(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 611 275**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **88 01987**

(51) Int Cl⁴ : G 01 P 15/13.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 19 février 1988.

(30) **Priorité :** GB, 21 février 1987, n° 87 04076.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 34 du 26 août 1988.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : NL SPERRY-SUN, Inc.* — US.

(72) **Inventeur(s) :** Michael King Russell ; Kenneth Stephen Evans.

(73) **Titulaire(s) :**

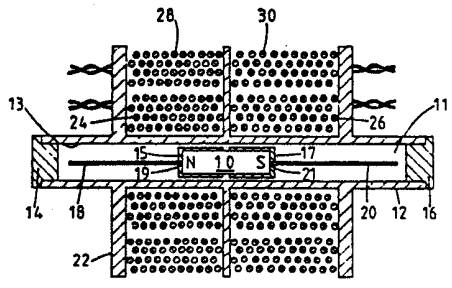
(74) **Mandataire(s) :** Cabinet de Boisse.

(54) Accéléromètre du type comprenant un aimant mobile dans un liquide magnétique.

(57) L'invention est relative à un accéléromètre du type comprenant un aimant mobile dans un liquide magnétique.

Cet accéléromètre comporte un boîtier 12 délimitant une chambre 13, et un fluide aimantable 11 à l'intérieur de cette chambre. Un aimant permanent 10 est en suspension magnétique dans le fluide 11, avec ses pôles orientés suivant un axe de déplacement de façon à pouvoir se déplacer depuis une position zéro le long dudit axe sous l'action d'une force appliquée à l'accéléromètre. Des parties au moins de la surface externe de l'aimant 10 au voisinage de ses extrémités comportent des pièces d'extrémité amagnétiques 15, 17. Un dispositif de détection 28, 30 est prévu pour détecter un déplacement de l'aimant 10 le long dudit axe et fournir un signal électrique indicatif de la force appliquée.

La présence des pièces amagnétiques aux extrémités de l'aimant réduit les dérives observées lors de l'utilisation en fond de forage.



FR 2 611 275 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

La présente invention concerne les accéléromètres et elle est plus particulièrement, bien que non exclusivement relative aux accéléromètres destinés à être utilisés pour l'instrumentation et les mesures dans un forage souterrain.

GB-A-1 492 142 décrit un accéléromètre comprenant un boîtier délimitant une chambre, un fluide aimantable à l'intérieur de la chambre, un aimant permanent maintenu en suspension dans la chambre de façon magnétique par le fluide aimantable, avec ses pôles orientés suivant un axe de déplacement, et capable de se déplacer à partir d'une position zéro le long dudit axe sous l'action d'une force appliquée, et des capteurs pour détecter un déplacement de l'aimant permanent le long dudit axe et pour fournir un signal électrique indicatif de la force appliquée.

Un tel accéléromètre doit être étalonné avant d'être utilisé, et fonctionne de façon satisfaisante dans des conditions normales. On a cependant constaté que l'étalonnage nécessaire de l'accéléromètre présentait une tendance à dériver dans les conditions agressives de haute température et de vibrations élevées que l'on rencontre en fond de forage, et ceci peut conduire à une imprécision dans les mesures. Une telle dérive peut se produire même lorsque l'accéléromètre a été soumis à un traitement de fatigue par la chaleur avant d'être utilisé.

