



NORGE

(12) **PATENT**

(19) NO

(11) **313435**

(13) **B1**

(51) Int Cl<sup>7</sup> G 01 M 9/06

## Patentstyret

---

(21) Søknadsnr	19992261	(86) Int. inng. dag og søknadsnummer	
(22) Inng. dag	1999.05.10	(85) Videreføringsdag	
(24) Løpedag	1999.05.10	(30) Prioritet	1998.05.11, FR, 9806504
(41) Alm. tilgj.	1999.11.12		
(45) Meddelt dato	2002.09.30		

(71) Patenthaver	Institut Français du Pétrole, 1 & 4, avenue de Bois-Préau, F-92852 Rueil-Malmaison Cedex, FR
(72) Oppfinner	Yves Charron, Longpont-sur-Orge, FR
(74) Fullmektig	Bryn & Aarflot AS, 0104 Oslo

---

(54) **Benevnelse**                    **Roterende anordning for måling av aerodynamiske karakteristika hos en vegg og dens metode**

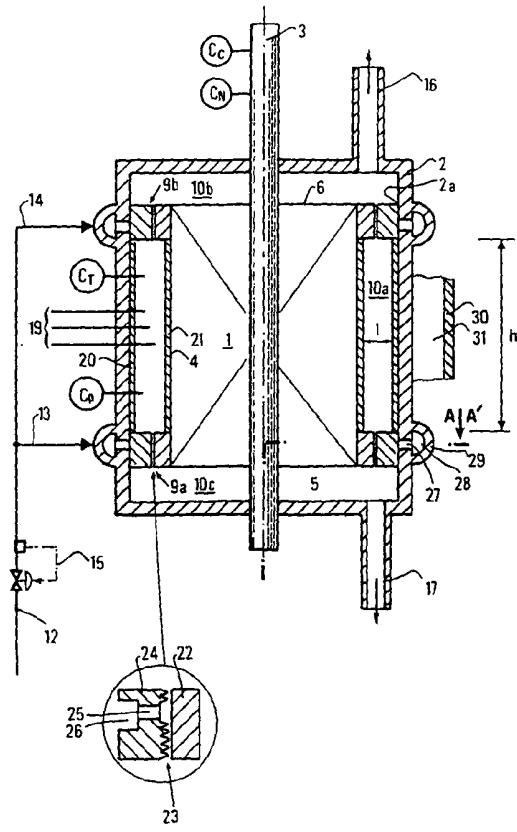
(56) **Anførte publikasjoner**    US 5301541, US 4821564

(57) **Sammendrag**

Oppfinnelsen angår en anordning som gjør det mulig å bestemme de aerodynamiske egenskaper hos en vegg.

Anordningen omfatter en trommel (1) som er festet til en aksel (3), idet et hus (2) sammen med trommelen (1) danner minst en testzone (10a; 40a), en testfluid-tilførselsledning (12) som kommuniserer med denne testsonen og midler som gjør det mulig å bestemme en parameter som er representativ for friksjonskoeffisienten til fluidet i testsonen (10a; 40a).

Den er karakterisert ved at testsonen (10a; 40a) har en bestemt bredde «l» eller spaltebredde, for en gitt rotasjonshastighet av trommelen og et testfluid med kjente karakteristika (viskositet, densitet...), slik at fluidet strømmer turbulent i nærheten av vegg(e) som skal testes, idet den turbulente strømning svarer til en gitt Reynolds verdi Re.



Foreliggende oppfinnelse angår en anordning og en fremgangsmåte som gjør det mulig å bestemme aerodynamiske egenskaper eller karakteristika hos en vegg i kontakt med et fluid som strømmer turbulent.

Uttrykket «vegg» som benyttet i den følgende beskrivelse, gjelder den del som anvendes til å inneslutte et fluid og er i direkte kontakt med strømmen. Det kan f.eks. være innerdelen av en uforet kanal, et belegg eller annet fluid som dekker innerdelen av en kanal.

Uttrykket «aerodynamiske egenskaper» gjelder f.eks., når det dreier seg om en kanal eller et rør, om trykkfallet eller trykktapet som forårsakes av et fluid som strømmer langs veggen. I det mer generelle tilfelle, hvor det dreier seg om en plate eller en vegg, betraktes den sugevirkning (engelsk: «drag») som skyldes strømmingen langs denne vegg.

Trykkfallene eller sugevirkningene avhenger ikke bare av strømningsforholdene, men også av veggens karakteristika. Veggen er, alt etter tilfellet, karakterisert ved sin overflatetilstand, f.eks. ruge partier, dens geometriske form så som furer, eller ved nærværet av en film som dekker den eller ved det materiale den består av.

De aerodynamiske egenskaper eller karakteristika vil bli bestemt i forhold til de samme hos en glatt vegg som er laget av et standard materiale så som et stål for hvilket friksjonskoeffisienten ved turbulent strømning i et rett, sirkulært rør er gitt ved følgende formel:  $f = 0,316/Re^{0,25}$ , hvor  $Re$  er Reynolds' tall for denne strømning. Når det gjelder en vegg med en høyere friksjonskoeffisient enn den som tilsvarer en glatt vegg (tilfellet med grove partier med en delvis tilfeldig avstandsfordeling ved veggflaten for eksempel), vil således veggen bli karakterisert ved en ekvivalent hydraulisk ruhet. Når det gjelder en vegg med lavere friksjonseffisient enn den som svarer til en glatt vegg (der furer med en organisert geometri er synlig på veggflaten eller laget av et spesielt materiale f.eks.), vil veggen være karakterisert ved en hydraulisk virkningsgradsverdi som definert i den følgende beskrivelse.

