



(12) SØKNAD

(19) NO

(21) 20120102

(13) A1

NORGE

(51) Int Cl.

E21B 47/10 (2012.01)

G01F 1/74 (2006.01)

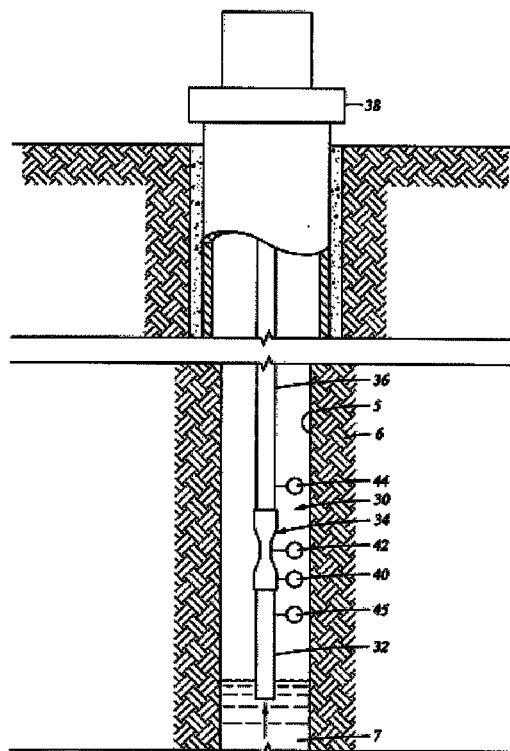
G01F 1/86 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20120102	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2010.08.13 PCT/US2010/045469
(22)	Inng.dag	2012.01.31	(85)	Videreføringsdag	2012.01.31
(24)	Løpedag	2010.08.13	(30)	Prioritet	2009.08.13, US, 61/233,711 2010.08.05, US, 12/851,322
(41)	Alm.tilgj	2012.02.15			
(73)	Innehaver	Baker Hughes Inc, P O Box 4740, US-TX77210-4740 HOUSTON, USA			
(72)	Oppfinner	Joo Tim Ong, 2910 Kenross Street, US-TX77043 HOUSTON, USA			
(74)	Fullmektig	Bryn Aarflot AS, Postboks 449 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			

(54) Benevnelse **Fremgangsmåte for måling av flerfasefluidstrømning nedihulls**
(57) Sammen drag

Flerfasestrømning blir estimert i en strømningsmåler ved å måle fluidtrykk inne i strømningsmåleren og anvende det målte trykket for å beregne en tetthet for strømmingen. Total strømningsmengde gjennom strømningsmåleren blir estimert basert på den beregnede tettheten og en PVT-analyse av fluidet. En korrigert total massestrømningsmengde blir beregnet ved hjelp av en metode for å korrigere for slipp mellom væske og gass. Fluidstrømningsmengder blir ytterligere korrigert med en utløpskoeffisient som varierer med endringer i Reynoldstallet for strømmingen. Gass- og oljefraksjonene kan bli bestemt fra den korrigerte totale massestrømningsmengden og gassfraksjonen.



BESLEKTEDE SØKNADER

[0001] Denne søknaden tar prioritet fra den foreløpige US-søknaden 61/233,711, innlevert 13. august 2009, og den granskede US-søknaden 12/851, 322, innlevert 5. august 2010, som begge med dette inntas som referanse her i sin helhet.

5 **Oppfinnelsens område**

[0002] Denne oppfinnelsen vedrører generelt produksjon av brønnfluid, og mer spesifikt en fremgangsmåte for å måle flerfasefluidstrømning med bruk av en strømningsmåler.

Bakgrunn for oppfinnelsen

10 [0003] Strømningsmålere blir ofte anvendt for å måle strømning av fluid produsert fra hydrokarbonproduserende brønnhull. Strømningsmåleren kan være utplassert nedihulls i en produksjonsbrønn, en forbindelsesledning eller caisson anvendt i forbindelse med en havbunnsbrønn, eller en produksjonstransportledning anvendt for å distribuere de produserte fluidene. Overvåkning av fluid som produseres fra et brønnhull er nyttig ved brønnevaluering og for å planlegge produksjonsperioden for en brønn. I noen tilfeller kan transportledningene omfatte fluid produsert fra brønner med forskjellige eiere. Korrekt bokføring krever derfor bruk av en strømningsmålingsanordning som overvåker strømningsbidraget fra hver eier.

20 [0004] Det produserte fluidet kan inneholde vann og/eller gass blandet med flytende hydrokarbon. Kunnskap om vannfraksjonen er ønskelig for å sikre at passende anordninger er på plass for å skille ut vannet fra det produserte fluidet. Videre er innholdet og tilstedeværelse av gass en annen indikator for en brønns ytelse, og massestrømning av damp påvirker transporteringskravene. Strømningsmålere kan bli anvendt som frembringer informasjon om total strømning, vannandel og gassfraksjoner. Disse krever imidlertid ofte regelmessig analyse av fluidet som kommer inn i strømningsmåleren. Dette kan forutsette utplassering av en prøvesonde oppstrøms strømningsmåleren; noe som kan skape unøyaktighet og kan forstyrre eller midlertidig stanse fluidproduksjonen.

Oppsummering av oppfinnelsen

[0005] Det beskrives her en fremgangsmåte for å estimere fluidstrømning gjennom en strømningsmåler. I et eksempel på utførelse omfatter fremgangsmåten å føre fluid gjennom strømningsmåleren og anvende trykkavlesninger i strømningsmåleren for å estimere en bulk tetthet eller -densitet for (total)strømningen. De respektive mengdene av gass- og væskestrømning i (total)strømningen kan bli bestemt basert på estimatet av bulk tetthet og egenskapene til fluid som danner (total)strømningen. Strømningsmåleren kan ha en overavlesningsfeil som følge av slipp mellom gassen og væsken. Denne overavlesningsfeilen kan bestemmes basert på mengdene av gass- og væskestrømning og egenskaper ved fluidet som danner (total)strømningen. Når overavlesningsfeilen inkluderes eller benyttes, blir mengdene av gass- og væskestrømning beregnet på nytt basert på den estimerte overavlesningsfeilen. Ytterligere omberegning av gass- og væskestrømning blir utført ved hjelp av en utløpskoeffisient basert på strømningsomberegningen med bruk av overavlesningsfeilen. PVT-analyse kan bli utført ved anvendelse av fluidprøver tatt fra (total)strømningen som blir analysert, for å avlede egenskapene til fluidet som danner (total)strømningen for et område av trykk og temperatur basert på analysen. Alternativt kan en bulkstrømningsmengde for (total)strømningen bli bestemt basert på estimatet av bulk tetthet eller -densitet og egenskapene til fluidet som danner (total)strømningen. Bulkstrømningsmengden for (total)strømningen kan bli beregnet på nytt basert på de nye estimatene av gass- og væskestrømningen. I et eksempel på utførelse blir et Reynoldstall beregnet for de omberegnete gass- og væskestrømmene, som blir anvendt for å bestemme utløpskoeffisienten. I ett alternativ baseres den reestimerte gasstrømningen på utløpskoeffisienten og overavlesningsfeilen når gassvolumfraksjonen er større enn 50%, og den reestimerte gasstrømningen baseres på utløpskoeffisienten når gassvolumfraksjonen er mindre enn eller lik 50%. I ett eksempel er strømningsmåleren anordnet i et brønnrør og strømningen forlater strømningsmåleren inn røret og blir fraktet til et brønnhode ved overflaten. Eventuelt kan fremgangsmåten omfatte å estimere en mengde av væske-til-gass faseendring (eller hvor mye væskefase som er omdannet til gassfase) i (total)strømningen mellom strømningsmåleren og brønnhodet basert på en

egenskap ved fluidet som danner (total)strømningen. I et alternativt eksempel blir de respektive mengdene av gasstrømning og væskestrømning i (total)strømningen bestemt ved brønnhodet basert på mengden av væske-til-gass faseendring eller hvor mye væskefase som er omdannet til gassfase. Strømningsmåleren kan være
 5 en strømningsmåler av Venturitypen.

