



(12) PATENT

(11) 343680

(13) B1

NORGE

(19) NO

(51) Int Cl.

G01F 1/74 (2006.01)

G01F 1/684 (2006.01)

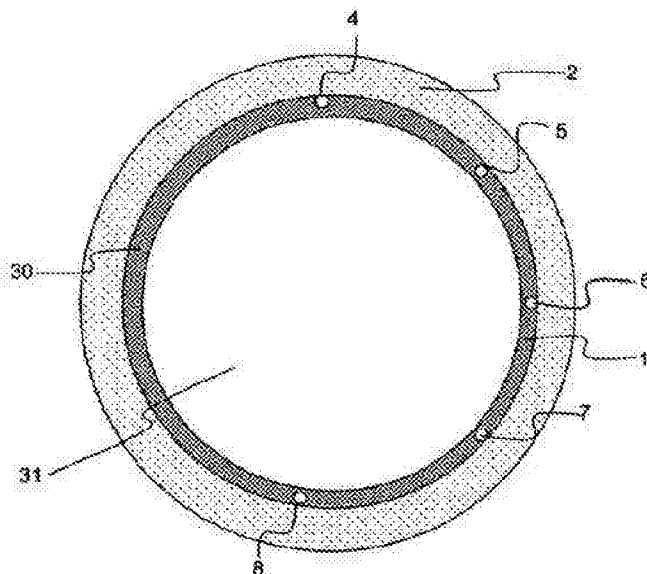
G01N 25/18 (2006.01)

Patentstyret

(21)	Søknadsnr	20141054	(86)	Int.inng.dag og søknadsnr	2012.01.30 PCT/EP2012/051432
(22)	Inng.dag	2014.08.29	(85)	Videreføringsdag	2014.08.29
(24)	Løpedag	2012.01.30	(30)	Prioritet	
(41)	Alm.tilgj	2014.08.29			
(45)	Meddelt	2019.05.06			
(73)	Innehaver	Statoil Petroleum AS, 4035 STAVANGER, Norge			
(72)	Oppfinner	Lene Amundsen, Kotøyveien 29C, 3943 PORSGRUNN, Norge William George Clark, Kulltangvegen 11, 3933 PORSGRUNN, Norge Rainer Josef Hoffmann, Hans-Kleppensveg 24, 3711 SKIEN, Norge Ruben Schulkes, Hesteskoen 3, 3924 PORSGRUNN, Norge PLOUGMANN VINGTOFT, Postboks 1003 Sentrum, 0104 OSLO, Norge			
(74)	Fullmektig				

(54)	Benevnelse	Karakterisering av innhold i kanaler, særlig flerfasestrømskanaler			
(56)	Anførte publikasjoner	GB 2470941 A			
(57)	Sammendrag				

En fremgangsmåte og anordning for å bestemme innhold i en kanal inneholdende minst ett fluid er beskrevet. Kanalen kan være minst delvis definert av minst ett veggparti. Veggpartiet kan kjøles. Etter kjølingen kan temperaturen ved minst én temperatursensor anbrakt inntil veggpartiet måles. En karakteristikk av innholdet bestemmes basert på den målte temperaturen ved temperatursensoren eller hver temperatursensor.



TEKNISK OMRÅDE

- Oppfinnelsen vedrører feltet for bestemmelse av innhold i kanaler. I særlige
5 utførelsesformer vedrører oppfinnelsen å bestemme en karakteristikk av innhold i en kanal inneholdende et fluid fra en flerfasestrøm fra en brønn.

BAKGRUNN

- 10 Fluider kan transporteres ved anvendelse av kanaler, fordelaktig som en flerfasestrøm, i hvilken mer enn ett fluid er til stede samtidig. I olje- og gassproduksjon kan fluider fra en brønn transporteres i en flerfasestrøm. Dette er fordelaktig fordi der mer enn ett fluid skal transporteres, trengs bare én rørledning. Dette er særlig fordelaktig i miljøer som er vanskelige å nå, slik som havbunner og krevende klimaer, idet anvendelsen av
15 bare én rørledning i høy grad reduserer kapitalkostnader. Ytterligere nedstrøms mottas flerfasestrømmen gjennom en separator som separerer fluidene i flerfasestrømmen før de føres videre for å bearbeides ytterligere til et petroleumsprodukt.
- 20 De forskjellige fluidene i en flerfasestrøm har forskjellige strømningskarakteristikker styrt av deres forskjellige viskositeter og densiteter. Dette gjør det vanskelig å karakterisere flerfasestrøm. Det er viktig å være i stand til å karakterisere dette idet strømningskarakteristikkene beskriver strømningsbetingelsene. Dette er på sin side viktig for prosessstyring. I rørutstyr kan det for eksempel være ønskelig å unngå unødig
25 flytende akkumulering. I separatorutstyr kan det være ønskelig å unngå kontaminering av separatorens utgangsmateriale (f.eks. vann i olje eller olje i vann). Strømningskarakteristikkene kan også angi om tetting av strømmingen eller korrosjon og erosjon av rørledning og annet utstyr er sannsynlig. Tetting kan forekomme ved dannelse av voksaktige avleiringer inne i en rørledning eller separator. For å
30 transportere fluider i en flerfasestrøm sikkert, og med tilstrekkelig styring, er det derfor avgjørende å ha god kunnskap om strømningskarakteristikkene. Én av de viktigere strømningskarakteristikkene er fasefordelingen (tidvis kalt strømningsregime).

- Strømningskarakteristikker bestemmes typisk ved anvendelse av empiriske ligninger
35 som er testet ved anvendelse av laboratorieforsøk. Disse ligningene er imidlertid begrenset idet de ikke kan ta hensyn til alle variablene som kan være til stede i et

arbeidende flerfasestrømsystem, slik som helling av utstyr, variasjoner i strømningsrate osv. Idet testtriggene som anvendes for å verifisere de empiriske ligningene har vesentlig mindre diametere enn utstyret som faktisk anvendes i produksjon, er gyldigheten av modellene for fullskala-produksjonsutstyret dessuten ukjent.

5

Flerfasestrøm kan også forutses teoretisk ved anvendelse av modeller og ligninger, men disse har lignende begrensninger som ved anvendelse av empiriske modeller.

Andre teknikker for å bestemme strømningskarakteristikker involverer å anvende strømningsrater eller anvende varmekilder og tilknyttede prober.

10

GB 2470941A beskriver et system og en fremgangsmåte for måling av massestrøm av en ikke-gassformig fase av materiale, såsom fast partikkelformet materiale. Materialet strømmer gjennom en rørledning hvor en seksjon oppvarmes eller avkjøles. Temperaturfølere brukes til å måle temperaturen på materialet direkte i ikke-gassfasen.

15

SAMMENDRAG

Oppfinnerne har innsett at det er ulemper med å anvende empiriske ligninger for å anslå strømningskarakteristikker. Strømningsrateteknikker kan være unøyaktige eller invasive og derfor dyre og disruptive. Det er i tillegg innsett at det kan være ulemper med å påføre varme på utstyr, særlig der slikt utstyr kan ha temperaturløsebegrensninger.

20

Ifølge et første aspekt tilveiebringes det en fremgangsmåte for å bestemme innhold i en kanal inneholdende minst ett fluid. Kanalen er minst delvis definert av minst ett veggparti. Veggpartiet kjøles. Etter at veggpartiet er kjølt, måles den kortvarige temperaturresponsen av veggpartiet ved minst én temperatursensor anbrakt inntil veggpartiet. En karakteristikk av kanalens innhold bestemmes basert på den kortvarige temperaturresponsen av veggpartiet målt ved temperatursensoren eller hver temperatursensor.

25

30

Det første aspektet kan eventuelt inkludere i hvilken som helst egnet kombinasjon og i forhold til hvilket som helst aspekt ytterligere trekk eller trinn som definert i de medfølgende kravene.

