



⑫ **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

④⑤ Date de publication du fascicule du brevet :
22.04.92 Bulletin 92/17

⑤① Int. Cl.⁵ : **E21B 12/02, E21B 44/00**

②① Numéro de dépôt : **88402319.3**

②② Date de dépôt : **14.09.88**

⑤④ **Méthode de détermination de l'usure d'organes de découpe d'un outil en cours de forage d'une formation rocheuse.**

③⑩ Priorité : **17.09.87 FR 8712928**

④③ Date de publication de la demande :
22.03.89 Bulletin 89/12

④⑤ Mention de la délivrance du brevet :
22.04.92 Bulletin 92/17

⑥④ Etats contractants désignés :
DE FR GB IT NL

⑤⑥ Documents cités :
EP-A- 0 163 426
EP-A- 0 168 996
US-A- 3 782 190

⑤⑥ Documents cités :
US-A- 4 064 749
US-A- 4 627 276
58TH ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE
AND EXHIBITION, San Francisco, California,
5-8 octobre 1983, pages 1-6, SPE 11994,
Society of Petroleum Engineers of AIME, Dal-
las, Texas, US; T.M. WARREN: " Factors affec-
ting torque for a tricone bit"

⑦③ Titulaire : **INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE**
4, Avenue de Bois Préau
F-92506 Rueil-Malmaison Cédex (FR)

⑦② Inventeur : **Fay, Hubert**
3, Allée de Genètrière
F-78260 L'Etang la Ville (FR)

EP 0 308 327 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 une méthode de détermination de l'usure d'organes de découpe d'un outil en cours de forage d'une formation rocheuse.

5 Les techniques de forage des puits pétroliers se sont considérablement développés durant ces dernières décennies et ont donc entraîné une évolution des outils de forage qui servent à découper les roches.

Les outils de forage les plus utilisés dans ce domaine sont les trépan, notamment ceux du type à molettes qui cisailent, fragmentent et broient la roche quand on fait tourner le train de tiges. Cependant, ces outils ont des durées de vie relativement courtes de 15 à 20 heures et il est nécessaire de contrôler leur usure pour prévoir leur remplacement. Des problèmes d'usure se présentent également dans le cas des outils P.D.C. (Polycrystalline Diamond Compact), mais de façon moins critique.

10 Le brevet US-A-3.782.190 traite de la détection de défauts sur les paliers de roulement d'un outil tricone. Pour cela, des capteurs de surface (33 et 36, Fig. 1) mesurent le couple à la table de rotation (T) et le poids suspendu au crochet de forage. La méthode consiste à utiliser un module analogique pour calculer le rapport T/WD. W étant le poids sur l'outil, déduit de la charge au crochet de manière conventionnelle, D étant le diamètre de l'outil de forage.

On connaît déjà par le brevet US-A-4.627.276 une méthode dans laquelle on détermine des valeurs moyennes de la vitesse d'avancement d'un outil de forage, de la vitesse de rotation et du poids sur l'outil, pour en déduire l'efficacité du forage, ainsi que la résistance au cisaillement de la roche dans laquelle s'effectue le forage.

20 Le brevet EP-A-0.168.996 présente quant à lui un dispositif de détection d'événements en cours de forage tels que notamment des ruptures sur les outils de forage.

Cependant, aucun de ces documents ne présente une méthode de détermination de l'usure progressive des organes de découpe, tels que notamment les dents d'un trépan à molettes. La méthode de la présente invention, simple et commode, utilise la mesure de deux paramètres de fond, le poids sur l'outil W et le couple sur l'outil T ; le degré d'usure peut être obtenu à tout moment par l'opérateur quand il le désire.

La présente invention a donc pour objet une méthode de détermination de l'usure d'organes de découpe d'un outil en cours de forage d'une formation rocheuse, par laquelle on mesure le poids W appliqué sur l'outil et le couple T nécessaire à la rotation dudit outil, le poids sur l'outil W et le couple T étant liés par une relation du type $T = uW + vW^\alpha$ dans laquelle u et v sont des paramètres et α est un coefficient dépendant entre autre de la formation, caractérisée en ce que

- on applique une succession de valeurs de poids sur l'outil en cours de forage pendant sur une première période de test,
- on effectue une première série de mesures, au niveau de l'outil, sur le couple et le poids pendant la première période de test,
- on établit à partir de ladite première série de mesures une portion de courbe représentative des variations du couple en fonction des variations du poids,
- on garde en mémoire ladite portion de courbe établie pendant la première période de test,
- on réalise au cours de l'avance du forage une succession de périodes de test, pour chacune desquelles on établit ladite portion de courbe représentative correspondante,
- on compare la portion de courbe obtenue pour une période de test donnée avec au moins une portion de courbe précédemment obtenue,
- on en déduit le degré d'usure des organes de découpe en fonction de la variation d'au moins une grandeur liée à la concavité desdites portions de courbe, par exemple le rayon de courbure moyen desdites portions de courbe, la diminution de la concavité de la courbe indiquant une augmentation de l'usure de l'outil, toutes conditions égales par ailleurs.

