



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **318631**

(13) **B1**

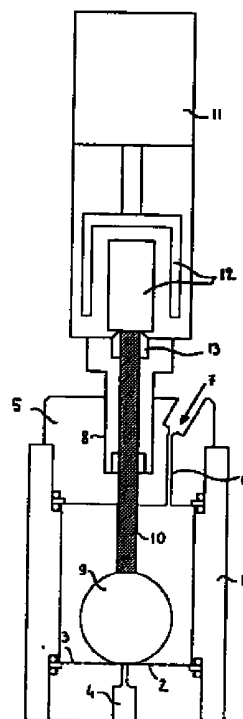
(51) Int Cl⁷

G 01 N 11/00

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20012299	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	1999.11.05 PCT/EP99/08696
(22)	Inng.dag	2001.05.10	(85)	Videreføringsdag	2001.05.10
(24)	Løpedag	1999.11.05	(30)	Prioritet	1998.11.12, FR, 9814223
(41)	Alm.tilgj	2001.07.05			
(45)	Meddelt	2005.04.18			
(73)	Innehaver	Sofitech NV , Rue de Stalle 140, B-1180 Brussel, BE			
(72)	Oppfinner	Dominique Guillot, , Fontenay aux roses, FR Pierre Vigneaux, 36, rue Grande, F-77950 Moisenay, FR			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS , Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, NO			
(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for å måle karakteristikk ved et oljefelt-fluid eller lignende			
(56)	Anførte publikasjoner	GB 2275342 WO 9830885			
(57)	Sammendrag				

En fremgangsmåte for å bestemme skjær-
terskelen for et boreslam går ut på å plassere et
detektorhode med kuleformet overflate nær en
porøs vegg, og helle boreslammet ut omkring
detektorhodet, å drive slammet til å passere
gjennom den porøse veggflate slik at det dannes
en slamkake på oversiden av den porøse flate og
omkring detektorhodet, som har en diameter D,
og å måle både den tid som slamkaken behøver
for å nå en målbar eller forut bestemt høyde, og
også det dreiemoment som motsetter seg dreining
av detektorhodet ved denne oppnådde høyde.



Foreliggende oppfinnelse gjelder apparatur for å måle visse reologiske egenskaper ved et oljefelt-fluid e.l., slik som et boreslam eller en sementoppslemning. Nærmere bestemt gjelder oppfinnelsen evaluering av et boreslams tendens til vedheftning og vanskeligheten ved å ta bort slamkaken.

5 Utboring av en brønn slik som en oljefelt-brønn, gassbrønn, geotermisk brønn e.l. gjør det nødvendig å bruke forskjellige fluider, hvis reologiske egenskaper må være kjent så nøyaktig som mulig, idet målinger fortrinnsvis utføres på borestedet mens fluidet gjøres i stand. Under det egentlige borearbeidet blir et fluid eller et boreslam sirkulert i utboringshullet, og som da bl.a. tjener til å ned-
10 kjøle og smøre boreverktøyet, heve boreavfall til overflaten, hindre inntrengning av formasjonsfluid, særlig gass, samt bibeholde borehullet stabilitet ved å hindre dets vegger fra å rase inn. Når først hullet er blitt utboret, blir en føring eller en kveilet rørledning nedsenket i hullet og sementert fast over hele eller en del av borehullets dybde, mens sementoppslemning sprøytes inn på innsiden av føringen eller
15 rørledningen for å fylle ringrommet mellom rørledningen og brønnveggen. I tillegg til en mekanisk funksjon som går ut på å fastholde rørledningen eller føringen i stilling, vil sementeringen isolere de forskjellige formasjonslag som hullet strekker seg gjennom, hindre gass fra å stige opp gjennom det ringformede området og begrense inntrengning av vann i produksjonsbrønnen. Den bidrar også naturligvis
20 primært til å holde føringen på plass.

Meget skjematisk utgjøres en sementoppslemning av en flytende basisandel (vann og løselige tilsatser) samt faste materialer (sement) i oppslemning i denne basis.

25 Boreslammet utgjøres prinsipielt av en flytende basisandel, som generelt utgjøres av vann, olje, eller en emulsjon av vann i olje, av salter eller andre substanser i løsning i basisdelen, samt av faststoff som er uløselig i den flytende basis, slik som barytt eller bentonitt som tilsettes for å justere fluidets densitet og viskositet.