35

- Ifølge et andre aspekt tilveiebringes det en anordning for å bestemme innhold i en kanal inneholdende minst ett fluid. Kanalen er minst delvis definert av minst ett veggparti. Anordningen forsynes med minst én temperatursensor tilpasset for å monteres inntil veggpartiet og kjølemiddelet for å kjøle veggpartiet. En prosessor
- 5 tilveiebringes for å måle en kortvarig temperaturrespons av veggpartiet fra temperatursensoren eller hver temperatursensor. Prosessoren tilpasses for å bestemme en karakteristikk av innholdet basert på den kortvarige temperaturresponsen av veggpartiet målt fra temperatursensoren eller hver temperatursensor.
- 10
- Det andre aspektet kan eventuelt inkludere ytterligere trekk i hvilken som helst egnet kombinasjon og i forhold til hvilket som helst aspekt som definert i de medfølgende kravene.
- 15
- Ifølge et tredje aspekt tilveiebringes det en datamaskininnretning for å bestemme innhold i en kanal inneholdende minst ett fluid. Kanalen er minst delvis definert av minst ett veggparti. Datamaskininnretningen omfatter en inn/ut-innretning for å motta, fra minst én temperatursensor inntil veggpartiet, data som er indikative for en temperatur på kanalens innhold i nærheten av temperatursensoren eller hver
- 20 temperatursensor som respons på kjøling av veggpartiet. Datamaskininnretningen har også en prosessor anordnet for å bestemme en karakteristikk av innholdet basert på en kortvarig temperaturrespons av veggpartiet målt ved temperatursensoren eller hver temperatursensor.
- 25
- Det tredje aspektet kan inkludere ytterligere trekk i hvilken som helst egnet kombinasjon og i forhold til hvilket som helst aspekt som definert i de medfølgende kravene.
- Ifølge et fjerde aspekt tilveiebringes det et dataprogram, omfattende datamaskinlesbar
- 30 kode som, når den kjøres på en datamaskininnretning, forårsaker at datamaskininnretningen oppfører seg som en datamaskininnretning som beskrevet ovenfor i det tredje aspektet.
- Ifølge et femte aspekt tilveiebringes det et datamaskinprogramprodukt omfattende et
- 35 datamaskinlesbart medium og et datamaskinprogram som beskrevet ovenfor i det

fjerde aspektet, hvori datamaskinprogrammet er lagret på det datamaskinlesbare mediet.

5 KORT BESKRIVELSE AV TEGNINGENE

Figur 1 er et sideriss av en separator og et kjølekammer ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen;

- 10 Figur 2 er en ende på et tversnittriss av separatorens ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen;

Figur 3 illustrerer skjematisk i et blokkdiagram et system for å karakterisere flerstrømsregimer ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen;

15

Figur 4 er en graf som viser et eksempel på temperaturrespons på en puls av kaldt vann tilført til produksjonsutstyret for to sensorer ved måling av stratifisert flerfasestrøm;

- 20 Figur 5 er en graf som viser et eksempel på en tidskonstant for en flerhet sensorer for stratifisert flerfasestrøm i en rørledning;

Figur 6 er en finitt elementmodell av kjøleprosessen ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen;

25

Figur 7 er et flytdiagram som viser trinn ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen;

Figur 8 er en ende på et tversnittriss av en separator med et indre kjølekammer ifølge en annen utførelsesform av oppfinnelsen;

30

Figur 9 er perspektivrepresentasjon av en separator med tverrstang som definerer deri et kjølekammer ifølge en annen utførelsesform av oppfinnelsen; og

- 35 Figur 10 er et tversnittriss av en rørledningsseksjon med et kjølekammer som viser et sjikt av voksaktige avleiringer ifølge en annen utførelsesform av oppfinnelsen.

DETALJERT BESKRIVELSE

Under henvisning til figur 1 illustreres det produksjonsutstyr 1 med et kjølekammer 2 anordnet inntil en vegg på produksjonsutstyret 1. Produksjonsutstyret 1 i dette eksempelet er en rørformet separator, selv om kjølekammeret 2 kan anvendes med hvilken som helst type av produksjonsutstyr, f.eks. anbrakt rundt eller inntil en vegg derav. Kjølekammeret anordnes for å motta et fluid derigjennom for å kjøle produksjonsutstyret, eller deler derav. Kjølekammeret kan anta forskjellige former. Det skal forstås at kammeret kan være en kanal, en trakt eller et ringformet rom som tilveiebringer et fluid inntil en overflate, for eksempel en ytre overflate på veggen, på produksjonsutstyret 1.

Under henvisning til figur 2 kan det indre arrangementet av kjølekammeret 2 og produksjonsutstyret 1 ses mer detaljert. Produksjonsutstyret 1 har en kanal 31 definert deri for å motta en flerfasestrøm. Kanalen 31 tilveiebringes inne i veggen og defineres av en indre veggoverflate, mens kjølekammeret 2 tilveiebringes rundt en ytre overflate på veggen 31. Det kan ses at en flerhet av temperatursensorer 4, 5, 6, 7, 8 også er anbrakt rundt produksjonsutstyret 1. For å sikre god kontakt mellom temperatursensorene og veggen 30 på produksjonsutstyret 1 kan spor introduseres til en ytre overflate på veggen. Hvert spor anvendes for å romme en temperatursensor.

Under henvisning til figur 3 er det illustrert et system for å karakterisere flerfasestrøm. Det kan ses at kjølekammeret 2 er forbundet til en fluidtilføringsanordning 20 anvendt for å tilveiebringe en strømning av kaldt fluid, for å kjøle produksjonsutstyret, gjennom kjølekammeret. Fluidtilføringsanordningen 20 kan også anvendes for å tilføre en spylegass til kjølekammeret for å erstatte det kalde fluidet. Fluidtilføringsanordningen kan være forbundet til en fluidkilde og kan inkludere styrbare ventiler anvendt for å stoppe, starte og/eller styre strømningen av kaldt fluid, og eventuelt spylegassen, fra en respektiv kilde inn og ut av kjølekammeret 2.

30

Temperatursensorene forbindes til en datamaskininnretning 9 ved anvendelse av en inn/ut-innretning 10. Inn/ut-innretningen 10 anvendes for å sende instruksjoner til og for å motta data fra temperatursensorene. Prosessoren 11 anvendes også for å analysere målinger tatt fra temperatursensorene. Det skal forstås at disse funksjonene kan implementeres ved anvendelse av forskjellige prosessorer, men for klarhetens skyld er bare én prosessor 11 vist.

35

- Fluidtilføringsanordningen forbindes likeledes til datamaskininnretningen 9 ved anvendelse av inn/ut-innretningen 10. Inn/ut-innretningen 10 anvendes for å sende instruksjoner til fluidtilføringsanordningen 20, for eksempel for å styre en strømningsventil, og for å motta data derfra, for eksempel for å tilveiebringe ventilstatusinformasjon eller lignende. En prosessor 11 anvendes for å generere instruksjoner som skal sendes til fluidtilføringsanordningen 20 for å styre strømmingen av kaldt fluid gjennom kammeret og kjøle produksjonsutstyret.
- 10 I denne eksempelutførelsesformen tilveiebringes det også et display 12 for å la en bruker se resultatene av analysen av informasjon fra temperatursensorene. Et datamaskinlesbart medium i form av et minne 13 tilveiebringes også . Minnet 13 kan anvendes for å lagre innsamlede data, forhåndsprogrammerte instruksjoner for fluidtilføringsanordningen 20 og temperatursensorer, og en database 12 med termiske responser og Prandtl-tall for en rekke fluider og fluidblandinger under forskjellige betingelser. Minnet 13 kan også anvendes for å lagre et program 15 som inkluderer instruksjoner som skal utføres av prosessoren.

