner l'ensemble de la colonne en rotation lente, à partir de la surface du sol,

— ledit dispositif déviateur comportant un manchon inférieur (1) constituant un tronçon de ladite colonne de forage au-dessus dudit outil, et présentant un axe (10) qui est localement l'axe de cette colonne et qui est solidaire dudit axe d'outil (10),
 — un manchon supérieur (2) constituant un tronçon de ladite colonne de forage au-dessus dudit

manchon inférieur, et présentant un axe (10A) qui est localement l'axe de cette colonne,

– et des moyens de pivotement (3) reliant ces deux manchons (1, 2), ces moyens présentant un axe de pivotement (14) incliné d'un même petit angle (A) par rapport aux deux axes (10, 10A) de ces deux manchons et maintenant ces deux manchons l'un par rapport à l'autre tout en permettant une rotation du manchon inférieur (1) par rapport au manchon supérieur (2) autour de cet axe de pivotement, une position "d'alignement" (24) de ce manchon inférieur assurant l'alignement des axes (10, 10A) de ces deux manchons, pour mettre ce dispositif dans sa configuration rectiligne, une position "de déviation" de ce manchon créant un angle de déviation ($D = 2 A \sin R/2$) entre les axes de ces deux manchons pour mettre le dispositif dans sa configuration coudée, ces moyens de pivotement laissant un passage libre à l'intérieur de la colonne au moins pour une boue de forage,

– cette colonne étant caractérisée par le fait que lesdits moyens de pivotement (3) du dispositif déviateur permettent seulement au manchon inférieur (1) une rotation sur un secteur angulaire de pivotement limité (R) autour dudit axe de pivotement, lesdites positions d'alignement (24) et de déviation (23) étant définies par des butées aux deux extrémités de ce secteur,

– cette colonne comportant, au dessous du dispositif déviateur et au dessus de l'outil (51), un organe (31) frottant contre la paroi du puits pour qu'un entraînement en rotation de cette colonne de forage dans un sens normal fasse apparaître un couple de frottement qui amène le manchon inférieur (1) en butée à ladite extrémité d'alignement (24) du secteur de pivotement, et pour qu'un entraînement en rotation de la colonne de forage dans le sens inverse fasse apparaître un couple de frottement qui amène ce manchon en butée à ladite extrémité de déviation, des moyens étant prévus pour maintenir ce manchon à cette extrémité de déviation en l'absence de rotation de la colonne.

2. Colonne de forage selon la revendication 1, caractérisée par le fait que ledit dispositif déviateur est placé entre ledit élément moteur (50) et ledit élément de pivoterie (30) et est traversé axialement par un accouplement (39) assurant la transmission du mouvement de ce moteur audit arbre d'outil (41), ce moteur entraînant cet accouplement en rotation dans ledit sens normal, pour que le frottement de cet arbre dans cet élément de pivoterie (30) tende à entraîner et à maintenir ledit manchon inférieur (1) en butée à ladite extrémité de déviation (23) en l'absence de rotation de la colonne de forage.

3. Colonne selon la revendication 1, caractérisée par le fait que ledit organe frottant contre la paroi du puits au dessous du dispositif déviateur (1, 2, 3) et au dessus de l'outil de forage (51) est un stabilisateur (31) pour maintenir la colonne dans l'axe du puits.

4. Procédé de forage de puits avec déviations, ce procédé étant caractérisé par le fait que l'on utilise une colonne selon la revendication 1,

– cette colonne de forage étant entraînée en rota-

tion continue dans ledit sens normal à partir de la surface du sol pendant des étapes de forage rectiligne pour maintenir ledit manchon inférieur (1) en butée à ladite extrémité d'alignement (24) du secteur de pivotement (R),

– le passage d'une étape de forage rectiligne à une étape de forage courbe comportant les étapes suivantes:

– entraînement temporaire de la colonne de forage en rotation dans ledit sens inverse à partir de la surface du sol pour amener ledit manchon inférieur en butée à ladite extrémité de déviation (23) du secteur de pivotement,

– et mesure de la position angulaire de l'extrémité inférieure de la colonne de forage autour de son axe (10) et poursuite limitée de l'entraînement en rotation de cette colonne dans le sens inverse pour que cet axe arrive dans un plan prédéterminé de courbure dans lequel un tronçon de puits courbe doit être foré,

