

ANORDNING OG FREMGANGSMÅTE FOR MONITORERING AV ANNULUSVOLUM

TEKNISK OMRÅDE

- 5 Den foreliggende oppfinnelse er relatert til en anordning og fremgangsmåte for monitorering av tilstanden til annulusvolum. Mer spesifikt vedrører oppfinnelsen anordning og fremgangsmåte for bestemmelse av ledig annulusvolum i et rør. Monitoreringen kan eksempelvis utføres ved hjelp av en logisk enhet som styrer annulustesting med diffundert eller tilført gass.

10

BAKGRUNN FOR OPPFINNELSEN

Monitorering og integritetsvurderinger utføres for å kontrollere og kartlegge tilstand og kvalitet på annulusvolum i eksempelvis et rør som kan være et stigerør. Annulustesting for beregning av annulusvolum er en viktig del av integritetsvurdering av rør. Som vist i figur 1, er annulusvolum 102 i et fleksibelt rør definert som ringrommet mellom ytterkappen 101 og trykkbarrieren 103.

Basert på en slik annulustest kan man vurdere væskeinnholdet i annulus ut fra det målte ledige volumet i annulus og kjennskap til det totale volumet i annulus.

- 20 Annulusvolumet i et fleksibelt rør er forventet å forbli tørt eller oppleve en sakte fylling over tid blant annet på grunn av diffusjon gjennom trykkbarrieren i røret. Annulustesting blir i dag typisk utført årlig på fleksible rør ved offshoreinstallasjoner på norsk sokkel. Figur 2 viser en eksempelskisse over en offshoreinstallasjon som omfatter et fleksibelt rør 201, en plattform 202 og en testlokasjon 203.
- 25 Annulustesting på det fleksible røret 201 utføres ved testlokasjon 203.

Resultater fra manuelle annulustester er typisk input til beregning av gjenværende levetid på rør der annulus har blitt væskefylt eksempelvis ved at ytterkappen har blitt skadet. Forringelsen og dermed gjenværende levetid for røret med væskefylt

- 30 annulus må da typisk beregnes fra utførelsestidspunktet av siste annulustest. Er det et år siden forrige test, vil et år av den gjenværende levetiden måtte fjernes, ved at man antar at skaden skjedde rett etter foregående test. Her kan det dermed være store kostnader ved å ikke kunne benytte røret i opp til ett år lenger drift eller ved

kort planleggingstid ved utskifting av fleksible rør. Det er derfor et problem i dag at annulustesting ikke blir utført med kortere tidsintervall, særlig for rør som trenger spesielt tett oppfølging.

- 5 I dag utføres annulustesting manuelt, og det medfører at nøkkelpersonell må sendes offshore for å gjennomføre testingen og testen er dermed avhengig av menneskelige variasjoner og faktorer. Det kan medføre at planlagte tester ikke blir gjennomført eller at de blir gjennomført på et annet tidspunkt enn planlagt. I tillegg kan menneskelige faktorer medføre at testene ikke blir utført med samme parameter-
- 10 grunnlag. For øvrig kan det nevnes at i en del rør foregår det lufting av annulus direkte ut i friluft og at dette medfører fare for korrosjon på grunn av tilgang til oksygen.

- 15 Publikasjon US 2011/0229271 A1 beskriver en anordning og en fremgangsmåte for ventilering av gass fra en annulusområde av et fleksibelt rør. Fremgangsmåte innbefatter blant annet trinnene ved å trykkavlaste et boreområde av det fleksible røret og via minst ett fluidforbindelse, ventilere gassen fra annulusområdet til boreområdet.

- 20 ~~RESYME~~ OPPSUMMERING AV OPPFINNELSEN

I henhold til den foreliggende oppfinnelsen, er de ovennevnte problemene løst ved en anordning og fremgangsmåte for bestemmelse av ledig annulusvolum i et rør og monitorering av tilstand til annulusvolum.

- 25 Den nevnte monitoreringen kan omfatte å initiere trykkoppbygging ved innstilling av operasjonstrykket til en forhåndsbestemt høytrykkgrense, beholde trykket en gitt tidsperiode slik at trykket blir stabilisert, bestemme at trykket ved høytrykkgrensen er stabilisert og utføre minst en måling av trykket, måle trykket til å være innenfor en
- 30 gitt nøyaktighet rundt høytrykkgrensen og innstille operasjonstrykket til en forhåndsbestemt lavtrykkgrense, tømme minst et referansevolum minst en gang, beholde trykket en gitt tidsperiode slik at trykket blir stabilisert, bestemme at trykket

ved lavtryksgrensen er stabilisert og utføre minst en måling av trykket, måle trykket til å være innenfor en gitt nøyaktighet rundt lavtryksgrensen og innstille operasjonstrykket tilbake til normalverdi, og beregne akkumulert volum basert på input-data mottatt fra tømning av minst et referanse volum.

5

Et første aspekt ved oppfinnelsen er en anordning for bestemmelse av et ledig annulusvolum i et rør der anordningen omfatter et referansevolum, en ventil koplet til det ledige annulusvolumet og til referansevolumet for trykkavlastning av annulusvolumet til referansevolumet, minst en ventil koplet til referansevolumet og til minst et utløp for trykkavlastning av referansevolumet, og minst en trykkmåler for måling av trykk i annulusvolumet, der de nevnte ventilene og den minst ene trykkmåleren er anordnet for å avleses og styres ved trykkoppbygging og trykkavlastning, og der målinger av trykk i referansevolumet og annulusvolumet før og etter trykkavlastning samt størrelsen av referansevolumet anvendes for beregning av det ledige annulusvolumet.