30 Når et fluid befinner seg i kontakt med en forholdsvis porøs formasjon og hvis formasjonens hydrostatiske trykk er lavere enn borefluidets trykk, så vil fluidet ha en tendens til å trenge inn i formasjonen. Formasjonens poler er imidlertid vanligvis mindre i omfang enn de faste partikler som er suspendert i fluidet. Dette

fører da til et filtreringsfenomen hvor den flytende basis og de fineste faste partikler strømmer inn i formasjonen, mens de mindre fine faste partikler avsettes på veggene slik at det dannes en kake, som vil være kjent som en slamkake når fluidet utgjøres av boreslam.

5 I seg selv er slamkakedannelsen et ønskelig fenomen da den vil ha en tendens til å gjøre brønnveggene ugjennomtrengelige og således begrense borefluidtapet. Borerør, loggeverktøyer og føringselementer kan imidlertid komme til gnidningskontakt mot og bli fastholdt i kaken når slike elementer opphører å være i rotasjonsbevegelse under en lengre tidsperiode, og slike tilfeller er vanskelige å
10 unngå da boreslammet ofte sirkuleres under tidsperioder som varer flere måneder. Frigjør av et element som fastholdes i kaken innebærer at et meget stort dreiemoment må påføres, og et slikt dreiemoment er ikke alltid umiddelbart tilgjengelig og er også forbundet med en risiko for nedbrytning. Som en følge av dette kan boringen blir avbrutt, hvilket kan føre til betydelige ekstra kostnader.

15 UK-patent GB-A-2 275 342 beskriver apparatur for å evaluere et boreslams tendens til vedheftning ved å måle det dreiemoment som er påkrevet for å dreie en kule i kontakt med en porøs overflate hvorigjennom boreslam drives for å danne en kake. Dette apparat er også i stand til å måle den væskemengde som har strømmet igjennom veggen i løpet av 30 minutter (fluidtapsmåling). Ulempen ved
20 dette apparat er imidlertid at det har vist seg at de oppnådde måleresultater ikke alltid er reproducerbare fra et forsøk til et annet, og det målte dreiemoment kan bli systematisk overvurdert pga. en friksjonsfaktor som avhenger av boreslammets type og som en følge av dette ikke er konstant.

Det apparat som er kjent fra GB-A-2 275 342 utgjøres av en trykksatt celle
25 med en basis som utgjøres av et gitter, hvor den gitterflate som er vendt mot inn-siden av cellen er dekket med et filterpapir for å simulere brønnveggen. Cellen er forsynt med et deksel som er gjennomhullet på midten for å danne en passasje for en stang med en kule festet til dens ytterende. Denne celle fylles med det slam som skal utprøves og kulen nedsenkes inntil den så vidt berører filterpapiet. En
30 gass innsprøytes på oversiden av slammet for å simulere trykkforskjellen mellom slammet og formasjonsfluidene. Etter hvert som slamkakens høyde øker, så vil det dreiemoment T som kreves for å igangsette dreining av kulen bli målt ved hjelp av en føler som er tilordnet vedkommende stang. I samsvar med den modell som er

anvendt av søkerne, vil dette dreiemoment være proporsjonalt med en heftfaktor S som er kjennetegnet for et visst slam samt med $t^{3/4}$, hvor t er den tidsperiode hvor differensialtrykket er påført.

Fransk patentsøknad FR-A-2 758 185 beskriver en forbedring av det apparat som er angitt i det ovenfor omtalte patent, hvor denne forbedring utgjøres av midler, f.eks. lagere, for å opprettholde en konstant avstand som bør være så liten som mulig, men ikke lik null, mellom kulen og filterpapiret, samt for å drive kulen ved bruk av magnetisk overføring for å kunne måle meget små dreiemomentverdier, slik det vil være tilfelle særlig i forbindelse med oljebasert slam. Det forbedrede apparat iht. den omtalte franske patentsøknad har den fordel at det er lettere å håndtere, mer robust, samt således mer egnet for bruk på et boressted.