La demanderesse a étudié les causes possibles d'une telle dérive, et elle a formulé comme suit ce qu'elle pense en être une explication raisonnable. Le fluide aimantable comprend un grand nombre de particules magnétisables en suspension colloïdale au sein d'un agent de suspension, et il en résulte que le fluide apparaît comme étant aimantable dans toute sa masse. Avant l'utilisation de l'accéléromètre au fond d'un puits, certaines des particules aimantables tendent à migrer, sous l'effet de l'attraction magnétique, vers la surface externe de l'aimant permanent et à former une concentration accrue de particules au voisinage des pôles de cet aimant. L'accéléromètre est étalonné dans ces conditions. Cependant, lorsque l'accéléromètre est utilisé au fond d'un puits, l'effet des températures élevées qui sont rencontrées font diminuer la viscosité de l'agent de suspension du fluide aimantable, et l'effet combiné des vibrations et de la température élevées et de la viscosité réduite provoque une modification de la concentration des particules aimantables au voisinage des pôles de l'aimant. Les conditions se trouvent par suite modifiées par comparaison avec celles dans lesquelles l'accéléromètre a été étalonné, et cela introduit une cause d'erreur dans les mesures effectuées. On remarquera cependant que ce qui précède n'est avancé que comme une tentative d'explication de telles erreurs, du fait qu'il n'est pas possible actuellement de prédire de façon précise et certaine quels sont les mécanismes qui sont responsables de la dérive de l'étalonnage, ou si, en fait, des mécanismes différents n'en seraient pas responsables dans des conditions différentes.

Un but de l'invention est de fournir un accéléromètre qui soit capable des résultats améliorés dans des conditions hostiles.

L'invention a pour objet à cet effet un

accéléromètre comprenant un boîtier délimitant une chambre, un fluide aimantable dans ladite chambre, un aimant permanent maintenu en suspension dans la chambre, de façon magnétique, par le fluide aimantable, avec ses pôles orientés suivant un axe de déplacement, et pouvant se déplacer à partir d'une position zéro suivant ledit axe sous l'action d'une force appliquée, et des moyens de détection pour détecter un déplacement de l'aimant permanent suivant ledit axe et pour fournir un signal électrique indicatif de la force appliquée, et dans lequel au moins des parties de la surface externe de l'aimant permanent, au voisinage de ces pôles, comporte des organes d'extrémité amagnétiques.

On a constaté que l'on rencontre de façon surprenante une diminution très importante de la dérive de l'étalonnage lorsque l'accéléromètre suivant l'invention est mis en oeuvre au fond d'un forage, par comparaison avec des accéléromètres analogues dans lesquels l'aimant permanent ne comporte pas d'organes d'extrémité amagnétiques, et que la précision des mesures est augmentée. Une explication possible de cette amélioration des résultats est que le fait de prévoir des organes d'extrémité amagnétiques augmente l'amortissement de l'aimant, de telle sorte qu'il se produit une variation beaucoup plus prononcée du gradient de concentration des particules au voisinage des pôles lorsque l'accéléromètre est utilisé au fond d'un puits. On peut également s'attendre à ce que le fait de prévoir de tels organes d'extrémité diminue la concentration des particules aimantables au voisinage immédiat des pôles, avec pour résultat qu'il y a une plus petite étendue pour une variation du gradient de concentration des particules lorsque l'accéléromètre est utilisé au fond d'un puits.

Suivant un premier mode de réalisation de l'invention, les organes d'extrémité sont constitués par au moins un manchon en matériau amagnétique, disposé sur l'aimant permanent. D'une façon avantageuse, les organes d'extrémité sont constitués par deux manchons en matériau amagnétique, prévus au voisinage des pôles de l'aimant, chaque manchon ayant une extrémité essentiellement fermée qui recouvre une surface d'extrémité correspondante de l'aimant.

L'ensemble de l'aimant permanent peut être enrobé dans un matériau amagnétique, auquel cas, pratiquement la totalité de la surface externe de l'aimant est revêtue d'une couche d'un matériau amagnétique.

Suivant un autre mode de réalisation de l'invention, les organes d'extrémité sont formés par des prolongements axiaux des extrémités de l'aimant. D'une façon avantageuse, au moins l'un desdits organes d'extrémité comporte au moins un trou axial qui communique avec un espace existant à l'intérieur de l'aimant permanent. Si cela est nécessaire, les deux organes d'extrémité comportent des trous axiaux qui sont reliés entre eux par un passage qui s'étend à travers l'aimant permanent.