[0006] I en alternativ utførelsesform tilveiebringes en fremgangsmåte for å estimere flerfasefluidstrømning gjennom en strømningsmåler, som omfatter å innhente en prøve av fluid fra et brønnhull og gjøre en PVT-analyse av fluidprøven. En strømningsmåler er anordnet i brønnhullet på en slik måte at brønnfluid strømmer gjennom strømningsmåleren, og trykket i fluidet i strømningsmåleren blir målt ved forskjellige høyder i strømningsmåleren. Basert på trykkmålingene i strømningsmåleren blir tettheten eller densiteten til fluid i brønnhullet estimert og anvendt for å beregne strømningen gjennom strømningsmåleren. Den beregnede strømningen blir kompensert for overavlesning i strømningsmåleren ved å estimere en ny strømningsmengde gjennom strømningsmåleren og beregne strømningssestimatet på nytt basert på et Reynoldstall for den nye strømningsmengden. Eventuelt kan fremgangsmåten omfatte å estimere en fasefraksjon av fluidet i brønnhullet basert på en sammenlikning av tetthetsmålingene og fluidegenskapene. I et alternativt eksempel blir en ny utløpskoeffisient bestemt for strømningsmåleren basert på den nye strømningsmengden. Alternativt kan en strømningsmengde for hver fasefraksjon av fluidet i brønnhullet bli estimert på nytt ved å multiplisere strømningssestimatet med fasefraksjonen av fluidet. Strømningsmåleren kan være et Venturirør, en måleblende eller strømningsblendemåler (flow orifice meter) eller en måledyse eller strømningsdysemåler (flow nozzle meter).
 20 Flere strømningsmålere kan være anordnet i ett enkelt brønnhull.

[0007] I et eksempel på fremgangsmåten vist her blir fluidprøver hentet ut og analysert ved tilstander, så som trykk, temperatur og/eller volum, som kan variere over tid. Fluidanalysen kan omfatte bestemmelse av fluidegenskaper, så som tetthet / densitet, viskositet, gass/olje-forhold og formasjonsvolumfaktor, i de forskjellige tilstandene. Når fluidet omfatter flere enn én fysisk fase, f.eks. væske og/eller gass, blir fluidegenskapene til hver enkelt fase målt. Væsken kan omfatte formasjonsfluid med hydrokarboner, og i noen tilfeller også vann. Ytterligere
 30

eksempler på væsker omfatter borefluider og brønnbehandlingsfluider. I ett eksempel blir det opprettet tabeller som korrelerer de ubehandlede dataene for hver type fluidegenskap med deres tilhørende trykk og temperatur. Fra tabellene kan en avlede polynomuttrykk som modellerer dataene med endrende fluidtilstand. Uttrykkene kan være et første, andre, tredje, fjerde eller femte ordens polynom.

Kort beskrivelse av tegningene

- [0008] Noen av trekkene og fordelene med foreliggende oppfinnelse er angitt eksplisitt, mens andre vil tydeliggjøres underveis i beskrivelsen når den leses sammen med de vedlagte tegningene, der:
- [0009] Figur 1 er et delvis snitt som viser et verktøy som innhenter fluidprøver i et brønnhull.
- [0010] Figur 2 er et delvis snitt som viser en utførelse av et strømningsmålings-system.
- [0011] Figurene 3A-3C er delvise snitt som viser eksempler på utførelser av strømningsmålere.
- [0012] Figurene 4A og 4B er skjematiske flytdiagrammer som viser et eksempel på en fremgangsmåte for bruk av en strømningsmåler.
- [0013] Det vil forstås av forbedringen beskrevet her ikke er begrenset til de viste utførelsesformene. Tvert imot er redegjørelsen her ment å dekke alle alternativer, modifikasjoner og ekvivalenter som kan innlemmes innenfor forbedringens ramme og idé, som definert av de vedføyde kravene.

Detaljert beskrivelse av oppfinnelsen

- [0014] Foreliggende oppfinnelse vil nå bli beskrevet nærmere i det følgende med støtte i de vedlagte tegningene, der utførelsesformer av oppfinnelsen er vist. Denne oppfinnelsen kan imidlertid realiseres i mange forskjellige former og skal ikke forstås som begrenset til de illustrerte utførelsesformene angitt her; tvert imot er disse utførelsesformene vist for at denne beskrivelsen skal være gjennomgående og fullstendig, og fullt ut vil formidle oppfinnelsens ramme til fagmannen. Like henvisningstall angir like elementer. For enkelhets skyld i henvisningen til de

vedlagte figurene er retningsbenevnelse anvendt kun for referanse og illustrasjon. For eksempel er retningsbenevnelse som "øvre", "nedre", "ovenfor", "nedenfor" og liknende anvendt for å illustrere relative posisjoner.

5 [0015] Det må forstås at oppfinnelsen ikke er begrenset til de eksakte detaljer i oppbygning, virkemåte, eksakte materialer eller utførelsesformer som er vist og beskrevet, ettersom modifikasjoner og ekvivalenter vil sees av fagmannen. Tegningene og beskrivelsen viser illustrerende utførelsesformer av oppfinnelsen, og selv om en bestemt ordlyd er anvendt, er denne kun anvendt i en generisk og beskrivende forstand og ikke for å begrense. Følgelig skal oppfinnelsen derfor kun
10 begrenses av rammen til de vedføyde kravene.

[0016] Figur 1 viser et delvis snitt av en sonde 10 anordnet inne i et brønnhull 5 for å ta prøver av fluid 7 i brønnhullet 5. Brønnfluidet 7 kan omfatte fluider som blir anvendt under boring eller komplettering, fluid fra en formasjon 6 som brønnhullet 5 er boret gjennom eller kombinasjoner av disse fluidene. Selv om den er vist
15 festet på en veierlinje eller banel 12, kan sonden 10 bli kjørt ut på produksjonsrør, glattline, en borestreng eller med en hvilken som helst annen innretning for å sette inn/trekke ut en sonde fra inne i et borehull. Prøver av fluidet 7 kan bli innhentet av sonden 10 gjennom en selektivt åpnet port 14 i fluidkommunikasjon med en prøvetank 16 i sonden 10. Prøvetakingen av fluidet 7 med sonden 10 kan skje før eller
20 etter at fluider er produsert fra brønnhullet 5. Prøvetanken 16 kan bli forseglet etter innhenting av fluidprøven for påfølgende analyse. Analysen av fluidet 7 lagret i prøvetanken 16 kan finne sted på overflaten, for eksempel i et laboratorium. Videre kan prøvetanken 16 bli forseglet for å holde fluidprøven ved trykket og/eller
25 temperaturen den hadde på innhentingstidspunktet slik at mer nøyaktige analyse-resultater kan oppnås. Eventuelt kan prøver av brønnfluidet 7 bli tatt ved levering av fluidet 7 til et brønnhode 18 vist oppå brønnhullet 5. En produksjonsledning 20 med ventiler kan bli anvendt for å ta prøver av fluid fra brønnhodet 18. Produksjonsrør (ikke vist) kan frakte fluidet 7 til brønnhodet 18 fra inne i brønnhullet 5.

[0017] Figur 2 illustrerer skjematisk, i et delvis snitt, et strømningsmålingssystem
30 anordnet i brønnhullet 5. Strømningsmålingssystemet 30 kan være anordnet i brønnhullet 5 etter at prøver av fluid 7 er innhentet med sonden 10 (figur 1).

Systemet 30 i figur 2 omfatter innløpsrør 32 som leverer brønnfluidet 7 til en installert strømningsmåler 34. Utløpsrør 36 er vist koblet på enden av strømningsmåleren 34 motsatt for innløpsrøret 34, og ender ved en brønnhodeenhet 38 over brønnhullet 5. Utløpsrøret 36 står i fluidkommunikasjon med strømningsmåleren 34 og brønnhodeenheten 38 ved sin motsatte ende, slik at strømning inne i innløpsrøret 32 blir rettet til brønnhodeenheten 38. I en utførelsesform omfatter innløps- og utløpsrøret 32, 36 produksjonsrør som anvendes for å produsere fluid 7 fra brønnhullet 5.