De fysiske prinsipper som målingene av heftefaktoren er basert på ved bruk av den apparatur som er kjent fra de to ovenfor omtalte patenter er beskrevet i detalj i IADC/SPE 35100, nemlig i en artikkel av Reid, P.I., Meeten, G.H., Way, P.W., Clark, P., Chambers, B.D. og Gilmour med tittelen "Mechanisms Of Differential Sticking And A Simple Well Site Test For Monitoring And Optimizing Drilling Mud Properties". Verdien av heftefaktoren er bestemt ved at det antas at høyden h av kaken øker i samsvar med en funksjon av typen $h = \beta t^{1/2}$, hvor β - eller vekstfaktoren - er konstant for et gitt slam under faste temperatur og trykkforhold, at veksten av slamkaken ikke påvirkes av kulen, at det ikke foreligger noen glidning i grensesnittet mellom kake og kule, og at den påkjenning som utøves av slamkaken er konstant over hele kakens høyde (hvilket vil si at kaken er homogen over hele sin høyde). Ut i fra disse antagelser kan det dreimoment T som må utøves ved et tidspunkt t for å bringe kulen til å dreie seg uttrykkes ved å bruke en funksjon av typen $T = S(t^{1/2} - t_0^{1/2})^{3/2}$, hvor t_0 er tiden mellom målingenes begynnelse og den tid når slamkaken når opp til det laveste punkt på kulen, og S er en faktor som betegnes som heftefaktoren og som er betegnende for et visst boreslam ved gitt temperatur og trykk.

Heftefaktorens kritiske verdier bestemmes eksperimentelt, hvilket betyr at nye slamtyper som utgjør høy risiko kan avvises.

Før sementeringsarbeidet utføres er det videre ofte ønskelig å rense bort slamkaken. Alt etter det slam som anvendes vil denne rengjøringsprosess på

brønnveggen være lettere eller vanskeligere, og særlig vil den avhenge av slam-
mets skjær-verdi. Denne skjærverdi utgjør en del av heftefaktorens definisjon, men
hittil er ingen prosedyre vært foreslått for å verdisette den.

Foreliggende oppfinnelse tar sikte på å frembringe nye prosedyrer for å be-
stemme skjærverdien for en slamtype under gitte temperatur- og trykkforhold.

Oppfinnelsen angir en fremgangsmåte for å bestemme skjær-terskelen for
et borslam, idet denne fremgangsmåte går ut på å anbringe et detektorhode med
kuleformet overflate nær inntil en porøs vegg, helling av borslam omkring detektor-
hodet, drive slammet til å passere gjennom den porøse overflate for derved å
danne en filterkake på oversiden av den porøse overflate samt omkring detektor-
hodet, som har en diameter D , og å måle både den tid som kreves for slamkaken
og nå opp til en målbar eller forutbestemt høyde, og det dreiemoment som motset-
ter seg dreining av detektorhodet og tilsvarende vedkommende høyde.

I en første utførelsesvariant av oppfinnelsen blir slamkakens høyde målt
ved slutten av prøven ved å måle det avtrykk som etterlates av detektorhodet etter
at kaken er blitt utformet en gitt tid t .

I en andre utførelsesvariant av oppfinnelsen måles den tid som kaken tren-
ger for å nå bunnen av detektorhodet ut i fra minst to målinger som utføres på to
forskjellige avstander mellom den porøse vegg og detektorhodet.

I en tredje variant av oppfinnelsen blir detektorhodet utstyrt med markerin-
ger, slik at det målte dreiemoment varierer vesentlig i det øyeblikk slamkaken når
opp til høyden for en markering.

I samtlige utførelsesvarianter av oppfinnelsen gjør de prosedyrer som er
foreslått det også mulig å bestemme kakens vekstfaktor.

Ytterligere detaljer og fordeler ved oppfinnelsen vil fremgå klart ut i fra den
følgende beskrivelse under henvisning til de vedføyde tegninger, hvorpå:

- fig. 1 er en skjematisk skisse av apparatet iht. oppfinnelsen for å måle det
dreiemoment som motsetter seg dreining av detektorhodet pga. at det er
dannet en slamkake,
- fig. 2 viser et eksempel på et detektorhode utstyrt med markeringer som an-
vendes for å utføre tredje variant av oppfinnelsen, og
- fig. 3 og 4 er kurveprofiler av dreiemomentet som funksjon av tiden og som
er registrert ved bruk av et apparat av den art som er vist i fig. 2.