La description qui va suivre en regard des dessins annexés donnés à titre d'exemples non limitatifs exposera de façon plus détaillée comment l'invention peut être mise en pratique.

. la figure 1 est une vue en coupe axiale d'un accéléromètre suivant l'invention;

. la figure 2 est un schéma de circuit de l'accéléromètre de la figure 1;

. les figures 3 et 4 montrent deux variantes de réalisation d'aimants permanents qui peuvent être utilisés suivant l'invention dans l'accéléromètre de la figure 1.

En se référant à la figure 1, l'accéléromètre représenté comprend un aimant permanent cylindrique 10 qui est maintenu en suspension de façon magnétique dans un fluide aimantable 11 contenu dans une chambre cylindrique 13 prévue à l'intérieur d'un boîtier cylindrique 12 dont les extrémités sont fermées par des bouchons 14 et 16. Le fluide aimantable 11 est un ferro-fluide constitué par une suspension colloïdale de très petites particules ferromagnétiques dans un liquide tel qu'un hydrocarbure synthétique. Une interaction magnétique entre l'aimant permanent 10 et les particules ferromagnétiques du fluide 11 provoque la suspension de l'aimant 10 dans le fluide, hors de contact d'avec les parois de la chambre 13.

Deux chapeaux 15 et 17 en matériau amagnétique sont ajustés à force sur les extrémités de l'aimant 10 afin de former une couche d'un matériau amagnétique s'étendant sur la majeure partie de la surface externe cylindrique et des surfaces d'extrémité de l'aimant 10. Le matériau des chapeaux 15 et 17 est de préférence une matière plastique, telle qu'un polyéther-éther-cétone, ayant une faible dilatation jusqu'à une température d'environ 200°C. De plus, chacun des chapeaux 15 et 17 comporte dans sa surface d'extrémité un trou 19 ou 21 qui le traverse, et un organe d'arrêt 18 ou 20 de forme allongée constitué par un fil de métal rectiligne est ajusté dans chaque trou 19 ou 21 et s'étend vers l'extérieur à partir des surfaces d'extrémité de l'aimant 10 le long de l'axe longitudinal de la chambre 13. Les organes d'arrêt 18 et 20 servent à limiter le déplacement de l'aimant 10 dans le sens longitudinal de la chambre 13 en venant en contact avec les bouchons 14 et 16.

La surface externe du boîtier 12 forme l'âme d'une bobine 22 présentant deux parties espacées

axialement contenant chacune un enroulement interne 24 ou 26 et un enroulement externe 28 ou 30. Les enroulements radialement internes 24 et 26 constituent des bobines de rétablissement et les enroulements radialement externes 28 et 30 constituent des bobines de détection.

En se référant à la figure 2, les bobines 28 et 30 de détection sont reliées dans un circuit pour former deux des branches d'un pont de mesure à induction, dont les deux autres branches sont formées par le secondaire 32, à prise intermédiaire, d'un transformateur 31 dont le primaire 34 est relié à une source 33 de courant alternatif à 1 kHz. De plus, le point commun de connexion des bobines détectrices 28 et 30 est relié à l'entrée d'un démodulateur 36 dont la sortie est reliée à un circuit stabilisateur 38 qui peut être constitué par un filtre passe-bas. La sortie du circuit stabilisateur 38 est connectée par l'intermédiaire d'un amplificateur 40 à gain élevé aux bobines de rétablissement 24 et 26 qui sont reliées en série et enroulées de façon qu'un courant traversant les bobines 24 et 26 induise des champs magnétiques axiaux en opposition. L'extrémité de la bobine 24 qui n'est pas reliée à la bobine 26 est connectée à une borne 44, et la prise intermédiaire 35 du secondaire 32 du transformateur 31 est reliée à une borne de masse 37, une résistance 42 étant reliée entre ces deux bornes 37 et 44.