45 Selon un mode de réalisation préféré de la présente invention, ladite première série de mesures à partir de laquelle on obtient la première portion de courbe, est réalisée sur un outil neuf pratiquement sans usure.

De manière à s'affranchir des imprécisions des mesures se répercutant sur la concavité, la grandeur liée auxdites portions de courbes dépend de la valeur du rayon de courbure moyen de ladite portion de courbe. En utilisant un rayon de courbure moyen, la portion de courbe obtenue peut être considérée comme plus représentative de l'usure réelle.

Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, on détermine pour une période de test donnée au moins une fonction du paramètre v à partir, d'une part desdites portions de courbes liées aux périodes de tests précédents et d'autre part de la relation $T = uW + vW^\alpha$, et l'on déduit le degré d'usure des organes de découpe de l'outil par la diminution de ladite fonction du paramètre v.

Avantageusement, on effectue un balayage par paliers de la valeur du poids sur l'outil au voisinage de sa valeur de consigne et on détermine les valeurs correspondantes de W et T au cours de ce balayage.

L'invention sera bien comprise en se référant à la description correspondant aux figures annexées, parmi lesquelles :

- la figure 1 illustre schématiquement une méthode d'obtention du critère d'usure du trépan en fonction des paramètres poids exercé sur l'outil W et couple de rotation exercé sur l'outil T,
- la figure 2 est une représentation schématique d'enregistrements effectués en fonction des mesures des paramètres T et W, et
- les figures 3 et 4 montrent des courbes représentatives du couple (T) de rotation en fonction du poids exercé sur l'outil (W).

L'invention permet d'obtenir une détermination de l'usure d'organes de découpe tels que, notamment, les dents d'un outil. Elle s'applique donc parfaitement aux outils à molettes à dents fraisées et à picots, ou à des outils de forage présentant une relation de même type du couple appliqué (T) en fonction du poids (W), ce qui est le cas, par exemple, des outils P.D.C. (Polycrystalline Diamond Compact).

La présente invention permet de déterminer l'usure d'un outil à partir de la mesure du couple sur l'outil et du poids sur l'outil.

On a déjà utilisé dans plusieurs méthodes de détermination d'événements, comme par exemple des défauts au niveau des roulements, la variation du couple sur l'outil

Ceci est notamment le cas dans le brevet EP-A-0.168.996 où l'on indique que ces deux paramètres peuvent dépendre l'un de l'autre suivant la relation :

$$T = uW + vW^2$$

De manière plus générale, cette équation peut s'écrire sous la forme :

$$T = uW + vW^\alpha \quad (1)$$

avec α coefficient dépendant entre autre paramètre, de la formation rocheuse et dont la valeur peut être prise égale à 2.

Cependant, les développements de cette méthode dans le document considéré s'intéresse à un calcul sur un ensemble limité des valeurs enregistrées.

La présente invention s'intéresse, quant à elle, à la détermination des paramètres u et v.

Afin de mener à bien cette démarche, on considère tout d'abord une approche théorique.

On se référera aux publications suivantes :

- H.W.R. Wardlaw - Optimization of Rotary Drilling Parameters - Dissertation - University of Texas, 1971.
- T.M. Warren - Factors Affecting Torque for a Tricone Bit - S.P.E. 11 994 - 1983.
- P.F. Gnirk and J.B. Cheatham - A Theoretical Description of Rotary Drilling for Idealized Down-Hole Bit-Rock Conditions - S.P.E. Journal, Dec. 1969.

On définit tout d'abord un certain nombre de notations utilisées ci-après :

C_1 : Demi-largeur des dents de l'outil de forage (à l'enfoncement)

D : Diamètre de l'outil

E : Module d'Young de la formation

m : Constante sans dimension (fonction du type de formation)

N : Vitesse de rotation de l'outil

n : Méplat des dents usées

P : Pression différentielle sur le front de taille

Q : Débit de boue

r : Distance d'un éclat de roche par rapport à l'axe de l'outil

R : Rayon d'une molette

S : Contrainte de cisaillement de la roche à la rupture

T : Couple sur l'outil

V : Vitesse de la boue au niveau du front de taille

V_A : Vitesse instantanée d'avancement de l'outil

W : Poids sur l'outil

Z : Masse spécifique de la boue

α : Exposant du poids dans la relation $T=uW + vW^\alpha$

$\frac{\gamma}{2\pi}$: Fraction de la surface du front de taille enlevée par les dents de l'outil

δ : Pénétration des dents dans la formation

η : Facteur d'efficacité de la boue au niveau du front de taille

$\frac{\lambda}{2\pi}$: Fraction de la surface du front de taille supportant le poids W