[0018] I et eksempel på utførelse strømmer brønnfluid 7 gjennom strømningsmåleren 34 og opplever et midlertidig trykkfall i strømningsmåleren 34. Trykkfallet kan bli estimert ved å overvåke fluidtilstand, så som trykk og/eller temperatur. En føler eller sensor 40 vist omtrent ved innløpet til strømningsmåleren 34 i figur 2 kan måle trykk og/eller temperatur i brønnfluid 7 som kommer inn i strømningsmåleren 34. Eventuelt kan føleren / sensoren 40 være plassert på innløpsrøret 32, nærmere bestemt ved innløpet til strømningsmåleren 34, eller inne i strømningsmåleren 34. En annen føler eller sensor 42, som også kan bli anvendt for å måle trykk og/eller temperatur, er vist anordnet langs strømningsmåleren 34. Som kan sees i figur 2 befinner føleren eller sensoren 42 seg omtrent ved midpartiet av strømningsmåleren 34; avhengig av typen strømningsmåler 34 som anvendes kan imidlertid føleren eller sensoren 42 være plassert på forskjellige steder langs strømningsmåleren 34. For eksempel kan føleren eller sensoren 42 være strategisk posisjonert, slik at sammenlikning av respektive trykkmålinger fra følerne / sensorene 40, 42 kan gi en måling av trykkfall over hele strømningsmåleren 34, eller over en del av strømningsmåleren 34.

[0019] En ytterligere føler eller sensor 44 er illustrert på utløpsrøret 36 mellom strømningsmåleren 34 og brønnhodeenheten 38. En oppstrøms føler / sensor 45 kan eventuelt være innlemmet som vist på innløpsrøret 32, plassert i en avstand fra strømningsmåleren 34. Eksempler på avstander mellom strømningsmåleren 34 og følerne / sensorene 44, 45 inkluderer omtrent 30 cm, 1,5 meter, 3 meter, 15 meter, 30 meter, 45 meter, 60 meter, 75 meter, 90 meter, 105 meter, 120 meter, 150 meter samt avstander mellom disse verdiene. Følerne 44, 45 kan bli anvendt for å måle trykk, temperatur og/eller tetthet / densitet. Følerne 40, 42, 44, 45 kan

omfatte piezoelektriske anordninger, termoelementer, tetthetsmålere, hvilke som helst andre typer anordninger for å måle trykk, temperatur, fluidtetthet eller andre fluidegenskaper, og kombinasjoner av dette/disse. Eksempler på densitets- eller tetthetsmålere omfatter strålingsbaserte så vel som kapasitiv induktansbaserte.

5 Følerne 40, 42, 44, 45 kan stå i direkte kontakt med fluidet 7, være koblet til sonder som står inn i fluidet eller være koblet til en barriere på motsatt side av fluidet 7.

[0020] I et eksempel på anvendelse av strømningsmålingssystemet 30 i figur 2 kan trykkforskjell mellom strømningsmåleren 34 og føleren 44 bli estimert ved å
10 overvåke trykkverdier frembragt av følerne 40, 42, 44. Bulk-tettheten til fluidet 7 som strømmer gjennom måleren 34 kan bli beregnet fra høydeforskjell(er) (eller dybdeforskjell(er)) mellom følerne 40, 42, 44 og forskjeller i de respektive trykkene målt av følerne 40, 42, 44. I en alternativ utførelsesform måler føleren 44 bulk-tettheten til fluidet 7 direkte. Uttrykket i likning 1.0 kan bli anvendt for å måle tettheten til fluidet 7 som strømmer gjennom måleren. I et alternativt eksempel kan
15 målinger fra føleren 45 bli anvendt for å estimere tettheten til fluidet 7.

$$\rho_{measured} = \frac{\text{Beregn fluidtetthet}}{144 \cdot (DP_{remote,cor} - [(\Delta H_{PPL} + \Delta H_{fric} + \Delta H_{accel})(DP_{throat,cor})])} \quad \text{(Likn 1.0)}$$

20 der:

$$DP_{throat,cor} = (P_{inlet} - P_{throat} + \Delta P_{fm,static}) \quad \text{(Likn. 1.1);}$$

$$DP_{remote,cor} = (P_{inlet} - P_{remote} + \Delta P_{remote,static}) \quad \text{(Likn. 1.2);}$$

$$\Delta H_{PPL} = (0.436 - 0.86\beta + 0.59\beta^2) \quad \text{(dimensjonsløs) (Likn. 1.3);}$$

$$\Delta H_{fric} = \frac{4fL(C_d)^2 (D_{throat})^4}{(1 - \beta^4) (D_{remote})^5} \quad \text{(dimensjonsløs) (Likn. 1.4);}$$

$$\Delta H_{accel} = \frac{(C_d)^2 \beta^4}{(1 - \beta^4)} \left[\left(\frac{D_{inlet}}{D_{remote}} \right)^4 - 1 \right] \quad (\text{dimensjonsløs}) \quad (\text{Likn. 1.5});$$

og:

β er kjent som betafaktoren og typisk oppgitt av tilvirkeren av strømningsmåleren;

5 TVD er sann vertikal dybde;

f er friksjonsfaktoren; og

L er den målte avstanden mellom innløpet til strømningsmåleren og det fjerne stedet.

10 [0021] Likning 1.0 betrakter potensiell energi for fluidet, også omtalt her som statisk høyde, gjennom innlemmelse av den sanne vertikale dybden til fluidet som blir målt. Videre tas det hensyn til kinetisk energi ved å betrakte de dynamiske tapene som følge av friksjon og akselerasjon.

15 [0022] Gassfraksjonen av fluidet 7 som strømmer gjennom strømningsmåleren 34 kan bli estimert fra den målte bulk tettheten (likn. 1.0) til fluidprøven. Likning 2.0 viser et eksempel på bestemmelse av en verdi for gassvolumfraksjonen (GVF).

$$GVF = \frac{(\rho_o - \rho_{measured})}{(\rho_o - \rho_g)} \quad (\text{Likn. 2.0})$$

[0023] Ved hjelp av en datatabell eller polynommodell oppnås verdier for oljetetthet (ρ_o) og gasstetthet (ρ_g) svarende til målt trykk og temperatur.

20 [0024] Bulkstrømningsmengden gjennom strømningsmåleren 34 kan bli beregnet ved hjelp av likning 3.0 vist nedenfor.

$$Q_{bulk} = \frac{C_d \cdot a_2}{\sqrt{1 - \beta^4}} \times \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot (P_{inlet} - P_{throat})}{\rho_{measured}}} \quad (\text{Likn. 3.0})$$

Her er a^2 arealet ved innsnevringen (der diameteren til strømningsmåleren er smalest) og C_d er utløpskoeffisienten. Her er utløpskoeffisienten satt til en statisk

verdi lik 0,995; som beskrevet nærmere nedenfor vil imidlertid påfølgende iterasjoner anvende en varierende verdi for C_d som avhenger av Reynoldstallet for strømmingen.

[0025] Eksempler på strømningsmålere er vist i figurene 3A-3C. Strømningsmåleren 34A vist i figur 3A representerer en strømningsmåler av Venturitypen med en innvendig diameter d_1 inne i måleren 34A som er mindre enn inngangsdiameteren D_1 . I figur 3B representerer en strømningsmåler 34B en strømningsmåler av måleblendetyper, med en strupingsskive 46 anordnet normalt på fluidstrømningsveien og en åpning eller blende (orifice) 48 i skiven 46. Blende- eller åpningsdiameteren d_1 er mindre enn inngangsdiameteren D_1 til strømningsmåleren 34B. I figur 3C representerer en strømningsmåler 34C en strømningsmåler av måledysetyper som er tilsvarende Venturi-strømningsmåleren i figur 3A, men har en jevnere overgang mellom inngangsdiameteren D_1 og den innvendige diameteren d_1 . Som er kjent vil den reduserte diameteren ved d_1 øke fluidhastigheten midlertidig og skape et tilsvarende trykkfall inne i strømningsmåleren. Måling av trykkfallet kan gi strømningsmengden gjennom måleren.