Det skal bemerkes at figur 3 illustrerer en regulator i form av en datamaskininnretning 9 forbundet til et enkelt stykke produksjonsutstyr 1. Det skal forstås at en enkelt datamaskininnretning 9 kan være forbundet til en flerhet stykker produksjonsutstyr, eller for å styre en flerhet kjølekamre anbrakt ved forskjellige punkter på én eller flere stykker produksjonsutstyr for å karakterisere flerfasestrøm i forskjellige stykker produksjonsutstyr eller ved forskjellige punkter på det samme produksjonsutstyret.

25 Når produksjonsutstyret 1 inneholder et flerfasefluid, og det er påkrevd på en eller annen måte å karakterisere flerfasefluidets strømming, sender prosessoren 11 en instruksjon til fluidtilføringsanordningen 20 for å tilveiebringe en kort puls av kaldt fluid til produksjonsutstyrets vegg ved å forsyne kjølekammeret 2 med et kaldt fluid i en kort tidsperiode. Tiden velges for å sikre at en rimelig temperaturrespons kan oppnås, hvilken er basert på kjøleeffekten tilveiebrakt av kjølekammeret og tilføringsanordningen. Når kjølekammeret 2 mottar et kaldt fluid, begynner det å kjøle og kjøler således produksjonsutstyrets 1 vegg. Varme fra fluider inne i produksjonsutstyret føres gjennom veggen og varmer opp fluidet inneholdt i 30 kjølekammeret 2. Fluidet i dette eksempelet omfatter utgangsmateriale fra en brønn under overflaten.

- Når kjølekammerets 2 tilføring med kaldt fluid stoppes, begynner temperaturen i produksjonsutstyrets 1 vegger å stige idet varmen fra fluidet inneholdt i produksjonsutstyret 1 sprer seg til fluidet inneholdt i kjølekammeret 2. Raten ved
- 5 hvilken temperaturen stiger, avhenger blant annet av arten av fluidet inntil produksjonsutstyrets 1 vegg, og særlig av varmeoverføringskoeffisienten mellom produksjonsutstyrets 1 indre vegg og fluidet inntil den indre veggoverflaten. Hvis veggen har et voksaktig sjikt avleiret på dens indre overflate, påvirker dette også varmeoverføringskoeffisienten mellom veggen og fluidet inntil veggen.
- 10
- Temperaturen i veggene måles ved anvendelse av temperatursensorene. Målesignalet av særlig interesse er den kortvarige temperaturresponsen etter at strømmingen av kaldt fluid stoppes. Måletiden for én kald fluidpuls bestemmes av den termiske massen som må varmes opp. Under henvisning til figur 2 inkluderer dette
- 15 separatorrørveggen (med hvilken som helst avleiring), fluidet i ringrommet definert av kammeret og kammerets 2 ytre vegg. Produksjonsutstyrets vegg og kammerveggen kan være formet av et metall slik som stål.
- Måletiden kan optimaliseres ved å endre den termiske massen. Å redusere den
- 20 termiske massen reduserer for eksempel måletiden. Én måte å redusere den termiske massen på er først å overflomme kammeret 2 med en kald væske slik som kaldt vann inntil separatorveggen har nådd en stabil kald temperatur (dvs. ved å påføre en puls av kaldt vann). Straks en stabil temperatur nås, tilføres en trykksatt spylegass, slik som luft eller nitrogen eller lignende, til kammeret og anvendes for hurtig å spyle ut alt
- 25 vannet fra kammeret, slik at kun gass er til stede under måleperioden. Den termiske massen reduseres idet det effektivt bare er separatorveggen som varmes opp, idet gassen i ringrommet har nesten ingen varmekapasitet. Pulser av kaldt fluid kan da påføres, og målinger av temperaturresponsen kan utføres oftere.
- 30 En ytterligere fordel med gasspyling er at væskekonveksjon i kammeret unngås: Hvis væske holdes i ringrommet under måleprosessen og forskjellige regioner varmes opp ved forskjellige rater avhengig av stedet rundt separatoren, kan dette føre til variasjoner i temperaturen på væsken inneholdt i kammeret. Dette vil på sin side starte konveksjon i væsken som kan forstyrre måleprosessen. Gasspyleprosessen kan
- 35 derfor bidra til å forbedre den termiske responsens målbarhet og kvalitet.

Ved å utsette produksjonsutstyrets vegg for kjøling ved en puls av kaldt fluid vil flerfasestrømmen inni utstyret også oppleve noe kjøling, i det minste midlertidig, hvilket kan gi opphav til en avleiring av voks på en indre overflate i produksjonsutstyret eller veggen i kanalen, nær kjølekammeret. En slik voksavleiring påvirker varmeoverføringsadferden. Det kan derfor tidvis være ønskelig at kjølekammeret også skylles med et varmt fluid for å frigjøre voksansamlinger. Tilføringen av det varme fluidet kan utføres og styres ved anvendelse av fluidtilføringsanordningen og datamaskininnretningen, på en lignende måte som tilføringen av et kaldt fluid, og spylegass som forklart ovenfor.

10

Varmeoverføringskoeffisienten avhenger av Prandtl (P_r)-tallet, som gjenspeiler fluidets termiske egenskaper. Prandtl-tallene for typisk transporterte fluider (olje, gass, vann) er forskjellige nok til å vise en vesentlig forskjell i den målte termiske responsen.

- 15 Prandtl-tallet er dimensjonsløst, idet det er et forhold mellom impulsdiffusivitet og varmediffusivitet, og kan defineres ved:

$$P_r = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{c_p \mu}{k} \quad (1)$$

- der ν er kinematisk viskositet, α er varmediffusivitet, μ er dynamisk viskositet, k er varmekonduktivitet, c_p er spesifikk varme og ρ er densitet. En lav P_r angir vanligvis at konduktiv overføring er en dominant varmeoverføringsmekanisme, og varme diffunderer hurtig, mens en høy P_r angir vanligvis at konvektiv varmeoverføring er en dominant varmeoverføringsmekanisme, og varme diffunderer mindre hurtig.

- 25 Det kan ses av figur 2 at i flerfasestrøm er det sannsynlig at et fluid med høy densitet er inntil de nedre temperatursensorene 7, 8, mens et fluid med lav densitet vil strømme inntil de høyere temperatursensorene 4, 5. Denne typen av strømning betegnes stratifisert strømning. Oppfinnelsen kan anvendes på andre typer av strømning, men stratifisert strømning anvendes som et eksempel.

30

Figur 4 viser et eksempel på termisk respons fra temperatursensor 4 og temperatursensor 8 i et eksempel i hvilket produksjonsutstyret 1 transporterer olje og vann i stratifisert strømning, vil derfor være forskjellig. Dette kan være en representative respons for påføring av kaldt fluid og kjøling av et veggparti i en tidsperiode på 10–30 sekunder. På grunn av de to fluidenes forskjellige densiteter i

35

dette eksempelet er temperatursensor 4 inntil olje i produksjonsutstyret 1, og temperatursensor 8 er inntil vann i produksjonsutstyret 1. Temperaturen ved sensoren 8 inntil vannet faller hurtigere, når en lavere verdi og stiger hurtigere enn temperaturen ved sensoren 4 inntil oljen. Denne informasjonen kan anvendes for å bistå i å

5 karakterisere flerfasestrøm, eller i det minste bestemme hvilke faser som er til stede, og ved hvilke punkter i kanalen.

For å forbedre målingenes kvalitet, og forbedre signal/støy-forholdet, trekkes en tidskonstant ut av temperaturresponsen for hver sensor fra endringen i temperatur etter

10 den kalde pulsen. En logaritmisk økning i temperatur forekommer kort etter at minimumstemperaturen er målt. I stedet for å måle tiden det tar å nå et visst temperaturnivå, hvilket bare ville anvende ett temperaturmålepunkt og generelt kan introdusere mye usikkerhet (selv om en enkelt måleverdi kan være tilstrekkelig i spesifikke tilfeller), anvender bestemmelse av tidskonstanten fra den logaritmiske

15 økningen i temperatur en lang rekke punkter og jevner ut tilhørende feil.