μ : Viscosité dynamique de la boue

θ : Angle définissant la géométrie d'un copeau

En utilisant les hypothèses de Wardlaw et en intégrant le couple élémentaire le long du rayon r, l'expression du couple global T s'écrit :

$$T = \frac{s\delta}{\cos\theta \sin\theta} \frac{D^2}{8} \quad (2)$$

Par ailleurs, en appelant $\frac{\gamma_1}{2\pi}$ la fraction de surface du front de taille correspondant à des éclats de roche se libérant de la pression différentielle P et en appelant de même celle correspondant à des éclats broyés sous équipression, soit $\frac{\gamma_3}{2\pi}$ dans le cas où l'influence du débit de la boue et son efficacité de la boue η au niveau du front de taille sont prépondérants, soit $\frac{\gamma_2}{2\pi}$, la pénétration moyenne des dents δ est donnée par :

$$\delta = \frac{2\pi}{\gamma_1 + \gamma_i} \frac{V_A}{N} \quad (3)$$

avec i = 2,3 suivant le mode de fonctionnement considéré, d'où :

$$T = \frac{2\pi}{\gamma_1 + \gamma_i} \frac{1}{\sin\theta \cos\theta} \frac{SD^2}{8} \frac{V_A}{N} \quad (4)$$

et en remplaçant V_A par son expression en fonction du mode de forage considéré par Wardlaw, les expressions du couple s'écrivent :

$$T_1 = \frac{8 c_1}{\lambda^2 D} \frac{\gamma_1}{\gamma_1 + \gamma_2} \sin^2 \beta/2 \sin \beta \frac{1}{DP} \left(\frac{W^2}{1 + \frac{128}{\lambda^2} \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \frac{\sin^2 \beta/2 \sin \beta}{\operatorname{tg} \theta} \frac{W^2}{PED^4}} \right) \quad (5)$$

$$T_2 = \frac{8 c_1}{\lambda^2 D} \frac{\gamma_1}{\gamma_1 + \gamma_2} \sin^2 \beta/2 \sin \beta \frac{1}{DP} \left(\frac{W^2}{1 + \frac{c_1}{D} \frac{4\gamma_1\gamma_3\eta}{\pi\lambda^2} \frac{\sin^2 \beta/2 \sin \beta \sin 2\theta}{QZV^2} \frac{NW^2}{SD}} \right) \quad (6)$$

$$T_3 = \frac{8 c_1}{\lambda^2 D} \frac{\gamma_1}{\gamma_1 + \gamma_2} \frac{\sin^2 \beta/2 \sin \beta}{\mu_m} \frac{1}{ND} \left(\frac{W^2}{1 + \frac{128}{\lambda^2} \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \frac{\sin^2 \beta/2 \sin \beta}{\mu_m \operatorname{tg} \theta} \frac{W^2}{END^4}} \right) \quad (7)$$

dans l'équation 7, m est une constante sans dimension, dépendant de la nature de la formation.

En prenant l'exemple du premier mode de fonctionnement (équation 5), il est possible de montrer que le rayon de courbure de la courbe représentative augmente lorsque l'outil s'use, et donc que le terme v de l'équation 1 diminue.

En effet l'équation 5 peut s'écrire :

$$T = I \frac{W^2}{1 + j W^2} \quad (8)$$

et si l'on se place sur cette courbe en dessous du point d'inflexion, c'est-à-dire pour $W < \frac{1}{\sqrt{3j}}$ le rayon de courbure est donné par :

$$\rho \neq \frac{\left(1 + 4 \frac{T^2}{W^2}\right)^{3/2}}{2I} \quad (9)$$

Sachant que la valeur du rapport $\frac{T}{W}$ est en général bien inférieure à 1, la variation de ρ lorsque l'outil s'use dépend principalement de celle de I . Or :

$$I = \frac{8}{\lambda^2} \frac{C_1}{D} \frac{\gamma_1}{\gamma_1 + \gamma_2} \sin^2 \beta / 2 \sin \beta \frac{1}{DP} \quad (10)$$

Au fur et à mesure de l'usure des dents δ décroît (équation 14), donc C_1 décroît aussi puisque :

$$C_1 = \delta \tan \beta / 2 \quad (11)$$

par ailleurs la valeur de λ augmentant, I ne peut que décroître, ρ croître et donc v diminuer corrélativement.

De même Warren propose comme équation du couple sur l'outil :

$$T = \sin \theta' \cdot \frac{2W}{D} \int_0^{D/2} \left(K_1 + \sqrt{\frac{2\delta}{R}} \right) x dx \quad (12)$$

K_1 étant une constante, pour un outil donné, fonction du décentrement de l'axe des molettes par rapport à l'axe de l'outil, R le rayon courant d'une molette et θ' l'angle complémentaire du demi-angle au sommet de la même molette.

L'intégration de l'équation (12) conduit à l'équation (13) :

$$T = D \sin \theta' \left(\frac{K_1}{4} + \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2\delta}{R_0}} \right) W \quad (13)$$

sachant que la pénétration δ est liée au poids sur l'outil d'après Cheatham et Gnirk par la relation :

$$\delta = \left(\frac{W}{\sigma} - K_2 n \right) \frac{1}{K_3} \quad (14)$$

avec :

K_2 et K_3 , paramètres fonction des caractéristiques géométriques des dents, de l'angle de frottement interne de la formation et, dans une faible mesure, de la vitesse de rotation N .

σ , contrainte de compression à la pression différentielle P .

η , largeur du méplat des dents usées.