[0026] I et eksempel blir volumstrømmingen gjennom strømningsmåleren 34 estimert basert på trykkfallet i fluidstrømmingen inne i strømningsmåleren 34. Differansen mellom trykkene målt av føleren 40 og føleren 42 sammen med inngangsdiameteren og den innvendige diameteren til strømningsmåleren kan bli anvendt for å beregne en strømningsmengde Q gjennom strømningsmåleren 34. Sammenhengen mellom trykkfall og inngangsdiameter/innvendig diameter D_1 , d_1 er avhengig av typen strømningsmåler som anvendes. Fagmannen vil være i stand til å identifisere en korrekt korrelasjon mellom trykkfall og diameter for å bestemme en strømningsmengde Q .

[0027] Fra bulkstrømningsmengden Q_{bulk} over, dersom fluidet omfatter flere enn én fase, kan volumstrømningsmengden av hver fase bli bestemt. I eksempelet der fluidet inneholder gass og olje er bulkstrømningsmengden av olje $Q_o = (1 - GVF) \times Q_{bulk}$ (likn. 4.1) og bulkstrømningsmengden av gass $Q_g = GVF \times Q_{bulk}$ (likn. 4.2).

[0028] Unøyaktigheter som følge av slippeffekter kan føre til feil i tofase fluid-strømningsmålinger gjort med en strømningsmåler. Slippeffekt forårsakes av blandingen av damp og væske i fluidet som skaper et fenomen omtalt her som overavlesning. Endringer i damptetthet eller -densitet med trykk er også en kilde til unøyaktighet ved måling av fluidstrømning. Nøyaktig beregning av massestrømning krever at differensialtrykkmålingen korrigeres for innvirkningen av gasskomprimering og slippeffekter. I én utførelsesform anvender den foreliggende fremgangsmåten en modifisert type De Leeuw-korreksjon for å kompensere for disse effektene. Dette inkluderer først bestemmelse av Froude-tallet (Fr), som kan bli bestemt for hver fase i fluidet.

$$Fr_g = \frac{v_{s,g}}{\sqrt{gD_n}} \sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_o - \rho_g}} \quad (\text{Likn. 5.1})$$

$$Fr_o = \frac{v_{s,o}}{\sqrt{gD_n}} \sqrt{\frac{\rho_o}{\rho_o - \rho_g}} \quad (\text{Likn. 5.2})$$

der $v_{s,o}$ og $v_{s,g}$ er overflatehastigheten henholdsvis for olje og gass,

$$v_{s,g} = \frac{Q_g}{D_n} \quad (\text{Likn. 5.3})$$

$$v_{s,o} = \frac{Q_o}{D_n} \quad (\text{Likn. 5.4})$$

der:

D_n er strømningsmediets diameter der fluidet blir evaluert, f.eks. innløp, innsnevring eller nedstrøms; og

g er tyngdens akselerasjon (9,807 m/s²).

[0029] Med bruk av Froude-tallene oppnådd over kan slippeffekten mellom gass- og væskefase estimeres ved hjelp av Lockhart-Martinelli-tallet X, som definert i likning 6.0:

$$X = \frac{Fr_o}{Fr_g} \quad (\text{Likn. 6.0})$$

[0030] Når fluidet som måles er et fluid nede i et brønnhull, kan fluidtetthetene bli bestemt ved hjelp av trykk- og temperaturavlesninger. Gassen kan antas å være metan, mens væske innledningsvis kan bli samlet inn og evaluert under boring.

5 Analyse av væskene samlet inn under boring kan gi et innledende estimat av væsketettheten i borehullet. Mens strømningsmåleren 34 er i bruk nedihulls kan fluider bli samlet inn og analysert på overflaten for å korrigere for endringer i væskesammensetning som påvirker fluidegenskaper. Dersom en kjenner LM-tallet, kan overavlesningsverdien beregnes ved hjelp av likningene 7.1 og 7.2

10 nedenfor:

$$\text{Overavlesning; } \varphi = \sqrt{1 + CX + X^2} \quad (\text{Likn. 7.1})$$

$$\text{Forhold metrisk tetthet; } C = \left(\frac{\rho_o}{\rho_g} \right)^n + \left(\frac{\rho_g}{\rho_o} \right)^n \quad (\text{Likn. 7.2})$$

der: $n = 0,41$ for $0,5 \leq Fr_g \leq 1,5$; og

$$15 \quad n = 0,606(1 - e^{-0,746 Fr_g}) \quad \text{for } Fr_g > 1,5$$

[0031] Bulkstrømningsmengden Q_{bulk} kan kompenseres for slippeffekten ved å dividere den med overavlesningsfaktoren φ .

$$Q_{bulk, new1} = \frac{Q_{bulk}}{\varphi} \quad (\text{Likn. 8.0})$$

20 [0032] Som angitt over omfatter fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen en valgfri iterasjon basert på Reynoldstallet for strømmingen som kommer inn i strømningsmåleren. Reynoldstallet representerer forholdet mellom et fluids bevegelsesmengde eller treghet og de viskositetsbaserte kreftene som virker på fluidet. En verdi for Reynoldstallet kan finnes fra likning 9.0 nedenfor.

$$\text{Re} = 1488 \frac{uD \rho}{\mu} \quad (\text{Likn. 9.0})$$

der:

Re Reynoldstallet ved innløpet til strømningsmåleren
 u Strømningshastighet ved strømningsmålerens innløp =

$$Q_{bulk} / A_{inlet}$$

5 Q Strømningsmengde målt av strømningsmåler
 A_{inlet} Tverrsnittsareal ved strømningsmålerens innløp
 D_{inlet} Diameter ved strømningsmålerens innløp
 ρ Fluidets tetthet eller densitet
 μ Fluidets viskositet

10 [0033] Det er oppdaget at funksjonen som relaterer koeffisientene i strømningsmodellen til Reynoldstallet kan variere for forskjellige områder av Reynoldstall. Tabell 1 nedenfor lister funksjoner som relaterer utløpskoeffisienten C_d til Reynoldstallet og det tilhørende området av Reynoldstall der funksjonen er gyldig.

$C_d' = 0$	$Re = 0$
$C_d' = 0,1432 \log Re + 0,4653$	$0 < Re < 2.000$
$C_d' = 0,03375 \log Re + 0,8266$	$2.000 \leq Re < 120.000$
$C_d' = -0,01351 \log Re + 1,0666$	$120.000 \leq Re < 200.000$
$C_d' = 1,015$	$Re \geq 200.000$

Tabell 1

15 [0034] For å kompensere for den dynamisk endrende verdien til utløpskoeffisienten med endringer i Reynoldstall blir den nye bulkstrømningsmengden $Q_{bulk,new1}$ multiplisert med den oppdaterte verdien for C_d fra tabell 1.

$$Q_{bulk,new2} = C_d \cdot Q_{bulk,new1} \quad (\text{Likn. 10.0})$$

20 [0035] Gassvolumfraksjonen i fluidet påvirker hvor stor feil som introduseres i en strømningsmåling av slippeffekten. Denne blir tatt hensyn til når en bestemmer en kompensert volumetrisk bulkstrømningsmengde for olje og gass. Som vist i likning 11.0 nedenfor, dersom gassvolumfraksjonen er større enn 50%, blir den nye

gasstrømningsmengden bestemt ved å multiplisere gassvolumfraksjonen med strømningsmengden funnet fra likning 10.0. Dersom gassvolumfraksjonen er mindre enn eller lik 50%, blir den nye gasstrømningsmengden bestemt ved å multiplisere gassvolumfraksjonen med strømningsmengden funnet fra likning 3.0 og utløpskoeffisienten C_d (likning 11.1).

$$\text{if } GVF > 50\% : Q_{g,new} = GVF \cdot Q_{bulk,new2}$$

(Likn. 11.0)

$$\text{if } GVF \leq 50\% : Q_{g,new} = GVF \cdot Q_{bulk} \cdot C_d$$

(Likn. 11.1)

$$Q_{o,new} = (1 - GVF) Q_{bulk,new2}$$

(Likn. 11.2)

[0036] Oljestrømningsmengden til overflaten $Q_{o,surface}$ kan finnes ved å dividere $Q_{o,new}$ med formasjonsvolumfaktoren for olje, B_o . Som angitt over kan B_o finnes ved å aksessere data fra prøvefluid innhentet ved kjent trykk og temperatur. Likning 12.0 nedenfor illustrerer et eksempel på hvordan en verdi for oljestrømningsmengden til overflaten $Q_{o,surface}$ kan bli bestemt.