Foreliggende oppfinnelse anvendes fordelaktig på området transport av trykksatt naturgass over lange strekninger i gass-rørledninger. Trykkfall kan nå flere titalls bar og det er da nødvendig å rekomprimere gassen ved regelmessige tidsintervaller, f.eks. på land, ved hjelp av mer eller mindre nærliggende og mer eller mindre kraftige

rekomprimeringsstasjoner, i avhengighet av trykkfall, eller f.eks. offshore, ved hjelp av rør av større eller mindre diameter i henhold til trykkfall. Slike stasjoner eller rør bidrar til å øke produksjonskostnadene. Riktig evaluering av de aerodynamiske karakteristika ved overflatetilstanden til et transportrør, gjør det fordelaktig mulig å velge det materiale som danner dets innervegg eller å optimere dets overflategeometri-karakteristika for derved å minimere de trykkfall som kan oppstå.

Teknikkens stilling omfatter en beskrivelse av forskjellige måter hvorved man kan evaluere trykkfallene i en trykk-gass ved turbulent strømming i et rør.

En av disse metoder består i å stabilisere en strømming over en gitt lengde, deretter måle trykkfallet nedstrøms, f.eks. mellom to punkter langs røret, idet målepunktene er tilstrekkelig langt fra hverandre. Dette krever store rørlengder, hovedsakelig med høye Reynolds' tall og, for rør med stor diameter, særlig kompliserte prosedyrer (f.eks. ved hydrauliske tester på furer), betydelige testemidler (høyt trykk og høy volumstrøm), forholdsvis lange testetider og følgelig høye kostnader.

Viskometere av kjent type er konstruert for et annet formål. De brukes til å bestemme karakteristika hos et fluid ved laminær strømming og ikke de aerodynamiske egenskaper hos en vegg som er i kontakt med et fluid ved turbulent strømming.

Foreliggende oppfinnelse angår en anordning som gjør det mulig å bestemme de aerodynamiske karakteristika hos en vegg. Anordningen omfatter:

- en aksel,
- en trommel som er montert på akselen,
- et hus i hvilket trommelen er anordnet for derved å avgrense et rom og minst en testsone,
- minst en ledning som er beregnet for tilførsel av et testfluid og som kommuniserer med testsonen,
- anordninger som muliggjør bestemmelse av denne parameter som er representativ for friksjonskoeffisienten til fluidet i testsonen.

Den er karakterisert ved at:

- sonen har en bestemt bredde «l» eller spaltebredde, for en gitt trommelrotasjonshastighet og et testfluid med kjente karakteristika (viskositet, densitet...), slik

at fluidet har turbulent strømning i nærheten av veggen(e) som skal testes, idet den turbulente strømning svarer til et gitt Reynolds' tall  $Re$ .

Trommelen er sylindrisk over minst en del av sin høyde.

5 Anordningen kan omfatte passende tetningsmidler som er anordnet, slik at de avgrensar tre soner, en første høytrykkssone og to lavtrykkssoner, hvilke soner er «fysisk» adskilt. Den «fysiske» adskillelse kan utgjøres av tetningsmidlene.

Minst en av testfluid-tilførselsledningene kan være anbrakt i nærheten av tetningsmidlene.

10 Ifølge en annen utføringsform kan tetningsmidlene være plassert i nærheten av akselen.

Anordningen kan være utstyrt med midler ( $C_P$   $C_T$ ) som muliggjør bestemmelse av trykket og/eller temperaturen i testsonen.

Den kan også omfatte Pitot-rør for bestemmelse av fluidets lokale hastighet og for å utlede hastighetsprofilen i den ringformede sone.

15 Ifølge en utføringsform omfatter anordningen et varme- og/eller kjølesystem for eksempel.

Oppfinnelsen angår også en fremgangsmåte som muliggjør bestemmelse av aerodynamiske karakteristika hos en vegg. Den er karakterisert ved at:

- 20 - et testfluid innføres i testsonen omfattende veggen(e) som skal testes, hvilken testsone er beliggende mellom et stasjonært hus og et bevegelig element,
- det bevegelige element roteres,
- det bevegelige elementets trykk og rotasjonshastighet velges slik at det ønskede Reynolds' tall oppnås,
- dissipasjonstapene i huset bestemmes,
- 25 - skjærspenningen og friksjonskoeffisienten bestemmes,
- verdien av skjærspenningen eller av friksjonskoeffisienten sammenlignes med et sett data innhentet fra tre standardvegger for den samme Reynolds' tall verdi som den som er valgt for dens karakterisering, og
- 30 - verdien av det hydrauliske karakteristikon, så som den hydrauliske ruhet  $\varepsilon$  eller den hydrauliske virkningsgrad til veggen(e), bestemmes.

Dissipasjonstapene i huset kan bestemmes i nærheten av en testsone som avgrenses av tetningsmidler som er anordnet slik at de avgrenser tre soner, en første testsone og to soner.