Au cours du fonctionnement de l'accéléromètre, les bobines détectrices 28 et 30 sont alimentées en courant alternatif à partir du secondaire 32 du transformateur 31. Lorsque l'aimant 10 se trouve dans sa position zéro représentée, dans laquelle il est disposé symétriquement par rapport aux bobines détectrices 28 et 30, des tensions égales et opposées sont induites par le courant alternatif dans les bobines

détectrices 28 et 30 en raison de la position symétrique du matériau perméable de l'aimant 10, et les deux branches du pont à induction qui est constitué par ces bobines 28 et 30 sont en équilibre, de sorte qu'il n'y a aucune tension de sortie au démodulateur 36. Cependant, lorsque l'aimant 10 est déplacé à partir de sa position zéro par une force qui est appliquée à l'appareil, les tensions induites dans les bobines 28 et 30 ne sont plus égales et une tension de déséquilibre est fournie par le pont à induction à l'entrée du démodulateur 36. Ce démodulateur fournit une sortie de courant continu qui est proportionnelle à cette tension de déséquilibre, et qui est envoyée aux bobines 24 et 26 de rétablissement par l'intermédiaire du circuit de stabilisation 38 et l'amplificateur 40. Le sens du courant appliqué aux bobines 24 et 26 est tel que l'aimant 10 est ramené dans sa position zéro. En outre, la différence de potentiel entre les bornes 37 et 44 de la résistance 42 est proportionnelle à la force axiale de rétablissement et est de ce fait proportionnelle à la force appliquée à l'accéléromètre.

Du fait que le courant de détection est un courant alternatif et que le courant de rétablissement est continu, il est possible d'utiliser des enroulements communs pour assurer à la fois la fonction de bobine détectrice et la fonction des bobines de rétablissement.

Du fait que tout déplacement de l'aimant 10 qui est dû à une force appliquée à l'accéléromètre est automatiquement compensé par l'application à l'aimant 10 d'une force de rétablissement, de très faibles déplacements de cet aimant suffisent pour obtenir une sortie de l'accéléromètre. Ceci assure une réponse à peu près uniforme de l'accéléromètre sur une plage étendue de forces appliquées, et une précision élevée des mesures.

La précision de mesure de l'accéléromètre en

fonctionnement est notablement augmentée par le fait de réaliser les chapeaux 15 et 17 en un matériau amagnétique, dont on pense qu'ils ont pour effet de diminuer l'adhérence des particules ferromagnétiques provenant du fluide aimantable 11 sur la surface externe de l'aimant 10 qui autrement conduirait à une dérive de l'étalonnage lorsque l'accéléromètre est utilisé au fond d'un puits.

Dans une variante du mode de réalisation décrit ci-dessus, l'ensemble d'aimant, constitué par l'aimant 10, les chapeaux 15 et 17 et les organes d'arrêt 18 et 20 est remplacé par un aimant permanent 50 sur les extrémités opposées duquel sont liés des organes d'extrémité 51 et 52 massifs en matière plastique, comme représenté à la figure 3. On remarquera que les organes d'extrémité 51 et 52 ont une longueur telle qu'il n'est plus nécessaire de prévoir des organes d'arrêt séparés.

Dans une autre variante du mode de réalisation décrit plus haut, l'ensemble d'aimant est tel que représenté en coupe axiale à la figure 4. Dans cet ensemble, l'aimant permanent 60 est constitué par un manchon cylindrique ayant des pôles opposés à ses extrémités axiales, auxquelles sont liés des organes d'extrémité 61 et 62 en matière plastique présentant des trous 63 et 64 qui les traversent. Bien que les trous traversants 63 et 64 puissent être supprimés dans ce mode de réalisation, il est préférable qu'au moins l'un de ces trous soit prévu afin de permettre au fluide aimantable de remplir l'espace creux 65 à l'intérieur de l'aimant 60. D'une façon encore plus avantageuse, on prévoit deux trous 63 et 64, de façon que la communication du fluide entre les deux extrémités de la chambre 13 puisse être assurée par un passage ayant une section qui peut être choisie pour rendre optimal l'amortissement de l'ensemble d'aimant.