Den måleapparat som anvendes for å utføre de to første prosedyrer iht. oppfinnelsen er vist i fig. 1. Dette apparat omfatter en målecelle som kan anbringes i et bad forsynt med termostat. Celle 1 har en underside 2 bestående av et gitter, hvor den gitterflate som er vendt mot cellens innside er dekket med et filterpapir 3. Et sluk 4 på undersiden av cellen 1 gjør det mulig å gjenvinne filtratet.

Cellen lukkes av et deksel 5 som er gjennomhullet av en åpning 6 for tilførsel 7 av en gass av nitrogen- eller karbondioksyd-type som anvendes for å trykkesette cellen. Et deksel 5 er også på midten forsynt med en passasje 8 med en tetning.

Detektorhodet utgjøres av en kule 9 festet til en aksel 10 som kan dreies av en drivanordning 11 over en magnetisk overføring 12. Akselen 10 understøttes av et lager 13 som omfatter midler for finregulering av den vertikale posisjon av kule 9, for derved å posisjonsinnstille denne kule nøyaktig slik at den ikke ligger an mot gitteret 2, men forblir opphengt over dette i en liten avstand som imidlertid ikke er lik null.

Verdien av heftefaktoren er fastlagt ved å anta at høyden h av slamkaken øker i samsvar med en funksjon av type $h = \beta t^{1/2}$, hvor β er en konstant for en gitt slamtype under faste temperatur- og trykkforhold, at slamkakens vekst ikke påvirkes av kule, at det ikke foreligger noen glidning i grensesnittet mellom slamkake og kule, og at den påkjenning som utgjøres av slamkaken er konstant over hele kakens høyde (m.a.o. at kaken er homogen over hele sin høydeutstrekning). Ut i fra disse antagelser er det mulig å beregne at det dreiemoment T som må utøves ved et tidspunkt t for å dreie kule kan uttrykkes ved en funksjon av type $T = S(t^{1/2} - t_0^{1/2})^{3/2}$, hvor t_0 er tiden mellom målingens begynnelse og det tidspunkt når slamkaken når kulens laveste punkt, mens S er en faktor som er særegen for en viss boreslamtype ved gitt temperatur og trykk.

Ved bruk av den metode som er beskrevet i den ovenfor omtalte SPE 35100-artikkel, og hvis det videre antas at bare det mest kompakte parti av slammet bidrar i vesentlig grad til det dreiemoment som utøves på kule, så vil det dreiemoment som påføres kule være produktet av skjærverdien τ_0 for slammet og det overflateareal av kule som befinner seg i kontakt med slammet. Det kan

da vises at dette dreiemoment kan uttrykkes ved formelen $T = \frac{2\pi}{3} D^{3/2} \tau_0 h^{3/2}$, hvor D er kulediameteren, τ_0 er slammets skjærverdi og h er høyden av den "kompakte"-kake.

Hvis h erstattes med sin tidsavhengige funksjon, oppnås en ny ligning:

$$T = S_f t^{3/4} \text{ hvor } S_f = \frac{2\pi}{3} D^{3/2} \tau_0 \beta^{3/2}$$

I en første prosedyre i samsvar med oppfinnelsen, og som består av to målinger, kan høyden av kaken utledes ved å måle diameteren d av kulens avtrykk i kaken etter en filtreringsprøve av varighet t .

$$h = \frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}}$$

Av dette følger at:

$$\beta = \frac{\frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d^2}{4}}}{t^{1/2}}$$

Hvis filtreringen tar 30 minutter eller 1800 sekunder, så kan skjærverdien τ_0 bestemmes ut i fra en enkelt måling av d_{30} (diameteren av kulens avtrykk etter 30 minutter) ved bruk av ligningen:

$$\tau_0 = \left[\frac{1800}{1 - \sqrt{1 - (d_{30}/D)^2}} \right]^{3/4} \frac{3 S_f}{2\pi D^3}$$

hvor diameterne d_{30} er uttrykt i meter og S_f er uttrykt i Newton per meter opphøyet i potensen $3/4$.

