

(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGESESSKRIFT (11) 149175 B



DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENET

(21) Patentansøgning nr.: 4151/83

(51) Int.Cl.⁴: G 01 N 25/62

(22) Indleveringsdag: 13 sep 1983

(41) Alm. tilgængelig: 14 mar 1985

(44) Fremlagt: 24 feb 1986

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: -

(71) Ansøger: ANSGAR CHRISTIAN HOFFMANN *SØRENSEN; Allerød, DK.

(72) Opfinder: Samme.

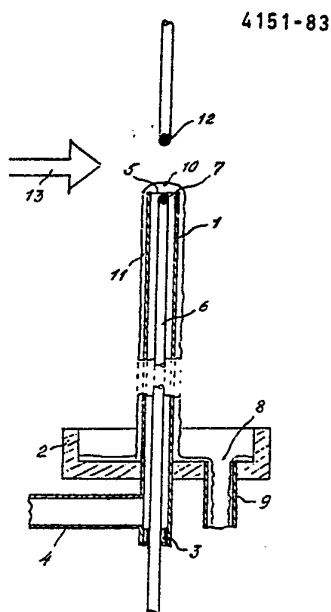
(74) Fuldmægtig: Ingeniørfirmaet Lehmann & Ree

(54) Fremgangsmåde og apparat til kontinuerlig
psykrometrisk måling af koncentrationen af en
dampformig komponent i en luftart

(57) Sammendrag:

Til kontinuerlig psykrometrisk måling af koncentrationen af en dampformig komponent i en luftart, f.eks. af fugtighedsindholdet i luft, under anvendelse af en "tør" termoføler (12) og en "våd" termoføler (7) anbringes den våde termoføler (7) i den åbne øverste ende (5) af et lodret rør (1), til hvis nederste ende der ledes en væske af samme art som den dampformige komponent, således at væsken på toppen af røret (1) danner en lille væskeansamling (10), som fuldstændigt omslutter den våde termoføler (7), og fra hvilken væsken overløber ned langs rørets (1) yderside i form af en sammenhængende væskefilm (11). Derved bliver den våde termofølers (7) temperatur indenfor vide grænser uafhængig af den pr. tidsenhed tilførte væskemængde. Der kan følgelig tilledes en meget større væskemængde end påkrævet for at hindre udtørring af den våde termoføler, hvorved akkumulering af urenheder på den våde termoføler hindres.

Et apparat til udsøvelse af fremgangsmåden omfatter en sædvanlig tør termoføler (12) og en våd termoføler (7) anbragt som anført samt organer (4) til tilledning af væske til rørets nederste ende.



Opfindelsen angår en fremgangsmåde til kontinuerlig psykrometrisk måling af koncentrationen af en dampformig komponent i en luftart. Et særlig vigtigt eksempel herpå er måling af fugtighedsindholdet i luft.

- 5 Psykrometrisk måling af koncentrationen af en dampformig komponent i en luftart sker på den måde, at luftarten bringes til at strømme forbi en "tør" termoføler, der måler temperaturen af den forbistrømmende luftart, og en "våd" termoføler, hvis overflade holdes fuldstændig fugtet med væske af samme art som den dampformige
- 10 komponent. Såfremt luftarten er umættet med den dampformige komponent, vil der foregå en fordampning af væske fra overfladen af den våde termoføler, hvorved temperaturen ved en ideel psykrometrisk måling vil falde, indtil varmetilførslen pr. tidsenhed ved konvektion fra den forbistrømmende luftart netop er lig med energiforbruget pr.
- 15 tidsenhed til væskefordampningen fra den fugtede overflade. Hvis luftarten er mættet med den dampformige komponent, sker der ingen fordampning fra den fugtede overflade, og den våde termoføler antager samme temperatur som den tørre varmemøler.

- Måling af luftens temperatur ved hjælp af den tørre
- 20 termoføler, måling af temperaturen af den våde termoføler samt måling af luftens tryk er tilstrækkeligt til at beregne luftens fugtighedsindhold.

- En af vanskelighederne ved at opnå ideelle forhold er imidlertid, at der med den væske, der anvendes til fugtning af den våde termoføler, kan blive tilført varme til eller bortledt varme fra den
- 25 fugtede overflade af den våde termoføler, således at dennes temperatur vil blive henholdsvis højere eller lavere end den værdi, ved hvilken der er dynamisk ligevægt mellem varmekonvektionen fra luftarten til den fugtede overflade og varmekonforbruget til fordampning fra samme overflade. For at begrænse denne fejlkilde må man ved de kendte
- 30 psykrometre holde den til fugtningen anvendte væskemængde pr. tidsenhed så lille som muligt, men dog tilstrækkelig til at holde den våde termoføler fuldstændig fugtet. Ved de hidtil kendte fremgangsmåder til psykrometrisk måling fordampes normalt hele den tilførte væskemængde. Urenheder i den tilførte væskestrøm samt støv, salt,
- 35 oliedråber o.lign., som afsættes af den forbistrømmende luftart, vil derfor blive akkumuleret i væskefilmen omkring den våde termoføler, hvilket dels reducerer væskens damptryk, dels vanskeliggør en effektiv fugtning af føleren med heraf følgende målefejl. Det er derfor nødvendigt ved de hidtil kendte fremgangsmåder at foretage hyppige

rensninger af den fugtige termoføler.

