



(19) DANMARK



(12) FREMLÆGGELSESSKRIFT (11) 148219 B

DIREKTORATET FOR
PATENT- OG VAREMÆRKEVÆSENEN

(21) Patentansøgning nr.: 2188/80

(51) Int.Cl.⁴: G 01 K 1/16

(22) Indleveringsdag: 20 maj 1980

(41) Alm. tilgængelig: 23 nov 1980

(44) Fremlagt: 06 maj 1985

(86) International ansøgning nr.: —

(30) Prioritet: 22 maj 1979 GB 7917694

(71) Ansøger: F.L. *SMIDTH & CO. A/S; Vigerslev Alle 77, 2500 Valby, DK.

(72) Opfinder: Hans Brun *Knudsen; DK.

(74) Fuldmægtig: —

(54) Fremgangsmåde og apparat til måling af hede
gassers temperatur

(57) Sammendrag:

2188-80

Temperaturen af en varm gas (1) måles ved hjælp af målelegemer (4, 5) anbragt på heat tubes (2, 3), hvis ender rager ind i gassen og holdes på en temperatur, der er væsentligt lavere end gassens. Varmen, der overføres fra gassen til heat tuberne, bortledes gennem stænger (8, 9). Ud fra kendskab til de enkelte målelegemers temperatur og den bortledte varmemængde kan gassens temperatur beregnes. Ved at anvende to parallelle målesystemer, hvis målelegemer holdes på forskellig temperatur, bliver det muligt at eliminere visse usikre apparatkonstanter.

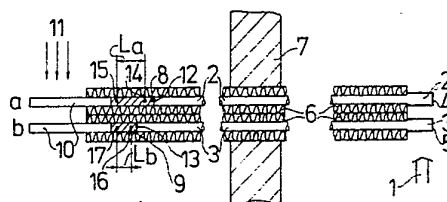


Fig 1

DK 148219 B

Opfindelsen angår en fremgangsmåde til måling af hede gassers temperatur i omgivelser, hvor der tillige optræder varmestraling. Ved temperaturmåling af hede gasser ved en temperatur på omkring 1000° eller derover, f.eks. ved måling af temperaturen af afgangsgasserne fra en ovn, vil målingen ofte være generet af, at målelegemet ud over at modtage varme fra de varme gasser yderligere modtager eller afgiver en del strålevarme, afhængig af omgivelsernes temperatur, f.eks. hvor der er tale om en ovn, fra en varmekilde, f.eks. en flamme, der tjener til ophedning af ovnen. Målelegemet må derfor beskyttes mod stråling, f.eks. ved at være omgivet af en blankpoleret kappe. Det er imidlertid vanskeligt at finde materialer, der er i stand til at bevare en blank overflade ved de høje temperaturer, som målelegemet og kappen opvarmes til ved måling af hede gassers temperatur.

En målemetode, ved hvilken det ikke er nødvendigt, at målelegemet opvarmes til samme temperatur som den hede gas, hvis temperatur skal måles, består i, at der foretages en måling af varmeafgivelsen til et strålingsbeskyttet målelegeme, hvis temperatur under målingen holdes konstant og væsentligt under gastemperaturen, der skal måles, måling af målelegemets temperatur og beregning af gastemperaturen efter formlen:

$$Q = hA(T_G - T),$$

hvor Q er den målte varmeafgivelse, h er varmeoverføringskoefficienten for varmeoverføringen mellem den hede gas og det strålingsbeskyttede målelegeme, A er målelegemets overfladeareal, T er målelegemets temperatur, og T_G er den søgte gastemperatur.