Hvis fasene som forventes i produksjonsutstyret allerede er kjent (i dette tilfelle ren olje og rent vann uten dispersjon), kan strømningsregimet uten videre bestemmes. Tidskonstanten kan anvendes for å bestemme én eller flere parametere til fluidet, slik

20 som typen av fluid som strømmer i nærheten av temperatursensoren.

Under henvisning til figur 5 vises et eksempel på tidskonstant for hver sensor 4, 5, 6, 7, 8. Det kan ses at tidskonstanten over en vesentlig tidsperiode for hver temperatursensor 4, 5, 6 er omtrent den samme, mens tidskonstanten for

25 temperatursensorer 7 og 8 ligner hverandre, men skiller seg fra tidskonstantene for temperatursensorer 4, 5 og 6. Dette angir klart en stratifisert strømning med én fluidfase i produksjonsutstyret 1 opp til minst nivået ved hvilket temperatursensor 7 er anbrakt, og en annen fluidfase i produksjonsutstyret 1 over nivået ved hvilket temperatursensor 7 er anbrakt.

30

Tidskonstanten kan anvendes for å karakterisere fluidstrøm, idet den påvirkes av både fluidegenskapene og strømningshastigheten. Tidskonstanten kan for eksempel måles for enkeltfasestrøm (for hver av de anvendte fluidene etter tur) ved forskjellige strømningshastigheter. Dette kan anvendes for å genere en oppslagstabell over

35 tidskonstanter som en funksjon av typen av fluid og strømningshastigheten. En måling fra en flerfasestrøm kan deretter slås opp i tabellen (strømningshastigheten må måles

parallelt) for å bestemme fasefordelingen. Dette kan utføres manuelt eller ved anvendelse av en datamaskin for å gi en indikasjon på fluidstrøm.

5 Hvis en pålitelig modell for fluidstrøm innenfor målegeometrien er tilgjengelig, kan varmeoverføringskoeffisienten beregnes fra måleresultatet. Varmeoverføringskoeffisienten avhenger av Prandtl-tallet og Reynolds-tallet. Reynolds-tallet er kjent, og Prandtl-tallet kan således bestemmes. Prandtl-tallet kan deretter sammenlignes med det kjente Prandtl-tallet for de forventede fluidene i produksjonsutstyret. Det skal bemerkes at materialeegenskapene slik som Prandtl-tallet 10 også er avhengige av bulktemperaturen i produksjonsutstyret, slik at temperaturen må være kjent (enten målt eller simulert), og materialparameterne må justeres ifølge den aktuelle temperaturen.

15 Hvis fasefordelingen ikke allerede er kjent, kan én fase for eksempel være en dispersjon av olje i vann, og en annen fase kan være olje, deretter sammenlignes tidskonstanten målt ved hver sensor med en tidskonstant tidligere målt for et kjent fluid som produksjonsutstyret sannsynligvis inneholder. Tidskonstanten kan variere ifølge fluidets art, strømningsrate og temperatur.

20 Fluidets karakteristikk i nærheten av hver av temperatursensorene kan således bestemmes, og det kan bygges opp et bilde av det stedet i produksjonsutstyret 1 der faser kan finnes. Det skal forstås at å tilveiebringe flere temperatursensorer anbrakt ved forskjellige punkter rundt produksjonsutstyret 1 vil resultere i et mer nøyaktig bilde av fasefordelingen i flerfasefluidstrømmen i produksjonsutstyret 1.

25

For å få enda mer informasjon for å karakterisere flerfasefluidstrømmen er det mulig å beregne Prandtl-tallet for fluidet ved anvendelse av den målte temperaturresponsen ved anvendelse av en geometrisk representasjon i form av en finitt elementmetode (FEM), som vist i figur 6. Sammenligning av det beregnede Prandtl-tallet med tidligere 30 målte Prandtl-tall for de forskjellige fluidene (f.eks. olje/vann-dispersjoner ved forskjellige vannavbrytelser) kan anvendes for å gi et enda mer detaljert bilde av fasefordelingen.

35 Den forenklede FEM-modellen illustrert i figur 6 viser produksjonsutstyrets 1 vegg, og kjølekammeret 2. Fluidstrøm forekommer på motsatt side av produksjonsutstyrets 1 vegg til det av kjølekammeret 2. Kjølekammeret 2 i denne modellen anses som å

være isolert fra omgivelsestemperatur, og U_{fluid} kan oppnås for olje, vann eller en blanding av fluider. Det skal bemerkes at figur 6 illustrerer en svært enkel geometri, og mer komplekse geometrier kan modelleres. Et sjikt av voksavleiringer på produksjonsutstyrsveggen kan for eksempel modelleres.

5

Under henvisning til figur 7 er det et flytdiagram som illustrerer trinnene ifølge en utførelsesform av oppfinnelsen. Den følgende nummerering tilsvarer den i figur 7:

10 S1. En puls av kaldt fluid påføres en vegg på produksjonsutstyret som bærer flerfasefluidstrøm.

S2. Den termiske responsen måles ved flere temperatursensorer anbrakt i nærheten av produksjonsutstyret. En tidskonstant oppnås for hver sensor ved anvendelse av økningen i temperatur etter at et minimum er nådd.

15

S3. Den termiske responsen ved hver temperatursensor anvendes for å bestemme fluidparametere, slik som fluidets art, i nærheten av hver temperatursensor. Dette kan kreve å sammenligne den termiske responsen med tidligere oppnådde termiske responser for kjente fluider under kjente betingelser.

20

S4. Hvis ingen ytterligere informasjon er påkrevd, avsluttes prosessen.

S5. Hvis ytterligere informasjon er påkrevd, beregnes Prandtl-tallet for fluidet i nærheten av hver temperatursensor ved anvendelse av FEM.

25

S6. Prandtl-tallet beregnet ved hver temperatursensor sammenlignes med Prandtl-tall for kjente fluider.

30 Under henvisning til figur 8 vises det produksjonsutstyr 1 med et kjølekammer 102 montert inne i produksjonsutstyret 1. Kjølekammeret kan være fjernbart montert. I dette eksempelet er produksjonsutstyret en separator, og kjølekammeret 102 er definert av en hul stang som løper inn i sidens plan, langs en langsgående akse på separatorens. En kanal 131 defineres inne i produksjonsutstyret, for å motta en flerfasestrøm deri, mellom en indre overflate av vegg 30 på produksjonsutstyret og en
35 ytre veggoverflate av vegg 130 på kjølekammeret 102. Temperatursensorer 104, 105, 106 og 108 anbringes inntil et veggparti av vegg 130 på kjølekammeret rundt en indre

omkrets derav. Temperatursensorene anvendes for å måle en termisk respons ved å utsette kjølekammerets veggparti for en puls av kaldt fluid. Den termiske responsen kan for eksempel være en tidskonstant eller en enkelt måling av temperatur. Som respons på påføringen av pulsen av kaldt vann måler sensorene mer spesifikt et fall og
5 deretter en økning i temperaturen på veggpartiet på grunn av forekomsten av varme fluider inne i kanalen, på samme måte som i utførelsesformen beskrevet ovenfor under henvisning til figur 2 i hvilken temperatursensorene er tilveiebrakt på veggen 30 av produksjonsutstyret. Pulsen av kaldt fluid tilveiebringes til kammerets vegg ved å anvende en fluidtilføringsanordning 20 og kan styres ved anvendelse av en
10 datamaskininnretning 9. På denne måten, på én side av veggen 131 defineres en kanal av en ytre overflate på veggen 130 for å føre flerfasestrømmen, mens en puls av kaldt fluid tilføres og temperatursensorer tilveiebringes inntil en indre overflate på veggen 131 på en annen, motstående side av veggen 130. Det skal forstås at kammeret vil ha inn- og utløp for tilføring av fluid (ikke vist).

15 En fordel med arrangementet i figur 8 er at kjølekammerets vegg er tynnere enn separatorens ytre vegg, hvilket reduserer den termiske massen. Den termiske responsen er derfor hurtigere, hvilket reduserer måletiden som er nødvendig, og hvilket tillater en høyere målefrekvens. Veggene er typisk fremstilt av et metall slik som stål.