– ladite étape de forage courbe ayant lieu ensuite sans rotation de la colonne de forage,

– et la passage d'une étape de forage courbe à une étape de forage rectiligne se faisant par reprise de la rotation de la colonne de forage dans le sens normal.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé par le fait que, lors du passage à une étape de forage courbe, après ladite étape de poursuite limitée de l'entraînement en rotation de la colonne de forage dans le sens inverse, on prévoit une étape de détorsion de colonnes au cours de laquelle la colonne de forage est entraînée en rotation dans le sens normal pour éviter que le couple de torsion élastique qui est apparu dans la colonne entraîne ultérieurement l'axe (10) dudit manchon inférieur à dépasser ledit plan de courbure.

6. Dispositif déviateur pour forage, ce dispositif étant destiné à être inséré dans une colonne de forage dont l'extrémité inférieure porte un outil forage (51) entraîné par un moteur de fond (60) en rotation autour d'un axe d'outil

– ce dispositif comportant un manchon inférieur (1) constituant un tronçon de ladite colonne de forage au-dessus dudit outil, et présentant un axe (10) qui est localement l'axe de cette colonne et qui est solidaire dudit axe d'outil (10),

– un manchon supérieur (2) constituant un tronçon de ladite colonne de forage au-dessus dudit manchon inférieur, et présentant un axe (10A) qui est localement l'axe de cette colonne,

– et des moyens de pivotement (3) reliant ces deux manchons (1, 2), ces moyens présentant un axe de pivotement (14) incliné d'un même petit angle (A) par rapport aux deux axes (10, 10A) de ces deux manchons et maintenant ces deux manchons l'un par rapport à l'autre tout en permettant une rotation du manchon inférieur (1) par rapport au manchon supérieur (2) autour de cet axe de pivotement, une position "d'alignement" (24) de ce manchon inférieur assurant l'alignement des axes (10, 10A) de ces deux manchons pour mettre ce dispositif dans sa configuration rectiligne, une position "de déviation" de ce manchon créant un angle de déviation ($D = 2 A \sin R/2$) entre les axes

de ces deux manchons pour mettre le dispositif dans sa configuration coudée, ces moyens de pivotement laissant un passage libre à l'intérieur de la colonne au moins pour une boue de forage,

– ce dispositif étant caractérisé par le fait que lesdits moyens de pivotement (3) permettent seulement au manchon inférieur (1) une rotation sur un secteur angulaire de pivotement limité (R) autour dudit axe de pivotement, lesdites positions d'alignement (24) et de déviation (23) étant définies par des butées aux deux extrémités de ce secteur.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé par le fait que lesdits moyens de pivotement sont constitués par un pivot (3) de forme générale tubulaire allongée selon ledit axe de pivotement (14), avec une surface latérale constituant des portées de guidage qui sont cylindriques de révolution autour de cet axe et qui coopèrent avec la surface intérieure d'un logement formé dans l'un (1) desdits manchons (1, 2) qui constitue un manchon mobile, pour guider la rotation de ce manchon mobile, ce pivot comportant également un épaulement de retenue (5) coopérant avec un épaulement interne de ce manchon pour empêcher son déplacement axial et le maintenir au contact de l'autre desdits manchons, qui est un manchon fixe (2), ce pivot comportant encore des moyens de retenue (4) et des moyens de blocage angulaire (6) pour l'immobiliser dans ledit manchon fixe, ce pivot ou ce manchon mobile comportant enfin une saillie (6) s'étendant dans un secteur angulaire évidé (23, 24) pratiqué dans ce manchon mobile ou ce pivot, respectivement, pour permettre ladite rotation du manchon inférieur par rapport au manchon supérieur sur un secteur angulaire limité (R).

