



NORGE

(12) PATENT

(19) NO

(11) 322111

(13) B1

(51) Int Cl.

E21B 49/00 (2006.01)

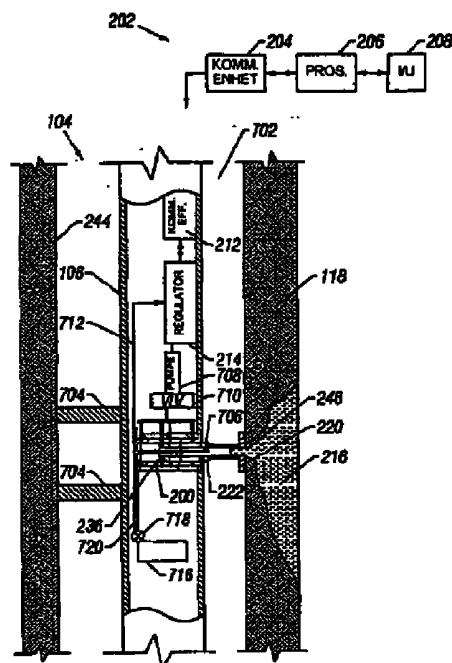
E21B 49/08 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20021361	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2001.07.20 PCT/US01/23083
(22)	Inng.dag	2002.03.19	(85)	Videreføringsdag	2002.03.19
(24)	Løpedag	2001.07.20	(30)	Prioritet	2000.07.20, US, 219741 2000.07.21, US, 621398
(41)	Alm.tilgj	2002.05.21			
(45)	Meddelt	2006.08.14			
(73)	Innehaver	Baker Hughes Inc , P O Box 4740, TX77210-4740 HOUSTON, US			
(72)	Oppfinner	Matthias Meister, Lückenweg 21, 29227 CELLE, DE			
		Sven Krüger, Kronenstrasse 34, 29221 CELLE, DE			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS , Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, NO			

(54)	Benevnelse	Fremgangsmåte for formasjonsevaluering ved bruk av formasjonsrateanalyse		
(56)	Anførte publikasjoner	D1: US 5803186, D2: US 5708204		
(57)	Sammendrag			

Et apparat med minimalt volum og en tilordnet fremgangsmåte er frembrakt og omfatter et redskap for å utlede minst en parameter av interesse for en underjordisk formasjon *in situ*, hvor redskapet omfatter et bærelegeme, en enhet montert på denne bærer og innrettet for å strekkes ut etter ønske for det formål å isolere et parti av vedkommende brønns ringrom, en port som kan åpnes for innstrømning av formasjonsfluid i det isolerte ringrom, et stempel som er integrert anordnet inne i den utstrekkelige enhet for å drive fluidet inn i porten, og en føler i driftsmessig samarbeid med porten for å detektere minst en parameter av interesse for vedkommende fluid.



Oppfinnelsens bakgrunn

1. Oppfinnelsens område

Denne oppfinnelse gjelder utprøving av underjordiske formasjoner eller
5 reservoarer. Nærmere bestemt gjelder denne oppfinnelsen fremgangsmåte og
apparat med redusert volum og for punktprøving og utprøving av et formasjons-
fluid ved bruk av multiple regresjonsanalyse.

2. Beskrivelse av beslektet teknikk

- 10 For å fremstille hydrokarboner slik som olje, blir borehull utboret ved å holde i
rotasjon en borekrone som er festet til enden av en borestreng. Denne borestreng
kan være et sammensatt roterbart rør eller en kveilet rørledning. En stor del av
den foreliggende utbøringsaktivitet omfatter retningsutboring, hvilket vil si utboring
av borehull i en retning som avviker fra vertikalretningen og/eller horisontale
15 borehull, for derved å kunne øke hydrokarbonproduksjonen og/eller å kunne
trekke ut ytterligere hydrokarboner fra jordformasjoner. Moderne retnings-
utbøringsutstyr utnytter vanligvis en borestreng med en bunnhullssammenstilling
(BHA) og en borekrone ved strengens ytre ende, og som roteres ved hjelp av en
boremotor (slammotor) og/eller ved rotasjon av selve borestrengen. Et antall
20 nedhulls innretninger anbrakt nær inntil borekronen utfører da visse målinger av
nedhulls driftsparametere som har sammenheng med borestrengen. Slike inn-
retninger omfatter vanligvis følere for å måle temperatur og trykk nede i borehullet,
innretninger for å måle azimuth og helning samt en resistivitets-målende innretning
for å bestemme nærvær av hydrokarboner og vann. Ytterligere nedhullsinstru-
25 menter, nemlig redskaper som vil være kjent som utstyr for måling under utboring
(MWD) eller logging under utboring (LWD) blir ofte festet til borestrengen for å
bestemme formasjonsgeologi og formasjons-fluidtilstander under utbørings-
arbeidene.
- 30 En type undersøkelse som utføres under utboring omfatter produsering av fluid fra
reservoaret, oppsamling av prøver, avstenging av brønnen, utledning av et prøve-
volumtrykk og å gi dette trykk mulighet for å bygges opp til et statisk nivå. Denne
sekvens kan gjentas flere ganger for flere forskjellige reservoarer innenfor et gitt
borehull eller på flere prøvesteder innen for et enkelt reservoar. Denne type

undersøkelse er kjent som en "trykkoppbygningsprøve". Et viktig aspekt ved dataoppsamling under en slik trykkoppbygningsprøve, er den tryggoppbygning som formasjon som kan samles opp etter nedtrekk av trykket i prøvevolumet. Ut fra disse data kan informasjon utledes med hensyn til reservoarets permeabilitet og størrelse. Faktiske prøver fra reservoarfluidet kan videre tas ut og utprøves for å samle trykk/volum/temperatur-data som har sammenheng med reservoarets hydrokarbonfordeling.

Visse typer utstyr krever uttrekk av borestrengen fra borehullet for å utføre trykkprøver. Borestrengen blir da tatt ut, og et trykkmålende redskap kjøres inn i borehullet ved bruk av et ledningskabelverktøy med pakninger for isolering av reservoaret. Skjønt verktøy på ledningskabel er i stand til å utprøve et reservoar, vil det være vanskelig å føre et ledningskabelverktøy inn i et avvikende borehull.

Den mengde tid og penger som kreves for å trekke ut borestrengen og kjøre inn i en annen prøverigg inn i hullet er ganske vesentlig. Når et hull er sterkt avvikende kan heller ikke de overførte prøveverdier anvendes, da friksjonskraft mellom prøveriggen og borebrønnen og som overskrider tyngdekraften kan bringe prøveriggen til å stanse før den når frem til den ønskede formasjon.

Senere utviklet utstyr er angitt i US. Patentskrift 5,803,186 til Berger et al. Dette patent med slutsifferet 186 gjelder MWD-utstyr som omfatter bruk av trykk- og motstandsfølere sammen med MWD-utstyret for å muliggjøre dataoverføringer som gjelder disse målinger i sann tid. Den angitte 186-innretning gjør det mulig å utlede statiske trykk, trykkoppbygninger og trykk-nedtrykk ved hjelp av en arbeidsstreng, slik som en borestreng når den er satt på plass. Også beregning av permeabilitet og andre reservoarparametere basert på disse trykkmålinger kan da utføres uten å fjerne borestrengen fra borehullet.

Ved bruk av en måling som beskrevet i 186-patentet, kan borefluidets densitet beregnes under utboring, slik at boringens effektivitet kan justeres samtidig som sikkerhet bibeholdes. Densitetsberegningen er basert på det ønskede forhold mellom vekten av boreslamsøylen og de trykk som kan forventes nede i borehullet. Etter at en prøve er tatt gjøres en ny forutbestemmelse og slamdensiteten

justeres i den grad det er påkrevet og en borekrone føres frem inntil en annen prøve tas.

En ulempe ved et redskap av denne type opptrer når forskjellige formasjoner gjennomtrenges under utboring. Trykket kan forandres i vesentlig grad fra en formasjon til den påfølgende, samt innenfor korte avstander på grunn av formasjonenes forskjellige sammensetninger. Hvis formasjonstrykket er lavere enn forventet, så kan trykket fra slamsøylen forårsake unødvendig skade på formasjonen. Hvis formasjonstrykket er høyere enn forventet, så kan dette føre til et trykk-fraspark. Forsinkelser når det gjelder å frembringe informasjon om målte trykk for operatøren kan følgelig føre til at boreslammet bibeholdes på for høyt eller på for lav densitetsverdi.

En annen ulempe ved 186-patentet så vel som for annet utstyr som krever stort fluidinntak, er at utstyret tilstoppes på grunn av avfallsstykker i fluidet og dette kan i alvorlig grad hindre borearbeider. Når fluid trekkes inn i utstyret kan det hende at borekaks fra borekronen eller andre berggrunnsfragmenter trekkes med det fluid som trenger inn i utstyret. 186-patentet angir en rekke ledningsbaner og ventiler hvorigjennom fluidet må passere. Det foreligger da mulighet for at avfallsinnholdet vil tilpasse utstyret på et hvilket som helst ventilsted, en ledningsbøy eller på et hvilket som helst annet sted hvor ledertverrsnittet forandres. Hvis utstyret tilstoppes, må redskapet trekkes ut fra borehullet for å renses opp, hvilket da forårsaker forsinkelse av borearbeidet. Det er derfor ønskelig å benytte et apparat som reduserer risikoen for tilstopping.

En annen ulempe ved 186-patentet er at det har et stort utstyrvolum. Det tar tid å fylle et slik redskap slik at utstyr med stort indre volum krever mer tid for at redskapet skal kunne reagere på en nedtrekkssyklus. Det er derfor ønskelig å ha utstyr med så lite indre volum som mulig når det gjelder å redusere punktprøvnings- og undersøkelsestiden.