15

$$Q_{o,surface} = \frac{Q_{o,new}}{B_o}$$

(Likn. 12.0)

[0037] Mengden gass som strømmer til overflaten kan finnes ved å multiplisere verdien for oljestrømningsmengden til overflaten og differansen mellom produsert gass/olje-forhold nedihulls og produsert gass/olje-forhold ved overflaten. Et eksempel på dette er vist i likning 13.0 nedenfor.

20

$$Q_{g,breakout} = (GOR_S - GOR_P) Q_{o,surface}$$

(Likn. 13.0)

[0038] Ved å summere verdiene fra likning 11.0 eller 11.1 og 13.0 oppnås en verdi for den totale volumetriske gassmengden ved overflaten. Dette er vist i likning 14.0 nedenfor.

25

$$Q_{g,surface} = Q_{g,new} + Q_{g,breakout}$$

(Likn. 14.0)

[0039] Figurene 4A og 4B viser et eksempel på en fremgangsmåte for en algoritme for å måle fluidstrømning nedihulls med bruk av en standard strømningsmåler. Med strømningsmåleren anordnet i et brønnhull og i en fluidstrømning blir

trykk og temperatur målt i fluidstrømningen (trinn 410). Prøver Fluidprøver blir innhendet fra brønnhullet, enten nedihulls eller ved brønnens overflate, og fluid-egenskapene blir bestemt med hensyn til endrende trykk og/eller temperatur (trinn 412). Fluidegenskapene omfatter gass/olje-forhold, samt tetthet / densitet, viskositet og formasjonsvolumfraksjon for hver fase i fluidet (trinn 414). Total fluidtetthet blir beregnet ved hjelp av målinger fra en strømningsmåler (trinn 416) og gassvolumfraksjon blir beregnet fra den beregnede tettheten (trinn 418). En bulkstrømningsmengde blir beregnet ved hjelp av en strømningsmåleravhengig likning (trinn 420). Fra gassvolumfraksjonen i trinn 418 og bulkstrømningsmengden i trinn 420 kan volumstrømningsmengden av olje og gass beregnes (trinn 422). For å ta hensyn til slipp i flerfasestrømningen blir overavlesningen beregnet (trinn 424) og bulkstrømningsmengden blir kompensert basert på den beregnede overavlesningen (trinn 426) for å frembringe en ny bulkstrømningsmengde. Et nytt Reynoldstall og en ny utløpskoeffisient C_d (tabell 1) blir beregnet basert på den nye bulkstrømningsmengden (trinn 428). Strømningsmengden blir kompensert med den nye utløpskoeffisienten (trinn 430) for å bestemme nok en ny strømningsmengde. Nå med henvisning til figur 4B blir gass- og oljefraksjoner bestemt fra strømningsmengden i trinn 430 (trinn 432). Volumstrømningene av gass og olje blir redusert (derated) for å ta hensyn til strømningen til overflaten (trinn 434, 436). Ved hjelp av de reduserte gasstrømningene og den nye gassstrømningen i trinn 432 blir en total volumstrømning av gass til overflaten bestemt (trinn 438).

[0040] I ett eksempel, over en tidsperiode på omtrent 18 dager, ble gass- og oljestrømningsmengde målt ved overflaten av en brønn som produserte et flerfasefluid. Under samme tidsperiode ble strømningen i brønnhullet målt ved hjelp av en strømningsmåler anordnet i brønnen. Målt strømning av olje og gass ble bestemt fra strømningsmålerdataene med bruk av en kjent metode og med fremgangsmåten i figur 4. Den kjente metoden anvendte en Venturi-strømningsmåler og en trykkmåler ovenfor eller nedenfor strømningsmåleren. Tettheten ble funnet ved å måle hydrostatisk høyde, men fluidtetthetsberegningen korrigerer ikke for friksjons- eller akselerasjonstap. I tillegg forutsatte den kjente metoden at gassfraksjonen var null nedihulls, og baserte seg på likningene 4.1 og 4.2 over for å estimere

gass- og oljefraksjonene. Resultater fra den kjente metoden fant en overflatemålt oljestrømning som varierte fra omtrent 4900 til rett under 4000 standard fat per dag. Den kjente strømningsmålermetoden målte fra omtrent 5100 til omtrent 5000 standard fat per dag. Gasstrømningen målt ved overflaten varierte fra omtrent 7800 til omtrent 8200 MMSCF/D. Den kjente strømningsmålermetoden var ikke i stand til å detektere noen gasstrømning og returnerte strømningsverdier som var tilnærmet null. Fremgangsmåten i figur 4 ga oljestrømninger som varierte fra rett under 4500 til omtrent 3900 standard fat per dag og gasstrømningsmengder fra omtrent 9800 til omtrent 7500 MMSCF/D. Til forskjell fra den kjente metoden muliggjør algoritmen ifølge foreliggende oppfinnelse således tofasestrømningsmålinger nedihulls med bruk av standard strømningsmålere. Det skal videre bemerkes at resultatene også ble mer nøyaktige med økende prosentandel gass i strømningen. Følgelig kan fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen også bli anvendt for måling av strømning av "våt gass".

[0041] Foreliggende oppfinnelse som beskrevet her er derfor velegnet til å utføre de oppgaver den er tiltenkt og oppnå de angitte mål og fordeler, så vel som andre som følger naturlig med disse. Mens en for tiden foretrukket utførelsesform av oppfinnelsen er vist for forklaringsformål, er en rekke endringer mulig i detaljene i prosesser for å oppnå de ønskede resultater. For eksempel kan fremgangsmåten vist her omfatte flere enn én strømningsmåler i et brønnhull 5. De flere strømningsmålere kan måle fluid fra samme produksjonssone, for eksempel i serie, eller kan måle strømning fra forskjellige produksjonssoner. Strømningsmålere kan være anordnet på separate strenger av produksjonsrør. Videre kan fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen bli anvendt i et brønnhull 5 der det blir pumpet inn gass og/eller kondensat. Disse og andre tilsvarende modifikasjoner vil lett sees av fagmannen, og er ment å være omfattet innenfor idéen til foreliggende oppfinnelse som vist her og rammen til de vedføyde kravene. Selv om oppfinnelsen er vist kun i én av sine former vil det være klart for fagmannen at den ikke er begrenset til denne, men kan realiseres med forskjellige endringer uten å fjerne seg fra oppfinnelsens ramme.