Patentansprüche

1. Bohrgestänge für gekrümmte Bohrlöcher, mit einer Achse in jedem Punkt seiner Länge und mit

– einem drehenden Bohrwerkzeug (51), das an einer Werkzeugwelle (41) am unteren Ende des Gestänges angebracht ist und eine Werkzeugachse (10) besitzt, die zugleich örtlich die Achse des Bohrgestänges bildet,

– einem aktiven Bauteil (50) eines am Bohrgrund angeordneten Motors (60), das das Werkzeug gegenüber dem Bohrgestänge in rasche Drehung versetzt,

– einem Schwenkbauteil (30) desselben Motors, das zwischen dem antreibenden Bauteil und dem Werkzeug liegt und die Werkzeugwelle trägt, um auf das Werkzeug einen Axialschub zu übertragen, der auf das Bohrgestänge ausgeübt wird, und zugleich die Drehung des Werkzeugs zuzulassen,

– einer steuerbaren Ablenkvorrichtung, die eine abgewinkelte Konfiguration einnehmen kann, um das Bohrgestänge örtlich abzuwinkeln, damit ein gekrümmter Bohrabchnitt erzeugt werden kann, und welche eine geradlinige Konfiguration einnehmen kann, um die Geradlinigkeit des Bohrgestänges wiederherzustellen, damit ein gerader Bohrabchnitt erzeugt werden kann,

– und mit einer Folge von Bohrgestängerohren zur Übertragung eines Axialschubs auf das Schwenkbauteil und zum langsamen Drehantrieb des gesamten Bohrgestänges von der Erdoberfläche aus,

– wobei die Ablenkvorrichtung aufweist:

• eine untere Hülse (1), die einen Abschnitt des Bohrgestänges oberhalb des Werkzeugs bildet und eine Achse (10) besitzt, die örtlich die Achse des Bohrgestänges bildet und fest mit der Werkzeugachse (10) verbunden ist,

• eine obere Hülse (2), die einen Abschnitt des Bohrgestänges oberhalb der unteren Hülse bildet und eine Achse (10A) besitzt, welche örtlich die Achse des Gestänges bildet,

• und Schwenkmittel (3), die diese beiden Hülsen (1, 2) verbinden und eine Schwenkachse (14) besitzen, die um einen gleichen kleinen Winkel (A) gegenüber den beiden Achsen (10, 10A) der beiden Hülsen geneigt sind und diese beiden Hülsen gegenseitig fixieren, sowie zugleich eine Drehung der unteren Hülse (1) gegenüber der oberen Hülse (2) um die Schwenkachse zulassen, wobei in einer "fluchtenden Lage" (24) dieser unteren Hülse die Achsen (10, 10A) der beiden Hülsen fluchten, um diese Vorrichtung in ihre geradlinige Konfiguration zu bringen, während in einer "Ablenkklage" dieser Hülse ein Ablenkwinkel ($D = 2 A \sin R/2$) zwischen den Achsen der beiden Hülsen gebildet wird, um die Vorrichtung in ihre abgewinkelte Konfiguration zu bringen, wobei die Schwenkmittel im Inneren des Gestänges einen freien Durchtritt zumindest für einen Bohrschlamm belassen,

dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkmittel (3) der Ablenkvorrichtung nur der unteren Hülse (1) eine Drehung um die Schwenkachse über einen beschränkten Winkelsektor (R) erlauben und die fluchtende Lage (24) und die Ablenkklage (23) durch Anschläge an den beiden Enden dieses Sektors bestimmt sind, und daß das Gestänge unterhalb der Ablenkvorrichtung und oberhalb des Werkzeugs (51) ein Bauteil (31) aufweist, das an der Bohrlochwand reibt, damit sich beim Drehen des Bohrgestänges in normaler Richtung ein Reibungsmoment ergibt, welches die untere Hülse (1) in der fluchtenden Lage (24) am Ende des Winkelsektors zum Anschlag bringt, und sich beim Drehen des Bohrgestänges in entgegengesetzter Richtung ein Reibungsmoment ergibt, welches die Hülse am anderen Ende des Winkelsektors zum Anschlag bringt, wobei Mittel zum Festhalten dieser Hülse in der Ablenkklage bei fehlender Drehbewegung des Gestänges vorhanden sind.

2. Bohrgestänge nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablenkvorrichtung zwischen dem antreibenden Bauteil (50) und dem Schwenkbauteil (30) angeordnet und axial von einer Kupplung (39) durchquert wird, welche die Übertragung der Motorbewegung auf die Werkzeugwelle (41) bewirkt, wobei der Motor die Kupplung in normaler Richtung in Drehung versetzt, damit die Reibung der Welle im Schwenkbauteil (30) die untere Hülse (1) gegen den Anschlag am Ablenkende (23) zu brin-

gen und bei fehlender Drehung des Bohrgestänges dort zu halten bestrebt ist.