Fra US 5,708,204 fremgår det en fremgangsmåte for formasjonstesting ved bruk av vaierline, hvor fluid overføres til et prøvekammer ved ulike hastigheter under

kontrollert forandring av kammervolum. Multippel regresjonsanalyse benyttes ved analyse av trykk/strømningsratekarakteristikker for bestemmelse av permeabilitet.

Sammenfatning av oppfinnelsen

- 5 Foreliggende oppfinnelse er rettet på å nedsette noen av de ulemper som er omtalt ovenfor ved å frembringe et apparat for måling under utboring, samt en fremgangsmåte som muliggjør prøvetakning og måling av parametere som gjelder fluider som inneholdes i et borehull, samtidig som den tid som kreves for å ta slike punktprøver og målinger reduseres og risikoen for tilstopning av utstyret ned-
- 10 settes.

- Fremgangsmåten for å bestemme minst en parameter av interesse for en formasjon under utboring i henhold til oppfinnelsen omfatter, føring av et redskap og en borestreng inn i et borehull som gjennomtrenger vedkommende formasjon,
- 15 utstrekning av minst en valgfritt forlengbar sonde anordnet i redskapet for å danne avtettende inngrep med et parti av formasjonen, og åpning av en port mot det avtettede parti av formasjonen, slik at denne port danner fluidkommunikasjon mellom formasjonen og et første volum inne i redskapet. Videre omfatter fremgangsmåten at dette første volum varieres ved hjelp av en volumregulerende innretning ved bruk av flere volumforandringsrater, bestemmelse av minst en
- 20 første karakteristisk verdi for det første volum ved bruk av en prøveinnretning i det minste to ganger under hvert av de flere volumforandringsrater og bruk av multipel regresjonsanalyse for å bestemme den minst ene parameter av interesse for formasjonen ved å bruke den minst ene karakteristiske verdi som er fastlagt under
- 25 de flere anvendte volumforandringsrater.

- Et aspekt ved foreliggende oppfinnelse gjelder en fremgangsmåte for å bestemme en parameter av interesse for en formasjon under utboring. Fremgangsmåten omfatter da føring av et redskap på en borestreng inn i et borehull gjennom
- 30 vedkommende formasjon, samt utstrekning av minst en selektivt uttrekkbar sonde anordnet på redskapet for å danne avtettende inngrep med et parti av formasjonen. En portåpning åpnes til dette avtettede parti av formasjonen, slik at denne portåpning oppretter fluidkommunikasjon mellom formasjonen og et første volum inne i redskapet. Dette første volum varieres ved hjelp av en volumregulator-

innretning ved bruk av flere volumforandringshastigheter. Fremgangsmåten omfatter bestemmelse av minst en karakteristisk egenskap ved dette første volum ved bruk av en prøveinnretning minst to ganger under hver av de flere volumforandringshastigheter, samt ved bruk av multiple regresjonsanalyse for å bestemme vedkommende formasjonsparameter av interesse ved bruk av den minst ene karakteristiske parameter som bestemmes i løpet av de flere volumforandringshastigheter.

Et annet aspekt ved foreliggende oppfinnelse omfatter en fremgangsmåte for å bestemme en parameter av interesse for en formasjon med utbøringsarbeidet pågår. Denne fremgangsmåte omfatter føring av et redskap på en borestreng inn i et borehull som trenger igjennom vedkommende formasjon samt utsendelse av minst en selektivt uttrekkbar sonde anordnet på redskapet for å danne avtettende inngrep med et parti av formasjonen. En port åpnes overfor det avtettede parti av formasjonen, slik at den dannede portåpning oppretter fluidkommunikasjon mellom formasjonen og et første volum inne i redskapet, hvor dette første volum kan selektivt varieres mellom 0 cm^3 og 1000 cm^3 . Det angitte første volum varieres ved hjelp av en volumregulatorinnretning ved bruk av flere volumforandringshastigheter. Fremgangsmåten omfatter bestemmelse av minst en karakteristisk parameter for dette første volum ved bruk av en prøveinnretning minst to ganger under hver av de flere forskjellige volumforandringshastigheter, slik at den formasjonsparameter som er av interesse bestemmes ved bruk av den minst ene karakteristiske parameterverdi som avføres under de flere forskjellige volumforandringshastigheter.

De nye særtrekk ved denne oppfinnelse, så vel som oppfinnelsen i seg selv, vil best kunne forstås ut i fra de vedlagte tegninger sett i sammenheng med den følgende beskrivelse, hvor like henvisningstegn henviser til likeartede deler.

Kort beskrivelse av tegningene

Figur 1 viser et oppriss av boreutstyr til sjøs og i samsvar med en viss utførelse av foreliggende oppfinnelse.

Figur 2 viser en foretrukket utførelse av foreliggende oppfinnelse, og hvor nedhullskomponenter rommes i et parti av en borestreng og en regulator på overflaten er vist skjematisk.

5 Figur 3 viser et detaljert snitt gjennom en integrert pumpe og polsterpute i inaktiv tilstand, i samsvar med foreliggende oppfinnelse.

Figur 4 viser et snitt gjennom en integrert pumpe og polsterpute, hvor et putelegeme er drevet ut i henhold til foreliggende oppfinnelse.

10

Figur 5 viser et snitt gjennom en integrert pumpe og polsterpute etter at en trykkprøve er blitt tatt i samsvar med foreliggende oppfinnelse.

15

Figur 6 viser et snitt gjennom en integrert pumpe og polsterpute etter at utstyret er blitt gjennomskyllet i samsvar med oppfinnelsen.

Figur 7 viser en alternativ utførelse av foreliggende oppfinnelse i en stand, og hvor pakninger ikke er påkrevet.

20

Figur 8 angir en alternativ drivmodus for en foretrukket utførelse, og hvor prøver tas med putelegemet i tilbaketrukket stilling.

Figur 9 viser en grafisk opptegning som anskueliggjør en fremgangsmåte i henhold til foreliggende oppfinnelse.

25

Beskrivelse av foretrukket utførelse

Figur 1 viser en typisk borerigg 102 med et borehull 104 utboret inn i underjordiske formasjoner 118, slik det vil være godt erkjent av vanlige fagkyndige på området. Boreriggen 102 har en borestreng 106. I henhold til foreliggende oppfinnelse kan
30 det anvendes flere forskjellige slags borestrenger, slik som sammensatt rør, kveilet rørledning eller andre arbeidsstrenger med liten diameter slik som et snubberør. Borestrengen 106 har festet til seg en borekrone 106 for utboring av borehullet 104. Boreriggen 102 er vist plassert på et boreskip 122 med et stigerør 124 som strekker seg nedover fra boreskipet 122 til sjøbunnen 120.

Hvis mulig kan borestrengen 106 ha en nedhulls boremotor 110 for å rotere borekronen 108. Innlagt i borestrengen 106 ovenfor borekronen befinner seg minst en typisk føler 104 for å avfølge det karakteristiske forhold nede i borehullet, samt borekronen og reservoaret. Typiske følere av denne art kan da avføle karakteristiske forhold slik som temperatur, trykk, borekronehastighet, dybde, tyngdkrafttrekk, orientering, azimuthretning, fluid densitet, dielektriske verdier etc. Borestrengen 106 inneholder også et apparat 116 for formasjonsutprøving og i henhold til foreliggende oppfinnelse, og som vil bli nærmere beskrevet i det følgende. Telemetriutstyr 112 er plassert på et passende sted på borestrengen 106, slik som opphuls for prøveapparatet 116. Telemetriutstyret 112 anvendes for å motta kommandoer fra overflaten og sende data tilbake til overflaten.

Figur 2 viser i oppriss et snitt gjennom foretrukket utstyr i henhold til oppfinnelsen. Dette utstyr omfatter overflatekomponenter og nedhullskomponenter for å utføre arbeider med hensyn til "formasjonsutprøving under utboring" (FTWD). Et borehull 104 vist utboret i en formasjon 118 som inneholder et formasjonsfluid 216. Anordnet i borehullet 104 befinner det seg en borestreng 106. Nedhullskomponentene føres inn på borestrengen 106, og overflatekomponentene er plassert på hensiktsmessige steder på overflaten. En overflate-regulator 202 omfatter typisk en kommunikasjonsanordning 204 som er elektronisk forbundet med en dataprosessor 206, samt en inngang/utgangsinnretning 208, og alle disse er da velkjent innenfor fagområdet. Denne inngang/utgangsinnretning 208 kan være en typisk terminal for brukerinnganger. En fremviser, slik som en monitor eller grafisk brukergrensesnitt, kan inngå som brukergrensesnitt i sann tid. Når utskrevde rapporter er ønskelig kan en skriver anvendes. Lagringsmedia, slik som CD, bånd eller diskett brukes for å lagre data mottatt fra nede i borehullet for ytterligere analyse. Prosessoren 206 anvendes for å behandle (kode) kommandoer som skal sendes ned i borehullet samt for å behandle (dekode) data som mottatt fra nede i borehullet via kommunikasjonsanordningen 204. Kommunikasjonsanordningen 204 på overflaten omfatter en mottager for å motta data som sendes ut nede i borehullet, og for å overføre data til dataprosessoren på overflaten for evaluering, registrering og fremvisning. En sender inngår også i kommunikasjonsanordningen 204 for å sende kommandosignaler til nedhulls komponentene. Den benyttede telemetri finner typisk sted ved

hjelp av forholdsvis langsomme slampulser nedover i borehullet, slik at nedhullsprosessorer ofte er utplassert for forhåndsbehandling av data før resultatene for behandlingen overføres til overflaten.