Anordningen og fremgangsmåten er spesielt anvendbar for studium av vegger til et rør som er beregnet for transport av en trykk-gass.

Anordningen ifølge oppfinnelsen har forskjellige fordeler, hvorav noen er gitt ved ikke-begrensende eksempel. Ved å måle dissipasjonstapene:

- når det gjelder en ru vegg i direkte kontakt med strømmingen, er det mulig å bestemme verdien av friksjonskoeffisienten (parameteravhengig av Reynolds' tall) og verdien av den ekvivalente hydrauliske ruhet (absolutt eller relativ, parameter uavhengig av Reynolds' tall),
- når det gjelder en ru vegg som er dekket med et filmdannende element, er det mulig å bestemme verdien av friksjonskoeffisienten (parameter som er avhengig av Reynolds' tall) og verdien av den ekvivalente hydrauliske ruhet,
- når det gjelder en vegg som omfatter furer, er det mulig å bestemme verdien av friksjonskoeffisienten (parameter som avhenger av Reynolds' tall) og verdien furens hydrauliske virkningsgrad (parameter som nedenfor definert),
- når det gjelder en vegg laget av et spesielt materiale er det mulig å bestemme verdien av friksjonskoeffisienten (parameter som er avhengig av Reynolds' tall) og verdien av materialets hydrauliske virkningsgrad som nedenfor definert.

Andre fordeler og trekk ved anordningen ifølge anordningen vil fremgå av den følgende beskrivelse av et ikke-begrensende eksempel, med henvisning til de medfølgende tegninger hvor:

- Fig. 1 er et generelt riss av et utføringseksempel av en anordning som er egnet for evaluering av de hydrauliske egenskaper hos en vegg som angitt i beskrivelsens innledning,
- Fig. 2 er et detaljriss av tetningsmidlene ved anordningen ifølge fig. 1, og
- Fig. 3 viser skjematisk en annen variant av anordningen.

Arbeidsprinsippet ved fremgangsmåten og den tilhørende anordning går ut på å rotere en trommel i et hus for derved å skape en meget turbulent strømning med et

Reynolds' tall som f.eks. er større enn  $10^6$ , og å simulere de strømnings som vanligvis forekommer i gass-rørledninger. Idet trommelen og huset beveger seg i forhold til hverandre (rotasjon), injiseres deretter eller samtidig et testfluid under trykk. Friksjonene som skapes ved denne rotasjon vil skape et dreiemoment på anordningens akse. Dette dreiemoment måles for å bestemme de aerodynamiske egenskaper til beleggene eller til veggene i kontakt med testgassen.

Fig. 1 viser en anordning som gjør det mulig å evaluere de hydrauliske egenskaper for vegg til et rør som brukes til å fremføre en trykk-gass. Et fluid som betegnes som testfluid, hvis hydrauliske egenskaper så som dets viskositet og visse termodynamiske egenskaper så som dets molekylvekt, og hvis kompressibilitetsfaktor er kjent, brukes til å bestemme, ved turbulent strømnings, friksjonskoeffisienten og/eller den ekvivalente hydrauliske ruhet eller den hydrauliske virkningsgrad for vegg.

Anordningen kan anordnes vertikalt eller i hvilken som helst stilling.

Den omfatter f.eks. en sylindrisk trommel 1 plassert i et ytterhus 2 som også er sylindrisk. Trommelen er montert på en akse 3 som er tilknyttet rotasjonsmidler (ikke vist i figuren) og f.eks. utstyrt med midler  $C_N$  for måling av rotasjonshastigheten  $N$ .

Akselen 3 er også tilknyttet midler  $C_C$  som muliggjør måling av den dissiperte energi, f.eks. en momentmåler.

Trommelen 1 omfatter en sylindrisk vegg 4 hvis lengderetning er parallell med akselens 3 akse, og to bunnstykker 5, 6 som i det følgende benevnes sirkulære vegger, som er hovedsakelig vinkelrett på akselens akse.

I dette eksempel er det et ringformet rom 10 mellom trommelen og husets innervegg 2a. Dette rom består av tre soner 10a (høytrykks-testsone), 10b og 10c (lavtrykks-soner). Sonene med forskjellige trykk er «fysisk» adskilt ved hjelp av tetningsmidler 9a og 9b som i dette eksempel er anbrakt i nærheten av sylinderveggen 4 to ender.

Testsonen 10 a svarer således til ringrommet mellom husets innervegg 2a og trommelens yttervegg, og tetningsmidlene 9a, 9b. Detaljrisset svarer til tetningsmidler anbrakt f.eks. i den nedre del av anordningen, idet tetningsmidlet 9b er symmetrisk i forhold til midlet 9a.

Et eksempel på konstruksjonen av disse midler er nærmere vist i fig. 2.

Testsonens 10a spaltebredde «l» avgrenses av trommelens radier r og husets R sistnevnte er slik valgt at det dannes en spaltebredde «l» som er i stand til å skape den ønskede turbulente strømning (og følgelig det gitte Reynolds' tall  $Re$ ), under hensyntagen til testfluidets karakteristika (så som dets densitet  $\rho$  og dets absolutte viskositet  $\mu$  og dets ekvivalente strømningshastighet  $Va$  i den ringformede sone. Denne hastighet avhenger selv av verdien av trommelens radius og rotasjonshastighet.