REVENDICATIONS

1. Accéléromètre comprenant un boîtier (12) délimitant une chambre (13), un fluide aimantable (11) à l'intérieur de la chambre, un aimant permanent (10, 50, 60) en suspension de façon magnétique dans la chambre au sein du fluide aimantable, avec ses pôles orientés suivant un axe de déplacement, et pouvant se déplacer à partir d'une position zéro suivant l'axe de déplacement sous l'action d'une force qui est appliquée à l'accéléromètre, et des moyens de détection (28, 30) pour détecter un déplacement de l'aimant permanent suivant l'axe de déplacement et pour fournir un signal électrique indicatif de la force appliquée, caractérisé en ce qu'au moins des parties de la surface externe de l'aimant permanent (10, 50, 60), au voisinage de ses pôles sont pourvues d'organes d'extrémité amagnatiques (15, 17; 51, 52; 61, 62).

2. Accéléromètre suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les organes d'extrémité (15, 17) sont formés d'au moins un manchon en un matériau amagnétique, monté sur l'aimant permanent (10).

3. Accéléromètre suivant la revendication 2, caractérisé en ce que les organes d'extrémité (15, 17) sont constitués par deux manchons en matériau amagnétique, prévus au voisinage des pôles de l'aimant permanent (10), chaque manchon ayant une extrémité substantiellement fermée qui recouvre une surface d'extrémité correspondante de l'aimant permanent.

4. Accéléromètre suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les organes d'extrémité (51, 52; 61, 62) sont formés par des prolongements axiaux des extrémités de l'aimant permanent (50, 60).

5. Accéléromètre suivant la revendication 4, caractérisé en ce qu'au moins l'un des organes d'extrémité (61, 62) présente au moins un trou axial traversant (63, 64) qui communique avec un espace (65) existant à

l'intérieur de l'aimant permanent (60).

6. Accéléromètre suivant la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que les deux organes d'extrémité (61, 62) comportent des trous axiaux traversants (63, 64) qui sont reliés entre eux par un passage (65) qui s'étend à travers l'aimant permanent (60).

7. Accéléromètre suivant l'une quelconque des revendications 4, 5 ou 6, caractérisé en ce que les organes d'extrémité (51, 52; 61, 62) s'étendent axialement de manière à limiter le déplacement de l'aimant permanent (50, 60) en venant en contact avec des parties du boîtier (12).

8. Accéléromètre suivant l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les organes d'extrémité (15, 17; 51, 52; 61, 62) sont constitués par du polyéther-éther-cétone.

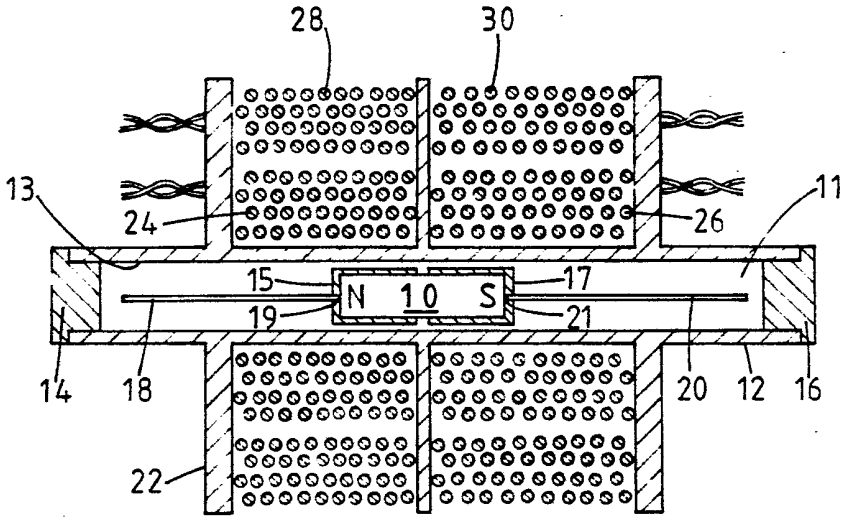

28
30
13
11
24
26
15
N
10
S
17
19
21
14
18
20
12
16
22

FIG. 1.