10

15

Beregningen av det ledige annulusvolumet kan gjøres ved likninger som er beskrevet nedenfor.

20

Anordningen kan videre omfatte minst en logisk enhet for avlesningen og styringen av de nevnte ventilene og den minst ene trykkmåleren ved trykkoppbygging og trykkavlastning, der den logiske enheten videre er anordnet for å anvende målinger av trykk i referansevolumet og det ledige annulusvolumet før og etter trykkavlastning og størrelsen av referansevolumet for beregning av det ledige annulusvolumet.

25

Anordningen kan videre omfatte minst en gassbeholder for tilførsel av gass for trykkoppbygging, en trykkregulator som er koblet til gassbeholderen for å regulere trykket på tilført gass, og minst en ventil for å åpne og lukke for trykkoppbygging i minst det ene annulusvolumet.

30

Anordningen kan videre omfatte en trykkmåler som er koblet til gassbeholderen for å måle trykket i denne, og minst en trykkmåler koplet til trykkregulatoren for å indikere

innstillingen til denne, der de nevnte trykkmålerne videre koplet til den logiske enheten for styring og avlesning.

Anordningen kan omfatte minst en trykkmåler for måling av trykket i

- 5 referansevolumet. Videre kan anordningen omfatter minst en overtrykksventil for å regulere utslipp fra gassbeholderen, og eventuelt minst en overtrykksventil for å regulere utslipp fra det minst ene annulusvolumet til minst et utløp. Videre kan gass tilføres fra nevnte gassbeholder eller en intern gassbeholder.

- 10 Et annet aspekt ved oppfinnelsen er en fremgangsmåte for bestemmelse av et ledig annulusvolum i rør, der det etableres en trykkdifferanse mellom annulusvolumet og et referansevolum, gjennomføres et antall trykkavlastninger fra annulusvolumet til referansevolumet, der antallet trykkavlastninger er én eller flere, måles trykk i annulusvolumet før og etter antallet trykkavlastninger, beregnes ledig annulusvolum
15 basert på målingene av trykk i annulusvolumet før og etter antallet trykkavlastninger, trykk i referansevolumet før og etter hver av antallet trykkavlastninger og størrelsen av referansevolumet.

Fremgangsmåten kan omfatte trinn for etablering av et bestemt trykk i

- 20 referansevolumet før hver av antallet trykkavlastninger, og måling av trykk i referansevolumet etter hver av antallet trykkavlastninger.

Videre kan etableringen av trykkdifferanse omfatte tilføring av gass ved diffusjon til annulusvolumet for trykkoppbygging eller ved tilføring av gass fra gassbeholder til

- 25 annulusvolumet for trykkoppbygging.

Fremgangsmåte kan omfatte trinn for bestemmelse av om målt trykk i

annulusvolumet har nådd en høytrykksgrense, fulgt av holding av etablert trykk i en gitt tidsperiode hvis dette er tilfelle, og bestemmelse av om målt trykk i

- 30 annulusvolumet etter holdingen er innenfor et gitt nøyaktighetsområde rundt høytrykksgrensen, fulgt av videre etablering av trykkdifferanse hvis dette ikke er tilfelle og fulgt av trinnene etter trykkavlastning som beskrevet ovenfor.

Fremgangsmåten kan videre omfatte bestemmelse etter trykkavlastning av om målt trykk i annulusvolumet har nådd en lavtrykksgrense, fulgt av holding av trykkavlastning i en gitt tidsperiode når dette er tilfelle, bestemmelse av om målt trykk i annulusvolumet etter holdingen er innenfor et gitt nøyaktighetsområde rundt lavtrykksgrensen, fulgt av videre trykkavlastning hvis dette ikke er tilfelle, og fulgt av trinn for beregning av ledig annulusvolum hvis dette er tilfelle.

Fremgangsmåten kan utføre beregningen av ledig annulusvolum ved hjelp av følgende ligninger:

$$V = \frac{V_{ut}}{(P_{a1} - P_{a2})}$$

$$V_{ut} = \sum_{i=1}^{i=n} V_{ref} (P_{ref1i} - P_{ref2i})$$

der

- V er ledig annulusvolum,
- V_{ut} er akkumulert volum ved trykkavlastning,
- V_{ref} er referansevolumet,
- P_{a1} er annulustrykk før antallet trykkavlastninger ($i = 1$),
- P_{a2} er annulustrykk etter antallet trykkavlastninger ($i = n$),
- P_{ref1i} er trykk i referansevolum før trykkavlastning nummer i til utløp,
- P_{ref2i} er trykk i referansevolum etter trykkavlastning nummer i til utløp, og
- n er antall sykler av trykkavlastning.

Beregningen av akkumulert volum kan utføres av minst en logisk enhet basert på data mottatt fra tømning av minst et referansevolum via en ventil minst en gang inntil lavtrykksgrensen i annulusvolumet er nådd.

Etableringen av en trykkforskjell kan omfatte trykkoppbygging utført ved lukking av ventil ved etablering av trykkdifferanse ved diffusjon, eller ved innstilling av trykkregulator, åpning av ventil til gassbeholder og lukking av ventil til

referansevolum ved etablering av trykkdifferanse ved tilføring av gass fra gassbeholder.

- 5 Fremgangsmåten kan omfatte bestemmelse av at trykket er stabilisert ved høytrykksgrensen, utføring av måling av trykket med trykkmåler ved diffundert gass, eller ved lukking av ventil og måling av trykket med trykkmåler ved tilført gass.