Denne formel forblir åpenbart gyldig under hele prøveperioden. Likevel er det viktig at denne tidsperiode er tilstrekkelig lang til at kaken kan utformes på riktig måte. Nøyaktigheten forbedres også ytterligere hvis prøven utføres over en lang tidsperiode, men det oppnås vanligvis intet ved å fortsette prøven ut over én time. I alminnelighet kan skjærverdien oppnås ved bruk av formelen:

$$\tau_o = \left[\frac{t}{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d_i}{D} \right)^2}} \right]^{3/4} \frac{3 S_i}{2\pi D^3}$$

Denne første prosedyre kan lett utføres med slamtyper som danner en kompakt, veldefinert kake, hvilket vanligvis er tilfellet med vannbaserte slamtyper. Ved oljebaserte slamtyper vil avtrykket vanligvis foreligge, men det vil som regel være maskert av et lag av kremaktig konsistens og som må fjernes med en spatel for å vise avtrykket klart.

Av denne grunn har oppfinnerne av foreliggende oppfinnelse utviklet et andre prosedyre som særlig krever et apparat av den art som er beskrevet i fransk patent FR-A-2 788 185, og som gjør det mulig å finjustere avstanden mellom kulen og den porøse vegg (filterpapiret).

I denne andre prosedyre blir to prøver utført den ene etter den andre, ved bruk av et slam med samme sammensetning og under samme temperatur- og trykkforhold, men med varierende avstand h mellom filterpapiret og kulen. Denne prøve stanses når dreiemomentet begynner å skille seg klart ut fra bakgrunnsstøy. Ved å anta at vekt faktoren for slammet har en konstant verdi for en gitt slamtype under de gitte målebetingelser, har man:

$$\beta = \frac{h_2 - h_1}{t_2^{1/2} - t_1^{1/2}}$$

og skjærverdien kan da utledes fra følgende ligning:

$$\tau_0 = \left[\frac{t_2^{1/2} - t_1^{1/2}}{h_2 - h_1} \right]^{3/2} \frac{3 S_f}{2\pi D^{3/2}}$$

Høyden h_1 vil typisk være null (idet kulen innledningsvis befinner seg i kontakt med filteret) eller ha en hvilken som helst verdi i området 0 til 0,1 millimeter (mm), og verdien h_2 velges da for å ligge så nær som mulig til f.eks. 0,5 mm.

Denne andre prosedyre er bedre egnet for oljebaserte slamtyper, men det er ikke alltid lett å utføre to påfølgende målinger under betingelser som er helt og holdent like, særlig hvis disse prøver må overføres på borestedet.

Av denne grunn har oppfinnerne av foreliggende oppfinnelse utviklet en tredje prosedyre for å bestemme verdiene av vekstfaktoren β og skjærverdien τ_0 . Denne tredje prosedyre er utledet fra den andre prosedyre og er også basert på bestemmelse av tiden ved det endepunkt hvor slamkaken har nådd en forut fastlagt høyde. Av denne grunn er kulen utstyrt med markeringer eller innsnitt av en slik art at dreiemomentet modifiseres vesentlig når slamkaken når den høye som tilsvarende disse markeringer. Kurven over verdien av det dreiemoment som må ut-
 15 øves som en funksjon av tiden omfatter således vendepunkter som kan klart fastlegges og som tilsvarende de tidspunkter når kakehøyden har nådd nivåene for markeringene.

Fig. 2 viser et eksempel på kulemarkeringer som er blitt frembrakt ved hjelp av maskinbearbeiding for å danne et sylinderformet parti av høyde $h_2 = 2$ mm etter et kuleformet parti med høyde $h_1 = 2$ mm (disse høydeverdier kan naturligvis være forskjellige og behøver ikke å være av samme størrelse).

Når kaken når opp til det sylinderformede parti under disse forhold, blir verdien av dreiemomentet vesentlig mindre enn verdien av dreiemomentet for de nedre partier med større diameter. I motsetning til dette vil dreiemomentet øke
 25 vesentlig ved slutten av det sylinderformede parti.