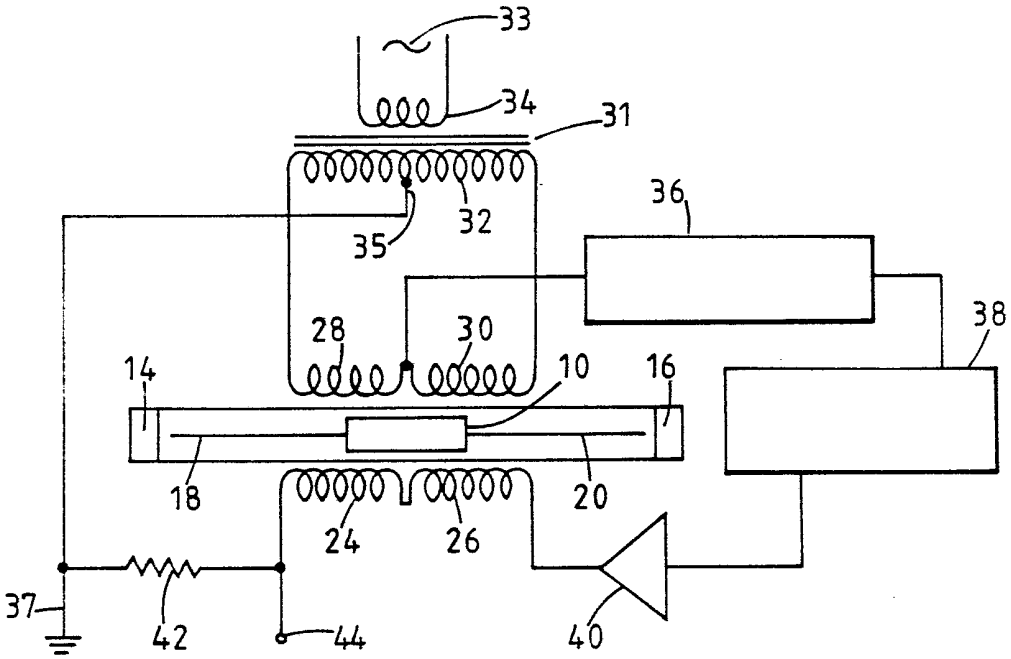

33
34
31
36
35
32
38
28
30
14
10
16
18
20
24
26
37
42
44
40

FIG. 2.

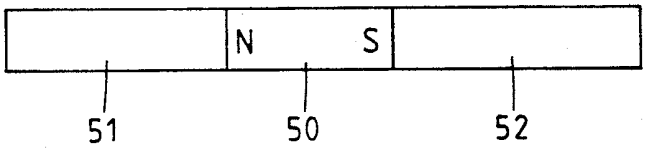


FIG.3.

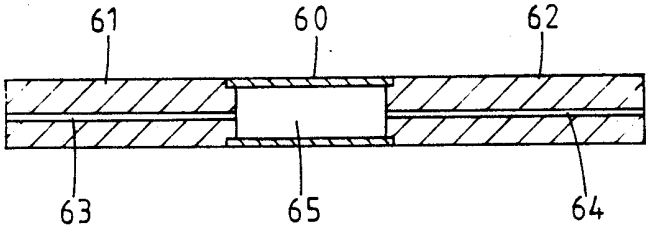


FIG. 4.