20 Det skal forstås at et indre stang slik som i figur 8 kan være anordnet inne i produksjonsutstyret i forskjellige orienteringer, for eksempel vertikalt eller over en langsgående akse på produksjonsutstyret, med temperatursensorer i forskjellige posisjoner for å måle den termiske responsen på en kald puls for å karakterisere en
25 fasefordeling. Et slikt eksempel er vist i figur 9. Som det kan ses, løper en internt hul vertikal stang vinkelrett på produksjonsutstyrets 1 vegg, inn i kanalen. Stangen definerer et kjølekammer 302 og forsynes med temperatursensorer 304, 305, 306, 308 plassert i avstand fra hverandre langs og koblet til veggen 330 for å måle en temperaturrespons ved påføring av en puls av kaldt fluid for å kjøle veggen 330. Det
30 skal også forstås at i andre utførelsesformer kan temperatursensorer plasseres både rundt produksjonsutstyrets 1 vegg 30 og kjølekammerets 102 vegg 130 for å øke måleinformasjonen og muligheten til å karakterisere strømmingen. Ved stangens base deri virker en endevegg for å holde fluidet deri og letter føring av tilføringsfluidet gjennom kammeret.

35

Selv om anvendelse av en tidskonstant fra temperaturresponsen anvendes i utførelsesformene beskrevet ovenfor, kan det ikke desto mindre være mulig å avlede en fasefordeling på andre måter. I stedet for tidskonstanten kan det for eksempel anvendes en temperaturverdi ved et visst tidspunkt etter påføring av pulsen av kaldt fluid eller modellerte responser for forskjellige fluider for å gi en indikasjon på fluidet i nærheten av sensoren. De kjente eller modellerte responsene kan lagres i en database og slås opp automatisk.

I noen utførelsesformer kan tykkelsen, forekomsten og/eller typen av innhold i kanalen i form av et voksaktig sjikt avleiret på innsiden av separatorveggen bestemmes, idet varmeoverføringskoeffisienten avhenger av tykkelsen på et slikt sjikt. For å bestemme forekomsten av en avleiring eller dens tykkelse kan temperaturresponsen sammenlignes med kjente eller modellerte responser for vegger med voksaktige sjikt av forskjellige tykkelser. Temperaturresponsen fra en sensor der det er ukjent om en voksaktig avleiring er til stede, kan alternativt sammenlignes med en tidligere temperaturrespons for den samme sensoren, fra en tidligere påføring av en puls av kaldt fluid, idet forskjeller i responser kan anvendes for å slutte at en voksaktig avleiring er til stede. I en flerfasestrøm omfattende en olje/gass-stratifisert strømning kan det for eksempel antas at et gitt punkt (i dette eksempelet ved det laveste punktet i et rør eller en separator) alltid vil være i olje. Alle endringene observert i temperaturresponsen fra temperatursensoren ved dette laveste punktet vil da være på grunn av en oppbygning eller fjerning av avleiring. Et annet eksempel i forbindelse med olje/vann-stratifisert strømning kan likeledes anvende responsen fra temperatursensoren ved det høyeste punktet i røret/separatoren for å detektere en endring eller forekomst av en avleiring i nærheten av sensoren.

Selv om vi ovenfor har henvist særlig til produksjonsutstyr i form av en separator, kan anvendelse av oppfinnelsen på andre typer av produksjonsutstyr også være fordelaktig. Den er særlig nyttig i situasjoner der voks er avleiret fordi kjølingen fra påføring av pulsen av kaldt fluid holder voksavleiringen intakt, slik at fordelingen av faser inne i utstyret kan holdes forholdsvis stabil under måling av den termiske responsen.

I noen utførelsesformer kan en enkelt temperatursensor anvendes for å bestemme en flerfasefluidkarakteristikk. En slik utførelsesform er vist i figur 10, der det tilveiebringes produksjonsutstyr 1 i form av en rørseksjon, gjennom hvilken en flerfasestrøm

transporteres. Dette viser også et voksaktig sjikt 203 som har blitt avleiret fra en flerfasestrøm på utstyrets 1 indre overflate. I den viste seksjonen tilveiebringes et kjølekammer 2 rundt produksjonsutstyrets vegg. En enkelt temperatursensor 204 tilveiebringes på produksjonsutstyrets vegg for å måle en termisk respons etter å ha
5 utsatt utstyret 1 for en puls av kaldt fluid inne i kammeret 2. Den termiske responsen kan anvendes for å bestemme en tykkelse på avleiringen eller en fasefordeling som forklart ovenfor.

Der det anvendes en enkelt temperatursensor, tilveiebringer dette informasjon om fluid-
10 eller avleiringsparametere bare i nærheten av den særlige sensoren. Dette kan være tilstrekkelig der det er en ensartet avleiring og/eller et ensartet strømningsregime.

Oppfinnelsen lar flerfaseproduksjonsutstyr slik som rørledninger og separatorer operere mer sikkert og mer effektivt, idet fluidstrømmen i produksjonsutstyret kan
15 overvåkes og eventuelle potensielle problemer kan diagnostiseres. Den er særlig egnet for anvendelse med varmt utstyr som kjører ved forhøyede temperaturer, der kjøling av utstyret kan tilveiebringe en særlig fordelaktig, kostnadseffektiv og sikker løsning. Den kan for eksempel la temperaturløstoleranser for produksjonsutstyret være mindre strenge eller la en temperaturrespons oppnås for å karakterisere strømmingen
20 med eksisterende utstyr og temperaturløstoleranser. Teknikken er ikke-intrusiv og setter således ikke utstyrets integritet i fare. Den kan dessuten uten videre ettermonteres på produksjonsutstyret ved en senere dato uten å forstyrre eksisterende operasjoner. Oppfinnelsen kan derfor anvendes for å overvåke flerfasestrøm i produksjonsutstyr slik som en rørledning eller separator. Noen typer av strømming kan være destruktive eller
25 skadelige for en rørledning, og overvåkning av flerfasestrømmen kan fremheve eventuelle typer av strømming kjent for å være skadelige. Dette gjør det mulig å treffe avhjelpende tiltak før strømmingen blir for skadelig.

Det skal bemerkes at betegnelsen "fluid" i forbindelse med et fluid i en flerfasestrøm
30 inkluderer fluider i form av en gass eller en væske eller blandede fluider, slik som en emulsjon eller lignende, for eksempel en olje-i-vann-emulsjon. Det inkluderer også stratifiserte fluider.

Det kan foretas forskjellige modifikasjoner av utførelsesformene beskrevet ovenfor uten
35 å avvike fra omfanget av den foreliggende oppfinnelsen som definert i de medfølgende kravene. Mens eksemplene gitt ovenfor gjelder en rørledning og en separator, kan

oppfinnelsen for eksempel anvendes for å karakterisere innholdet i hvilken som helst type kanal i produksjonsutstyr for anvendelse i olje- og gassproduksjon. Det skal i tillegg forstås at et kjølekammer som sådann ikke nødvendigvis er påkrevd. Hvilke som helst middel for å kjøle veggpartiene i en tidsbegrenset periode kan være egnet.