- 10 Tømmingen av referansevolumet kan utføres minst en gang ved lukking av ventil anordnet mellom annulusvolum og referansevolum og ved åpning av ventil mellom referansevolum og tilhørende utløp inntil lavtrykksgrensen i annulusvolumet er nådd.

Bestemmelse av at trykket er stabilisert, kan utføres måling av trykket med trykkmåler anordnet ved annulusvolum eller referansevolum.

- 15 Fremgangsmåten kan omfatte beregninger som muliggjør korreksjon for diffusjon, korrigerende av volumberegninger for temperaturforskjeller, og styring av en eller flere komponenter av en anordning som beskrevet ovenfor, og den logiske enheten kan utføre slike beregninger og korrigeringer.

- 20 Fremgangsmåten kan omfatte følgende trekk som utføres av en logisk enhet: styring av minst en ventil for trykkoppbygging og trykkavlastning i minst et annulusvolum, avlesning av minst en trykkmåler for måling av trykket ved minst et referansevolum, styring av minst en ventil for trykkoppbygging og trykkavlastning av minst et referansevolum, og avlesning av minst en trykkmåler for måling av trykket ved minst et -annulusvolum.
- 25

- 30 Videre kan fremgangsmåtens følgende trekk utføres av en logisk enhet: avlesning av minst en trykkmåler for måling av trykket ved minst en gassbeholder, styring av minst en trykkregulator for å regulere trykket på tilført gass fra gassbeholder, avlesning av minst en trykkmåler som brukes for å avlese hva trykkregulatoren er stilt inn på, og styring av minst en ventil for trykkoppbygging og trykkavlastning av minst en gassbeholder.

- Et tredje aspekt ved oppfinnelsen er en fremgangsmåte for monitorering av tilstand til et annulusvolum omfattende en fremgangsmåte for beregning av fritt annulusvolum som beskrevet ovenfor, der fremgangsmåten videre omfatter ett eller flere av følgende trinn: sammenlikning av ledig annulusvolum med ett eller flere tidligere beregnede ledige annulusvolumer for tilstandsvurdering, sammenlikning av akkumulert volum pr. tid med en normaltilstand, beregning av differanse av akkumulert volum pr. tid i forhold til en historisk trend, anvendelse av ledig annulusvolum for å beregne gjenværende levetid til rør, lagring og presentasjon av målte og beregnede verdier, og utløsning av en eller flere alarmer ved kritiske verdier. Fremgangsmåten kan utføres kontinuerlig eller med jevne tidsintervaller.

BESKRIVELSE AV ~~TEGNINGENE~~FIGURENE

- Figur 1 _____ viser tverrsnittet til et fleksibelt rør.
- Figur 2 _____ viser en eksempelskisse over en offshoreinstallasjon som omfatter et fleksibelt rør.
- Figur 3 _____ viser en anordning for monitorering av tilstanden til minst et annulusvolum basert på diffundert gass.
- Figur 4 _____ viser en anordning for monitorering av tilstanden til minst et annulusvolum basert på tilført gass.
- Figur 5 _____ viser et flytskjema over fremgangsmåten for monitorering av tilstanden til annulusvolum.
- Alle figurene er svært skjematiske og ikke nødvendigvis til målestokk, og de viser bare de delene som er nødvendig for å belyse oppfinnelsen, andre deler er blitt utelatt eller bare antydnet.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 2,5 cm

BESKRIVELSE AV OPPFINNELSEN DETALJERT BESKRIVELSE AV FIGURENE

Løsningen til den foreliggende oppfinnelsen oppnås med en fremgangsmåte og en anordning i samsvar med de karakteriserende delene av de selvstendige krav.

- 5 Den foreliggende oppfinnelse er relatert til en anordning og fremgangsmåte for monitorering av tilstanden til annulusvolum. Mer spesifikt vedrører oppfinnelsen anordning og fremgangsmåte for bestemmelse av ledig annulusvolum i et rør. Monitoreringen kan eksempelvis utføres ved hjelp av en logisk enhet som styrer annulustesting med diffundert eller tilført gass, og som, basert på testresultatet, 10 beregner annulusvolum og deretter eksempelvis kan brukes til å beregne den gjenværende levetiden til røret.

- Annulustesting kan i en første utførelsesform bli utført med diffundert gass og i en andre utførelsesform bli utført med tilført gass. Ved bruk av diffundert gass, utføres 15 den nevnte monitoreringen ved å vente på en naturlig trykkoppbygging i annulus. Dette fungerer godt for rør med høy diffusjon. Derimot, for fleksible rør med lav eller ingen diffusjon bruker man typisk tilført gass. Fordelen med tilført gass, eksempelvis nitrogen, er at selve annulustesting typisk er raskere å gjennomføre. På den annen side, er fordelen med diffundert gass at anordningen eller produktet består av 20 færre komponenter og er således mindre utsatt for feil og er mer selvgående.

- I en første utførelsesform, omfatter anordningen, det vil si testoppsettet for annulustesting med bruk av diffundert gass, typisk av, men ikke begrenset av, komponentene innenfor boks 309 som vist i figur 3; minst en første ventil 302, som 25 eksempelvis kan være en magnetventil, der ventilen er som er koblet til minst et annulusvolum 301, minst en andre trykkmåler 303 som måler trykket til minst en referanse-volumbeholder 304 også omtalt som et referansevolum 304, minst en referanse-volumbeholder 304 som er koblet til andre trykkmåler 303 og første ventil 302, minst en andre ventil 305 som er koblet til minst en referanse volumbeholder 30 304 og som også er koblet til minst et utløp 306, minst en andre overtrykksventil 307 som for sikkerhets skyld er koblet direkte fra minst et annulusvolum 301 til minst et utløp 306, minst en første trykkmåler 316 som måler trykket til annulusvolum 301, og

minst en logisk enhet 308 som er tilkoblet og som styrer og leser av første trykkmåler 316, første ventil 302, andre trykkmåler 303 og andre ventil 305. Videre kan anordningen 309 monitorere en eller flere annulusvolum 301 og figur 3 viser således et monitoreringssystem.