3. Bohrgestänge nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das unterhalb der Ablenkvorrichtung (1, 2, 3) und oberhalb des Bohrwerkzeugs (51) gegen die Bohrlochwand reibende Bauteil ein Stabilisator (31) ist, der das Bohrgestänge in der Bohrlochachse hält.

4. Verfahren zum Niederbringen von Bohrlöchern mit Krümmungen, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gestänge nach Anspruch 1 verwendet wird,

– wobei das Bohrgestänge von der Erdoberfläche aus während der geradlinigen Bohrphasen in dauernde Drehung in der normalen Richtung versetzt wird, um die untere Hülse (1) in der fluchtenden Lage (24) des Schwenksektors (R) in Anschlag zu halten,

– während der Übergang von einer geradlinigen Bohrphase zu einer gekrümmten Bohrphase folgende Schritte umfaßt:

• zeitweiliges Drehen des Bohrgestänges von der Erdoberfläche aus in der entgegengesetzten Richtung, um die untere Hülse in der Ablenkklage des Schwenksektors in Anschlag zu bringen,

• und Messen der Winkelposition des unteren Endes des Bohrgestänges um seine Achse (10) und begrenztes Fortsetzen des Drehens des Gestänges in der entgegengesetzten Richtung, damit die Achse in eine vorbestimmte Krümmungsebene gelangt, in welcher ein gekrümmter Bohrlochabschnitt niedergebracht werden soll,

– wobei die Phase der gekrümmten Bohrung im Anschluß daran ohne Drehen des Bohrgestänges erfolgt,

– und wobei der Übergang von einer Phase des gekrümmten Bohrens zu einer Phase geradlinigen Bohrens durch Wiederaufnahme der Drehung des Bohrgestänges in normaler Richtung erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß während des Übergangs auf eine Phase gekrümmten Bohrens nach der Phase der begrenzten Fortsetzung der Drehbewegung des Bohrgestänges in entgegengesetzter Richtung eine Phase der Rückdrehung des Gestänges vorgesehen ist, in welcher das Bohrgestänge in normaler Richtung in Drehung versetzt wird, um zu verhindern, daß das im Gestänge entstandene elastische Torsionsmoment später die Achse (10) der unteren Hülse zur Überschreitung der Krümmungsebene bringt.

6. Bohrlochablenkvorrichtung, die in ein Bohrgestänge eingefügt werden soll, dessen unteres Ende ein Bohrwerkzeug (51) trägt, das durch einen am Grund des Bohrlochs liegenden Motor (60) um eine Werkzeugachse in Drehung versetzt wird, wobei die Vorrichtung aufweist:

– eine untere Hülse (1), welche einen Abschnitt des Bohrgestänges oberhalb des Werkzeuges bildet und eine Achse (10) besitzt, die örtlich die Achse des Gestänges bildet und fest mit der Werkzeugachse (10) verbunden ist,

– eine obere Hülse (2), die einen Abschnitt des Bohrgestänges oberhalb der unteren Hülse bildet und eine Achse (10A) besitzt, welche örtlich die

Achse des Gestänges bildet,

– und Schwenkmittel (3), die die beiden Hülsen (1, 2) verbinden und eine Schwenkachse (14) besitzen, die um einen gleichen kleinen Winkel (A) gegenüber den beiden Achsen (10, 10A) der beiden Hülsen geneigt sind und diese beiden Hülsen gegenseitig fixieren sowie zugleich eine Drehung der unteren Hülse (1) gegenüber der oberen Hülse (2) um die Schwenkachse zulassen, wobei in einer "fluchtenden Lage" (24) dieser unteren Hülse die Achsen (10, 10A) der beiden Hülsen fluchten, um diese Vorrichtung in ihre geradlinige Konfiguration zu bringen, während in einer "Ablenkklage" dieser Hülse ein Ablenkwinkel ($D = 2 A \sin R/2$) zwischen den Achsen der beiden Hülsen gebildet wird, um die Vorrichtung in ihre abgewinkelte Konfiguration zu bringen, wobei die Schwenkmittel im Inneren des Gestänges einen freien Durchtritt zumindest für einen Bohrschlamm belassen,

dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkmittel (3) nur der unteren Hülse (1) eine Drehung um die Schwenkachse über einen beschränkten Winkelsektor (R) erlauben und die fluchtende Lage (24) und die Ablenkklage (23) durch Anschläge an den Enden dieses Sektors bestimmt sind.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schwenkmittel aus einem Zapfen (3) von allgemein rohrartiger, sich in Richtung der Schwenkachse (14) erstreckender Form besteht, versehen mit einer zylindrischen und zur Schwenkachse dreh-symmetrische Führungsbahnen bildenden Seitenfläche, die mit der inneren Oberfläche eines in der beweglichen (1) der beiden Hülsen (1, 2) gebildeten Sitzes zusammenwirkt, um die Drehbewegung dieser beweglichen Hülse zu führen, wobei der Zapfen weiter eine Rückhalteschulter (5) besitzt, die mit einer inneren Schulter der Hülse zusammenwirkt, um ihre axiale Verschiebung zu verhindern und um sie in Kontakt mit der anderen der beiden Hülsen zu halten, bei der es sich um eine ortsfeste Hülse (2) handelt, wobei der Zapfen weiter Rückhaltemittel (4) und Mittel (6) zur Blockierung in Drehrichtung, um ihn in der ortsfesten Hülse festzulegen, wobei der Zapfen oder diese bewegliche Hülse schließlich einen Vorsprung (6) besitzt, der sich in einem in der beweglichen Hülse bzw. dem Zapfen vorgesehenen hohlen Winkelsektor erstreckt, um die Drehung der unteren Hülse gegenüber der oberen Hülse über einen begrenzten Winkelsektor (R) zu gestatten.

Claims

1. A drill string for deflection drilling, said string having an axis at all points along its length and comprising:

– a rotary drilling tool (51) mounted on a tool shaft (41) at the bottom end of the string, said tool having a tool axis (10) which locally constitutes also the string axis,

– an active element (50) of a down-hole motor (60) driving said tool in rapid rotation relative to said string,

– a pivot element (30) of said motor placed be-

tween said active element and said tool and carrying said tool shaft for transmitting axial thrust to said tool from said string while enabling said tool to rotate,

– a controllable deflecting device capable of taking up a bent configuration for locally bending the string in order to provide a curved length of well, and capable of taking up a rectilinear configuration for re-establishing string rectilinearity in order to provide a straight length of well, and

– a succession of drilling tubes for transmitting axial thrust to said pivot element, and for enabling the string assembly to be slowly rotated from the surface of the ground, said deflecting device comprising

– a lower sleeve (1) constituting a length of said drill string above said tool and having an axis (10) which is locally the axis of said string and which is fixed to said tool axis (10),

– an upper sleeve (2) constituting a length of said drill string above said lower sleeve and having an axis (10A) which is locally the axis of said string, and

– pivot means (3) interconnecting said upper and lower sleeves (1, 2), said pivot means having a pivot axis (14) which slopes by a same small angle (A) relative to the respective axes (10, 10A) of said sleeves and securing said sleeves relative to each other while enabling the lower sleeve (1) to rotate relative to the upper sleeve (2) about said pivot axis, between an "aligned" position (24) of said lower sleeve in which the axes (10, 10A) of said sleeves are aligned in order to bring said device to its rectilinear configuration, and a "bent" position of said sleeve creating a bend angle ($D = 2 A \sin R/2$) between the axes of said two sleeves bringing the device to its bent configuration, said pivot means allowing a free passage inside the string at least for drilling mud, characterized in that the pivot means (3) of said deflecting device allow the lower sleeve (1) to rotate only through a limited angular pivot sector (R) about said pivot axis, with said aligned (24) and bent positions (23) being defined by abutments at each end of said sector,

and that said string includes, beneath said deflecting device and above said tool (51), a member (31) which rubs against the wall of the well so that rotating said drill string in a normal direction causes a friction couple to appear which brings the lower sleeve (1) into abutment against said alignment end (24) of the pivot sector, and so that rotation of the drill string in the opposite direction causes a friction couple to appear which brings said sleeve into abutment with said bending end, means being provided for holding said sleeve against said bending end in the absence of rotation of the string.