Testsonens hydrauliske radius  $R_h$  bestemmes slik en fagmann på området kjenner til for en ikke-sirkulær kanal, ved å dividere arealet  $s$  av testsonens ringformede sone med dens omkrets  $p$ . Når det dreier seg om en forholdsvis avlang, ringformet sone, f.eks. med en spalte høyde, den del av veggen 4 som befinner seg mellom to tetningsmidler 9a og 9b, som er mer enn 10 ganger større enn bredden, kan den hydrauliske radius  $R_h$  anses å være halvparten av spaltebredden. Den hydrauliske diameter  $D_h$  er definert som to ganger den hydrauliske radius.

Den ekvivalente strømningshastighet  $Va$  til fluidet i testsonen, bestemmes f.eks. ved hjelp av det aritmetiske middeltall for omkretshastighetene til trommelen og husveggene (idet sistnevnte er null). Den bestemmes ut fra rotasjonshastigheten  $N$  målt med anordningen  $C_N$ .

En annen metode går ut på å bestemme denne ekvivalente hastighet ved å ta hensyn til trommelveggenes omkretshastighet.

Spaltebredden «l» bestemmes således ut fra den hydrauliske radius ved hjelp av følgende forhold: «1/2»  $\cong R_h = (1/4Va)^* (Re^* \mu/\rho)$ ,  $Re$  er verdien av Reynolds' tallet som skal simuleres.

Sonene 10b og 10c svarer til rommene mellom trommelens bunnstykker 6, 5 og husets 2 innervegg 2a. Bredden av sonene 10b og 10c, d.v.s. sonens korteste lengde, er av samme størrelsesorden som verdien av luftspalten «l».

I fig. 1 er veggene som skal testes beliggende på husets 2 innervegg 2a, i nærheten av ringsonen 10a og trommelens 1 yttervegg. De består av foringer 20 og 21 av lengde  $l_c$  som hovedsakelig svarer til høyden av trommelen minsket med leng-

den av tetningsmidlene 9a eller 9b. Veggene kan ha en av de innledningsvis omtalte karakteristika.

Uten å avvike fra oppfinnelsens ramme, vil det være mulig å teste bare en av disse to vegger, idet den andre vegg forblir uendret under testene som den andre vegg gjennomgår.

Huset 2 er utstyrt med en gasstilførselsledning 12 som er delt i to ledninger 13 og 14. Disse ledninger gjør det mulig å innføre testfluidet innledningsvis og, under testene, og innføre noe testfluid for å kompensere for gasslekkasjene som skjer i nærheten av tetningsmidlene eller systemene 9a, 9b. Trykk-gass-tilførselsledningen 12 kan være utstyrt med en anordning beregnet for trykkstyring ved hjelp av en ventil.

Når det gjelder labyrintretnings-systemer som fagmannen på området kjenner til og som er beskrevet i detaljrisset og i fig. 2, kan testfluidet som tilføres gjennom ledningene 13 og 14 bringes ut direkte i nærheten av labyrintene, slik at det ikke kan skje noen lekkasje nær testsonen. Denne fremgangsmåte hindrer at den turbulente strømning i testsonen 10a blir forstyrret.

Huset er også utstyrt med utløpsledninger 16 og 17 beliggende nær sonene 10b og 10c. All gassen som strømmer fra tetningssystemene strømmer således ut slik at trykket holdes så lavt som mulig omkring sonene 10b og 10c. Dette trykk vil fortrinnsvis være så nært atmosfæretrykket som mulig. Trykket i sonene 10b og 10c bestemmes hovedsakelig av ledningenes 16 og 17 diameter. Det kan også holdes under atmosfæretrykket ved hjelp av et ekstraksjonssystem som fagmannen på området vil kjenne til montert nedstrøms for ledningene 16, 17 og ikke vist.

Trykk- og temperatur-detektorer, henholdsvis  $C_P$  og  $C_T$  er plassert nær testsonen 10a for styring av temperaturen og trykket til det trykksatte testfluid ved turbulentstrømning.

Tetning mellom trommelen og huset kan besørges ved hjelp av anordninger som fagmannen kjenner til, f.eks. labyrinttetninger, oljefilm-tetninger, ring-tetninger eller tetninger bestående av selvtettende pakninger.

De aerodynamiske karakteristika for en vegg, bestemmes av dissipasjonstapene i testsonen 10a. Disse dissipasjonstap utledes f.eks. fra målingen av den

overførte kraft eller det overførte dreiemoment  $C$  og fra rotasjonshastigheten  $N$ , betraktet nær drivtrommelens 1 akse 3.

Anordningen omfatter fordelaktige eksterne og/eller interne oppvarmings- og/eller kjølesystemer som muliggjør styring av temperaturen til fluidet i testsonen.

5 For eksempel i fig. 1, består dette system av en vegg 30 som omgir huset 2 for å danne et ringformet rom 31. Ringrommet kommuniserer med en hjelpekilde inneholdende et oppvarmings- eller kjølefluid.

Ekstern kjøling kan f.eks. foregå ved hjelp av en vannkrets eller ved hjelp av ventilasjonsmidler.

10 Kjøling kan også utføres internt. Et fluid kan derfor sirkulere innvendig i akselen og innvendig i trommelen, idet sistnevnte er tilsvarende tilpasset.