5

I den illustrerte utførelsesformen er det anordnet en trykkmåler ~~(303, 316)~~ både ved annulusvolumet ~~(301)~~ og ved referansevolumet ~~(304)~~. I andre utførelsesformer kan det være anordnet bare en av nevnte trykkmålere ~~(303, 316)~~ som lytter på annulus- eller referansevolumet.

10

I en andre utførelsesform, omfatter anordningen, eller testoppsettet for annulustesting med tilført gass, typisk, men ikke begrenset til, komponentene innenfor boks 409 som vist i figur 4. I tillegg kan anordningen 409 omfatte minst en gassbeholder 410, hvorpå gassbeholder 410 kan være plassert internt i eller eksternt

15

utenfor anordningen 409, dvs. produktet. Figur 4 viser gassbeholder 410 som en ekstern gasskilde. Mer spesifikt omfatter de nevnte komponentene minst en tredje trykkmåler 411 som er koblet til minst en gassbeholder 410 og som brukes for å måle hvor mye gass som er igjen på gassbeholder 410, minst en trykkregulator 412 som kan være to-trinns eller en mer nøyaktig regulator og som er koblet til

20

gassbeholder 410, minst en første overtrykksventil 413 koblet etter trykkregulator 412, minst en fjerde trykkmåler 414 som brukes for å avlese hva trykkregulatoren 412 er stilt inn på, minst en tredje ventil 415 som er koblet til trykkregulator 412 og således gassbeholder 410 og som brukes for å åpne og lukke for trykkoppbygging,

25

minst en første trykkmåler 416 som måler trykket til annulusvolum 401, minst en første ventil 402 koblet til minst et annulusvolum 401, minst en andre trykkmåler 403 som måler trykket til referanse volumbeholder 404, minst en andre ventil 405 koblet til referanse volumbeholder 404 og som også er koblet til minst et utløp 406, minst en andre overtrykksventil 407 som for sikkerhets skyld er koblet direkte fra annulusvolum 401 til minst et utløp 406, og til slutt minst en logisk enhet 408 som er

30

tilkoblet og som styrer og leser av første ventil 402, andre trykkmåler 403, andre ventil 405, første trykkmåler 416, tredje trykkmåler 411, trykkregulator 412, fjerde trykkmåler 414 og tredje ventil 415. I tillegg er tredje ventil 415 tilkoblet til

annulusvolum 401. Videre kan anordningen 409 monitorere en eller flere annulusvolum 401 og figur 4 viser således et monitoreringssystem.

5 I begge de ovennevnte utførelsesformene er den logiske enheten 308, 408 utstyrt med programvare for styring av eksempelvis trykkmåler og ventiler. Anordningen 309, 409 kan på denne måten måle trykk i annulusvolum 301, 401, den kan styre ventiler for trykkoppbygging og trykkavlastning, samt gjøre beregninger. Videre kan monitoreringssystemet eksempelvis lagre og presentere resultater, gi brukeren mulighet til å tilpasse innstillinger, gi en eller flere alarmer ved unormale verdier og
10 sende resultatene til eksterne systemer.

Trykkmålere ~~305~~304, ~~405~~404, 316, 416 kan måle trykket i både annulusvolum og referansevolum når første ventil 302, 402 mellom nevnte volumer er åpen.

15 Trykkdifferansen mellom annulusvolumet 301, 401 og referansevolumet 304, 404 kan oppnås eksempelvis ved et annulustrykk over atmosfærisk trykk og da typisk med atmosfærisk trykk i referansevolumet og utløpet 306, 406, eller ved å suge vakuum i utløpet og dermed referansevolumet 304, 404.

20 Typisk vil man benytte et relativt lite referansevolum 304, 404 som kan være en eller flere størrelsesordener mindre enn annulusvolumet 301, 401, og som tømmes mange ganger, men oppfinnelsen gjelder også om man har et relativt stort referansevolum 304, 404 som kan være like stort eller til og med større enn annulusvolumet 304, 404, og som tømmes få ganger.

25 I enda en utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen kan anordningen 309, 409, i mellom annulustestene, brukes til å måle diffusjonsgjennomstrømningsraten til annulusvolumet. Diffusjonsgjennomstrømningsraten kan, i tillegg til å utnyttes for å utføre tilstandsvurderinger, brukes for å kalibrere beregnet annulusvolum.

30 I en enda videre utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen kan anordningen 309, 409 videre være en del av et større monitoreringssystem som brukes for

kontinuerlig eller jevnlig tilstandsovervåkning av annulusvolum, og i en enda videre utførelse kan nevnte monitoreringssystem være en del av et reguleringsystem for å regulere en eller flere strømmer og trykk av gass eller væske i annulusvolum, som for eksempel rør.

5

I en foretrukket utførelsesform av den foreliggende oppfinnelsen blir anordningen 309, 409 styrt ved hjelp av den logiske enheten 308, 408. Det er likevel mulig i andre utførelsesformer av oppfinnelsen å overstyre komponenter i anordningen 309,409 manuelt.