Kulen kan fordelaktig omfatte flere sylinderformede partier i innbyrdes forskjellig høyde, slik at uavhengig av slamkakens vekstfaktor vil minst to markeringer bli nådd innenfor en tidsperiode på f.eks. mindre enn 8 timer. Det bør bemerkes at antallet sylinderformede partier (eller hvilke som helst likeartede markeringer) er høyt, så vil det ikke lenger være nødvendig å anta at veksttakten er kon-

stant (det vil da være tilstrekkelig å anta at den er konstant under tidsintervallet mellom to markeringer).

Da verdien av h_1 er nøyaktig kjent, og da verdien av t_1 (eller mer nøyaktig $t_1^{3/4}$) lett kan fastlegges ut ifra kurven for dreiemomentet som funksjon av $t^{3/4}$, så

5 kan vekstfaktoren β bestemmes ut i fra formelen $\beta = \frac{h_1}{t_1^{1/2}}$ og skjærverdien τ_0 kan

da utledes fra ligningen $\tau_0 = \frac{h_1^{3/2}}{t_1^{1/2}} \frac{3 S_t}{2\pi D^{3/2}}$.

Den samme beregning kan med fordel gjentas for h_2 og t_2 , hvilket innebærer at feil som skriver seg fra dårlig posisjonsinnstilling av kulen kan oppheve hverandre. I dette tilfellet vil verdien av vekstfaktoren fortrinnsvis kunne oppnås ved å

10 anvende formelen:

$$\beta = \frac{h_2 - h_1}{t_2^{1/2} - t_1^{1/2}}$$

hvor differansen $h_2 - h_1$ er nøyaktig fastlagt ut i fra kulens geometri.

15 Det bør bemerkes at målingens nøyaktighet øker når forholdet mellom slamkakens høyde og kulens diameter er liten. Når det første kuleformede parti av kulen har en liten høyde (2 mm i det angitte eksempel i fig. 2), vil det være mulig å velge en stor diameter uten å behøve å modifisere cellens proporsjoner. I dette tilfellet kan kulen åpenbart erstattes av en hette.

20 Fig. 3 og 4 angir kurver som representerer dreiemomentets variasjoner med tiden under de to tidsintervaller t_1 og t_2 for den kule som er vist i fig. 2, samt for et slam som innenfor et volum på 5 liter (l) omfatter følgende bestanddeler angitt i gram (g):

Vann	5208 g
Wyoming-bentonitt	300 g
Chaillac-baritt	2268 g
OCMA-leire	210 g
CaCO ₃ (Meudon-hvitting)	150 g
Kvarts	60 g

pluss noen få dråper av et bakteriedrepende middel.

Tidsverdiene t_1 og t_2 kan anslås til hhv. 28 minutter og 80 minutter. Det er blitt vist at fra 0 til t_1 har dreiemomentet vært proporsjonalt med $\tau_0 \beta^{3/2}$ og fra t_1 til t_2
 s (tilsvarende det sylindrerformede parti av detektorhodet) har dreiemomentet vært proporsjonalt med $2\pi r^2 \beta \tau_0$, hvor r er sylinders radius, og ut i fra dette har en vekstfaktor på $0,546 \text{ min}^{1/2}$ blitt beregnet. Med en heftfaktor på $18,9 \text{ mNm/min}^{3/4}$, er det funnet en skjærverdi på 95 Pa.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for å bestemme skjær-terskelen for et boreslam, og som omfatter prosesstrinn som går ut på å anbringe et detektorhode med kuleformet overflate nær en porøs vegg i en målecelle, helle boreslam inn i cellen omkring detektorhodet, drive slammet til å passere gjennom den porøse overflate for å danne en slamkake på oversiden av denne porøse flate samt omkring detektorhodet, og å måle både den tid som kreves for slamkaken å nå en målbar eller forut bestemt høyde og det dreiemoment som motsetter seg dreining av detektorhodet ved nevnte slamkakehøyde,
 k a r a k t e r i s e r t v e d a t det under målingen opprettholdes forut bestemt trykk og temperatur i det indre av målecellen, og at det som den målte tid bestemmes den tid det tar for en kompakt slamkake å nå den målbare eller forut bestemte høyde og dreiemomentet måles når denne tid er nådd, hvorpå denne tidsverdi og det målte dreiemoment anvendes for å beregne foreliggende boreslams skjær-terskel.
2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
 k a r a k t e r i s e r t v e d a t slammets vekstfaktor også bestemmes.
3. Fremgangsmåte som angitt i krav 1,
 k a r a k t e r i s e r t v e d a t slamkakens høyde måles ved slutten av prøven ved å måle det avtrykk som etterlates av detektorhodet etter at kaken er formet i løpet av en gitt tidsperiode t .
4. Fremgangsmåte som angitt i krav 3,
 k a r a k t e r i s e r t v e d a t skjær-verdien τ_0 for slammet også beregnes ved bruk av følgende formel:

$$\tau_0 = \left[\frac{t}{1 - \sqrt{1 - \left(\frac{d_i}{D} \right)^2}} \right]^{3/4} \frac{3 S_r}{2\pi D^3}$$

hvor S_f er heftefaktoren for det utprøvede slam, D er diameteren av detektorhodet og d_t er diameteren av avtrykket etter tiden t .

5. Fremgangsmåte som angitt i krav 3, karakterisert ved at slamkakens vekstfaktor beregnes ved bruk av følgende formel:

$$\beta = \frac{\frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{d_t^2}{4}}}{t^{1/2}}$$

10

6. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, karakterisert ved at den tid som kreves for slamkaken å nå bunnen av detektorhodet måles ut i fra to måleprosedyrer som utføres ved to innbyrdes forskjellige avstander mellom den porøse vegg og detektorhodet.

15

7. Fremgangsmåte som angitt i krav 6, karakterisert ved at de tider t_1 og t_2 som forløper inntil høyden av kaken når minst to forut bestemte høydeverdier h_1 og h_2 måles, og skjær-verdien for slammet beregnes ved hjelp av følgende formel:

20

$$\tau_0 = \left[\frac{t_2^{1/2} - t_1^{1/2}}{h_2 - h_1} \right]^{3/2} \frac{3 S_f}{2\pi D^{3/2}}$$

25

8. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, karakterisert ved at detektorhodet er forsynt med slike markeringer at det målte dreiemoment varierer vesentlig i det øyeblikk slamkaken når en høyde tilsvarende en viss markering.

30

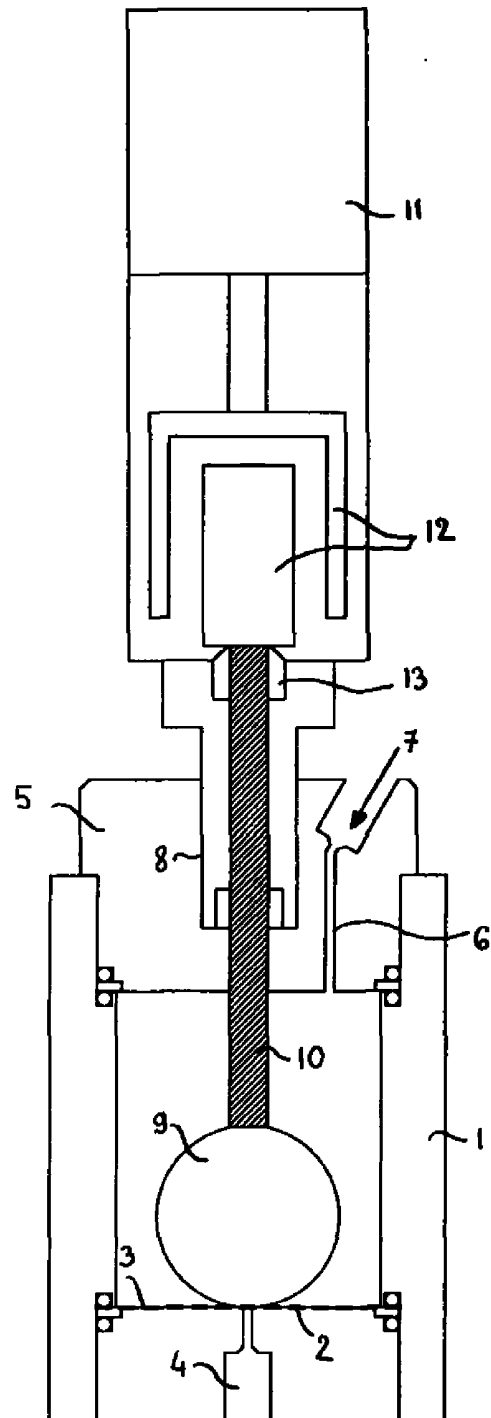
9. Fremgangsmåte som angitt i krav 8, karakterisert ved at nevnte markeringer tilsvarer et sylindrerformet parti av detektorhodet.