PATENTKRAV:

1. Fremgangsmåte for å bestemme innhold i en kanal inneholdende minst ett fluid, idet kanalen minst delvis er definert av minst ett veggparti, idet fremgangsmåten
5 omfatter å:
kjøle veggpartiet;
måle, etter å ha kjølt veggpartiet, den kortvarige temperaturresponsen av veggpartiet ved minst én temperatursensor anbrakt inntil veggpartiet; og
bestemme en karakteristikk av innholdet basert på den kortvarige
10 temperaturresponsen av veggpartiet målt ved temperatursensoren eller hver temperatursensor.
2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, hvori trinnet å kjøle veggpartiet inkluderer å påføre en puls av kaldt fluid inntil veggpartiet.
15
3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller krav 2, hvori bestemmelsestrinnet omfatter å:
bestemme en parameter for kanalens innhold i nærhet av temperatursensoren eller hver temperatursensor ved anvendelse av den kortvarige temperaturresponsen av
20 veggpartiet målt ved temperatursensoren eller hver temperatursensor; og bestemme en karakteristikk av innholdet ved anvendelse av den bestemte innholdsparameteren.
4. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller krav 2, hvori måletrinnet anvender en flerhet temperatursensorer anbrakt inntil veggpartiet og fremgangsmåten inkluderer å:
25 måle en kortvarig temperaturrespons av veggpartiet ved hver av flerheten av temperatursensorer; ved anvendelse av de målte kortvarige temperaturresponsene for å bestemme parametere for kanalens innhold i nærhet av hver av temperatursensorene; og
anvende de bestemte innholdsparameterne for å bestemme en karakteristikk av
30 kanalens innhold.
5. Fremgangsmåte ifølge krav 1 eller krav 2, inkludert å:
gjenta trinnet å kjøle veggpartiet; og
måle den kortvarige temperaturresponsen av veggpartiet ved
35 temperatursensoren eller hver temperatursensor etter gjentakelse av trinnet å kjøle veggpartiet;

hvor i bestemmelsen av en karakteristikk av innholdet er basert på både den kortvarige temperaturresponsen målt etter trinnet å kjøle veggpartiet og den kortvarige temperaturresponsen målt etter gjentakelse av trinnet å kjøle veggpartiet.

- 5 6. Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av de foregående kravene inkludert å bestemme en tidskonstant oppnådd fra en økning i den temperaturen av veggpartiet målt ved temperatursensoren eller hver temperatursensor etter at pulsen av kaldt fluid er tilveiebrakt.
- 10 7. Fremgangsmåte ifølge krav 6, hvor i tidskonstanten sammenlignes med tidskonstanter målt tidligere for kjente fluider for å karakterisere innholdet.
8. Fremgangsmåte ifølge krav 6 eller krav 7, hvor i tidskonstanten sammenlignes med tidskonstanter for kjente fluider ved hvilken som helst av en flerhet forskjellige
- 15 temperaturer og strømning ved en flerhet forskjellige rater.
9. Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av de foregående kravene, hvor i kanalen inneholder hvilken som helst av: et fluid fra en brønn; et fluid fra en flerfasestrøm; et flerfasefluid; et hydrokarbonproduksjonsfluid; og en avleiring.
- 20 10. Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av de foregående kravene, hvor i innholdets karakteristikk omfatter hvilken som helst av: en fordeling av innholdet; avleiringsforekomst; avleiringstykkelse; og strømningsregime.
- 25 11. Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av de foregående kravene, hvilken ytterligere omfatter å anvende den målte kortvarige temperaturresponsen av veggpartiet for å bestemme et Prandtl-tall for et fluid i kanalen i nærheten av minst én temperatursensor av flerheten temperatursensorer.
- 30 12. Fremgangsmåte ifølge krav 11, hvilken ytterligere omfatter å sammenligne det bestemte Prandtl-tallet med Prandtl-tall tidligere målt for kjente fluider for ytterligere å karakterisere innholdet.
13. Fremgangsmåte ifølge et hvilket som helst av de foregående kravene, hvor i
- 35 kanalen er del av en separator.

14. Anordning for å bestemme innhold i en kanal inneholdende minst ett fluid, idet kanalen minst delvis er definert av minst ett veggparti, hvori anordningen omfatter:
- minst én temperatursensor tilpasset for å monteres inntil veggpartiet;
 - kjølemiddel for å kjøle veggpartiet;
- 5 en prosessor for å måle en kortvarig temperaturrespons av veggpartiet fra temperatursensoren eller hver temperatursensor;
- hvori prosessoren er tilpasset for å bestemme en karakteristikk av innholdet basert på den kortvarige temperaturresponsen av veggpartiet målt fra temperatursensoren eller hver temperatursensor.
- 10
15. Anordning ifølge krav 14, hvori prosessoren er tilpasset for å anvende den målte kortvarige temperaturresponsen av veggpartiet for å bestemme en parameter for kanalens innhold i nærheten av temperatursensoren eller hver temperatursensor, og anvende den bestemte innholdsparameteren for å bestemme karakteristikken av
- 15 kanalens innhold.
16. Anordning ifølge krav 14, hvori temperatursensoren er én av en flerhet temperatursensorer, og prosessoren er en prosessor for å måle den kortvarige temperaturresponsen av veggpartiet fra hver av flerheten temperatursensorer og er
- 20 ytterligere tilpasset for å anvende de målte kortvarige temperaturresponsene for å bestemme parametere for innholdet i nærheten av hver av temperatursensorene og anvende de bestemte innholdsparameterne for å bestemme en karakteristikk av innholdet.
- 25
17. Anordning ifølge et hvilket som helst av kravene 14 til 16, hvori den målte temperaturen av veggpartiet øker etter at pulsen av kaldt fluid er tilveiebrakt og en tidskonstant oppnås fra økningen i temperaturen av veggpartiet målt ved temperatursensoren eller hver temperatursensor, og prosessoren tilpasses for å bestemme karakteristikken av innholdet basert på tidskonstanten.
- 30
18. Anordning ifølge et hvilket som helst av kravene 14 til 17, hvori prosessoren ytterligere tilpasses for å styre operasjon av et fluidtilføringsmiddel for å tilføre et kaldt fluid inntil veggpartiet for å kjøle veggpartiet.
- 35
19. Anordning ifølge et hvilket som helst av kravene 14 til 18, hvori prosessoren ytterligere omfatter en database, idet databasen lagrer tidligere målte termiske responser av kjente fluider.

20. Anordning ifølge et hvilket som helst av kravene 14 til 19, hvori prosessoren ytterligere tilpasses for å beregne et Prandtl-tall for et fluid i nærheten av temperatursensoren eller hver temperatursensor.

5

21. Datamaskininnretning for å bestemme innhold i en kanal inneholdende minst ett fluid, idet kanalen minst delvis er definert av minst ett veggparti, idet datamaskininnretningen omfatter:

10 en inn/ut-innretning for å motta, fra minst én temperatursensor inntil veggpartiet, data som er indikative for en temperatur på kanalens innhold i nærheten av temperatursensoren eller hver temperatursensor som respons på kjøling av veggpartiet; og

15 en prosessor anordnet for å bestemme en karakteristikk av innholdet basert på en kortvarig temperaturrespons av veggpartiet målt ved temperatursensoren eller hver temperatursensor.

22. Datamaskininnretning ifølge krav 21, hvori prosessoren anordnes for å bestemme en parameter av kanalens innhold i nærheten av temperatursensoren eller hver av temperatursensorene ved anvendelse av den respektive målte kortvarige 20 temperaturresponsen av veggpartiet og for å bestemme en karakteristikk av kanalens innhold ved anvendelse av de bestemte fluidparameterne.

23. Datamaskininnretning ifølge krav 21 eller krav 22, hvori prosessoren kan opereres for å beregne, for temperatursensoren eller hver temperatursensor, en 25 tidskonstant oppnådd fra en endring i den målte temperaturen av veggpartiet etter at pulsen av kaldt fluid er tilveiebrakt.

24. Datamaskininnretning ifølge krav 23, hvilken ytterligere omfatter en database for å lagre tidskonstanter tidligere målt for kjent innhold fra en flerfasestrøm under 30 kjente betingelser, idet prosessoren ytterligere er anordnet for å sammenligne hver målt tidskonstant med en lagret tidskonstant for å karakterisere innholdet.