5 En kjent kommunikasjons- og effektenhet 212 er anordnet i borestrengen 106 og omfatter en sender og en mottager for toveis kommunikasjon med regulatorer 202 på overflaten. Denne effektenhet, som typisk er en slamturbin-generator, avgir elektrisk effekt for å drive nedhullskomponentene. Alternativt kan effektenheten 212 være en batteripakke eller et trykksatt kammer.

10

Koblet til kommunikasjons- og effektenheten 213 befinner det seg en regulator 214. Som angitt tidligere (ikke vist separat) foretrekkes det ved bruk av slampulstelemetri, hvor prosessoren er integrert med regulatoren 214. Den regulator 214 bruker forprogrammerte kommandoer, overflateinitierte kommandoer eller en
15 kombinasjon av disse to for å styre nedhullskomponentene. Regulatoren styrer forankringsfremspringet, stabiliseringen og de avtettingselementer som er anordnet på borestrengen, slik som gripere 210 og pakninger 232 og 234. Styringen av forskjellige ventiler (ikke vist) kan regulere oppblåsning og uttapping av pakninger 232 og 234 ved å rette borslamstrømningen gjennom borestrengen
20 106 til pakningene 232 og 234. Dette er en effektiv og velkjent fremgangsmåte for å kunne avtette et parti av ringrommet eller å frembringe borestrengstabilisering mens pumpeprøvning og prøvetagning finner sted. Når de er utplassert deler pakningene 232 og 234 brønnens ringrom i et øvre ringromparti 226, et mellomliggende ringromparti 238 og et nedre ringromparti 230. Opprettelse av et slikt
25 mellomliggende ringromparti 228 avtettet fra det øvre ringrom 226 og det nedre ringrom 230 oppretter et mindre ringromsvolum for forbedret regulering av det fluid som inneholdes i dette volumområdet.

Gripeme 210, som fortrinnsvis har endeflater som er gjort ujevne for inngrep med
30 brønnveggen 244 for å forankre borestrengen 106. Denne forankring av borestrengen 106 beskytter myke komponenter slik som pakningene 232 og 234 samt polstringsputen 220 fra skade på grunn av redskapsbevegelse. Gripeme 210 er særlig ønskelige i utstyr til sjøs, slik som det som er vist i figur 1, fordi bevegelser

som forårsakes av bølgegangen kan forårsake tidlig nedslipning av avtettingskomponenter.

- Regulatoren 214 anvendes også for å styre flere ventiler 241 som er satt sammen til en flerposisjon ventilsammenstilling eller rekke av uavhengige ventiler..
- Ventilene 241 retter fluidstrømning drevet av en pumpe 238 som er anordnet i borstrengen 106 for styring av en nedtrekkssammenstilling 200. Denne nedtrekkssammenstilling 200 omfatter et putestempel 222 og et nedtrekkesstempel eller det som ellers kalles trekkstempel 236. Pumpen 238 kan også styre trykket i det mellomliggende ringromsområde 228 ved å pumpe fluid fra ringrommet 228 gjennom en utslippsventil 218. Ringroms fluidet kan være lagret i en eventuell lagringstank 242 eller den slippes ut til det øvre ringrom 226 eller nedre ringrom 230 gjennom standardrør og utslippet 218.
- Montert på borestrengen 106 over et putestempel 222 befinner seg et putelegeme 220 for inngrep med borehullsveggen 244. Dette putelegemet 220 utgjøres av en myk elastomer pute, slik som av gummi. Putestempelet 222 anvendes for å føre putene 220 frem til borehullsveggen 244. En pute 220 avtetter et parti omkring ringrommet 228 fra resten av ringrommet. En portåpning 246 som befinner seg på puten 220 utsettes for formasjonsfluid 216, som da har en tendens til å trenge inn i det avtettede ringrom når trykket fra portåpningen 246 faller under trykket i den omgivende formasjon 118. Porttrykket reduseres og formasjonsfluidet 216 trekkes inn i portåpningen 246 av et trekkstempel 236. Dette trekkstempel 236 er utført i et stykke med putestempelet 222 for å begrense fluidvolumet inne i redskapet.
- Dette lille volum muliggjør raskere målinger og reduserer sannsynligheten for at utstyret forurenses av bruddstykker som trekkes inn i utstyret sammen med fluidet. En hydraulisk pumpe 238 driver fortrinnsvis trekkstempelet 236. Alternativt kan en mekanisk eller elektrisk drivmotor anvendes for å drive trekkstempelet 236.
- Det er mulig å frembringe skade på nedhullstettinger og borehullets slamkake når putelegemet 220 strekkes ut, pakningene 332 og 334 ekspanderes, eller når fluid slippes ut. Det bør utøves omsorg for at trykket ventileres eller slippes ut til et område på utsiden av det midtre ringrom 228. Figur 2 viser en foretrukket plassering av utslippet 218 på oversiden av den øvre pakningen 232. Det er også

mulig å hindre skade ved å etterlate putelegemet 220 i inntrukket stilling med utslippet 218 åpent inntil øvre og nedre pakning, henholdsvis 232 og 234 er innstilt.

5 Figurene 3 til 6 viser komponenter i nedtrekkessammenstillingen 200 i flere driftsposisjoner. Figur 3 viser et snitt gjennom fluidprøvetakningsenheten i figur 2 i sin opprinnelige ikke aktive stilling eller transportstilling. I den stilling som er vist i figur 3 er putelegemet 220 fullstendig tilbaketrukket mot et verktøyhus 304. En føler 320 er anordnet ved ytre enden av trekkstempelen 236. Anordnet inne i
10 verktøyhuset 304 befinner seg en stempelsylinder 308 som inneholder hydraulisk olje eller borslam 326 i et trekkreservoar 322 for drift av trekkstempelen 236. Dette trekkstempel 236 er anordnet koaksialt inne i stempelsylinderen 308 og er vist i sin ytterste eller innledende stilling. I denne begynnelsesstilling vil det være hovedsakelig 0-volum ved porten 246. Puteutdrivningsstempelen 222 er vist
15 anordnet rundt omkretsen av, og koaksialt med trekkstempelen 236. En barriere 306 er anordnet gjennom bunnen av trekkstempelen 236 og bunnen av puteutdrivningsstempelen 222, deler opp stempelsylinderen 308 i et indre (eller treknings) reservoar 322 samt et ytre (eller utdrivnings) reservoar 324. Dette separate utdrivningsreservoar 324 muliggjør uavhengig drift av utdrivnings-
20 stempelet 222 i forhold til trekkstempelen 236. De hydrauliske reservoarer er fortrinnsvis balansert til det hydrostatiske trykk i ringrommet for konsistent drift.

Det skal nå henvises til figurene 2 og 3 hvor det er vist et nedtrekkessammenstillingen 200 har tilsluttede reguleringsledninger 312-318 for drift av stemplene.
25 Trekkstempelen 236 styres i "trekk"-retningen ved hjelp av et fluid 326 som trenger inn i en "trekk"-ledning 314, mens fluid 326 løper ut gjennom en "skylle"-ledning 312. Når fluidstrømningen reverseres i disse ledninger, vil trekkstempelen 236 vandre i motsatt eller utoverrettet retning. Uavhengig av trekkstempelen 236 blir puteutdrivningsstempelen 222 drevet utover av fluid 328 som trenger inn i en puteutplasseringsledning 316, mens fluid 328 drives ut gjennom en pute-tilbake-
30 trekningsledning 318. Lik som trekkstempelen 236 blir bevegelsen av puteutdrivningsstempelen 222 vendt om når fluid 328 i ledningene 316 og 318 skifter retning. Som vist i figur 2, styrer nedhullsregulatoren 214 ledningsvalget og så-

ledes bevegelsesretningen ved å styre ventilene 241. Pumpen 238 frembringer fluidtrykket i de valgte ledninger.

Det skal nå henvises til figur 4, hvor puteutrivningsstempelet 222 i nedtrekks-sammenstillingen 200 er vist i sin ytterste stilling. I denne stilling befinner puten 220 seg i avtettende inngrep med borehullets vegg 244. For å komme ut til denne stilling blir puteutrivningsstempelet 222 revet radially utover og vinkelrett på lengdeaksen av borestrengen 106 ved hjelp av fluid 328 som trenger inn i det ytre reservoar 324 gjennom pute-utplasseringsledningen 316. Porten 246 som be-
10 finner seg ved enden av puten 220 er åpen, og formasjonsfluid 216 vil da trenge inn gjennom portåpningen 246 når trekkstempelet 236 aktiveres.

Prøvevolumet kan reduseres til hovedsakelig 0-verdi i en alternativ utførelse i henhold til oppfinnelsen. Hvis føleren 320, fremdels under henvisning til figur 4, blir lett omfigurert for å bevege seg sammen med trekkstempelet 236, og
15 trekkstempelet forlenges til borehullsveggen 244 sammen med putestempelet 222, vil det foreligge 0-volum ved porten 246. En måte å drive ut trekkstempelet 236 til borehullsveggen 244 på, er å drive ut hussammenstillingen 304 inntil puten 220 kommer i kontakt med veggen 240. Hvis huset 304 er drevet ut, så vil det ikke
20 foreligge noe behov for å drive ut putestempelet 222. Ved begynnelsen av en prøve, hvor huset 304 er drevet ut, vil puten 220, porten 246, føleren 320 og trekkstempelet 236 alle være drevet mot veggen 244. Trykk bør slippes ut til det øvre ringrom 226 gjennom en utslippsventil 240 og en utslipp 218. Ved føring av elementer inn i ringrommet for å hindre overtrykkssetting av mellomringrommet
25 228.