10

Ved monitorering av tilstanden til annulusvolum utføres det minst en annulustest. Steg som en annulustest eksempelvis kan omfatte, er fremvist i figur 5. I det første steget settes anordningen til å utføre en annulustest, det vi si at anordningen går fra å være satt i standardmode til å bli satt i annulustestmode 501. I neste steg initierer anordningen en trykkoppbygging 502. Hvis nødvendig holdes trykket i en viss periode slik at trykket blir stabilisert 503. Anordningen utfører deretter en måling for å se om høytrykksgrensen er nådd. Hvis ikke høytrykksgrensen er nådd, utføres en ny trykkoppbygging 502. Hvis den er nådd, forsetter prosessen til neste steg 504. I neste steg utføres en trykkavlastning 505. Hvis nødvendig holdes trykket i en viss periode slik at det blir stabilisert 506. Anordningen utfører deretter en ny måling for å se om lavtrykksgrensen er nådd. Hvis ikke lavtrykksgrensen er nådd, utføres en ny trykkavlastning 505. Hvis den er nådd, forsetter prosessen til neste steg 507. I neste steg utføres annulus volumberegninger 508. Annulustesten avsluttes ved at anordningen igjen settes i standardmode 509.

25

Med referanse til eksemplet ovenfor på en annulustest, understrekes det at i andre utførelsesformer behøver det ikke finnes noen standardmode. Stegene relatert til å holde trykket ved en høytrykks- og en lavtrykksgrænse har som formål å forbedre nøyaktighet og behøver ikke være med i andre utførelsesformer.

30

Et eksempel på utførelsesform av ~~en~~-fremgangsmåten for monitorering av tilstanden til annulusvolum blir i trinnene nedenfor forklart mer i detalj. Trinnene omfatter trykkoppbygging både ved diffusjon og tilført gass.

5 Trinnene i fremgangsmåten kan eksempelvis være som følger:

- 1) Initiere trykkoppbygging for å bygge opp til en forhåndsbestemt høytrykkgrense, enten med hjelp av diffusjon eller tilført gass. Det benyttes fortrinnsvis ~~en minimumet minimum~~ oppbyggingsperiode.
 - Ved diffusjon: første ventil 302 er åpen og andre ventil 305 er lukket
 - Ved tilført gass: første ventil 402 og tredje ventil 415 er åpen og andre ventil 405 er lukket, og videre settes trykkregulatoren 412 til høytrykkgrensen
- 2) Når annulustrykket når høytrykkgrensen, holdes dette trykket i en gitt tidsperiode.
 - Ved diffusjon: tidsperioden settes lik null
 - Ved tilført gass: tredje ventil 415 er lukket, og anordningen trenger å holde på trykket en tidsperiode for at trykket skal stabiliseres
- 3) Måling av trykket etter stabiliseringen. Dersom trykket måles til å være innenfor en gitt nøyaktighet rundt høytrykkgrensen, som for eksempel 90 % til 110 % av høytrykkgrensen, fortsett til neste trinn, hvis ikke gjør en ny trykkoppbygging (dvs. start på trinn 1).
 - Ved diffusjon: andre trykkmåler 303 brukes for å måle trykket
 - Ved tilført gass: første ventil 402 er åpen og andre ventil 405 og tredje ventil 415 er lukket, andre trykkmåler 403 brukes for å måle trykket
- 4) Operasjonstrykket blir satt til en forhåndsbestemt lavtrykkgrense. Dette gjør at anordningen kjører flere sykler for gjennomstrømningsmåling for å møte den nye operasjonstrykkinnstillingen. Akkumulert volum beregnes av anordningen ved å tømme referansevolumet gjentatte ganger inntil lavtrykkgrensen i annulusvolumet er nådd.
 - Ved diffusjon: første ventil 302 er åpen og andre ventil 305 er lukket, deretter tømmes referansevolumet ved å lukke første ventil 302 og åpne andre ventil 305. Dette trinnet gjentas inntil lavtrykkgrensen er nådd.

- Ved tilført gass: tredje ventil 415 er lukket, første ventil 402 er åpen og andre ventil 405 er lukket, deretter tømmes referansevolumet ved å lukke første ventil 402 og åpne andre ventil 405. Dette trinnet gjentas inntil lavtrykksgrensen er nådd.

5) Når trykket er innenfor en gitt nøyaktighet rundt lavtrykksgrensen, som for eksempel 90 % til 110 % av lavtrykksgrensen, vil anordningen holde igjen trykket en gitt tidsperiode.

- Ved diffusjon: tidsperioden settes lik null
- Ved tilført gass: anordningen trenger å holde på trykket en tidsperiode for at trykket skal stabiliseres

6) Måling av trykket etter stabiliseringen. Dersom trykket måles til å være likt eller under lavtrykksgrensen fortsett til neste trinn, hvis ikke gjør en ny trykkavlastning (dvs. start på trinn 4).

- Ved diffusjon: andre trykkmåler 303 brukes for å måle trykket
- Ved tilført gass: andre trykkmåler 403 brukes for å måle trykket

7) Etter at målingene er utført beregnes annulusvolumet av den logiske enheten 308, 408.

8) Etter endt test settes systemet tilbake til normal mode for gjennomstrømningsmåling, ved blant annet å sette operasjonstrykket tilbake til normalverdi.

I den foreliggende oppfinnelsen beregnes ledig annulusvolumet 301, 401 ved bruk av følgende likninger:

Volumberegninger gjøres basert på den (kombinerte) ideelle gassligning:

Likning 1. $\frac{PV}{T} = C$

Der P er absolutt trykk, V er volum, T er absolutt temperatur (Kelvin) og C er en konstant.