Størrelsen af den nødvendige væsketilførsel til den våde termoføler afhænger kraftigt af luftartens mætningsgrad med hensyn til den pågældende dampformige komponent. Dette medfører, at det med de hidtil kendte fremgangsmåder er vanskeligt at undgå en delvis udtørring af den våde termoføler ved lave mætningsgrader, uden samtidig at invalidere målingerne ved høje mætningsgrader som følge af for stor væsketilførsel.

Sidstnævnte vanskelighed er undgået ved et psykrometrisk måleapparat, der er beskrevet i SE-PS-195.736. Ved dette apparat er den våde termoføler anbragt i bunden af en åben flad skål, i hvilken der befinder sig et tyndt væskelag, hvis niveau holdes konstant ved væsketilførsel gennem en niveauregulator. Ved dette apparat tilføres der således til den våde termoføler til enhver tid nøjagtigt samme væskemængde som den, der fjernes ved fordampning. Herved undgås imidlertid ikke, at der med den tilførte væske kan blive tilført varme til eller bortledet varme fra den våde termoføler, hvorved målefejl kan opstå som ovenfor beskrevet, navnlig ved lav mætningsgrad af luftarten med hensyn til den dampformige komponent, og det undgås heller ikke, at urenheder i den tilførte væskestrøm samt støv, salt, oliedråber og lignende, som afsættes af den forbistrømmende luftart, vil blive akkumuleret i væskelaget omkring den våde termoføler, så at en omhyggelig overvågning og jævnlig rensning af beholderen vil være påkrævet for at sikre sig mod målefejl hidrørende fra forurening.

Opfindelsen går ud på at tilvejebringe en psykrometrisk fremgangsmåde, ved hvilken målefejl hidrørende både fra varmetransport med den til den våde termoføler tilledte væske og fra forurening af væsken reduceres til et minimum eller praktisk taget fuldstændigt elimineres.

Det for fremgangsmåden ifølge opfindelsen ejendommelige består i, at væske til fugtning af den "våde" termoføler ledes opad gennem et lodret rør, i hvis øverste åbne ende den "våde" termoføler er anbragt, i en strøm af tilstrækkelig størrelse til på toppen af røret at danne en termoføleren og rørets mundingskant fuldstændig dækkende væskeansamling med fri overflade, der bestryges af luftstrømmen, og fra toppen af røret at overløbe ned langs rørets yderside i form af en sammenhængende væskefilm, hvorhos rørets dimensioner og materiale vælges således, at væskestrømmen på sin vej op gennem røret ved varmeveksling med væskefilmen på rørets yderside bringes på samme

eller praktisk taget samme temperatur som den, der hersker i væskeansamlingen på toppen af røret.

Herved opnås, at den væskefordampning og varmekonvektion, der bestemmer den våde termofølers temperatur, finder sted fra og til overfladearealet af et termoføleren umiddelbart omsluttende lille væskevolumen, til hvilket væsken tilledes ved den allerede i væskevoluminet herskende temperatur, og fra hvilket væsken atter bortledes ved samme temperatur ved sit overløb ud over rørets rand. Væskestrømmen vil derfor hverken afsætte varme i eller fjerne varme fra det termoføleren umiddelbart omsluttende væskevolumen, hvorfor den af den våde termoføler målte temperatur indenfor vide grænser vil være uafhængig af væskestrømmens størrelse. Væskemængden pr. tidsenhed kan derfor gøres meget større end nødvendigt for at undgå udtørring. Ved at udnytte denne omstændighed opnår man, at urenheder i den tilførte væskestrøm samt urenheder fra luften afsæt på den fugtede termoføler ikke vil blive akkumuleret på denne, men til stadighed vil blive fjernet med den overskydende væskestrøm, der løber ned langs rørets yderside.

Da både væskefordampningen fra det overfladeareal, der bestemmer termofølerens temperatur, og den konvektive varmeafgivelse fra luften gennem dette areal afhænger på samme måde af lufthastigheden, vil termofølerens temperatur tillige være uafhængig af lufthastigheden, når blot denne gøres tilstrækkelig stor.