En annen utførelse som gjør det mulig for trekkstempelet å drives ut omfatter ikke barrieren 306. I den utførelse (ikke vist separat), brukes skyllelinjen 312 for å drive ut begge stempler. Puteutdrivningsledningen 316 vil da ikke være nødvendig, og
30 trekkledningen 314 vil være forskjøvet nærmere tilbaketrekkningsledningen 318 for puten. Den faktiske plassering av trekkledningen 314 vil da være slik at mellomrommet mellom bunnen av trekkstempelet 236 og bunnen av puteutrivningsstempelet 222 befinner seg på en linje med trekkledningen 314 når begge stempler er fullt utdrevet.

Det skal nå henvises til figur 5, hvor det er vist et snitt gjennom nedtrekks-sammenstillingen 200 etter prøveuttak. Formasjonsfluid 216 er trukket inn i et prøvetakningsreservoar 502 når trekkstempet 236 beveges innover mot bunnen av huset 304. Som beskrevet tidligere frembringes bevegelse av trekkstempet 236 mot bunnen av huset 304 ved hjelp av hydraulisk fluid eller slam 326 som
5 løper inn i trekkreservoaret 322 gjennom trekkledningen 314, samt løper ut gjennom skylleledningen 312. Rent fluid, nemlig formasjonsfluid 216 som er hovedsakelig fri fra å være forurenset av boreslam, kan oppnås ved hjelp av flere trekk/skylle/trekk-sykler. Skylling som vil bli beskrevet mer detaljert senere, kan
10 være påkrevet for å oppnå rent fluid for punktprøvings-formål. I henhold til foreliggende oppfinnelse frembringes imidlertid tilstrekkelig ren fluid ved det innledende uttrekk for utprøvingsformål.

Fluid som trekkes inn i utstyret vil kunne utprøves nede i borehullet ved hjelp av
15 en eller flere følere 320, eller også kan fluidet pumpes gjennom ventilene 243 til en eventuell lagringstank 242 for uttrekk og analyse på overflaten. Føleren 320 kan være plassert ved porten 246, med sin utgang tilsluttet eller forbundet med regulatoren 214 via en følgerrørledning 310 som tilbakekoblingskrets. Denne regulator kan være programmert for å styre uttrekk av fluid fra formasjonen basert
20 på følerens utgangsverdi. Denne følger 320 kan også være plassert på et hvilket som helst annet ønskelig sted i utstyret. Hvis den ikke er anbrakt ved porten 246, befinner føleren 320 seg fortrinnsvis i fluidkommunikasjon med porten 246 gjennom følgerrørledningen 310.

25 Det skal nå henvises til figurene 2 og 6, hvor det er vist et snitt gjennom uttrekkssammenstillingen 200 etter skylling av utstyret. Utstyrets trekkstempel 236 skyller systemet når det returneres til sin posisjon før uttrekket, eller når begge stempler 222 og 236 er ført tilbake til sine innledende stillinger. Forskyvning av fluidstempet 236 for å skylle utstyret finner sted når fluid 326 pumpes inn i trekkreservoaret mellom skylleledningen 312. Formasjonsfluid 216 som befinner seg i
30 prøvereservoaret 502 blir drevet ut av reservoaret slik som vist i figur 5. En avstengningsventil 602 kan anvendes for å tillate fluid å strømme ut i ringrommet 228 eller fluidet kan drives ut gjennom utslippet 218 til ringrommet 226.

Figur 7 viser en alternativ utførelse av foreliggende oppfinnelse/gjenstand og hvor pakninger ikke er påkrevet og eventuelle lagringsreservoarer ikke brukes. En borestreng 106 bærer nedhullskomponenter som omfatter en kommunikasjon/-effekt-enhet 212, regulator 214, pumpe 708 en ventilsammenstilling 710, stabilisatorer 714 samt en uttrekkssammenstilling 200. En overflateregulator sender kommandoer til og mottar data fra nedhullskomponentene. Denne overflateregulator omfatter en toveis kommunikasjonsenhet 204, en data-behandler 206 og en inngang/utgangs-innretning 208.

I denne utførelse blir stabilisatorer eller gripere 704 etter ønske utvidet til å danne inngrep med borehullsveggen 244 med det formål å stabilisere eller forankre borestrengen 106 når uttrekkssammenstillingen 200 befinner seg i nærheten av en formasjon 118 som skal utprøves. Et puteutrivningsstempel 222 strekker seg utover i en retning hovedsakelig mottatt gripene 704. Den pute 220 som er anordnet på ytre enden av puteutrivningsstempelet 222 avtetter et parti av ringrommet 702 ved porten 246. Formasjonsfluid 216 blir trukket inn i uttrekkssammenstillingen 200, slik som beskrevet ovenfor under omtale av figurene 4 og 5. Utskylling av utstyret oppnås som beskrevet ovenfor under omtalen av figur 6.

Den viste konfigurasjon i figur 7 viser en føler 706 anordnet i fluidprøve-reservoaret i uttrekkssammenstillingen 200. Denne føler avføler en ønsket parameter av interesse i formasjonsfluidet, slik som for eksempel trykk, og denne føler overfører da data som angir vedkommende parameter av interesse tilbake til regulatoren 214 gjennom ledere, fiberoptikk eller en annen egnet overføringsleder. Regulatoren 214 omfatter videre en regulator-prosessor (ikke separat vist) som behandler vedkommende data og overfører resultatene til jordoverflaten over kommunikasjoner og en effekt-enhet 212. Overflateregulatorens mottar, behandler og avgir de målresultater som er beskrevet ovenfor under omtale av figurene 1 og 2.

Den viste utførelse i figur 7 omfatter også en sekundærtank 716 koblet til uttrekkssammenstillingen 200 gjennom en strømningsledning 720 og en ventil 718. Denne tank anvendes når ytterligere utstyrsvolum er ønskelig. Ytterligere utstyrs-volum er for eksempel ønskelig når fluidsammentrykklighet skal bestemmes.

Ventilen 718 er en omstilbar ventil som styres fra nedhulls-regulatoren 214. Bruk av den omstilbare ventil 718 muliggjør raskere formasjonsprøver ved å gjøre det mulig å anvende mindre utstyrvolum når dette er ønskelig. Bestemmelser av mobilitet og formasjonstrykk krever for eksempel ikke noe tilleggs volum i sekundærtanken 716. Mindre utstyrvolum vil for øvrig nedsette utprøvnings tiden.

Modifikasjoner av de utførelser som er beskrevet ovenfor antas å ligge innenfor oppfinnelsens omfangsområde. Det skal for eksempel henvises til figur 2, hvor trekkstempelet 236 og putestempelet 222 kan være drevet elektrisk i stedet for hydraulisk slik som vist. En elektrisk motor, slik som en spindel motor eller trinnmotor kan anvendes til å føre hvert stempel frem og tilbake innbyrdes uavhengig av hverandre, eller en motor kan fortrinnsvis styre begge stempler. Spindel- og trinnmotorer er velkjent og den elektriske motor kan da erstatte pumpen 238 som er vist i figur 2. Hvis en regulerbar pumpe/effektkilde, slik som en spindel motor eller trinnmotor blir valgt, kan stempelposisjonen fastlegges etter valg langs hele bevegelsesområdet. Dette trekk er å foretrekke i anvendelser hvor nøyaktig regulering av utstyrvolumet er ønskelig.

Ved bruk av enten en trinnmotor eller en spindel motor blir den valgte motors utgangsaksel koblet til en innretning for føring av pute- og trekkstemplene 222 og 236. En foretrukket utførelse er en kjent kuleskrue-sammenstilling (BSA). En slik BSA anvender sirkulerende kulelagere (vanligvis rustfritt stål eller karbon) for å rulle langs komplementære skruespor på henholdsvis muttersammenstillingen og skruesammenstillingen. Motorens utgangsaksel kan bevege enten skrue eller skrue mens den øvrige komponent forskyves lineært langs lengdeaksen av skruesammenstillingen. Bevegelseskomponenten er koblet til et stempel slik at stempelet drives i rettlinjert bevegelse langs lengdeaksen for skruesammenstillingens akse.

Etter at utstyrsutførelser i henhold til oppfinnelsen er blitt beskrevet blir nå en foretrukket fremgangsmåte for utprøving av en formasjon ved bruk av en den foretrukke utførelse nå beskrevet. Det skal først henvises til figurene 1-6, hvor et redskap i henhold til foreliggende oppfinnelse transporteres inn i borehullet 104 på en borestreng 106. Borestrengen er forankret til brønnveggen ved bruk av flere

gripere 210 som kan utvides ved bruk av metoder som vil være velkjent innenfor fagområdet. Ringrommet mellom borestrengen 106 og borehullsveggen 244 er adskilt i et øvre parti 226, et mellomparti 228 og et nedre parti 230 ved bruk av utvidbare pakninger 232 og 234, som er velkjent innenfor fagområdet. Ved bruk av et puteutdrivningsstempel 222, et putelegeme 220 som bringes til avtettings-
 5 kontakt med borehullsveggen 244, fortrinnsvis i det mellomliggende ringromsparti 228. Ved bruk av en pumpe 238 blir borefluidtrykket i det mellomliggende ringrom 228 redusert ved å pumpe fluid fra vedkommende seksjon gjennom et utslipp 218. Et trekkstempel 236 anvendes for å trekke formasjonsfluid 216 inn i et pumpe-
 10 prøvningsvolum 502 gjennom en port 246 som befinner seg på polsterputen 220. Minst en parameter av interesse, slik som formasjonens trykk, temperatur, fluid-dielektrisk konstant eller resistivitet blir avfølt fra en følger 320 og en nedhulls-prosessor behandler utgangsdata fra følgeren. Resultatene blir så overført til jordoverflaten ved bruk av en toveis kommunikasjonsenhet 212 anordnet nedhulls
 15 på borestrengen 106. Ved bruk av en overflate-kommunikasjonsenhet 204 blir de oppnådde resultater mottatt og videreført til en overflate-prosessor 206. Denne fremgangsmåte omfatter videre behandling av data på overflaten for å avgi disse data til en fremviserenhet, skriver eller lagringsinnretning 208.