50

L'équation (14) s'écrit :

$$T = D \sin \theta' \left(\frac{K_1}{4} W + \frac{W}{3} \sqrt{\frac{2}{R_0 K_3}} \sqrt{\frac{W}{\sigma} - K_2 n} \right) \quad (15)$$

Donc pour un outil, une formation, des conditions hydrauliques et de forage donnés, lorsque l'outil s'use η augmente et, l'équation (15) montrant que la concavité de la courbe représentative diminue dans ce cas, la valeur du paramètre v de l'équation :

$$T = uW + vW^\alpha$$

5 diminue elle aussi.

Ainsi, selon la méthode de la présente invention, le degré d'usure d'un outil est estimé à l'aide d'un critère ou d'une grandeur liée à la concavité moyenne dépendant de la valeur du paramètre v défini par la relation :

$$T = uW + vW^\alpha$$

10 relation dans laquelle u et v sont deux paramètres fonction du type d'outil, de la formation, des conditions hydrauliques, de la vitesse de rotation de l'outil, et où α est un coefficient de valeur numérique en général voisine de 2.

Afin d'appuyer cette conclusion théorique, des études expérimentales sur banc d'essais ont permis de confirmer et même de quantifier l'influence de l'usure des dents sur la valeur du paramètre v .

Les conditions d'essais étaient :

- 15
- diamètre des outils : 0,152 m (6")
 - formation : calcaire de Buxy
 - vitesse de rotation : 116 tr/min
 - pression de confinement : 90 bars
 - débit de la boue à l'eau : 400 l/min

20 Les résultats obtenus ont permis de tracer les courbes

$$T = uW + vW^\alpha \quad \text{avec } \alpha = 2$$

par régression en utilisant la méthode des moindres carrés.

Ces courbes sont représentées à la figure 3.

25 Ainsi la figure 3 indique la diminution de la valeur de v pour un même type d'outil (J3D), en fonction de trois degrés d'usure différents (outil neuf, usure T4 et usure complète des dents T8) avec, du fait du choix des unités non normalisées :

$$u^* = 10^3 u$$

$$v^* = 10^7 v$$

30 La figure 3 représente les courbes expérimentales 15, 16, 17 du couple (T) en fonction du poids sur l'outil (W). La courbe 15 correspond à un outil neuf, la courbe 16 au même type d'outil avec un degré d'usure T4 (la désignation de l'outil dans cet état étant : J3DT4).

La courbe 17 correspond au même type outil avec un degré d'usure T8 (l'outil dans cet état étant désigné par J3DT8).

35 L'abscisse de la figure 3 représente le poids exercé sur l'outil exprimé en tonnes et en ordonnée, le couple T exprimée en m.daN.

Le tableau 1 donne pour chaque courbe la désignation de l'outil et les valeurs de u^* et v^* .

40

COURBE	DESIGNATION			
	OUTIL	U [*]	V [*]	
45	15	J3DN	5,8	0,5
	16	J3DT4	9,4	0,3
50	17	J3DT8	6,1	0,06

55

Tableau 1

Ainsi, il apparaît nettement que v décroît lorsque l'usure de l'outil augmente. Un examen des courbes mon-

tre bien que c'est la courbe 15 qui a la concavité la plus grande.

Il est donc vérifié que, pour un forage dont les conditions hydrauliques et la vitesse de rotation du train de tige varient peu et dont la lithologie des formations traversées n'est pas radicalement diversifiée, la valeur de v diminue au fur et à mesure que l'outil s'use. Il est donc possible de considérer cette valeur, ou toute autre fonction de v , comme représentant un critère d'usure des outils.

Si par contre les conditions dont il vient d'être question varient de manière importante, il convient d'affecter v d'un facteur de pondération fonction des variations précédentes dont l'influence peut être déterminée par les relations 5, 6 et 7 et/ou par des essais de référence.

La présente invention va maintenant être décrite dans sa réalisation pratique sur site de forage et notamment dans la mise en oeuvre de la détermination de l'usure des organes de découpe.

La figure 1 schématise l'environnement permettant l'obtention de la valeur du critère d'usure v ou $f(v)$, la fonction f correspondant à un traitement supplémentaire du paramètre v , par exemple pour présenter les résultats de manière simple à l'opérateur.

L'invention nécessite principalement la connaissance des deux paramètres de fond, poids sur l'outil (W) et couple sur l'outil (T).

Afin d'examiner les variations du couple sur l'outil, on effectue un balayage en poids par paliers sur l'outil. La plage de balayage et le nombre de paliers doivent être suffisants. La durée de chaque palier de poids est déterminé par l'établissement d'un régime de fonctionnement stabilisé.

Sur la figure 1 la référence 1 représente un puits foré à l'aide d'un outil de forage du type tricône 2 fixé à l'extrémité d'un train de tiges de forage 3.

Les mesures de poids et de couple s'exerçant sur l'outil 2 peuvent être transmises à la surface, par exemple par le canal du fluide de forage, ou par tout autre moyen (câble électrique, etc.) et au calculateur 4 par une ligne électrique symbolisée par la flèche 5.

Le calculateur fournit à l'opérateur la valeur du critère d'usure selon l'invention.

Chaque fois que l'opérateur veut connaître la valeur du critère d'usure, il déclenche depuis la surface la procédure de test représentée sur la figure 2. Les valeurs de T et de W sont alors enregistrées, puis traitées et exploitées par le calculateur.