I alle anordningens utføringsformer, vil det være mulig å ha temperaturredetektorer for styring av kjølesystemet.

15 Fig. 2 viser detaljer ved tetningsmidlene tilsvarende detaljen som bærer henvisningstallet 9a.

Snittet er tatt langs seksjonen A-A' av anordningen på fig. 1. Disse midler omfatter en bevegelig del 22 som er montert på trommelveggen, en kanal 23, en stasjonær del 24 tilhørende eller fastgjort til huset stasjonære vegg 2. Den stasjonære del 24 er utstyrt med flere testfluid-tilførsels- og fordelingsporter 25, en ringformet kanal 20 26 som kommuniserer med disse porter.

Veggen til huset 2 er utstyrt med porter 27 som på den ene side, kommuniserer med ringkanalen 26 og på den andre side med en ledning 28 som tillater innføring av testfluidet. Henvisningstallet 29 betegner en vulst i husveggen.

25 Tetningene vist i detalj under henvisningstallet 9a er egnet til å anbringes i den nedre del av anordningen. I nærheten av den øvre del, har tetningene av 9b typen en symmetrisk form.

Et av midlene for iverksettelse av anordningen og fremgangsmåten som gjør det mulig å karakterisere de aerodynamiske egenskaper til en vegg kan omfatte følgende trinn:

Kalibrerings- og måletrinn:

- veggen(e) som skal testes monteres, f.eks. foringen 21 på trommelens 1 sylindriske yttervegg og foringen 20 på husets 2 innervegg,
- en gass av kjent sammensetning og ved et trykk som tilfredsstill
- 5 strømningsstilstandskravene innføres for å oppnå en strømnings med det ønskede Reynolds' tall  $Re$ ,
- trommelen roteres samtidig ved den ønskede hastighet for å tilfredsstille strømningsforholdskravene.

10 Kalibrering av anordningen ut fra kjente hydrauliske karakteristika hos veggene eller referanseveggene

Referanseveggene er fortrinnsvis laget av et ubelagt rustfritt stål omfattende røe partier av gjennomsnittlig amplitude  $\epsilon$ .

15 Temperaturen og trykket til testgassen i ring-målerommet måles ved hjelp av detektorer  $C_T$  og  $C_P$ .

Reynolds' tallet  $Re$  bestemmes ved hjelp av følgende formel

$$Re = \frac{2V_A D_H \rho}{\mu} \quad (1)$$

20 hvor  $V_A$  er den ekvivalente hastigheten til fluidstrømningen, bestemt fra måling av rotasjonshastigheten  $N$ ,

$D_H$  er den hydrauliske diameter,

$\rho$  og  $\mu$  testgassens densitet og viskositet.

Den ekvivalente skjærspenning er definert ved:

25

$$\tau = \frac{C_{dis}}{R_{middel} S_{middel}} \quad (2)$$

hvor  $C_{dis}$ ,  $R_{middel}$ ,  $S_{middel}$  er henholdsvis:

- verdien av dreiemomentet tilsvarende dissipasjonstapene til testsonen fremkommet ved forskjellen mellom dreiemoment-verdiene som svarer til henholdsvis de totale tap  $C_{Tot}$  parti (verdien målt på akselen) og tapene utenfor ringsonen  $C_{nan}$  (periferisoner, lagere, tetninger),

- 5        - den midlere spalteradius,  
        - overflatearealet utviklet av den midlere spalteradius over testsonens høyde.

Friksjonskoeffisienten er definert ved:

$$10 \quad f = \frac{2\tau}{\rho V_A^2} \quad (3)$$

For et gitt Reynolds tall  $Re$ , bringes en dreiemoment-verdi eller en skjærspenning-verdi eller en friksjonskoeffisient-verdi til å svare til en overflate- eller referansevegg-ruhet-verdi  $\varepsilon$ . Det oppsettes et sett verdipar som gjør det mulig å oppstille et  
 15 forhold mellom ruheten målt på referanseveggen og hvilket som helst av de tiliggende parametere. Forholdet kan fremkomme i form av en kurve-familie, hvor hver kurve svarer til en gitt verdi  $Re$ , i et diagram der abscissen svarer til ruheten og ordinaten til den valgte parameter, eller i form av en ligning.

Det er dette data-sett som vil bli benyttet som grunnlag for bestemmelse av de  
 20 hydrauliske karakteristika hos en vegg, ut fra dreiemoment-målinger som beskrevet i det følgende.

I det tilfelle hvor to vegger er hovedsakelig identiske eller har identiske karakteristika blir testet samtidig, vil referansekurve-familien bli opprettet ved å ta hensyn til friksjonsmålingene som er innhentet ved å forsyne denne anordningen med referansevegger på trommelen og på den indre del av huset, og ved å følge samme fremgangsmåte som ovenfor beskrevet.  
 25

#### Måletrinn for bestemmelse av veggers hydrauliske karakteristika

Referanseveggene kan brukes under det foregående trinn erstattes av en eller  
 30 to vegger anordnet som vist i fig. 1.

Testen utføres med en Reynolds-verdi for hvilken en ruhets-kalibrering er tilgjengelig.

Rotasjonshastigheten og dreiemomentet måles ved hjelp av måleanordninger N og momentmåler C.