20 En prøve som utnytter hovedsakelig 0-volum kan oppnås ved bruk av en alternativ fremgangsmåte i samsvar med foreliggende oppfinnelse. For å sikre at begynnelsesvolumet er hovedsakelig lik 0, blir trekkstempelet 236 og føleren drevet ut langs puten 220 og putestempelet 222 for å avtette et parti av borehullsveggen 244. Resten av denne alternative fremgangsmåte er hovedsakelig den samme
 25 som beskrevet for utførelsen ovenfor. Hovedforskjellen er at trekkstempelet 236 behøver bare å forskyves en liten avstand tilbake inn i redskapet for å drive formasjonsfluid inn i porten 246 for derved å komme i kontakt med føleren 320. Dette meget lille volum reduserer den tid som er påkrevet for at volumets parametre skal kunne avfølges for å sette dem i samsvar med formasjons-
 30 parameterne.

Figur 8 viser en annen driftsfremgangsmåte hvor stikkprøver av formasjonsfluid 216 blir tatt med putelegemet 220 i tilbaketrukket stilling. Ringrommet er oppdelt i flere forskjellige innbyrdes avtettede seksjoner 226, 228 og 230, slik som be-

skrevet ovenfor, ved bruk av utvidbare pakninger 232 og 234. Ved bruk av en pumpe 238 reduseres boretrykkfluidet i mellom ringrommet 228 ved å pumpe fluid fra denne seksjon gjennom et utløp 218. Med trykket i det midtre ringrom 228 lavere enn formasjonstrykket vil formasjonsfluid 216 fylle mellom ringrommet 228.

5 Hvis pumpeprosessen fortsetter, så vil fluidet i mellom ringrommet bli fullstendig fritt for forurensning fra boreslam. Uten å drive ut putelegemet 220 anvendes så trekkstempelen 236 for å trekke formasjonsfluid 216 inn i fluidprøvevolumet 502 gjennom en portåpning 246 som er åpen for fluidet 216. Minst en parameter av interesse, av den art som er beskrevet ovenfor, blir så avfølt ved hjelp av føleren 10 320 og en nedhullsprosessor behandler så utgangssignalet fra føleren. De behandlede data blir så overført til regulatoren 202 på overflaten for ytterligere behandling og utgang som beskrevet ovenfor.

En fremgangsmåte for å evaluere en formasjon ved bruk av en sonde med lite 15 utstyrsvolum er frembrakt ved en annen utførelse av foreliggende oppfinnelse. Denne fremgangsmåte omfatter bruk av et redskap med lite apparatvolum slik som den uttrekksammenstilling 200 som er beskrevet ovenfor og vist i figurene 1-7.

20 Denne fremgangsmåte omfatter avtetting av et parti av borebrønnens vegg ved hjelp av den utdrivbare uttrekksammenstilling 200 slik den er beskrevet. Ved en foretrukket metode blir så apparatvolumet for verktøyet øket ved bruk av et trekkstempel. Så snart apparattrykket er trukket ned til under formasjonstrykket, så justeres stempelets uttrekkshastighet. Denne uttrekkshastighet innstilles i trinn 25 og flere målinger tas i hvert trinn. Denne trinnvise uttrekking er anskueliggjort i figur 9.

Figur 9 er en opptegning som representerer en prøve innenfor en enkel uttrekksyklus ved bruk av fremgangsmåten i henhold til foreliggende oppfinnelse. En 30 kurve 902 representerer stempel-uttrekkshastigheten for trekkstempelen 236 eller ganske enkelt stempelets uttrekkstakt, som måles i kubikkcentimeter per sekund (cm^3/s). Et sett av andre kurver 904 representerer apparatvolumets trykkrespons eller prøvevolumet påvirket av fluidstrømning fra formasjonen. Trykkresponsen måles i pund per kvadrattomme (psi).

Trykkresponskurvene 904 omfatter separate kurver 906, 908 og 910 som er fastlagt ved bruk av datatakt på henholdsvis 1 Hz, 4 Hz og 20 Hz. I de fleste anvendelser som anvender denne fremgangsmåte foretrekkes en datatakt på 4 Hz eller høyere for å sikre at flere datapunkter er tilgjengelig for multipel regresjonsanalyse. Den datatakt som anvendes kan imidlertid varieres til under 4 Hz når brønntilstandene tillater dette.

Fremgangsmåten i henhold til foreliggende oppfinnelsen muliggjør bestemmelse av mobilitet (m), fluidsammentrykknbarhet (C) og formasjonstrykk (p^*) utført under uttrekkspartiet av prøvesykelen ved å variere trekkstakten for utstyret under uttrekkspartiet. Denne tidlige bestemmelse muliggjør tidligere styring av boreutstyrets parametere basert på den beregnede p^* , som da forbedrer utstyrets totale arbeidsfunksjon og reguleringskvalitet.

For formasjoner med lav mobilitet kan utførelsene av fremgangsmåten avsluttes ved slutten av uttrekkspartiet. Et ønskelig trekk ved denne fremgangsmåte er dens tilleggsmulighet til å variere oppbygningstakter under den senere del av uttrekks-/oppbygnings-syklusen, hvilket vil si oppbygningsspartiet. Bestemmelser av m og p^* med dette driftspunkt forbedrer nøyaktigheten av den totale parameterbestemmelse. Denne tilleggsbestemmelse kan da bare være ønskelig ved formasjoner med forholdsvis lav mobilitet, og dette aspekt ved foreliggende oppfinnelse er da ikke obligatorisk.

For å bestemme mobilitet (m), blir C ikke anvendt i kalkulatorene. C behøver derfor ikke å anslås slik som ved tidligere metoder for bestemmelse av m , og denne bestemmelse blir da mer nøyaktig. I tillegg er bestemmelsen av m ikke avhengig av apparatvolumet, og dette muliggjør da bruk av lav-volumutstyr slik som utstyret i henhold til foreliggende oppfinnelse. Ved bruk av ytterst nøyaktig reguleringsutstyr for å regulere uttrekkstakten, kan bestemmelse av mobiliteten helt fra 0,1 til 2000 mD/cP være mulig. I en foretrukket utførelse blir en nedhulls mikroprosessor basert regulator 214 brukt for å regulere uttrekkstakten.

Hvis en bestemmelse av C er ønskelig, så kan denne bestemmelse gjøres ved bruk av utstyr i henhold til foreliggende oppfinnelse. Det skal nå henvises til figur 7

hvor en utførelse av utstyret i henhold til foreliggende oppfinnelse omfatter en separat tank 716 som er koblet til apparatvolumet. Denne tank 716 er koblet til apparatvolumet gjennom en strømningsledning 720 og er utstyrt med en ventil 718. Regulatoren 214 aktiverer ventilen 718 for omkobling av ventilen fra en lukket stilling til en åpen stilling, slik at derved det totale utstyrsvolum økes ved tillegg av tankvolumet til apparatvolumet for det formål å beregne C.

Dette større apparatvolum er bare nødvendig for å bestemme C. Ved andre øvrige bestemmelser er C ikke nødvendig og apparatvolumet kan kobles om til å bare omfatter sitt volum i uttrekkssammenstillingen 200 ved bruk av omkoblerventilen 718. Bruk av dette mindre apparatvolum medfører raskere apparatrespons til forskjellige uttrekkstakter. I en foretrukket utførelse kan da apparatvolumet varieres mellom 0 cm³ og 1000 cm³.

Figur 9 viser at apparattrykket hovedsakelig vil stabilisere seg ved en gitt stempelhastighet selv om prøvevolumet forandres. Ved en datatakt tilstrekkelig for å samle opp i det minste to måleverdier ved en gitt stempelhastighet kan utnyttes så i henhold til denne fremgangsmåte formasjonstaktanalyse (FRA) for å bestemme de ønskede formasjonsparametere, slik som fluidets sammentrykbarhet, mobilitet og formasjonstrykk.

U.S. patent nr. 5,708,204 til Kasap, som tas inn her som referanse, beskriver FRA. FRA gir omfattende analyse av trykk uttrekks- og oppbygningsdata. Den matematiske teknikk som anvendes i FRA kalles da multivariierende regresjon. Ved bruk av multivariierende regresjonsberegninger kan slike parametere som formasjonstrykk (p*), fluidsammentrykbarhet (C) og fluidmobilitet (m) bestemmes samtidig når data som representerer oppbygningsprosessen er tilgjengelige. Ligning 1 representerer FRA matematisk.

$$p(t) = p^* - \left(\frac{\mu}{kG_{gr}r_i} \right) \left(C_{gr} V_{gr} \frac{dp}{dt} + q_{da} \right)$$

Ligning 1

hvor $p(t)$ er apparattrykket som funksjon av tid; p^* er formasjonstrykket som beregnet verdi; $k/$ er mobilitet; G_0 er en dimensjonsløs geometrisk faktor; r_i er den indre radius for portåpningen 246; C_{sys} er sammentrykkbarheten av fluidet i apparatet; V_{sys} er det totale apparatvolum; dp/dt er trykkgradienten inne i apparatet som funksjon av tiden; og q_{dd} er uttrekkshastigheten.