La figure 2 représente côte à côte une courbe d'évolution 6 du poids W s'exerçant sur l'outil en fonction de la profondeur PR et une courbe 7 d'évolution du couple T s'exerçant sur l'outil en fonction de la profondeur PR . Les échelles de profondeur PR des courbes 6 et 7 sont identiques et se correspondent mutuellement.

Les mesures de poids et de couple s'exerçant sur l'outil peuvent s'effectuer de manière connue de l'homme de l'art, par exemple à l'aide de la méthode dite du M.W.D. ("Measurement While Drilling"). La variation du poids s'exerçant sur l'outil peut être obtenue de manière classique en supportant plus ou moins le train de tiges à partir de la surface.

Les mesures des paramètres sont effectuées en fonction de la profondeur et/ou du temps. Il est recommandé de pouvoir effectuer au moins cinq paliers par test, ce qui conduit à une durée globale de test d'environ quinze minutes.

La figure 2 représente schématiquement un test comportant cinq paliers.

Le niveau du palier 8 correspond au poids sur l'outil en cours de forage à partir duquel l'opérateur décide de déclencher le test. Le test comporte une diminution du poids sur l'outil pour arriver au palier 9 puis une montée en quatre autres paliers respectivement 10, 11, 12 et 13 correspondant à une augmentation du poids sur l'outil.

Durant cette variation du poids sur l'outil on enregistre les variations du couple T s'exerçant sur l'outil (courbe 7) et à la fin du cinquième palier 13, on peut revenir au niveau du palier 14, qui est sensiblement égal au poids sur l'outil du forage avant le déclenchement du test et qui donc correspond approximativement au palier 8. Par la suite, on peut revenir à un autre palier correspondant à des conditions optimum d'utilisation de l'outil de forage compte tenu de son état d'usure qui vient d'être déterminé. Le premier test doit être réalisé, l'outil étant en début de passe. Le nombre de tests suivants dépend des choix de l'opérateur.

La première série de mesures effectuée au fond du puits, au niveau de l'outil, sur le couple et le poids correspond au début de l'attaque de la roche par l'outil, c'est-à-dire que son usure peut être considérée comme pratiquement nulle.

La série de mesures effectuées pendant la première période de test est transmise en surface au calculateur qui établit à partir de ces données une portion de courbe représentative des variations du couple en fonction des variations du poids. Le calculateur garde ensuite en mémoire cette courbe correspondant à la période de test.

Lorsqu'il le désire, l'opérateur déclenche une nouvelle période de test, provoquant une variation par palier du poids appliqué sur l'outil, le calculateur reçoit à nouveau une nouvelle série de mesures à partir de laquelle il peut obtenir la courbe représentative des variations de T en fonction de W .

Le degré d'usure pourra être déduit alors de deux manières :

– par comparaison du réseau de courbes ; toute diminution de la concavité de la courbe indiquera une augmentation de l'usure de l'outil. Bien entendu, ces courbes pourront être tracées géométriquement et donc transmises à l'opérateur qui en déduira le degré d'usure, mais on peut facilement envisager que la comparaison de la concavité des courbes soit effectuée directement par le calculateur sans qu'il soit nécessaire d'avoir un tracé visualisé,

– par calcul du paramètre v ; les courbes obtenues expérimentalement vérifiant la relation $T = uW + vW^\alpha$, on peut calculer à partir des mesures réalisées la valeur de v . L'augmentation de l'usure de l'outil est déduite de la diminution de cette valeur de v .

Bien entendu, les mesures effectuées au fond du puits peuvent présenter quelques imprécisions, il convient donc, à partir de ces mesures, de déterminer une courbe moyenne, par exemple par la méthode des moindres carrés, et d'en déduire la concavité moyenne de cette courbe représentée par le rayon de courbure moyen, ou une grandeur liée à cette valeur moyenne. Ensuite, la détermination de l'usure peut se faire, soit en contrôlant l'évolution de la concavité moyenne en fonction de l'avancement du forage, soit en composant la concavité moyenne avec des concavités moyennes établies au cours d'essais de référence.

Dans le cas où la valeur du poids sur l'outil au fond peut être obtenue de manière précise à partir d'une mesure en surface, notamment dans le cas des puits verticaux, cette mesure de surface peut être éventuellement utilisée dans le cadre de la présente invention.

Les caractéristiques de la formation traversée, de l'outil, les valeurs des conditions hydrauliques et de N peuvent être prises en compte pour normaliser la valeur du paramètre v et/ou celle du critère.

Les résultats obtenus sur site de forage sont présentés à la figure 4. Ces résultats correspondent à un puits foré pour la Société Nationale Elf-Aquitaine au large des Pays-Bas. Contrairement aux essais sur banc présentés précédemment, l'outil était de gros diamètre (17"1/2). L'usure, après une passe de forage de la cote 1306 m à la cote 1673 m, était égale à T2. Les trois groupes des mesures effectuées se sont répartis respectivement sur 27 m, 3,5 m et 7,5 m.

Bien que dans ce cas l'usure de l'outil soit faible, la décroissance de la valeur de v a bien lieu.