5 Skjærspenningen fremkommer ved hjelp av formel (2), og friksjonskoeffisienten ved hjelp av formel (3).

Verdien av den hydrauliske ruhets-koeffisient utledes fra Reynolds tall  $Re$ , friksjonskoeffisienten og det tidligere oppstilte data-sett (kalibreringsforhold ved henvisning enten til et data-sett i forhold til veggen eller til et data-sett som er opprettet i tilfelle av en test på to identiske eller i det minste hovedsakelig identiske vegger, hvilke vegger vender mot hverandre i måleanordningen.

10 Dette parameter gjør det mulig å karakterisere de aerodynamiske egenskaper til vegg(e) som testes.

I enkelte tilfeller har veggene som testes lavere friksjonsfaktor-verdi  $f_s$  enn friksjonskoeffisienten  $f_L$  til en glatt vegg som er laget av referansematerialet.

I et slikt tilfelle, f.eks. i tilfelle av furer, opprettes en hydraulisk vegg-virkningsgrad-verdi ved hjelp av følgende formel:

$$Eff = \frac{f_L}{f_s}$$

20

Det er med fordel mulig å ta hensyn til dissipasjonstapene med sikte på å bestemme de aerodynamiske karakteristika hos en vegg.

For en anordning utstyrt med tetningsmidler så som det som er vist i fig. 1, kan dreiemomentet  $C_{dis}$  tilsvarende dissipasjonstapene i ringsonen, deretter bestemmes ved forskjellen mellom dreiemomentverdiene tilsvarende henholdsvis de totale tap  $C_{Tot}$  (verdi målt på akselen) og tapene utenfor ringsonen  $C_{nan}$  (periferisoner, lagere, tetninger). Tapene  $C_{nan}$  bestemmes av tilførselsledningene 16 og 17 med testgassen, ved å opprettholde trykket i sonene 10b og 10c ved atmosfæretrykket, ved å trykkavlaste sonen 10a (trykk lik 1/10 av atmosfæretrykket f.eks.) og ved å måle dreiemomentet som overføres til trommelen, som i dette tilfelle er omtrent lik  $C_{nan}$ .

30

Fig. 3 viser skjematisk en annen variant av anordningen ifølge oppfinnelsen, der tetningsmidlene er anbrakt i nærheten av akselen. Denne variant atskiller seg fra den som er vist i fig. 1, hovedsakelig ved at tetningene ikke atskiller tre soner fysisk, i motsetning til anordningen vist i fig. 1.

5 I dette tilfelle omfatter anordningen en enkelt testsone 40a, 40b, 40c som er ved det trykk hvorunder testen utføres.

Foringene eller veggene som skal testes, henholdsvis 41 og 42, er montert på trommelens sylindriske yttervegg og på sylinderens innervegg. Deres lengde svarer hovedsakelig til trommelens høyde og til kammerets to innvendige høyde.

10 Et eksempel på virkeliggjørelse av denne anordning og av dens kalibrering innebærer trinnene som ovenfor er beskrevet i forbindelse med anordningen ifølge fig. 1. Bare de totale tap  $C_{Tot}$  blir tatt i betraktning for å opprette kurvefamilien eller -familiene som benyttes om grunnlag for sammenligningen og for kalibrering av anordningen.

15 Utløpsledningene 16 og 17 er ikke lenger nødvendige i denne variant, etter som det eventuelle testfluid lekker strømming forbi tetningen 9a og 9b beliggende nær akselen.

Forskjellene mellom de to varianter som er beskrevet som ikke-begrensede eksempler, kan sammenfatningsvis uttrykkes som følger:

20

Figur 1	Figur 3
Sonene 10a, 10b og 10c er «fysisk» adskilt ved hjelp av tetningsmidlene. Sonene 10b og 10c er ved atmosfæretrykk	Sonene 40a, 40b og 40c er ikke adskilt ved hjelp av tetningsmidler. Sonene 40b, 40c er ved test-trykket
Sonenes 10b og 10c's bredder er av samme størrelsesorden som spaltebredden	Bredden av sonene 40b og 40c er i størrelsesorden noen millimeter (f.eks. 1-5) for en trommel med 125 millimeter radius, som roterer ved 2000 r/min.
Lengden av foringen 21 = forskjellen mellom lengden av trommelen og høyden av tetningsmidlene 9a, 9b	Lengden av foringen 41 = høyden av trommelen
Lengden av foringen 20 = lengden av foringen 21	Lengden av foringen 42 = lengden av huset betraktet i forhold til aksens akselen
Kurve-familien bestemmes ut fra dissipasjonstapmålinger: $C_{dis} = C_{Tot} - C_{nan}$	Kurve-familien bestemmes fra de totale dissipasjonstap: $C_{dis} = C_{Tot}$
Testfluidet lekker strømning gjennom ledningene 16 og 17	Testfluidet lekker strømning gjennom tetningsmidlene anbrakt nær akselen
Testfluid-fordelingsringer 29 er montert på kammerest største diameter	Testfluid-fordelingsringer 29 er montert på tetningene anbrakt nær akselen

Anordningen kan fordelaktig også være utstyrt med anordninger så som Pitot-rør 19, som gjør det mulig å bestemme hastighetsprofilen til trykkassen ved turbulent strømning i ringsonen eller testsonen 10a, 40a. Det er således mulig å forbedre beregningsnøyaktigheten ved å erstatte den gjennomsnittlige hastighetsverdi  $V_a$  med en representativ verdi hentet fra den målte hastighetsprofil.