Ved anordning av ligning 1 og bruk av det tidsderiverte uttrykt ved dp/dt blir ligningen som følger:

$$p(t) = p^* - \frac{\mu C_{sys} V_{sys}}{k G_0 r_i} \frac{dp(t)}{dt} - \frac{\mu}{k G_0 r_i} q_{dd}$$

Ligning 2

hvor $dp(t)/dt$ er trykkforandringshastigheten ved tidspunktet t og q_{dd} er uttrekkshastigheten. Disse uttrykk er de eneste variable. Ligning 2 er den matematiske form av en lineær ligning $y=b-m_1x_1-m_2x_2$, som da kan løses ved å bruke multipel regresjonsanalyseteknikk for å bestemme koeffisientene m_1 og m_2 . Bestemmelse av m_1 og m_2 hører da til bestemmelse av mobilitet $k/$ og sammentrykkbarhet C_{sys} , når så ønskes.

Frengangsmåten i henhold til foreliggende oppfinnelse gir en raskere evaluering av formasjoner ved at det brukes varierende takt for stempeluttrekk og trykkoppbygning, slik det muliggjøres ved de forskjellige utførelser av apparatet i henhold til foreliggende oppfinnelse.

Skjønt den spesielle oppfinnelse som er vist og omtalt her er fullt i stand til å frembringe de formål og gi de fordeler som er angitt ovenfor, vil det forstås at denne fremstilling bare er ment for å anskueliggjøre de utførelser av oppfinnelsen som er å foretrekke for tiden og at det ikke er angitt noen begrensninger for å oppfinnelsens omfang annet enn det som er beskrevet i de etterfølgende patentkrav.

P a t e n t k r a v:

1. Fremgangsmåte for å bestemme minst en parameter av interesse for en formasjon under utboring, omfattende:

- 5 (a) føring av et redskap og en borestreng (106) inn i et borehull (104) som gjennomtrenger vedkommende formasjon;
- (b) utstrekning av minst en valgfritt forlengbar sonde anordnet i redskapet for å danne avtettende inngrep med et parti av formasjonen;
- (c) åpning av en port (246) mot det avtettede parti av formasjonen, slik at
10 denne port (246) danner fluidkommunikasjon mellom formasjonen og et første volum inne i redskapet;

i det fremgangsmåten er k a r a k t e r i s e r t v e d a t:

- (d) dette første volum varieres ved hjelp av en volumregulerende innretning ved bruk av flere volumforandringsrater;
- 15 (e) bestemmelse av minst en første karakteristisk verdi for det første volum ved bruk av en prøveinnretning i det minste to ganger under hvert av de flere volumforandringsrater; og
- (f) bruk av multipel regresjonsanalyse for å bestemme den minst ene parameter av interesse for formasjonen ved å bruke den minst ene karakteri-
20 stiske verdi som er fastlagt under de flere anvendte volumforandringsrater.

2. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og hvor bruk av multipel regresjonsanalyse videre omfatter bruk av multivariierende lineær regresjonsanalyse.

25 3. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og hvor den fastlagte karakteristiske verdi er mengdestrøm og bruk av multipel regresjonsanalyse videre omfatter bruk av formasjonsrateanalyse.

4. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og hvor den minst ene avfølte
30 karakteristiske verdi er valgt fra en parametergruppe bestående av (i) trykk og (ii) temperatur.

5. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og hvor den minst ene fastlagte parameter av interesse utgjøres av minst en av følgende parametere, nemlig

formasjonens fluidmobilitet, formasjonens fluidsammentrykkbarhet og formasjons-trykket.

6. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og hvor variasjonen av utstyrets volum
5 videre omfatter variasjon av dette volum mellom 0 og 1000 cm^3 .

7. Fremgangsmåte som angitt i krav 1, og hvor redskapet omfatter en tank med et andre volum som etter ønske kan kobles til det første volum, og denne fremgangsmåte omfatter videre:

- 10 (i) tillegg av det andre volum til det første volum slik at det fastlagte første volums karakteristiske parameterverdi påvirkes av det andre volum; og
(ii) bruk av multipel regresjonsanalyse for å bestemme formasjonsfluidets sammentrykkbarhet ved å bruke den fastlagte karakteristiske verdi for kombinasjonen av første og andre volum.