Beregningen av ledig annulusvolum kan baseres på følgende ligning:

$$V = \frac{V_{ut}}{(P_{a1} - P_{a2})}$$

$$V_{ut} = \sum_{i=1}^{i=n} V_{ref}(P_{ref1i} - P_{ref2i})$$

der

- 10 - V er ledig annulusvolum,
- V_{ut} er akkumulert volum ved trykkavlastning,
- V_{ref} er referansevolumet,
- P_{a1} er annulustrykk før antallet trykkavlastninger ($i = 1$),
- P_{a2} er annulustrykk etter antallet trykkavlastninger ($i = n$),
- 15 - P_{ref1i} er trykk i referansevolum før trykkavlastning nummer i til utløp,
- P_{ref2i} er trykk i referansevolum etter trykkavlastning nummer i til utløp, og
- n er antall sykler av trykkavlastning.

20 Formlene over er basert på et tilfelle der temperaturen er antatt å være konstant og lik inni og utenfor annulusvolumet 301, 401.

Som nevnt tidligere, kan det akkumulert volumet i enkelte utførelsesformer beregnes av anordningen ved å tømme referansevolumet 304, 404 gjentatte ganger inntil lavtrykksgrensen i annulusvolumet 301, 401 er nådd.

25 Trykket i referansevolumet 304, 404 etter tømning kan eksempelvis være lik det atmosfæriske trykket eller vakuum.

30 Det kan videre nevnes at resultatene fra en annulustest typisk blir brukt som input til beregning av den gjenværende levetiden til røret, det vi si for eksempel rør, der annulus har blitt væskefylt eksempelvis ved at ytterkappen har blitt skadet.

Det kan for øvrig nevnes at den foreliggende oppfinnelsen er et enveissystem som forsikrer at det ikke kommer oksygen inn i rørene.

35

Selv om oppfinnelsen i det ovenstående er beskrevet med referanse til nevnte utførelsesformer av oppfinnelsen, vil det forstås av en fagperson at flere modifikasjoner er mulig uten å avvike fra oppfinnelsen slik den er definert av de følgende krav.

PATENTKRAVPATENTKRAV

Formatted: No underline

Formatted: No underline

1. En anordning for bestemmelse av et ledig annulusvolum (301, 401) i et rør, karakterisert ved at anordningen omfatter følgende:

- et referansevolum (304, 404),
- minst en første ventil (302, 402) koplet til det ledige annulusvolumet (301, 401) og til referansevolumet (304, 404) for trykkavlastning av det ledige annulusvolumet (301, 401) til referansevolumet (304, 404),
- minst en andre ventil (305, 405) koplet til referansevolumet (304, 404) og til minst et utløp (306, 406) for trykkavlastning av referansevolumet (304, 404), og
- minst en første trykkmåler (316, 416), 303, 403) for måling av trykk i det ledige annulusvolumet (301, 401) i røret og minst en andre trykkmåler (303,403) for måling av trykk i referansevolumet (304,404),

der de nevnte ventilene (302, 402, 305, 405) og den minst ene trykkmåleren (303, 403, 316, 416) er anordnet for å avleses og styres ved trykkoppbygging og trykkavlastning, og der målinger av trykk i referansevolumet (304, 404) og i det ledige annulusvolumet (301, 401) i røret, før og etter trykkavlastning, samt størrelsen av referansevolumet (304, 404) anvendes for beregning av det ledige annulusvolumet (301, 401) i røret.

2. Anordning i-følge krav 1, der beregningen av det ledige annulusvolumet utføres ved likninger i følge krav 17 med følgende likning:

$$V = \frac{V_{ut}}{(P_{a1} - P_{a2})}$$

$$V_{ut} = \sum_{i=1}^{i=n} V_{ref}(P_{ref1i} - P_{ref2i})$$

der

- V er ledig annulusvolum,
- V_{ut} er akkumulert volum ved trykkavlastning,
- V_{ref} er referansevolumet,
- P_{a1} er annulustrykk før antallet trykkavlastninger (i = 1),
- P_{a2} er annulustrykk etter antallet trykkavlastninger (i = n),
- P_{ref1i} er trykk i referansevolum før trykkavlastning nummer i til utløp,
- P_{ref2i} er trykk i referansevolum etter trykkavlastning nummer i til utløp, og
- n er antall sykler av trykkavlastning.

3. Anordning i følge krav 1 ~~eller~~ 2, -der anordningen videre omfatter:

- minst en logisk enhet (308, 408) for avlesningen og styringen av de nevnte ventilene (302, 402, 305, 405) og den minst ene trykkmåleren (303, 403, 316, 416) ved trykkoppbygging og trykkavlastning, der den logiske enheten (308, 408) videre er anordnet for å anvende målinger av trykk i referansevolumet (304, 404) og det ledige annulusvolumet (301, 401) i røret, før og etter trykkavlastning og størrelsen av referansevolumet (304, 404), for beregning av det ledige annulusvolumet (301, 401).

4. Anordning i følge ethvert av kravene 1 -3, -der anordningen videre omfatter:

- minst en gassbeholderen (410) for tilførsel av gass for trykkoppbygging,
- en trykkregulator (412) som er koblet til gassbeholderen (410) for å regulere trykket på tilført gass, og
- minst en tredje ventil (415) for å åpne og lukke for trykkoppbygging i minst det ene annulusvolumet (401).

5. Anordning i følge krav 4, -der anordningen videre omfatter:

- en tredje trykkmåler (411) som er koblet til gassbeholderen (410) for å måle trykket i denne, og
- minst en fjerde trykkmåler (414) koplet til trykkregulatoren (412) for å indikere innstillingen til denne,

der de nevnte trykkmålerne (411, 414) videre er koplet til den logiske enheten (408) for styring og avlesning.