Ifølge en foretrukket utføringsform er testsonen 10a, 40a sylindrisk over størstedelen av sin lengde, men en trommel og et hus med hvilken som helst omdreinings-overflate kan benyttes uten å avvike fra oppfinnelsens ramme.

Anordningene vist i fig. 1 til 3 kan bestå av løsbare elementer (foringer) som kan monteres på ytterdelen av trommelen og/eller innerdelen av huset for veggtesting.

Disse vegger vil være utstyrt med midler som fagmannen kjenner til, for å holde materialet på veggen(e) som studeres i stilling.

Anordningen vil være modulær. Det vil således være mulig å variere verdien av spaltebredden ved å tilføye en skive plassert rundt trommelen. Denne skive kan festes i nærheten av trommelen eller akselen.

Anordningen ifølge oppfinnelsen gjør det fordelaktig mulig å bestemme aerodynamiske egenskaper hos vegger ut fra følgende liste av ikke-begrensede eksempler: furer, rue partier, en maskinert, korrodert, belagt overflate, gel eller væske på veggen, uregelmessigheter,...

Anordningen kan også være utstyrt med en ledning (ikke vist i figurene) som muliggjør injeksjon av produkter eller tilsetninger som kan avsettes på veggen og endre veggens aerodynamiske egenskaper.

### PATENTKRAV

1. Anordning for bestemmelse av aerodynamiske karakteristika hos en vegg, omfattende:

- en aksel (3),
- en trommel (1) montert på akselen,
- et hus (2) i hvilket trommelen er anbrakt slik at det dannes et rom (10)

og minst en testsone (10a; 40a),

- minst en testfluid-tilførselsledning (12) som kommuniserer med testsonen (10a; 40a),
- anordninger som muliggjør bestemmelse av en parameter som er representativ for friksjonskoeffisienten til fluid i testsonen (10a; 40a),

karakterisert ved at:

- testsonen (10a; 40a) har en bestemt bredde eller spaltebredde «l», for en gitt rotasjonshastighet av trommelen og et testfluid med kjente karakteristika (viskositet, densitet...), slik at fluidet strømmer turbulent i nærheten av veggen(e) som skal testes, idet den turbulente strømning svarer til et gitt Reynolds tall  $Re$ .

5

2. Anordning ifølge krav 1, karakterisert ved at trommelen (1) er sylindrisk over i det minste en del av sin høyde.

3. Anordning ifølge krav 1 eller 2, karakterisert ved at den omfatter hensiktsmessige tetningsmidler (9a, 9b) som er slik anordnet at de avgrenser tre soner, en første høytrykks-testsone (10a) og to lavtrykkssoner (10b, 10c).

10

4. Anordning ifølge krav 3, karakterisert ved at minst en av testfluid-tilførselsledningene (12, 13, 14) er beliggende i nærheten av tetningsmidlene (9a, 9b).

15

5. Anordning ifølge krav 1, karakterisert ved at den omfatter tetningsmidler (9a, 9b) beliggende i nærheten av akselen.

6. Anordning ifølge ett av kravene 1 til 5, karakterisert ved at den er utstyrt med midler ( $C_P$ ,  $C_T$ ) som gjør det mulig å bestemme trykket og/eller temperaturen i nærheten av testsonen (10a; 40a).

20

7. Anordning ifølge ett av kravene 1 til 5, karakterisert ved at den omfatter detektorer så som Pitot-rør (19), for bestemmelse av fluidets lokale hastighet og for utledning av hastighetsprofilen i ringformet sone (10a; 40a).

25

8. Anordning ifølge ett av kravene 1 til 7, karakterisert ved at den omfatter et varme- og eller kjølesystem.

30

9. Fremgangsmåte som gjør det mulig å bestemme aerodynamiske karakteristika hos en vegg, k a r a k t e r i s e r t v e d a t:

- et testfluid innføres i en testsone omfattende veggen(e) som skal testes, hvilken testsone er beliggende mellom et stasjonært hus og et bevegelig element,

5

- det bevegelige element roteres,

- trykket og rotasjonshastigheten til det bevegelige element velges slik at

det ønskede Reynolds tall oppnås,

- dissipasjonstapene bestemmes i huset,

10

- skjærspenningen og friksjonsfaktoren bestemmes,

- verdien av skjærspenningen eller verdien av friksjonsfaktoren sammenlignes i forhold til et sett av data som er opprettet fra referansevegger for det samme Reynolds tall som det som ble valgt for dets karakterisering, og

- verdien av de hydrauliske karakteristika, så som hydraulisk ruhet  $\varepsilon$  eller den hydrauliske virkningsgrad til veggen(e) som testes, bestemmes.

15

10. Fremgangsmåte ifølge krav 9, k a r a k t e r i s e r t v e d a t dissipasjonstapene bestemmes i huset i nærheten av en testsone som avgrenses av tetningsmidler (9a, 9b) som er slik anordnet at de avgrenser tre soner, en første sone (10a) og to soner (10b, 10c).