L'abscisse de la figure 4 exprime le poids exercé sur l'outil en tonnes et l'ordonnée le couple exercé sur l'outil exprimé en m.daN.

La courbe 18 se situe entre les cotes 1320 et 1347 m, la courbe 19 entre les cotes 1460 et 1463,5 m et la courbe 20 entre les cotes 1559 et 1566,5 m.

Au cours de cet essai l'outil est passé de l'état neuf à une usure T2, soit une usure faible.

Le tableau suivant indique pour chaque courbe la cote de profondeur du test, la valeur de u^* et la valeur de v^* .

COURBE	COTE (m)	U	V
18	1320 à 1347	29	1,37
19	1460 à 1463,5	27	1,20
20	1559 à 1566,5	26	0,87

Tableau 2

Ainsi il apparaît que pour une usure faible la valeur de v^* (et par conséquent de v) a variée de façon significative, ce qui indique que la méthode selon l'invention permet de connaître l'usure de l'outil avec précision.

Les points représentés aux figures 3 et 4 correspondent aux valeurs ayant servi à l'établissement des différentes courbes. Il n'est pas nécessaire de tracer les courbes lors des différents tests. Il suffit d'obtenir la valeur

de v ou d'une fonction de v pour être renseigné sur l'état d'usure de l'outil. Bien entendu, il est souhaitable que l'opérateur ait à sa disposition une représentation graphique des points représentatifs et des courbes correspondantes.

Les différentes courbes ainsi que les valeurs de u ont été données pour faciliter au lecteur la compréhension de la présente demande.

La méthode selon la présente invention permet d'éviter de forer avec des outils usés ou de remonter trop tôt des outils. La connaissance du degré d'usure des outils qu'elle permet intervient directement dans la réduction du coût des forages.

Revendications

1. Méthode de détermination de l'usure d'organes de découpe d'un outil en cours de forage d'une formation rocheuse, par laquelle on mesure le poids W appliqué sur l'outil et le couple T nécessaire à la rotation dudit outil, le poids sur l'outil W et le couple T étant liés par une relation du type $T = uW + vW^\alpha$ dans laquelle u et v sont des paramètres et α est un coefficient dépendant entre autre de la formation, caractérisée en ce que

– on applique une succession de valeurs de poids sur l'outil en cours de forage pendant une première période de test,

– on effectue une première série de mesures, au niveau de l'outil, sur le couple et le poids pendant la première période de test,

– on établit à partir de ladite première série de mesures une portion de courbe représentative des variations du couple en fonction des variations du poids,

– on garde en mémoire ladite portion de courbe établie pendant la première période de test,

– on réalise au cours de l'avance du forage une succession de périodes de test, pour chacune desquelles on établit ladite portion de courbe représentative correspondante,

– on compare la portion de courbe obtenue pour une période de test donnée avec au moins une portion de courbe précédemment obtenue,

– on en déduit le degré d'usure des organes de découpe en fonction de la variation d'au moins une grandeur liée à la concavité desdites portions de courbe, par exemple le rayon de courbure moyen desdites portions de courbe, la diminution de la concavité de la courbe indiquant une augmentation de l'usure de l'outil, toutes conditions égales par ailleurs.

2. Méthode de détermination de l'usure selon la revendication 1, caractérisée en ce que ladite première série de mesures à partir de laquelle on obtient la première portion de courbe, est réalisée sur un outil neuf pratiquement sans usure.

3. Méthode de détermination de l'usure selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'on détermine pour une période de test donnée au moins une fonction du paramètre v à partir, d'une part desdites portions de courbes liées aux périodes de tests précédents et d'autre part de la relation $T = uW + vW^\alpha$ et que l'on déduit le degré d'usure des organes de découpe de l'outil par la diminution de ladite fonction du paramètre V .

4. Méthode de détermination de l'usure selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'on effectue un balayage par paliers de la valeur du poids sur l'outil au voisinage de sa valeur de consigne et on détermine les valeurs correspondantes de W et T au cours de ce balayage.

Claims

1. A method for determining the wear of cutting members of a tool during drilling in a rock formation, whereby the measurements of the weight W applied to the tool and the torque T required to rotate the tool are taken, the weight on the tool W and the torque T being linked by a ratio of the type $T = uW + vW^\alpha$ in which u and v are the parameters and α is a coefficient dependent, among other things, on the formation, characterised in that

– a series of weight values is applied to the tool during drilling during an initial testing period,

– a first series of measurements is taken at the level of the tool on the torque and the weight during an initial testing period,

– on the basis of the first series of measurements, a curve section representing the variations in the torque in relation to the variations in the weight is drawn up,

– the curve section drawn up during the initial testing period is stored,

– during drilling, tests are carried out over a succession of periods and the corresponding representative curve section for each period is drawn up,

- the curve section obtained for a given test period is compared with at least one curve section obtained previously,
- from this, the degree of wear on the cutting members is determined on the basis of the variation in at least one measurement of the degree of concavity of the curve sections, for example the mean radius of curvature of the curve sections, the decrease in concavity of the curve denoting an increase in wear on the tool, all other conditions being equal.