~~6. Anordning i følge krav 1 - 5, der anordningen omfatter:~~

~~76.~~ Anordning i følge krav ~~3-4~~ eller 5, der anordningen omfatter:

- minst en første overtrykksventil (413) for å regulere utslipp fra gassbeholderen (410).

~~87.~~ Anordning i følge krav ~~1-76~~, der anordningen omfatter:

- minst en andre overtrykksventil (307, 407) for å regulere utslipp fra det minst ene annulusvolumet (301, 401) til minst et utløp (306, 406).

98. Anordning i følge ethvert av kravene 4 - ~~87~~, der gass kan tilføres fra nevnte gassbeholder (410) eller en intern gassbeholder.

Formatted: Indent: Left: 1,25 cm

~~109~~. Fremgangsmåte for bestemmelse av et ledig annulusvolum i rør, karakterisert ved at fremgangsmåten innbefatter følgende trinn:

Formatted: Norwegian (Bokmål)

- etablering av en trykkdifferanse mellom det ledige annulusvolumet i røret og et referansevolum,
- gjennomføring av et antall trykkavlastninger fra det ledige annulusvolumet i røret, til referansevolumet, der antallet trykkavlastninger er én eller flere,
- måling av trykk i referansevolumet før og etter antallet trykkavlastninger,
- måling av trykk i det ledige annulusvolumet i røret, før og etter antallet trykkavlastninger, og
- beregning av det ledige annulusvolumet i røret basert på målingene av trykk i det ledige annulusvolumet før og etter antallet trykkavlastninger, -trykk i referansevolumet før og etter hver av antallet trykkavlastninger og størrelsen av referansevolumet.

~~110~~. Fremgangsmåte ifølge krav ~~1019~~, videre omfattende følgende trinn:

- etablering av et bestemt trykk i referansevolumet før hver av antallet trykkavlastninger, og
- måling av trykk i referansevolumet etter hver av antallet trykkavlastninger.

~~1211~~. Fremgangsmåte ifølge krav ~~10-119~~ eller 10, der etableringen av trykkdifferanse omfatter tilføring av gass ved diffusjon til det ledige annulusvolumet i røret, for trykkoppbygging.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

~~1312~~. Fremgangsmåte ifølge krav ~~10-119~~ eller 10, der etableringen av trykkdifferanse omfatter tilføring av gass fra gassbeholder til annulusvolumet for trykkoppbygging.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

~~1413~~. Fremgangsmåte ifølge krav ~~10-139~~ eller 10, der etableringen av trykkdifferanse omfatter reduksjon av trykket i referansevolumet.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

~~1514~~. Fremgangsmåte ifølge ethvert av kravene ~~10-9~~ - ~~1413~~: omfattende følgende trinn:

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

- ~~bestemmelse~~ etter etableringen av trykkdifferanse, bestemmelse av om målt trykk i annulusvolumet har nådd en høytrykksgrense, fulgt av holding av etableringen av trykkdifferanse i en gitt tidsperiode hvis dette er tilfelle, og

- bestemmelse av om målt trykk i annulusvolumet etter holdingen er innenfor et gitt nøyaktighetsområde rundt høytrykkgrensen, fulgt av videre etablering av trykkdifferanse hvis dette ikke er tilfelle og ~~fulgt av trinnene etter trykkavlastning i krav 10 hvis dette er tilfelle.~~ videre innbefattende trykkavlastning fra annulusvolumet om trykket er stabilisert.

~~16~~15. Fremgangsmåte ifølge ethvert av kravene ~~109~~ - ~~154~~, videre omfattende følgende trinn:

- etter trykkavlastning. bestemmelse ~~etter trykkavlastning~~ av om målt trykk i annulusvolumet har nådd en lavtrykkgrense, fulgt av holding av trykkavlastning i en gitt tidsperiode når dette er tilfelle,
- bestemmelse av om målt trykk i annulusvolumet etter holdingen er innenfor et gitt nøyaktighetsområde rundt lavtrykkgrensen, fulgt av videre trykkavlastning hvis dette ikke er tilfelle, og fulgt av ~~trinn i krav 10 for beregning av ledig annulusvolum hvis dette er tilfelle.~~ beregning av det ledige annulusvolumet i røret om trykket er stabilisert.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

$$V = \frac{V_{ut}}{(P_{a1} - P_{a2})}$$

5

$$V_{ut} = \sum_{i=1}^{i=n} V_{ref}(P_{ref1i} - P_{ref2i})$$

der

- V er ledig annulusvolum,
- 10 - V_{ut} er akkumulert volum ved trykkavlastning,
- V_{ref} er referansevolumet,
- P_{a1} er annulustrykk før antallet trykkavlastninger ($i = 1$),
- P_{a2} er annulustrykk etter antallet trykkavlastninger ($i = n$),
- P_{ref1i} er trykk i referansevolum før trykkavlastning nummer i til utløp,
- 15 - P_{ref2i} er trykk i referansevolum etter trykkavlastning nummer i til utløp, og
- n er antall sykler av trykkavlastning.