10. Fremgangsmåte som angitt i krav 9, karakterisert ved at skjær-verdien for slammet bestemmes ved bruk av følgende formel:

$$\tau_o = \frac{h_1^{3/2}}{t_1^{1/2}} \frac{3 S_f}{2\pi D^{3/2}}$$

1/2

Figur 1



2/2

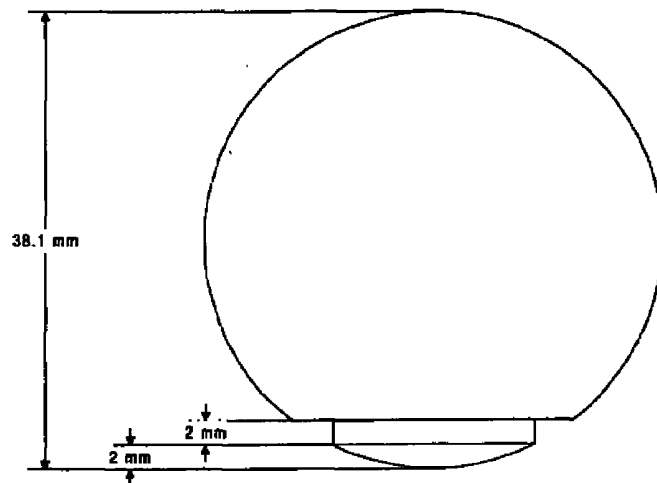


Fig 2

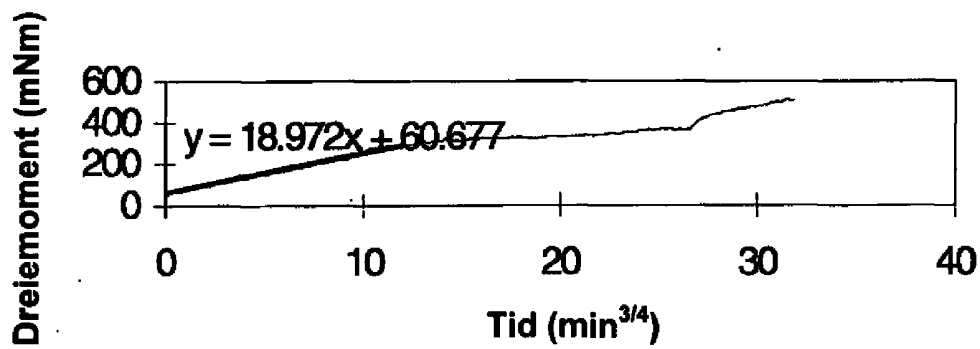


Fig 3

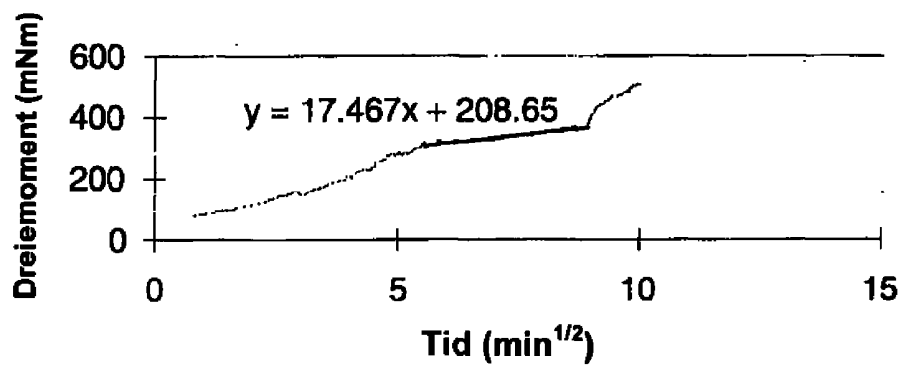


Fig 4