2. A method of determining wear in accordance with claim 1, characterised in that the first series of measurements from which the first curve section is determined, is carried out on a practically new tool showing no signs of wear.

3. A method of determining wear in accordance with claim 1, characterised in that over a given test period, at least one function of the parameter v is determined on the basis of the curve sections relating to the previous test periods on the one hand and the ratio $T = uW + vW\alpha$ on the other and in that the degree of wear on the cutting members of the tool is deduced on the basis of the decrease in the function of the parameter V .

4. A method of determining wear in accordance with any one of claims 1 to 3, characterised in that a step by step scan is taken of the value of the weight on the tool close to the reference value and the corresponding values of W and T are determined during the scan.

Patentansprüche

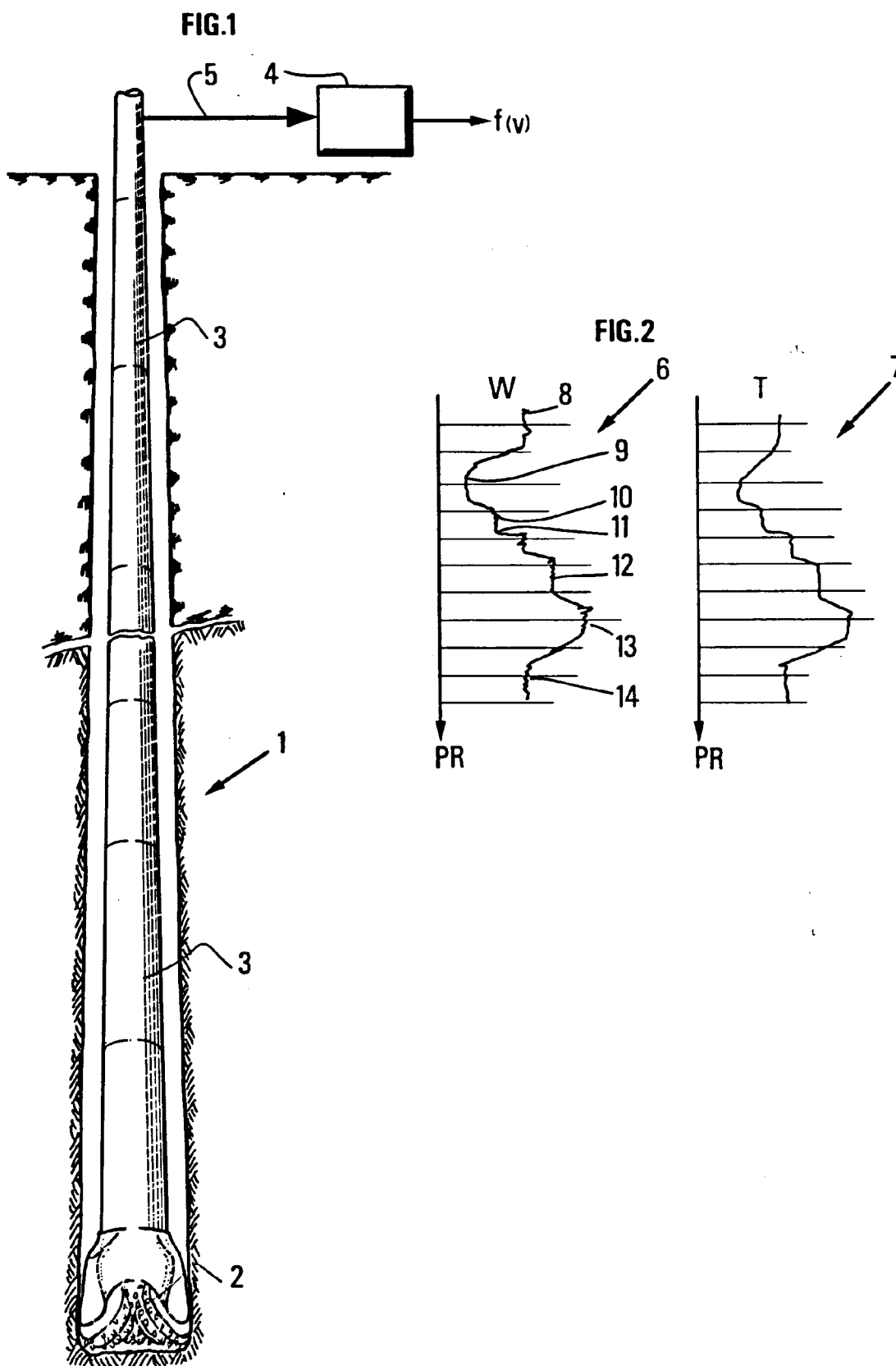
1. Verfahren zum Bestimmen des Verschleißes von Schneidorganen eines Werkzeugs während des Bohrens einer Gesteinsformation, durch welches man das auf das Werkzeug aufgebrachte Gewicht W und das zur Rotation dieses Werkzeugs notwendige Moment T mißt, wobei das Gewicht am Werkzeug W und das Moment T durch eine Beziehung vom Typ $T = uW + vW\alpha$ verknüpft sind, in welcher u und v Parameter und α ein Koeffizient, der unter anderem von der Formation abhängt, sind, dadurch gekennzeichnet, daß