Opfindelsen angår tillige et apparat til brug ved udøvelse af den omhandlede fremgangsmåde. Apparatet har på kendt måde en tør termoføler og en våd termoføler, og det for opfindelsen ejendommelige består i, at apparatet omfatter et lodret rør med en åbning i den øverste ende, en i eller i umiddelbar nærhed af rørets åbning anbragt termoføler, der udgør den våde termoføler, og organer til tilførsel af en væskestrøm til rørets nederste ende i en strøm af tilstrækkelig størrelse til på toppen af røret at danne en termoføleren og rørets mundingskant fuldstændig dækkende væskeansamling med fri overflade, der bestryges af luftstrømmen, og fra toppen af røret at overløbe ned langs rørets yderside i form af en sammenhængende væskefilm, hvorhos rørets dimensioner og materiale er således valgt, at væskestrømmen på sin vej op gennem røret ved varmeveksling med væskefilmen på rørets yderside bringes på samme eller praktisk taget samme temperatur som den, der hersker i væskeansamlingen på toppen af røret.

Ved at montere den våde termofølers tilledninger og understøtninger i det væskefyldte rør opnår man, at temperaturgradienten i disse i området umiddelbart ved termoføleren kan gøres vilkårligt lille gennem passende valg af rørlængde. Herved elimineres den fejlkilde, som skyldes den våde termofølers varmeudveksling med omgivelserne ved varmeledning.

Opfindelsen skal i det følgende beskrives yderligere under henvisning til tegningen, der skematisk viser en udførelsesform for de vigtigste dele af et apparat ifølge opfindelsen. Apparatet og fremgangsmåden beskrives i det følgende som anvendt til måling af fugtighedsindholdet i luft, men kan på ganske samme måde anvendes til måling af koncentrationen af andre dampformige komponenter i andre luftarter.

På tegningen betegner 1 et lodret rør, som er monteret i bunden af en skål 2. Rørets nederste ende, der ligger under skålen, er lukket med en prop 3, og umiddelbart over denne er der til røret sluttet en vandtilførselsledning 4. Røret 1's øverste ende 5, der ligger højt over skålen 2, er åben. Gennem proppen 3 er der ført en bærestav 6, som strækker sig op gennem røret 1 og ved sin øverste ende bærer en termoføler 7, som er beliggende i røret 1's munding 5. Tilledningerne til termoføleren 7 er ført op gennem bærestaven 6, eventuelt indstøbt i denne. Til centrering af bærestaven 6 og dermed termoføleren 7 i røret 1 kan der mellem bærestaven og røret være anbragt ikke viste understøtningsorganer. I bunden af skålen 2 findes der en afløbsåbning 8 med et dertil sluttet vandafløb 9.

Når der gennem ledningen 4 tilledes vand, strømmer dette op gennem røret og danner på toppen af dette en lille vandansamling 10, fra hvilken vandet overløber ned langs røret 1's yderside i form af en sammenhængende vandfilm 11, der flyder ned i skålen 2 og bortledes gennem afløbet 9.

I nogen afstand over røret 1's øverste ende er anbragt en termoføler 12. Den luftstrøm, hvis fugtighed skal måles, strømmer forbi røret 1 og termoføleren 12 i vandret retning som antydnet ved en pil 13, eller i nedadgående retning.

Når overfladen af vandansamlingen bestryges af luftstrømmen, sker der en fordampning fra nævnte overflade, hvorved der fjernes varme fra overfladen. Herved falder overfladens temperatur under luftens temperatur, og der overføres følgelig varme ved konvektion fra luften til overfladen. Når temperaturen er faldet så meget, at

fordampningsvarmen og den ved konvektion tilførte varme pr. tidsenhed er lige store, indtræder der en ligevægtstilstand, hvor temperaturen ikke ændrer sig mere. Den således opnåede ligevægtstemperatur afhænger af luftens fugtighedsindhold. Ved en kontinuerlig måling vil
5 denne ligevægtstemperatur variere, når luftens fugtighedsindhold varierer.

Også vandfilmen 11 bestryges af luften, således at der sker en fordampning og samtidig en varmeudveksling med luftstrømmen ved konvektion. Gennem rørvæggen sker der tillige en varmeveksling mellem vandfilmen og vandstrømmen op gennem røret, og temperaturen af
10 vandfilmen vil derfor ændre sig ned langs røret. Hvis røret er tilstrækkelig langt, vil vandstrømmen, når den når frem til rørets munding 5, blive bragt på samme temperatur som den, ved hvilken vandet overløber ud over mundingen 5's rand. Vandstrømmen vil derfor
15 hverken afsætte varme i vandansamlingen 10 eller fjerne varme fra denne. Ligevægtstemperaturen af vandansamlingens overflade og dermed af vandansamlingen som helhed vil derfor inden for vide grænser være praktisk talt uafhængig af den pr. tidsenhed tilførte vandmængde og af den temperatur, ved hvilken vandet tilføres ved
20 rørets nederste ende. Det er denne ligevægtstemperatur, der måles af termoføleren 7, som således udgør en våd termoføler, der er befriet for indvirkning af den pr. tidsenhed tilførte vandmængde. Der kan følgelig anvendes en vandstrøm, der er meget større end den vandmængde, som fordamper fra den fugtede overflade. Herved undgås som
25 tidligere nævnt såvel udtørring af den fugtede overflade som akkumulation af forureninger i væskefilmen.