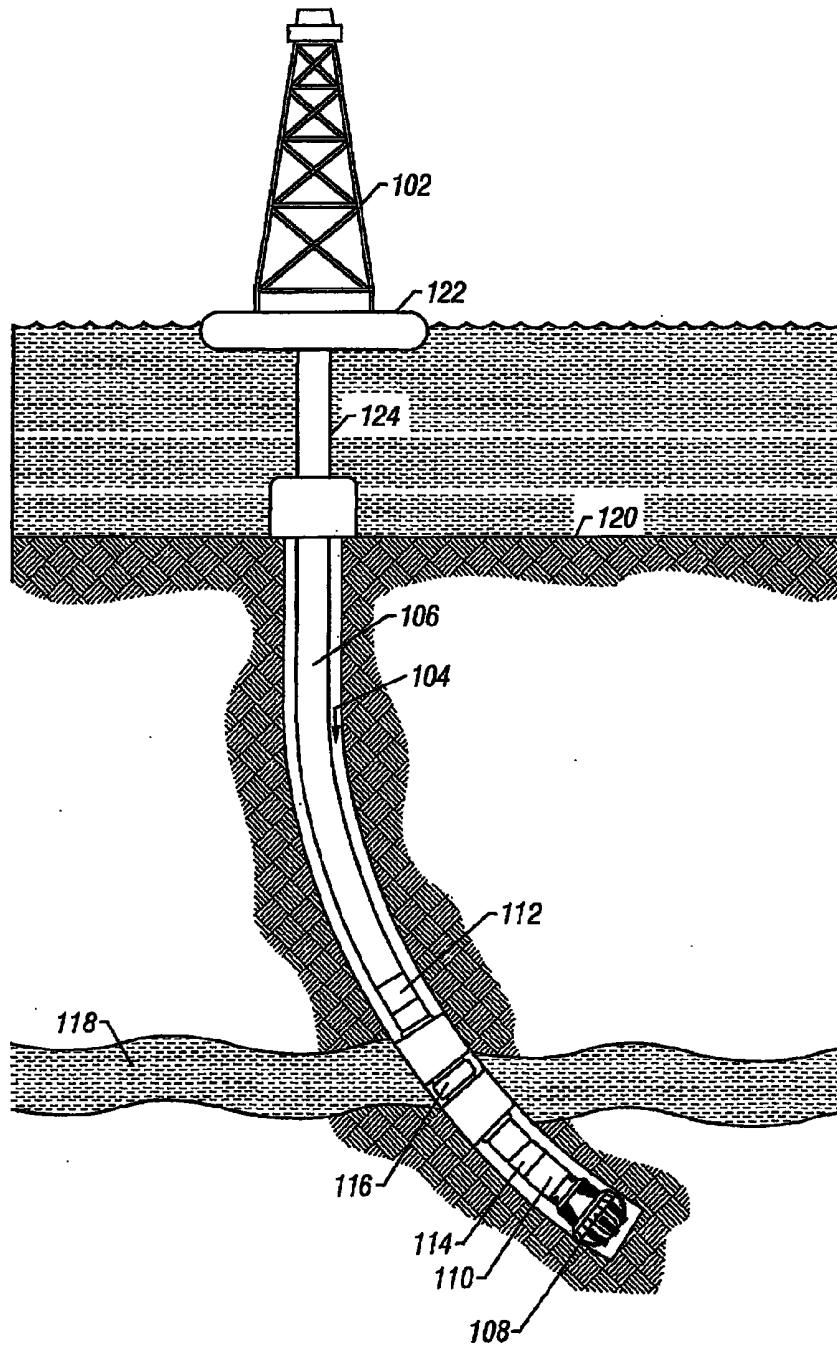


FIG. 1

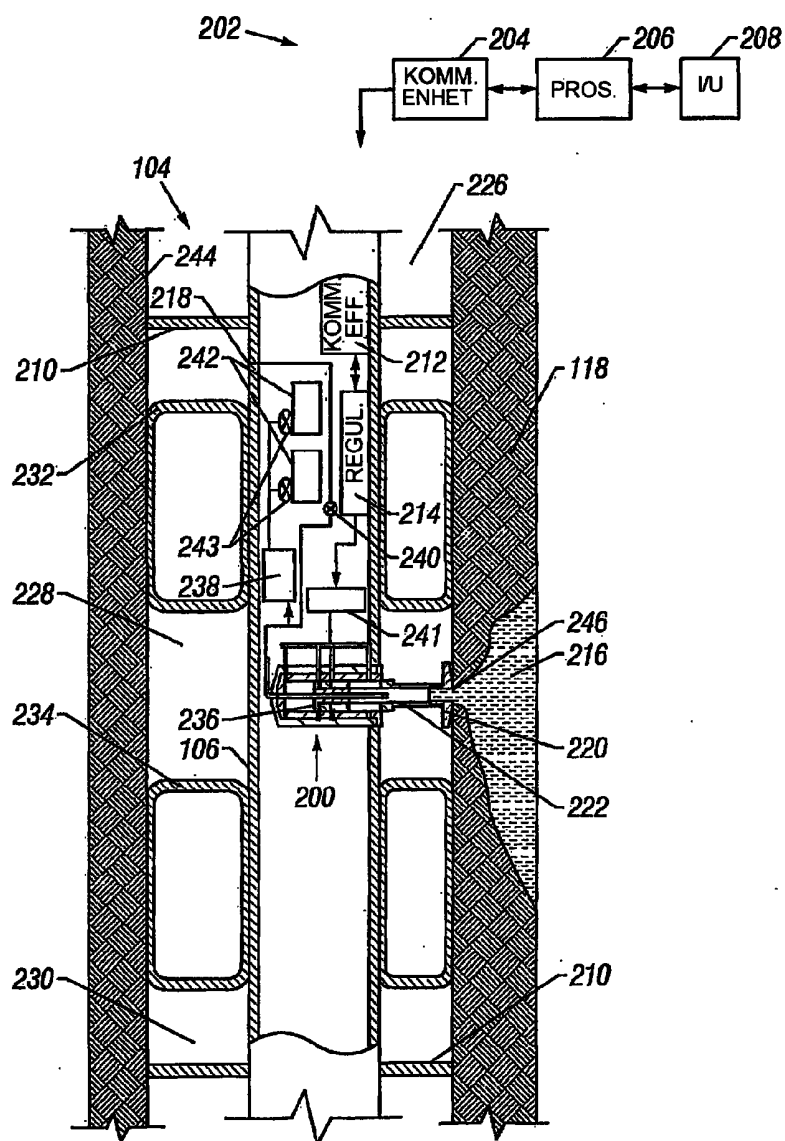


FIG. 2



FIG. 3

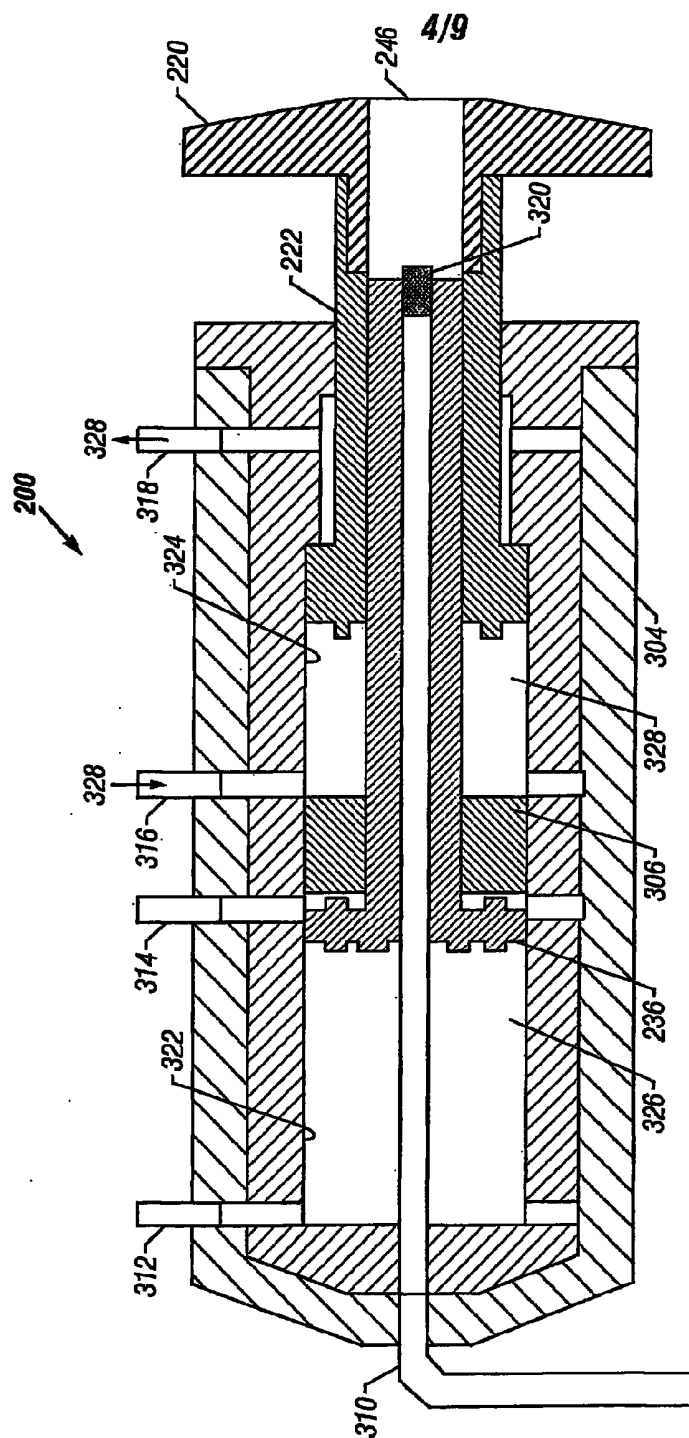


FIG. 4

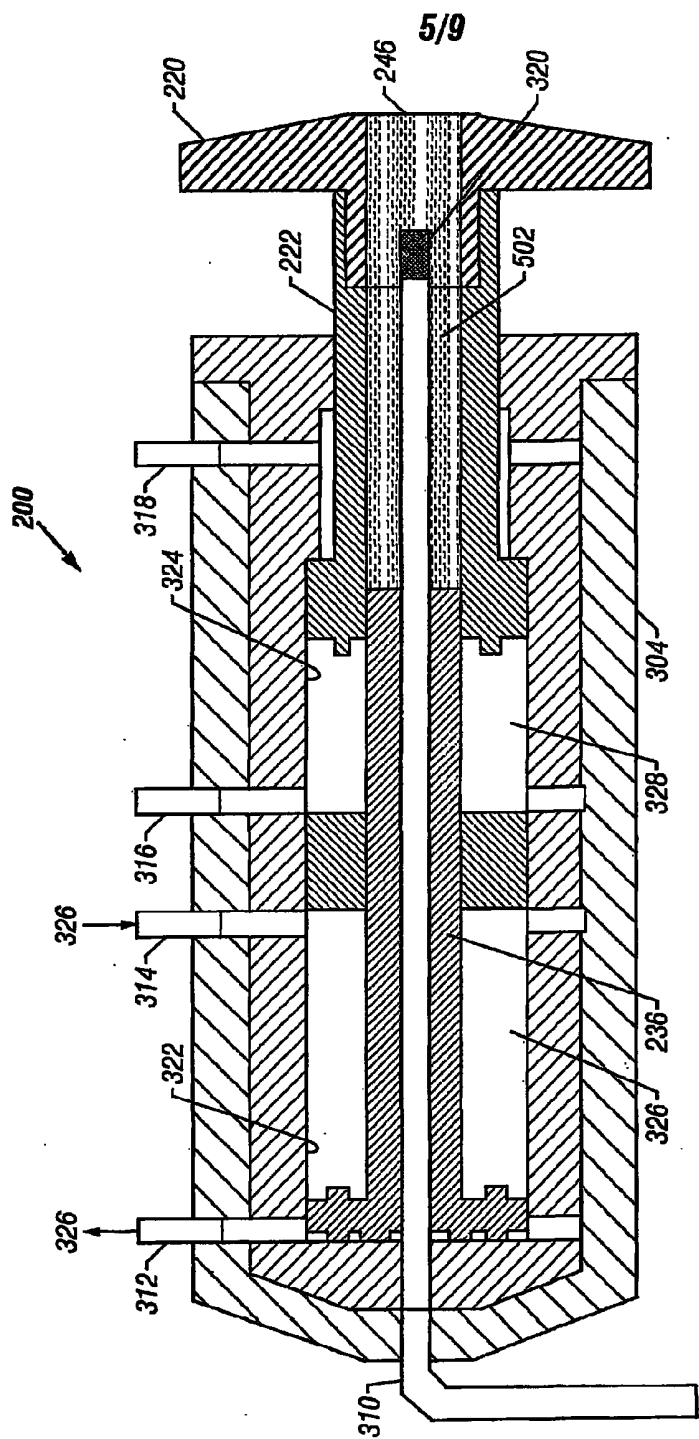