PATENTKRAV

1. Fremgangsmåte for å estimere en fluidstrømningsmengde med en
5 strømningsmåler, omfattende trinnene med å:
 - (a) rette en strømning gjennom strømningsmåleren og estimere en bulk-
tetthet eller -densitet for strømningen;
 - (b) estimere respektive mengder av gass- og væskestrømning i
strømningen basert på estimatet av bulk tetthet og egenskaper ved fluidet som
10 danner strømningen;
 - (c) estimere en overavlesningsfeil i strømningsmåleren basert på
mengdene av gass- og væskestrømning fra trinn (b) og egenskaper ved fluidet
som danner strømningen;
 - (d) re-estimere mengdene av gass- og væskestrømning fra trinn (b) med
15 bruk av den estimerte overavlesningsfeilen; og
 - (e) re-estimere mengdene av gass- og væskestrømning fra trinn (d) med
bruk av en utløpskoeffisient basert på det nye estimatet av mengdene av gass- og
væskestrømning fra trinn (d).
- 20 2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, videre omfattende innhenting av fluidprøver
fra strømningen, analysering av fluidprøvene og avledning eller derivering av egen-
skapene til fluidet som danner strømningen for et område av trykk og temperatur
basert på analysen.
- 25 3. Fremgangsmåte ifølge krav 1, videre omfattende trinnet med å estimere en
bulkstrømningsmengde i strømningen basert på estimatet av bulk tetthet og egen-
skaper ved fluidet som danner strømningen.
4. Fremgangsmåte ifølge krav 3, videre omfattende trinnet med å re-estimere
30 eller estimere på nytt en bulkstrømningsmengde i strømningen basert på det nye
estimatet av gass- og væskestrømningen fra trinn (d).

5. Fremgangsmåte ifølge krav 1, videre omfattende trinnet med å estimere et Reynoldstall for en kombinasjon av gass- og væskestrømningen fra trinn (d), der utløpskoeffisienten fra trinn (e) baseres på Reynoldstallet.
- 5 6. Fremgangsmåte ifølge krav 5, der, når gassvolumfraksjonen er større enn 50%, vil gasstrømningen som re-estimeres i trinn (e) oppnås ved å multiplisere utløpskoeffisienten med gasstrømningen fra trinn (d), og der, når gassvolumfraksjonen er mindre enn eller lik 50%, vil gasstrømningen som re-estimeres i trinn (e) finnes ved å multiplisere utløpskoeffisienten med gasstrømningen fra trinn (b).
- 10 7. Fremgangsmåte ifølge krav 1, der strømningsmåleren anordnes i et brønnrør og strømningen forlater strømningsmåleren ut i røret og fraktes til et brønnhode på overflaten.
- 15 8. Fremgangsmåte ifølge krav 6, videre omfattende trinnet med å estimere en mengde av væske-til-gass faseendring eller -omdannelse i strømningen mellom strømningsmåleren og brønnhodet basert på en egenskap ved fluidet som danner strømningen.
- 20 9. Fremgangsmåte ifølge krav 7, videre omfattende trinnet med å estimere respektive gasstrømnings- og væskestrømningsmengder i strømningen ved brønnhodet basert på mengden av væskefase omdannet til gassfase eller væske-til-gass faseendring.
- 25 10. Fremgangsmåte ifølge krav 1, der bulk tettheten i trinn (a) baseres på statisk høyde av fluid langs en vertikal lengde og dynamiske fluidstrømningstap i strømningsmåleren.
- 30 11. Fremgangsmåte ifølge krav 1, videre omfattende trinnet med å avføle trykk på steder valgt fra listen bestående av: langs strømningsmåleren, nedstrøms strømningsmåleren, oppstrøms strømningsmåleren, og kombinasjoner derav.

12. Fremgangsmåte ifølge krav 1, der strømningsmåleren er en strømningsmåler av Venturitypen.

- 5 13. Fremgangsmåte for å estimere flerfasefluidstrømning gjennom en strømningsmåler, omfattende trinnene med å:
- (a) ta en prøve av fluid fra et brønnhull;
 - (b) bestemme fluidegenskaper ved fluidprøven;
 - (c) anordne en strømningsmåler i brønnhullet, slik at brønnfluid strømmer gjennom strømningsmåleren;
 - 10 (d) måle fluidtrykk i brønnhullet ved forskjellige dyp i brønnhullet;
 - (e) estimere fluidtetthet eller -densitet i brønnhullet basert på trykkmålingen fra trinn (d);
 - (f) estimere en strømning gjennom strømningsmåleren basert på målingene fra trinn (c);
 - 15 (g) kompensere for overavlesning i strømningsmåleren ved å estimere en ny strømningsmengde gjennom strømningsmåleren; og
 - (h) beregne på nytt strømningsestimatet fra trinn (f) basert på et Reynolds-tall for den nye strømningsmengden fra trinn (g).

20 14. Fremgangsmåte ifølge krav 13, videre omfattende trinnet med å estimere en fasefraksjon av fluidet i brønnhullet basert på sammenlikning av målingene fra trinn (e) med egenskapene fra trinn (b).

25 15. Fremgangsmåte ifølge krav 13, videre omfattende trinnet med å estimere en ny utløpskoeffisient for strømningsmåleren for den nye strømningsmengden fra trinn (g).

30 16. Fremgangsmåte ifølge krav 14, videre omfattende trinnet med å estimere en strømningsmengde for hver fasefraksjon av fluidet i brønnhullet ved å multiplisere strømningsestimatet fra trinn (h) med fasefraksjonen av fluidet.

17. Fremgangsmåte ifølge krav 13, der strømningsmåleren velges fra listen bestående av: en Venturimåler, en strømningsblendemåler (flow orifice meter) og en strømningsdysemåler.
- 5 18. Fremgangsmåte ifølge krav 13, der trinnet med å måle trykk omfatter avføling av trykk på steder valgt fra listen bestående av: langs strømningsmåleren, nedstrøms strømningsmåleren, oppstrøms strømningsmåleren, og kombinasjoner derav.