Da varmeoverføringskoefficienten h imidlertid kun lader sig bestemme meget usikkert teoretisk, er det opfindelsens formål at anvise en målemetode, ved hvilken det ikke er nødvendigt på forhånd at kende h . Dette opnås ifølge opfindelsen ved måling af varmeafgivelsen til to identisk ens strålingsbeskyttede målelegemer med indbyrdes forskellige temperaturer, der ligger væsentligt under gastemperaturen, der skal måles, samt måling af de respektive målelegemers temperatur og beregning af gastemperaturen efter ligningerne $Q_a = hA(T_G - T_a)$ og $Q_b = hA(T_G - T_b)$, hvor

Q_a og Q_b er den målte varmeafgivelse til de respektive strålingsbeskyttede målelegemer

h er varmeoverføringskoefficienten for varmeoverføringen mellem den hede gas og de respektive strålingsbelyttede målelegemer

A er målelegemernes overfladeareal

T_a og T_b er de respektive målelegemers temperatur, og

T_G er den søgte gastemperatur.

I kraft af, at de to strålingsbeskyttede målelegemer er identisk ens, er størrelsen hA den samme i begge ligninger, og denne størrelse kan således bortskaffes. Det skal bemærkes, at der på grund af målelegemernes forskellige temperatur kan eksistere en mindre forskel i varmeoverføringskoefficienterne for de to målelegemer, men denne forskel vil ved de praktisk forekommende temperaturer være uden måleteknisk betydning, eller der vil kunne korrigeres for denne forskel ved anvendelse af let tilgængelige korrektionsfaktorer.

Varmeaftgivelsen til de enkelte strålebeskyttede målelegemer kan ifølge opfindelsen måles ved ved konstant holdt målelegemetemperatur at måle varmestrømmen gennem en kendt varmeleder, der bortleder den til det strålingsbeskyttede målelegeme afgivne varme, idet en stationær målelegemetemperatur netop er udtryk for, at varmestrømmen, der bortledes fra målelegemet, er lig med varmestrømmen, der føres til målelegemet ved dets berøring med den varme gas, hvis temperatur skal måles.

Varmestrømmen gennem den kendte varmeleder kan ifølge opfindelsen måles ved måling af temperaturen i to punkter langs varmelederen og beregning efter formelen

$$Q = \frac{K}{L} A_t (T_1 - T_2), \text{ hvor,}$$

Q er den søgte varmestrøm

K er varmelederens varmeledningsevne

L er afstanden mellem de to målepunkter

A_t er varmelederens tværsnitsareal, og

T_1 og T_2 er de målte temperaturer i de to målepunkter.

En anden metode til måling af varmeoverførslen til målelegemerne er at køle disse ved at lade et kølemiddel gennemstrømme dem. Kølemidlets strømningshastighed kan reguleres for at holde temperaturen af det kølemiddel, der
5 forlader målelegemet, konstant, hvilket afspejler en konstant målelegemetemperatur. Den varmemængde, der pr. tidsenhed ledes bort fra målelegemet, kan bestemmes som produktet af den mængde kølemiddel, der pr. tidsenhed strømmer igennem målelegemet, kølemidlets varmefylde og dets temperaturtil-
10 vækst ved passagen gennem målelegemet.

Opfindelsen angår også et apparat til udøvelse af fremgangsmåden, hvilket apparat ifølge opfindelsen er ejendommeligt ved, at det omfatter to målesystemer, der hvert især består af et strålingsbeskyttet målelegeme til anbring-
15 else i den gas, hvis temperatur skal måles, midler til at holde målelegemets temperatur lavere end gassens temperatur, midler til måling af målelegemets temperatur, og midler til bestemmelse af varmeoverførslen fra gas til målelegeme.

Et sådant apparat kan ifølge opfindelsen være udformet således, at hvert af de to målesystemer omfatter et strålingsbeskyttet målelegeme, der udgør den ene ende af en heat tube, hvor driftstemperaturerne for de i de to målesystemer indgående heat tubes er indbyrdes forskellige og ligger væsentligt under den gastemperatur, der skal måles, medens
20 den anden ende af heat tuben er forbundet til den ene ende af en varmeledende stang, hvis anden ende holdes kølet, og hvor midlerne til bestemmelse af varmeoverførslen består af temperaturmåleorganer til måling af temperaturen i to punkter langs den varmeledende stang. Ved at lade det strålingsbeskyttede målelegeme være en del af en heat tube opnår man meget hurtigt fordeling af den til målelegemet førte varme, idet en heat tube ved sin driftstemperatur og temperaturer derved besidder en varmeledningsevne flere hundrede gange større end varmeledningsevnen for almindeligt kendte faste
25 stoffer, og hele heat tuben vil derfor hurtigt antage tilnærmelsesvis samme temperatur som målelegemet.
30