25. Datamaskininnretning ifølge et hvilket som helst av kravene 21 til 24, hvori prosessoren ytterligere anordnes for å bestemme et Prandtl-tall for et fluid i nærheten av minst én av temperatursensorene.
- 5 26. Datamaskininnretning ifølge krav 25, hvilken ytterligere omfatter en database for å lagre Prandtl-tall tidligere målt for kjente fluider, idet prosessoren ytterligere anordnes for å sammenligne det bestemte Prandtl-tallet med det lagrede Prandtl-tallet for å karakterisere innholdet.
- 10 27. Datamaskininnretningen ifølge et hvilket som helst av kravene 21 til 26, hvori prosessoren ytterligere anordnes for å styre operasjon av et fluidtilføringsmiddel, idet fluidtilføringsmiddelet er anordnet for å tilføre et kaldt fluid inntil veggpartiet.
28. Datamaskinprogram omfattende datamaskinlesbar kode som, når den kjøres på
15 en datamaskininnretning, får datamaskininnretningen til å oppføre seg som en datamaskininnretning ifølge et hvilket som helst av kravene 21 til 27.
29. Datamaskinprogramprodukt omfattende et datamaskinlesbart medium og et datamaskinprogram ifølge krav 28, hvori datamaskinprogrammet lagres på det
20 datamaskinlesbare mediet.