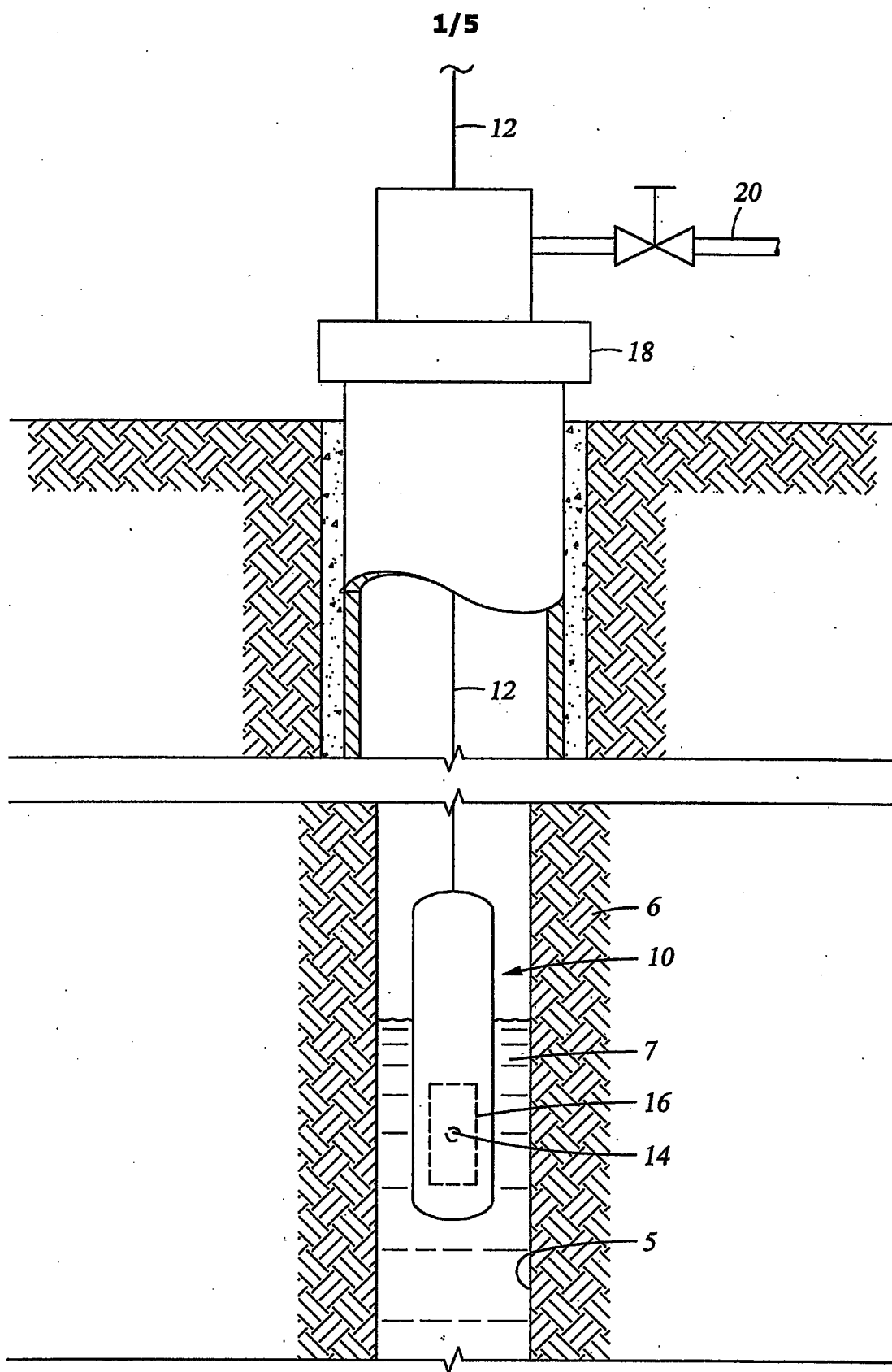


Fig. 1

2/5

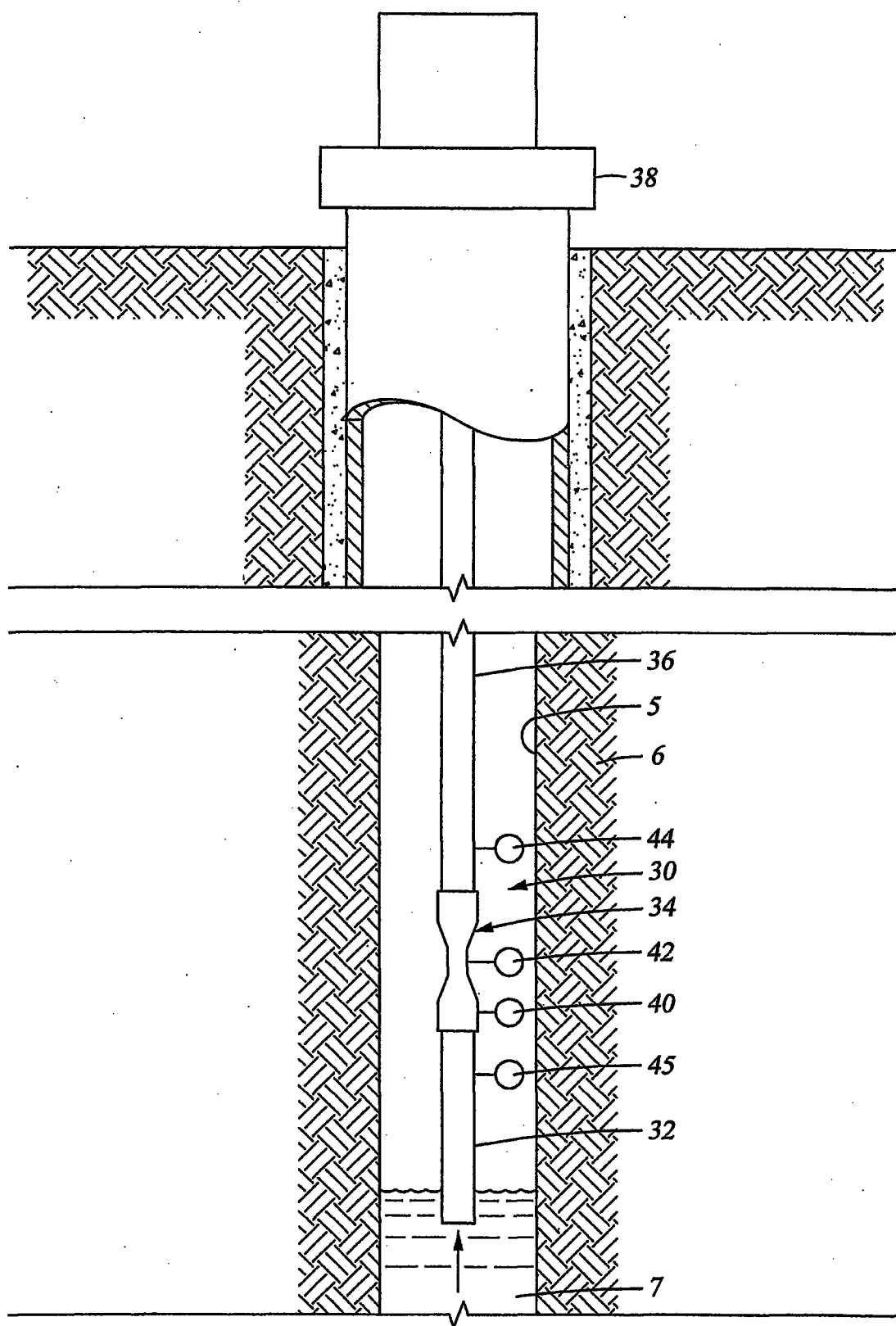


Fig. 2

3/5

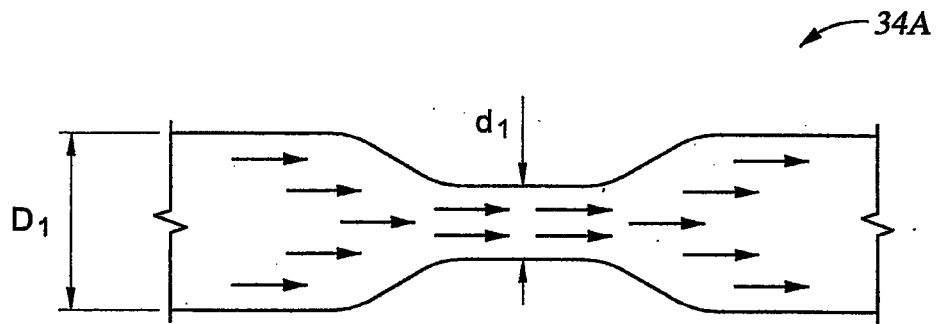


Fig. 3A