- man eine Aufeinanderfolge von Gewichtswerten auf das Werkzeug im Verlauf des Bohrens während einer ersten Testperiode aufbringt,
- man eine erste Reihe von Messungen, in Höhe des Werkzeugs, am Moment und dem Gewicht während der ersten Testperiode vornimmt,
- man ausgehend von dieser ersten Reihe von Messungen einen Kurventeil aufstellt, der repräsentativ für Veränderungen des Moments als Funktion der Gewichtsveränderungen ist,
- man diesen Teil der während der ersten Testperiode aufgestellten Kurve speichert,
- man während des Bohrfortschritts eine Aufeinanderfolge von Testperioden vornimmt, für deren jede man diesen repräsentativen entsprechenden Kurventeil aufstellt,
- man den für eine gegebene Testperiode erhaltenen Kurventeil mit wenigstens einem vorher erhaltenen Kurventeil vergleicht,
- man hiervon den Grad des Verschleißes der Schneidorgane als Funktion der Veränderung wenigstens einer Größe abzieht, die mit der Konkavität dieser Kurventeile verknüpft ist, beispielsweise den mittleren Krümmungsradius dieser Kurventeile, wobei die Verminderung der Konkavität der Kurve eine Erhöhung des Verschleißes des Werkzeugs bei sonst gleichen Bedingungen anzeigt.

2. Verfahren zum Bestimmen des Verschleißes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß diese erste Reihe von Messungen, ausgehend von denen man den ersten Kurventeil erhält, an einem praktisch verschleißfreien neuen Werkzeug vorgenommen wird.

3. Verfahren zum Bestimmen des Verschleißes nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man für eine gegebene Testperiode wenigstens eine Funktion des Parameters v , ausgehend einerseits von diesen Teilen der mit den vorhergehenden Testperioden verknüpften Kurventeilen und andererseits der Beziehung $T = uW + vW\alpha$, bestimmt und daß man den Verschleißgrad der Schneidorgane des Werkzeugs durch die Verminderung dieser Funktion des Parameters V herleitet.

4. Verfahren zum Bestimmen des Verschleißes nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man ein stufenweises Abfragen des Gewichtswertes am Werkzeug benachbart seinem Sollwert vornimmt und man die entsprechenden Werte von W und T während dieses Abfragens bestimmt.



PL.II.2

FIG.3

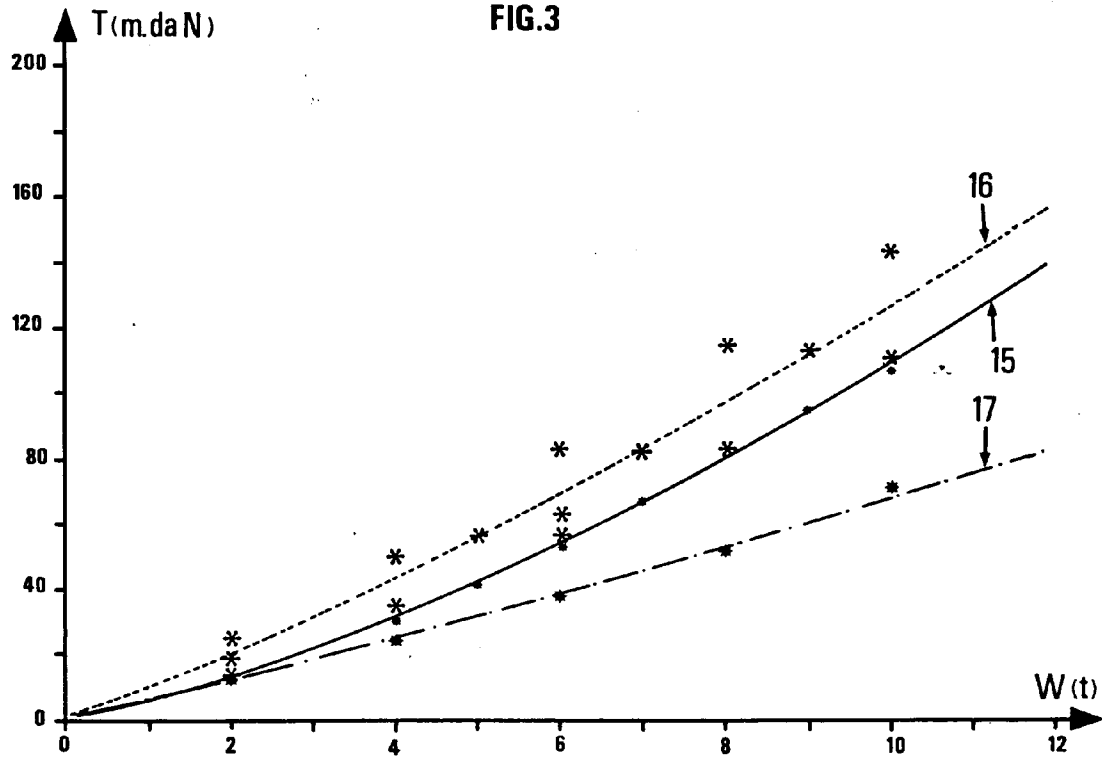


FIG.4