1/8

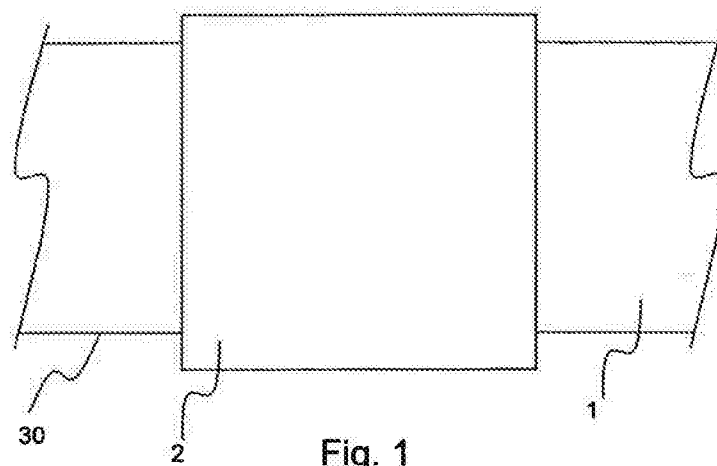


Fig. 1

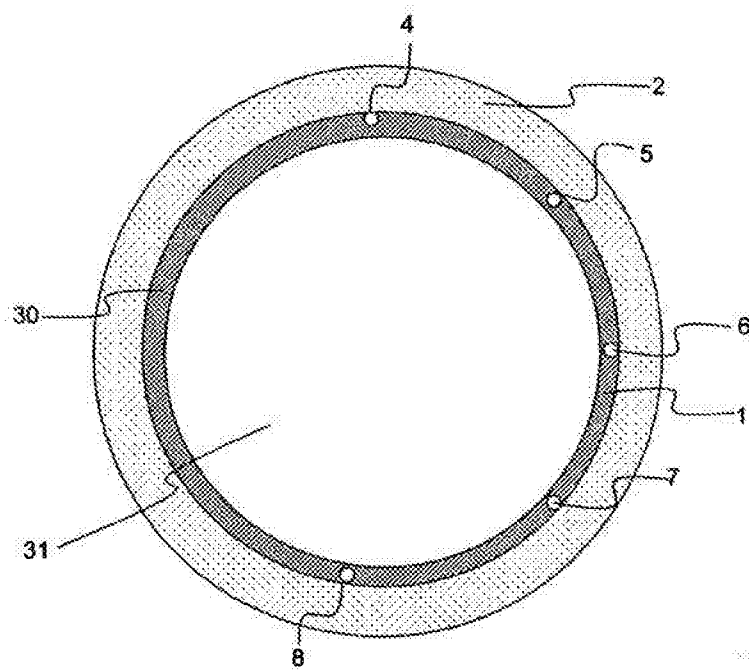


Fig. 2

2/8

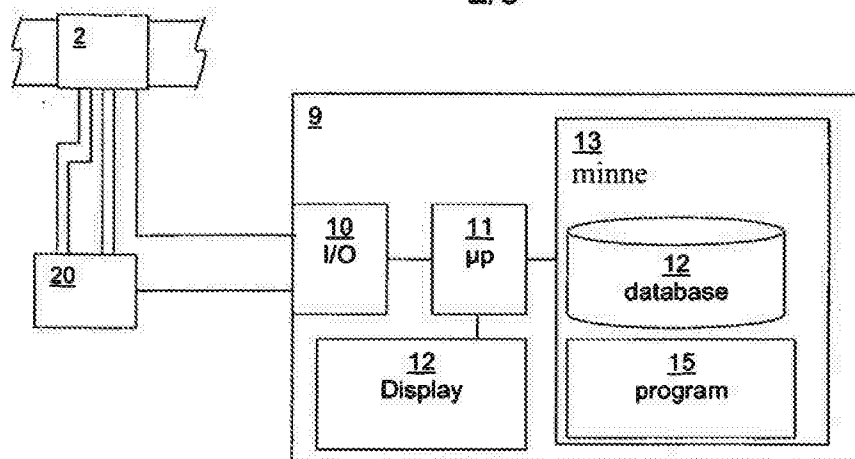


Fig. 3

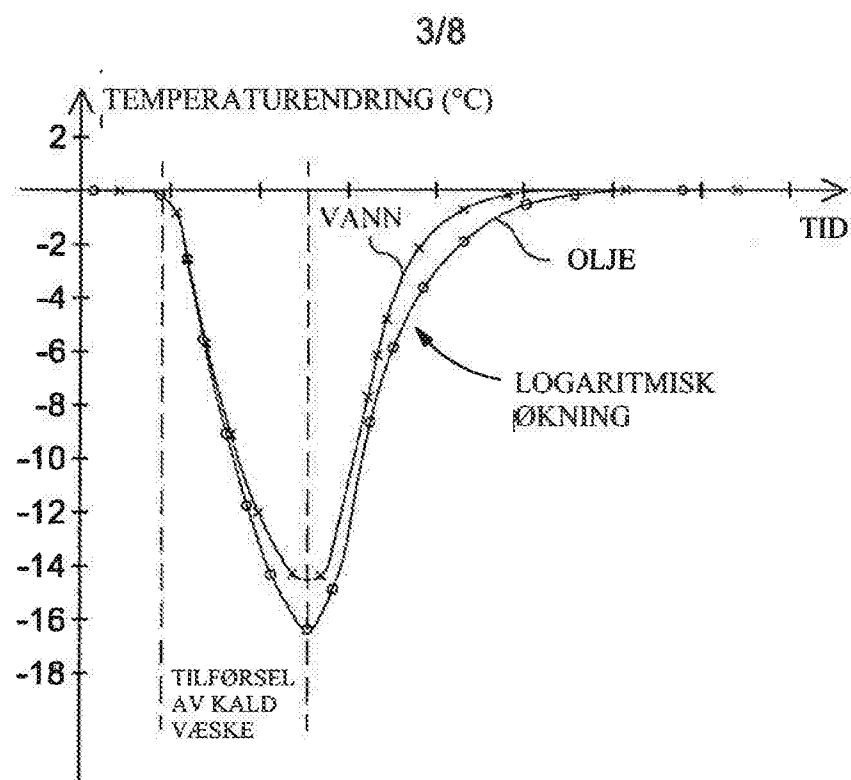


Fig. 4

4/8

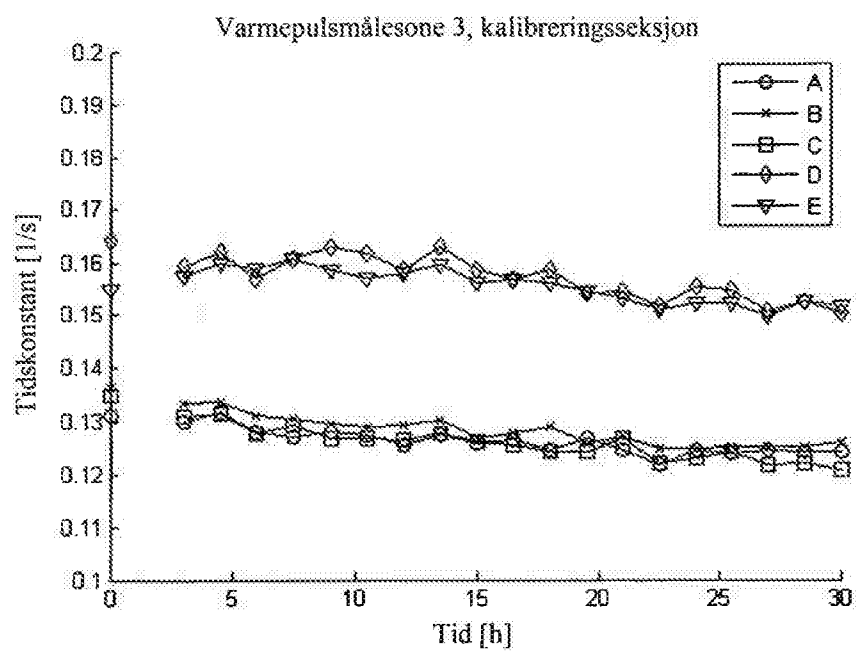


Fig. 5

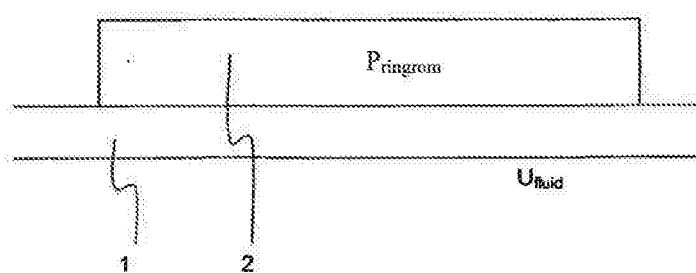


Fig. 6

5/8

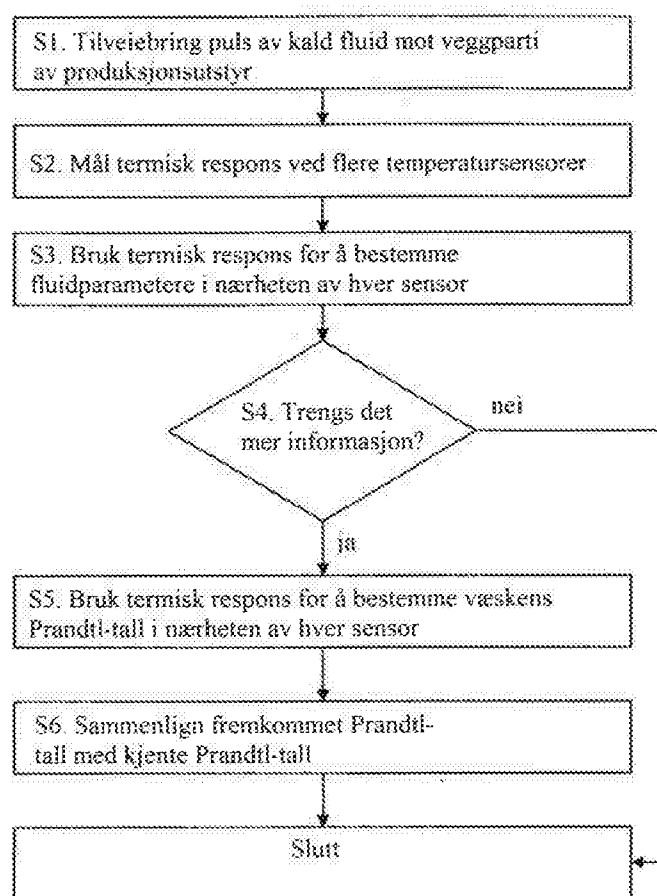


Fig. 7

6/8

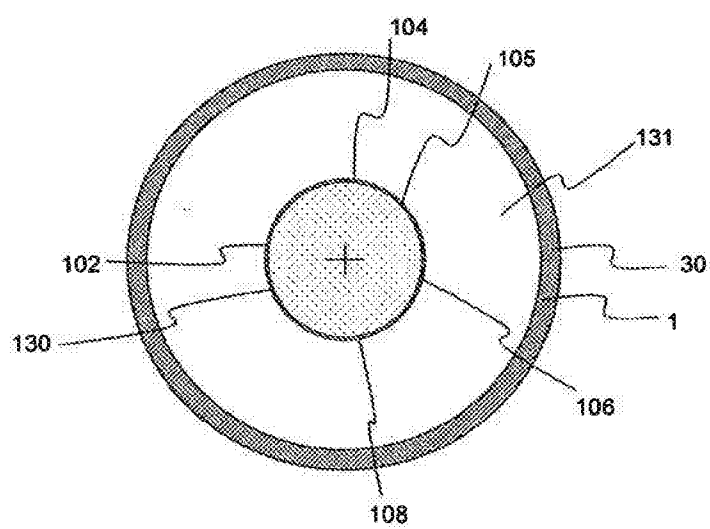


Fig. 8

7/8

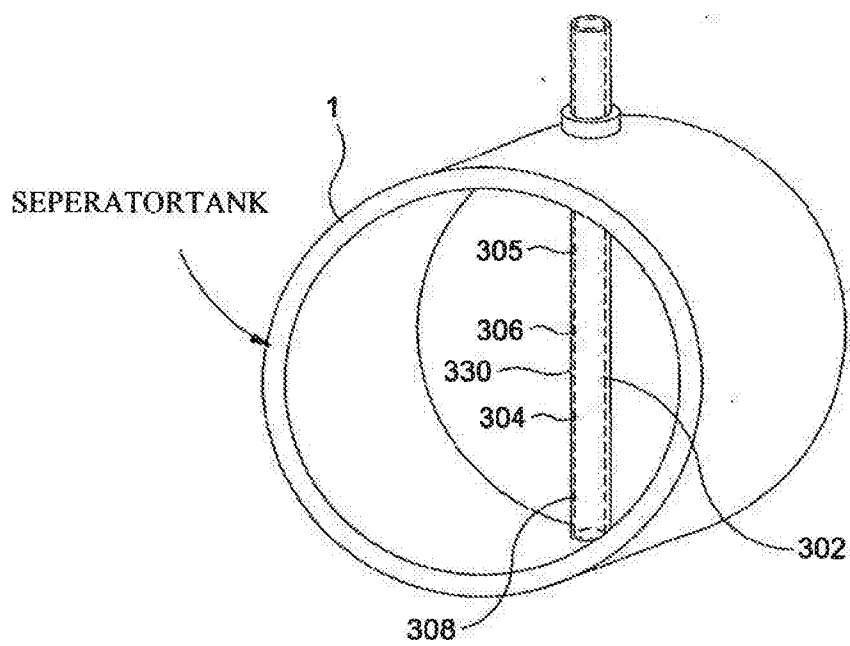


Fig. 9

8/8

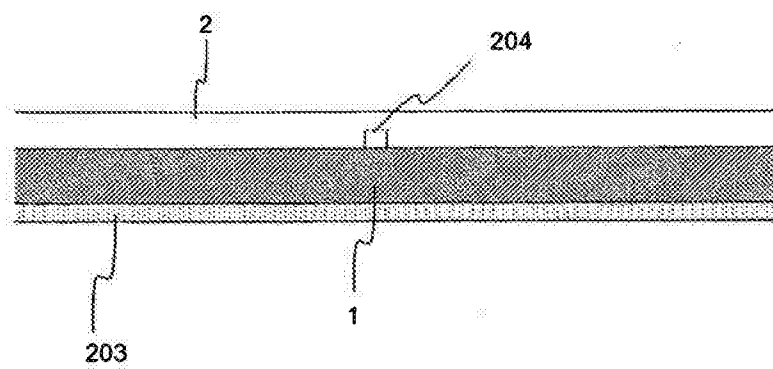


Fig. 10