20

11. Anvendelse av anordningen ifølge ett av kravene 1 til 8 og av fremgangsmåten ifølge ett av kravene 9 til 10, for studering av vegger til et rør som brukes for fremføring av en trykk-gass.

25

FIG.1

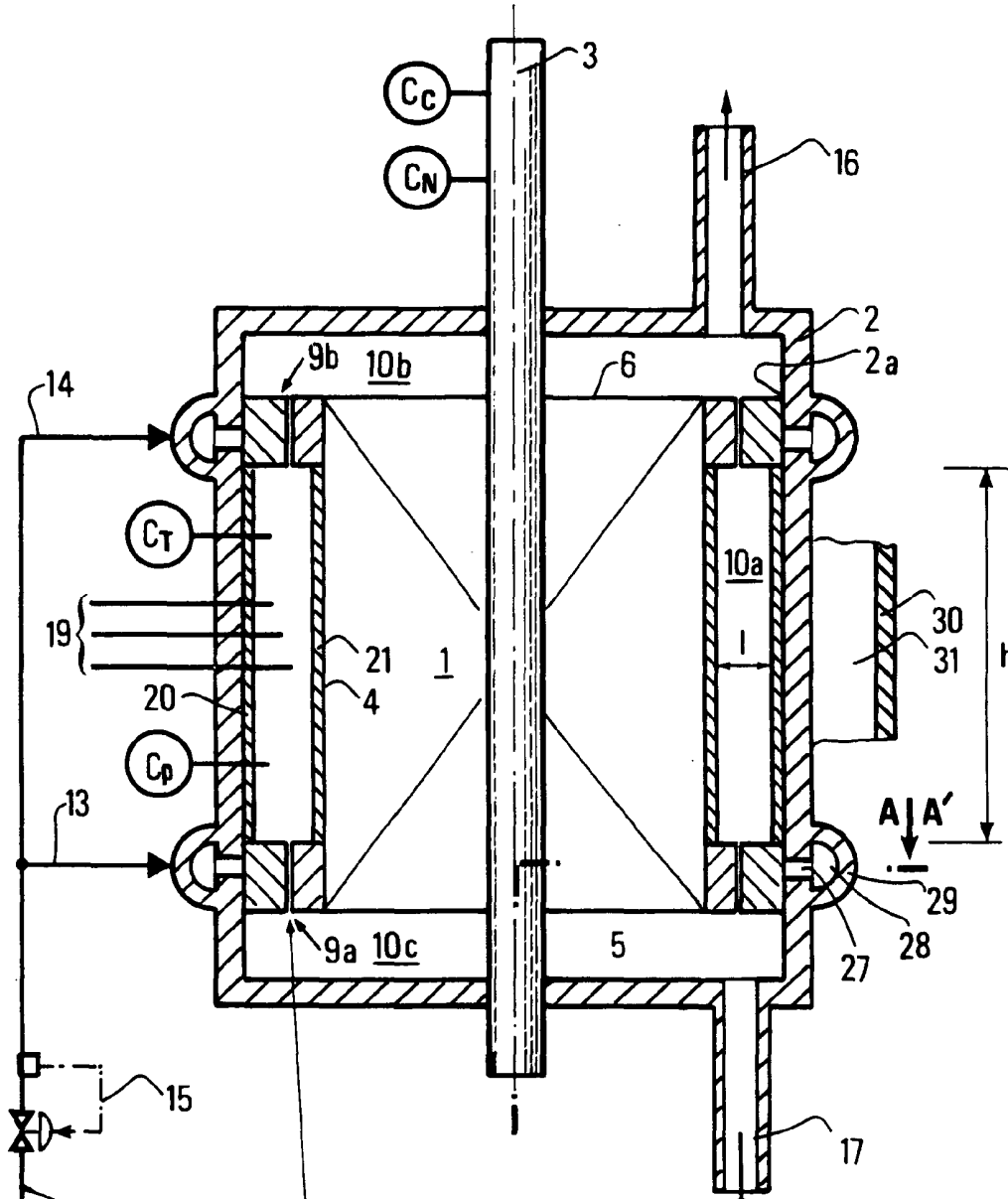


FIG.2

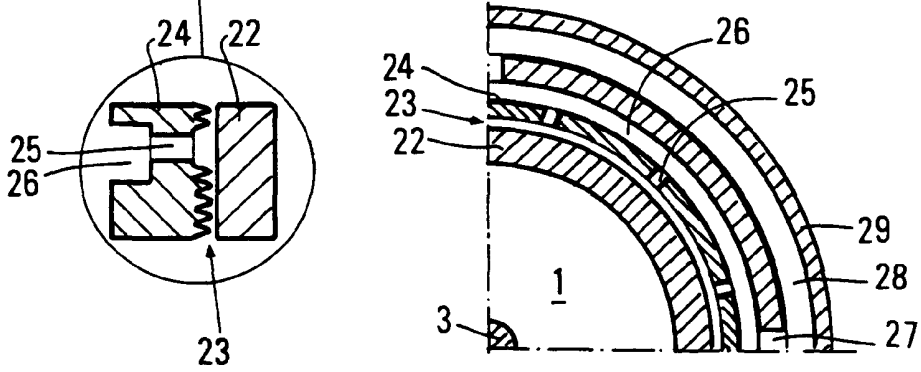


FIG. 3