Ved passende valg af længden af det lodrette rør 1 kan den vertikale temperaturgradient lige under rørets øvre munding gøres vilkårlig lille, hvorved varmeledningen på langs gennem røret 1 samt gennem
30 tillædninger og understøtninger for temperaturføleren 7 kan gøres vilkårligt små.

Med stigende lufthastighed forbi den fugtede temperaturføler aftager den relative betydning af varmestrålingen mellem føleren og omgivelserne, idet den konvektive varmetransmission vokser med lufthastigheden, medens varmestrålingen er uafhængig af lufthastigheden.
35 Som følge af den store vandstrøm, der kan tillades, kan også lufthastigheden være stor uden risiko for partiel udtørring af den fugtede overflade. Ved anvendelse af en stor lufthastighed opnås tillige en lavere tidskonstant for de to termofølere 7 og 12.

Termoføleren 12, der udgør den tørre termoføler til måling af luftens temperatur, skal for at opfylde denne funktion være anbragt således i forhold til den våde termoføler 7, at den målte lufttemperatur ikke er forstyrret af den udveksling af varme og stof, der finder sted
5 ved vandansamlingen 10's overflade.

De viste apparatdele kan være monteret i et hus, eventuelt med tilhørende luftpumpe, eller i en ramme eller direkte i en luftkanal, i hvilken luftens fugtighedsindhold ønskes målt.

P a t e n t k r a v:

1. Fremgangsmåde til kontinuerlig psykrometrisk måling af koncentrationen af en dampformig komponent i en luftart, ved hvilken luften bringes til at strømme forbi en "tør" termoføler (12), der måler
5 temperaturen af den forbistrømmende luft, og en "våd" termoføler (7), hvis overflade holdes fuldstændig fugtet med væske af samme art som den dampformige komponent, k e n d e t e g n e t ved, at væske til fugtning af den "våde" termoføler ledes opad gennem et lodret rør (1), i hvis øverste åbne ende (5) den "våde" varmføler
10 (7) er anbragt, i en strøm af tilstrækkelig størrelse til på toppen af røret at danne en termoføleren (12) og rørets mundingskant fuldstændig dækkende væskeansamling (10) med fri overflade, der bestryges af luftstrømmen (13), og fra toppen af røret at overløbe ned langs rørets (1) yderside i form af en sammenhængende væskefilm (11),
15 hvorhos rørets (1) dimensioner og materiale vælges således, at væskestrømmen på sin vej op gennem røret ved varmeveksling med væskefilmen (11) på rørets yderside bringes på samme eller praktisk taget samme temperatur som den, der hersker i væskeansamlingen (10) på toppen af røret (1).
- 20 2. Apparat til kontinuerlig psykrometrisk måling af koncentrationen af en dampformig komponent i en luftart ved fremgangsmåden ifølge krav 1, bestående af en "tør" termoføler (12) til måling af temperaturen af en luftstrøm og en "våd" termoføler (7), der ligeledes udsættes for luftstrømmen, men hvis overflade holdes fuldstændig
25 fugtet med væske af samme art som den dampformede komponent, k e n d e t e g n e t ved, at det omfatter et lodret rør (1) med en åbning (5) i den øverste ende, en i eller i umiddelbar nærhed af rørets åbning anbragt termoføler (7), der udgør den våde termoføler, og organer (4) til tilførsel af en væskestrøm til rørets (1) nederste
30 ende i en strøm af tilstrækkelig størrelse til på toppen af røret at danne en termoføleren (12) og rørets mundingskant fuldstændig dækkende væskeansamling (10) med fri overflade, der bestryges af luftstrømmen (13), og fra toppen af røret at overløbe ned langs rørets (1) yderside i form af en sammenhængende væskefilm (11), hvorhos
35 rørets (1) dimensioner og materiale er således valgt, at væskestrømmen på sin vej op gennem røret ved varmeveksling med væskefilmen (11) på rørets yderside bringes på samme eller praktisk taget samme temperatur som den, der hersker i væskeansamlingen (10) på toppen af røret (1).

3. Apparat ifølge krav 2, k e n d e t e g n e t ved, at tilledninger til og understøtninger for den våde termoføler er anbragt i røret.

Fremdragne publikationer:

SE patent nr. 195736.