2. A drill string according to claim 1, characterized in that the deflecting device is placed between said motor element (50) and said pivot element (30) and has a coupling (39) passing axially therethrough for transmitting motor drive to said tool shaft (41), said motor driving said coupling to cause it to rotate in said normal direction so that friction of said shaft in said pivot element (30) tends to drive and hold

said lower sleeve (1) in abutment against said bending end (23) and hold it there in the absence of rotation of the drill string.

3. A drill string according to claim 1, characterized in that said member in friction contact against the wall of the well below the deflecting device (1, 2, 3) and above the drilling tool (51) is a stabilizer (31) for maintaining the string on the axis of the well.

4. A method of drilling a well with deflections, said method being characterized in that use is made of a drill string according to claim 1,

– this drill string being continuously rotated in said normal direction from the surface of the ground during rectilinear drilling stages in order to maintain said lower sleeve (1) in abutment against said alignment end (24) of the pivot sector (R),

– the changeover from a rectilinear drilling stage to a curved drilling stage comprising the following steps:

- the drill string is temporarily rotated in said opposite direction from the surface of the ground in order to bring said lower sleeve into abutment against said bending end (23) of said pivot sector, and

- the angular position of the bottom end of the drill string about its axis (10) is measured and said string continues to be rotated in said opposite direction until said axis arrives in a predetermined plane of curvature in which a curved length of well is to be drilled,

- said curved drilling stage then being performed without the string being rotated, and

– the changeover from a curved drilling stage to a rectilinear drilling stage being performed by returning to rotation of the drill string in the normal direction.

5. A method according to claim 4, characterized in that an untwisting step is provided when passing from a rectilinear drilling stage to a curved drilling stage after said limited rotation of the drilling string in said opposite direction, with the drill string being rotated during said untwisting step in the normal direction in order to prevent the resilient torsion couple which appears in the string from subsequently driving the axis (10) of said lower sleeve beyond said plane of curvature.

6. A device for deflecting a well, the device being intended for insertion in a drill string whose bottom end carries a drilling tool (51) which is driven by a down-hole motor (60) to rotate about a tool axis, said device comprising

– a lower sleeve (1) constituting a length of said drill string above said tool and having an axis (10) which is locally the axis of said string and which is fixed to said tool axis (10),

– an upper sleeve (2) constituting a length of said drill string above said lower sleeve and having an axis (10A) which is locally the axis of said string, and

– pivot means (3) interconnecting said upper and lower sleeves (1, 2), said pivot means having a pivot axis (14) which slopes by a same small angle (A) relative to the respective axes (10, 10A) of said two sleeves and securing said two sleeves

relative to each other while enabling the lower sleeve (1) to rotate relative to the upper sleeve (2) about said pivot axis, between an "aligned" position (24) of said lower sleeve in which the axes (10, 10A) of said sleeves are aligned in order to bring said device to its rectilinear configuration, and a "bent" position of said sleeve creating a bend angle ($D = 2 A \sin R/2$) between the axes of said two sleeves to bring the device to its bent configuration, said pivot means allowing a free passage inside the string at least for drilling mud, characterized in that the pivot means (3) allow the lower sleeve (1) to rotate only through a limited angular pivot sector (R) about said pivot axis, with said aligned (24) and bent positions (23) being defined by abutments at each end of said sector.

7. A device according to claim 6, characterized in that said pivot means are constituted by a pivot (3) which is generally in the shape of an elongate tube about said pivot axis (14) with a side surface constituting guide bearings which are cylindrical bodies of revolution about said axis and which co-operate with the inside surface of a housing formed in a moving one (1) of said sleeves (1, 2) in order to guide said moving sleeve in rotation, said pivot also including a retaining shoulder (5) co-operating with an internal shoulder on said sleeve to prevent axial displacement thereof and to maintain contact with the other one of said sleeves which constitutes a fixed sleeve (2), said pivot further including retaining means (4) and angular abutment means (6) for fixing it inside said fixed sleeve, the pivot or the moving sleeve finally including a projection (6) which extends into a hollow angular sector (23, 24) in said moving sleeve or said pivot, respectively, to enable said rotation of said lower sleeve relative to said upper sleeve through a limited angular sector (R).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