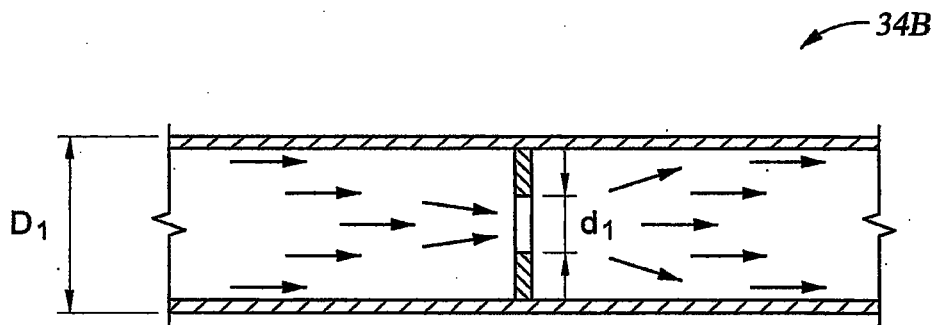


Fig. 3B

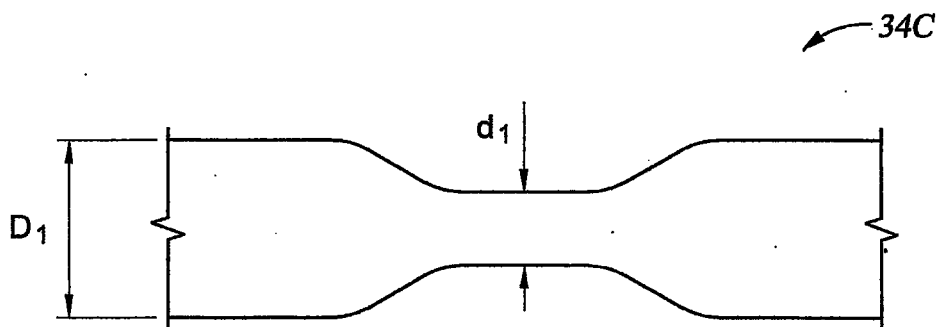
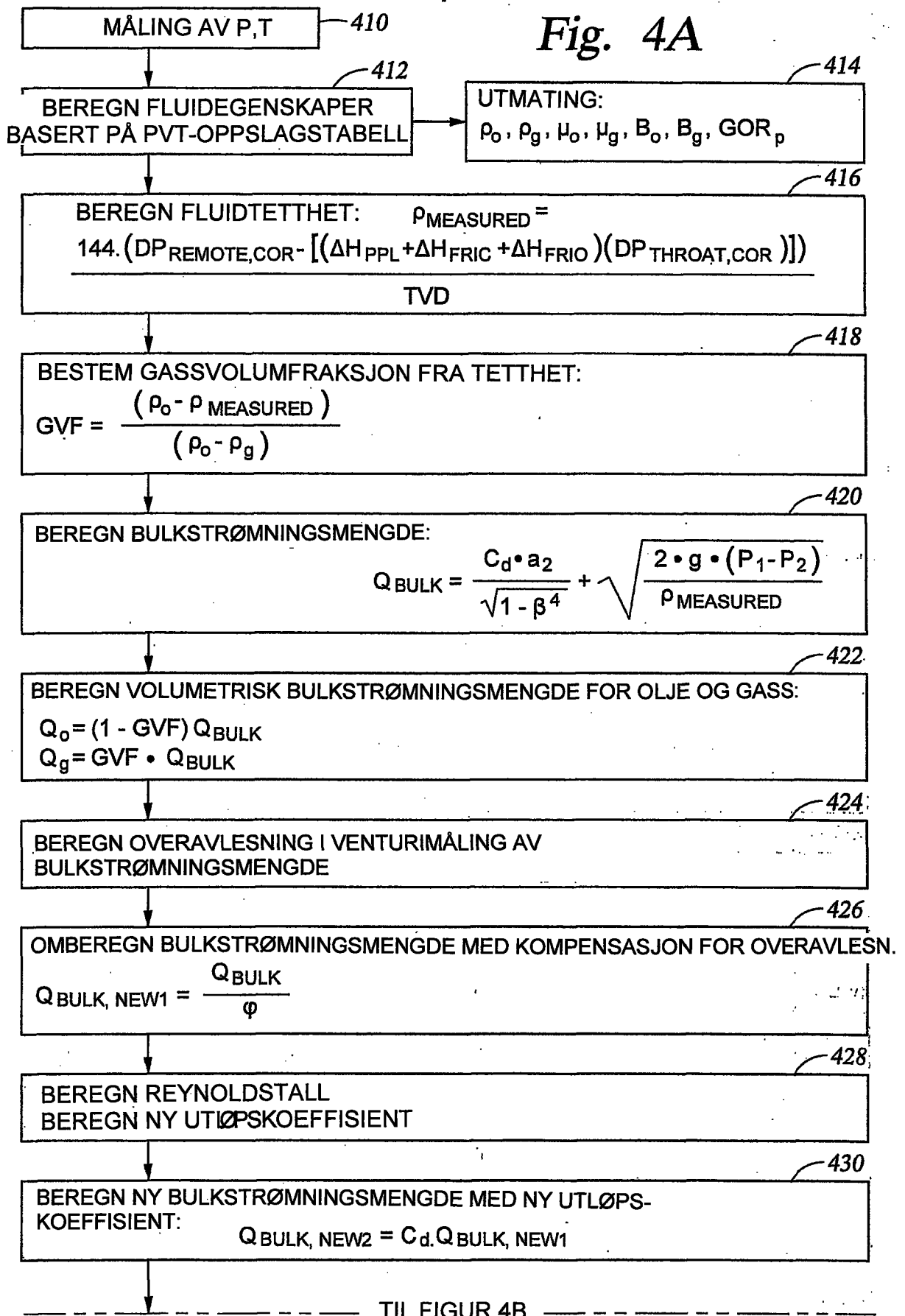


Fig. 3C

Fig. 4A



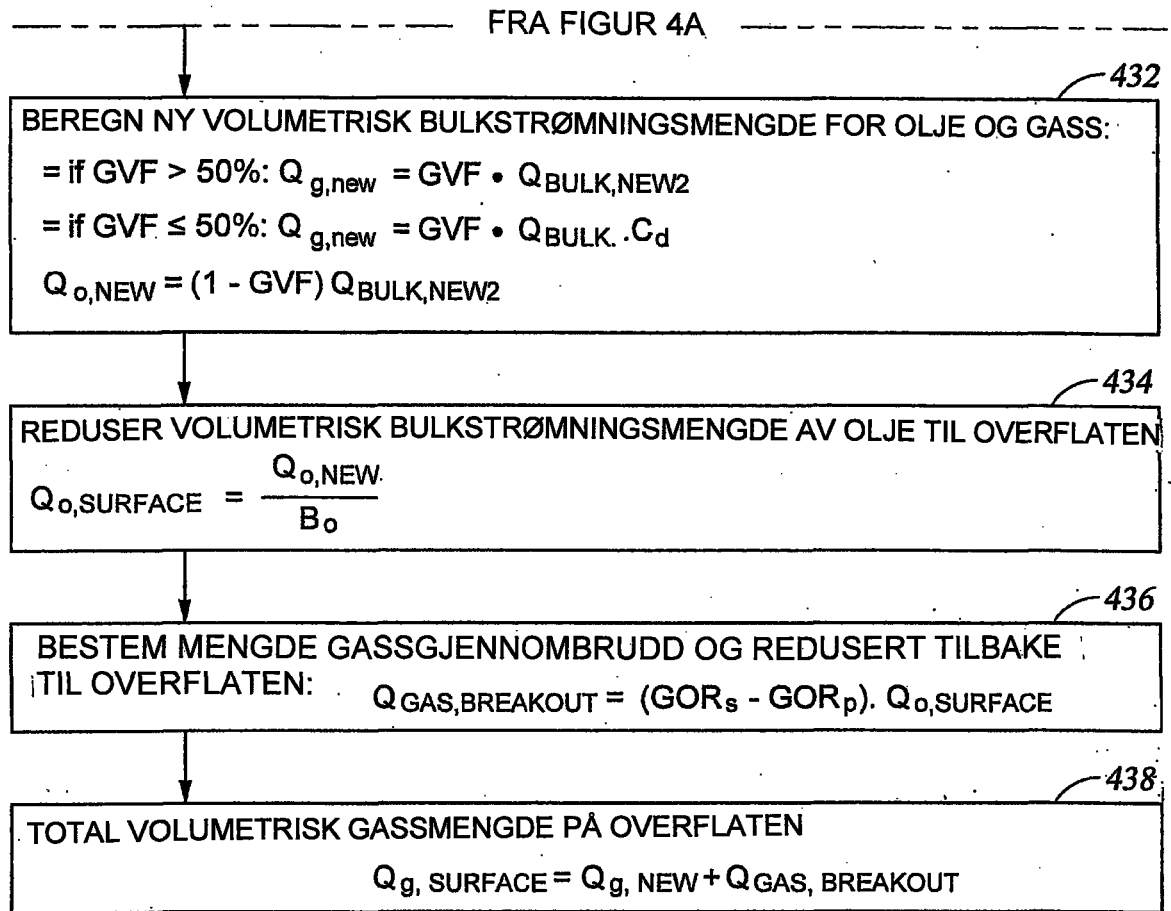


Fig. 4B