FIG. 5

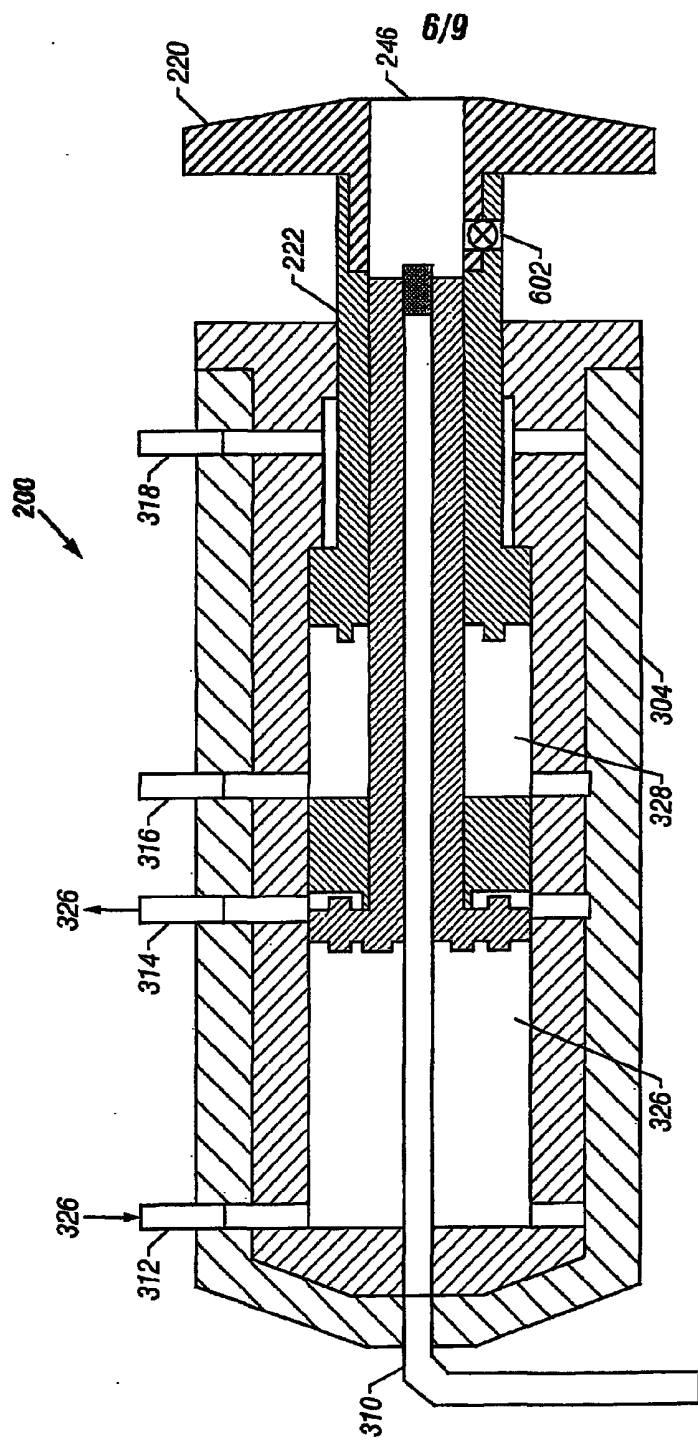


FIG. 6

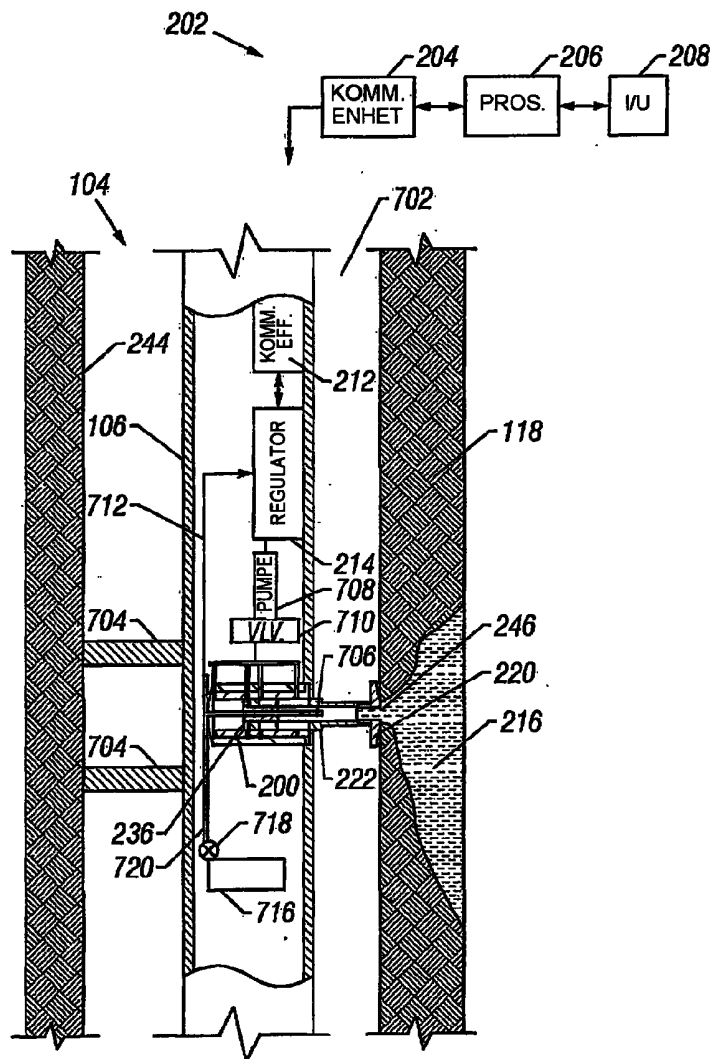


FIG. 7

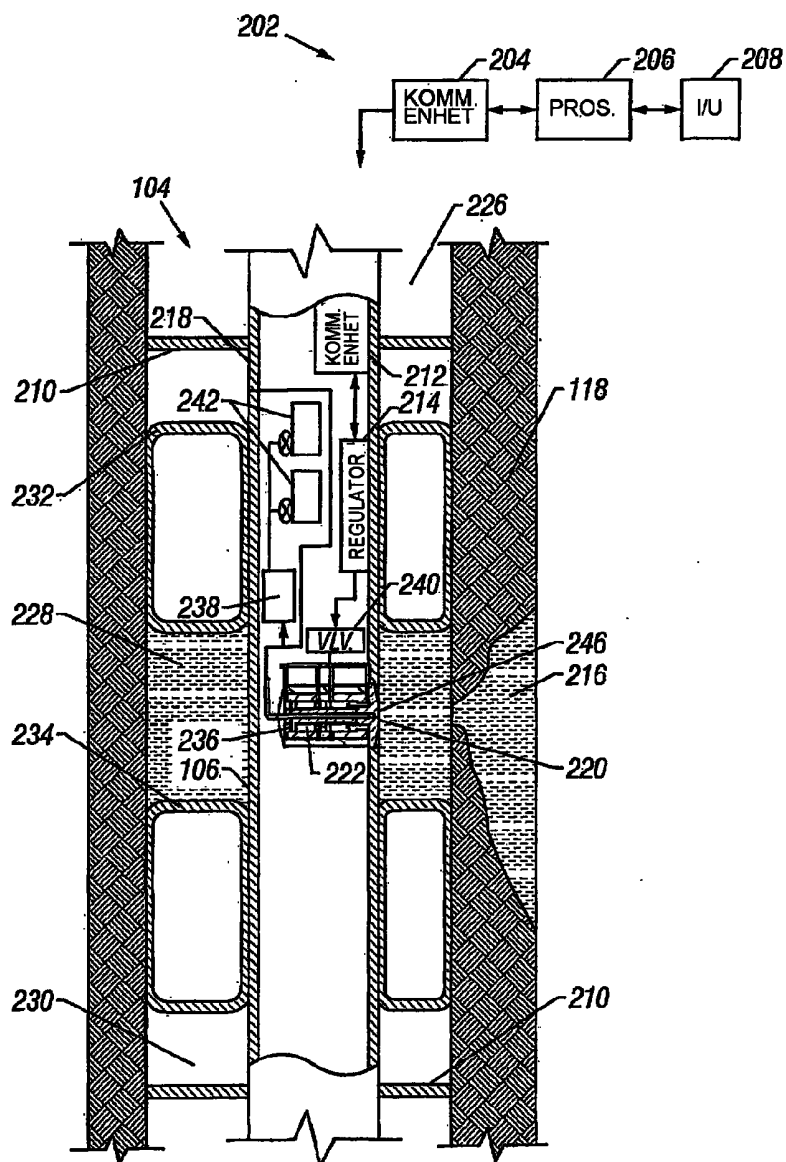


FIG. 8

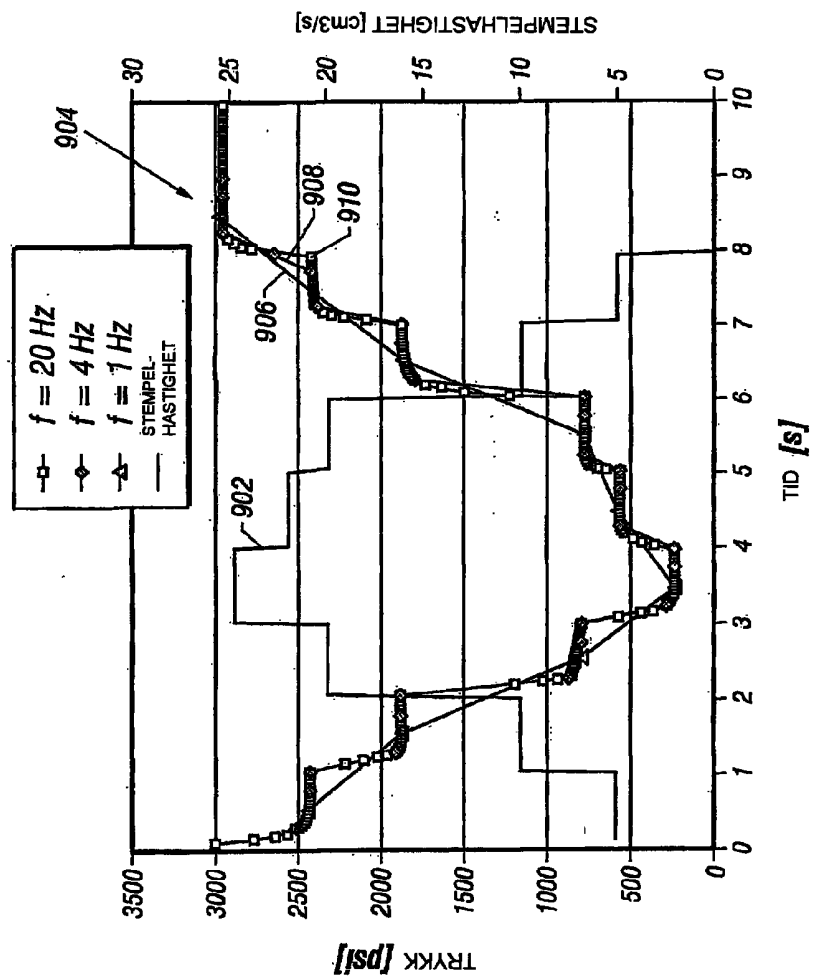


FIG. 9