10

FIG.1

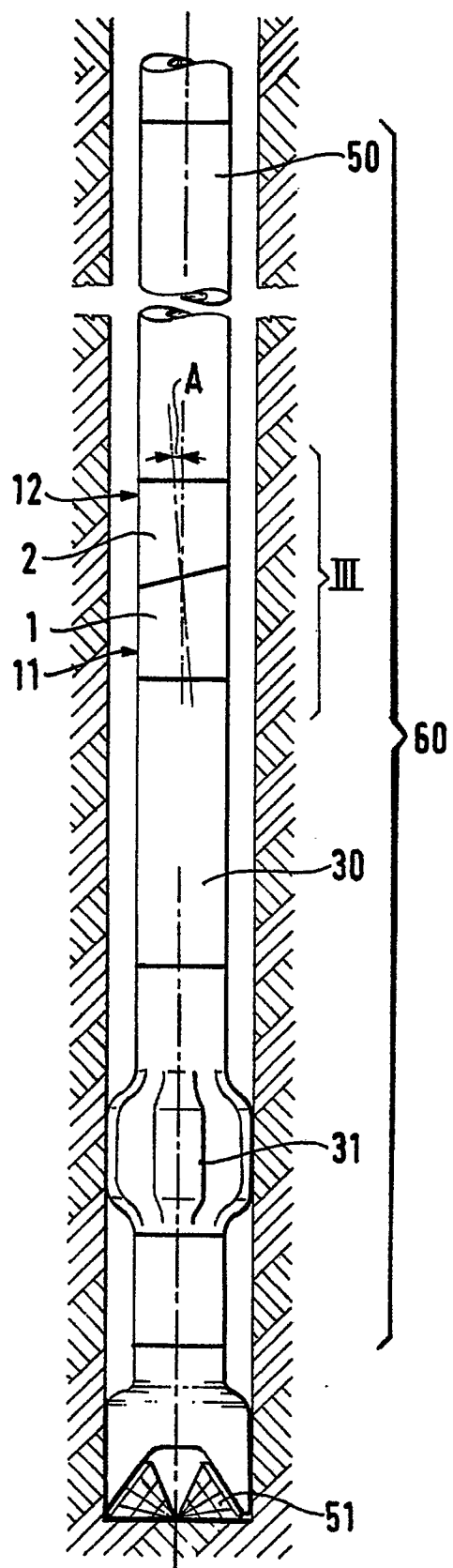


FIG.2

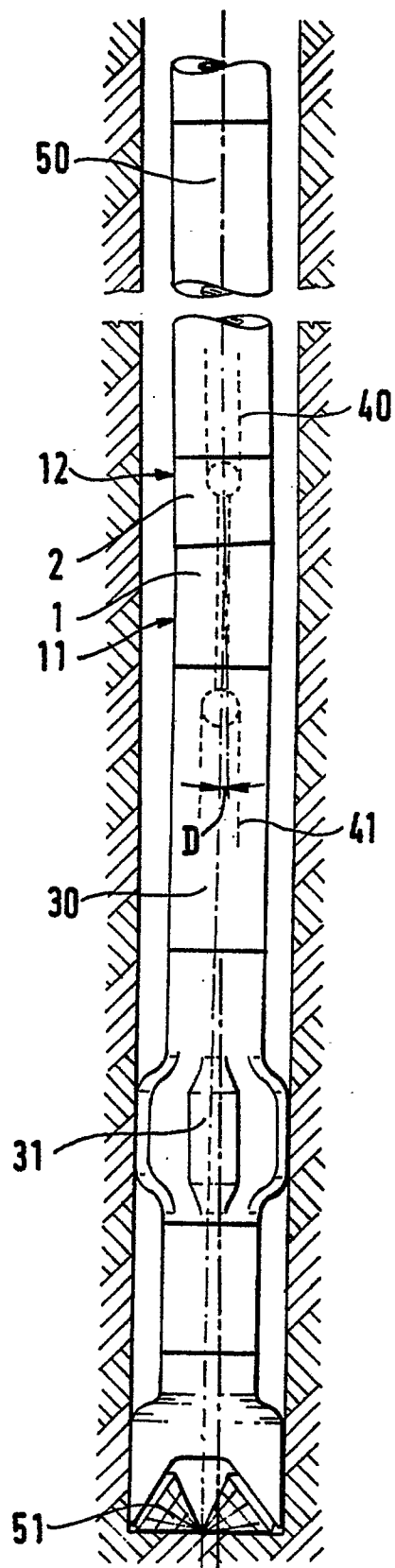