1817. Framgangsmåte i følge ~~ett~~ ethvert av kravene ~~10-9~~ - ~~1716~~, der beregningen av akkumulert volum utføres av minst en logisk enhet (308, 408) basert på data mottatt fra tømning av minst et referansevolum (304, 404) via en andre ventil ventil (305, 405) minst en gang inntil lavtrykksgrensen i det ledige annulusvolumet i røret er nådd.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

1918. Fremgangsmåte i følge ~~ett~~ ethvert av kravene ~~10-9~~ til ~~1817~~, der etableringen av en trykkforskjell omfatter trykkoppbygging utført ved
 (i) åpning av minst en første ventil (302) i trykkforbindelse med det ledige annulusvolumet i røret og lukke minst en andre ventil i trykkforbindelse med referansevolumet for bruk av diffundert gass, eller
 (ii) justering av trykkregulator, åpning av en tredje ventil i trykkforbindelse med en gassbeholder og det ledige annulusvolumet i røret og lukke den minst ene andre ventilen i trykkforbindelse med referansevolumet om trykkdifferansen er etablert ved bruk tilførsel av gass fra gassbeholderen.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

Formatted: Indent: Left: 1,24 cm

2019. Fremgangsmåte i følge ~~ett~~ ethvert av kravene ~~15 til 1914-18~~, der tidsperioden er lik null ved diffundert gass, eller trykket holdes en gitt tidsperiode til trykket blir stabilisert ved tilført gass

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

5 **2120.** Fremgangsmåte i følge ~~ett~~ethvert av kravene ~~15 til 2014-19~~, der det bestemmes at trykket er stabilisert ved høytrykkgrensen, utfører måling av trykket med en andre trykkmåler (303) ved diffundert gass, eller ved lukking av ventil (415) og måling av trykket med trykkmåler (403) ved tilført gass.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

10 **2221.** Fremgangsmåte i følge ~~ett~~ethvert av kravene ~~15 til 2114-20~~, der tømning av referansevolumet (304, 404) utføres minst en gang ved lukking av den minst ene første ventilen (302, 402) og ved åpning av den minst ene andre ventilen (305, 405) inntil lavtrykksgrensen i det ledige annulusvolumet (301, 401) i røret er nådd.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

15 **2322.** Fremgangsmåte i følge ~~ett~~ethvert av kravene ~~15 til 2214-21~~, der det bestemmes at trykket er stabilisert ved lavtrykksgrensen, utfører måling av trykket med trykkmåler (303, 403, 316, 416).

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

20 **2423.** Fremgangsmåte i følge ~~ett av kravene~~krav 19-10 til 23, omfattende ett eller flere av følgende trinn:
 - beregninger som muliggjør korreksjon for diffusjon,
 - korrigering av volumberegninger for temperaturforskjeller, og
 - styring av en eller flere komponenter av en anordning ifølge ett av kravene 1 til 89.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

25 **2524.** Fremgangsmåte i følge ~~ett~~ethvert av kravene ~~10 til 249-23~~, der følgende trekk utføres av en logisk enhet (308, 408):
 - styring av minst en første ventil (302, 402) for trykkoppbygging og trykkavlastning i ~~minst et~~det ledige annulusvolumet (301, 401) i røret,
 - lesing av minst en andre trykkmåler (303, 403) for måling av trykket ved ~~minst et~~referansevolumet,
 30 - styring av minst en andre ventil (305, 405) for trykkoppbygging og trykkavlastning av ~~minst et~~referansevolumet (304, 404), og
 - lesing av minst en trykkmåler (303, 403, 316, 416) for måling av trykket ~~ved minst et~~det ledige annulusvolumet i røret.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 0,63 cm

35 **2625.** Fremgangsmåte i følge ~~ett~~ethvert av kravene ~~10 til 259-24~~, der følgende trekk utføres av en logisk enhet (308, 408):

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

- avlesning av minst en tredje trykkmåler (411) for måling av trykket ved minst en gassbeholder (410),
- styring av minst en trykkregulator (412) for å regulere trykket på tilført gass fra gassbeholder (410),
- 5 - avlesning av minst en fjerde trykkmåler (414) som brukes for å avlese hva trykkregulatoren (412) er stilt inn på, og
- styring av minst en tredje ventil (415) for trykkoppbygging og trykkavlastning av minst en gassbeholder (410).

10 2726. Fremgangsmåte for monitorering av tilstand til et annulusvolum omfattende en fremgangsmåte ifølge ett av kravene ~~10-269-25~~, der fremgangsmåten videre omfatter ett eller flere av følgende trinn:

- sammenlikning av ledig annulusvolum med ett eller flere tidligere beregnede ledige annulusvolumer for tilstandsvurdering,
- 15 - sammenlikning av akkumulert volum pr. tid med en normaltstand,
- beregning av differanse av akkumulert volum pr. tid i forhold til en historisk trend,
- anvendelse av ledig annulusvolum for å beregne gjenværende levetid til røret,
- lagring og presentasjon av målte og beregnede verdier, og
- 20 - utløsning av en eller flere alarmer ved kritiske verdier.

2827. Fremgangsmåte ifølge krav 2726, der fremgangsmåten utføres kontinuerlig eller med jevne tidsintervaller.

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

Formatted: Indent: Left: 0 cm, Hanging: 1,24 cm

~~Sammendrag~~SAMMENDRAG

- Oppfinnelsen vedrører monitorering av tilstanden til et annulusvolum i et rør. Mer
- 5 spesielt vedrører oppfinnelsen anordning og fremgangsmåte for bestemmelse av et ledig annulusvolum i røret. Monitoreringen kan eksempelvis utføres ved hjelp av en logisk enhet som styrer annulustesting med diffundert eller tilført gass og gi input til beregning av levetiden til røret. Videre kan anordningen eksempelvis lagre og
- 10 presentere resultater, gi brukeren mulighet til å tilpasse innstillinger og gi alarm ved kritiske verdier.