FIG.3

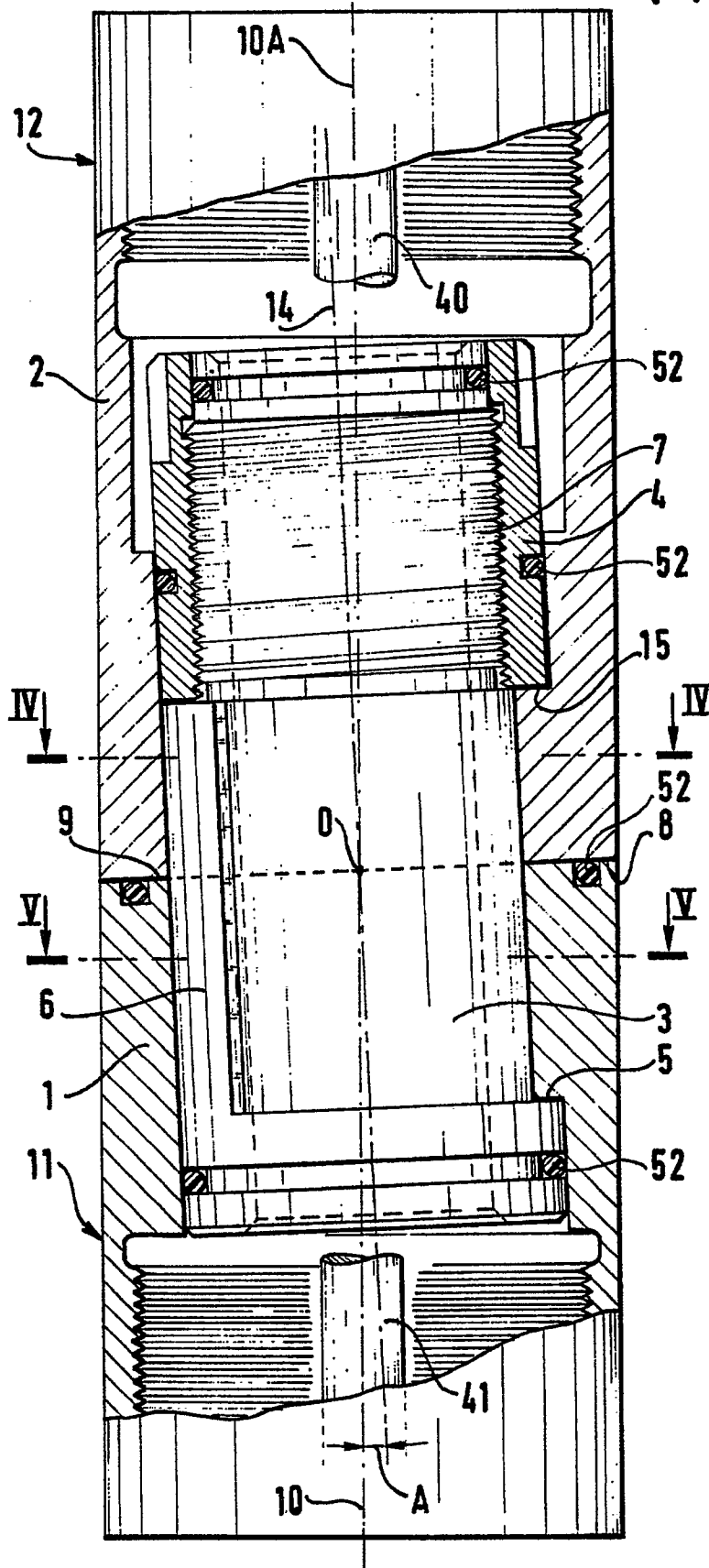


FIG.4

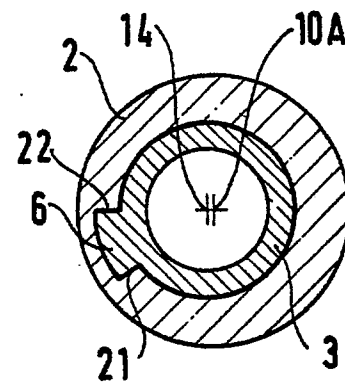


FIG.5