Da det af hensyn til målenøjagtigheden er af betydning at opretholde en forholdsvis stejl temperaturgradient i de

varmeledende stænger, kan apparatet ifølge opfindelsen være indrettet således, at de varmeledende stænger i de to målesystemer har forskellig længde, idet stangen i målesystemet med heat tuben med lavest driftstemperatur er kortest.

5 I en anden udførelsesform ifølge opfindelsen kan midlerne til at holde målelegemernes temperaturer lavere end gastemperaturen omfatte midler til at føre kølemiddel igennem målelegemerne, midlerne til måling af målelegemernes temperaturer kan bestå af temperaturmåleorganer i kølemidlets returløbsrør, og midlerne til bestemmelse af varmeoverførslen kan
10 bestå af temperaturmåleorganer i tilløbs- og returløbsrørene for kølemidlet, og mindst en strømningsmåler til måling af kølemiddelstrømmen.

Opfindelsen forklares i det følgende nærmere under
15 henvisning til tegningen, på hvilken

Fig. 1 viser en måleopstilling til måling af en gastemperatur under anvendelse af to målesystemer med heat tubes, og

Fig. 2 en opstilling til måling af en gastemperatur
20 under anvendelse af to målesystemer med gennemstrømmende kølemiddel.

Gassen, hvis temperatur skal måles, er markeret ved en pil 1 og bringes til at passere to i geometrisk henseende ens målelegemer, der hver især udgøres af enden af en heat tube
25 henholdsvis 2 og 3 forsynet med en blankpoleret strålingsreflekterende, varmeoverførende kappe henholdsvis 4 og 5. Heat tuberne 4 og 5 er over resten af deres længde isoleret ved hjælp af en isolerende kappe 6 og er ført igennem en ovnvæg 7. Heat tuberne er ved deres modsatte ende forbundet med
30 varmeledende stænger henholdsvis 8 og 9, hvis modsatte ender over endnu er par heat tubes afkøles ved hjælp af et kølemiddel, der er markeret ved pilene 11.

Ved de ender af heat tuberne 2 og 3, der er forbundet med de varmeledende stænger 8 og 9, findes temperaturmåleorganer henholdsvis 12 og 13, endelig findes der på den
35 varmeledende stang 8 temperaturmåleorganer 14, 15 anbragt

med afstanden L_a og ved den varmeledende stang 9 temperatur-
måleorganer 16, 17 anbragt med afstanden L_b . De to heat
tubes 2 og 3 er valgt således, at de har forskellig drifts-
temperatur, og således at deres driftstemperaturer hver især
5 ligger væsentligt under den temperatur, der skal måles.

En heat tubes driftstemperatur er bestemt af det
varmeoverføringsmedium, der anvendes i tuben. Ved driftstem-
peratur og temperaturer derafter optræder tuben med en varme-
ledningsevne, der er flere hundrede gange større end f.eks.
10 kobbers varmeledningsevne. Tilføres der til heat tubens
"varme" ende mere varme, end der bortledes ved den "kolde",
stiger arbejdstemperaturen kun lidt, medens heat tuben be-
varer sin gode varmeledningsevne. Et stadigt tilført varme-
overskud vil føre til ødelæggelse af heat tuben.

15 Heat tuberne 2 og 3 kan være valgt med driftstem-
peraturer på f.eks. 400°C og 150°C . Den varme, der tilledes
til heat tubernes ene ende inde i ovnen, må bortledes ved
heat tubernes modsatte ende uden for ovnen, hvilket sker dels
gennem de varmeledende stænger henholdsvis 8 og 9 og to heat
20 tuber 10 med lav driftstemperatur, f.eks. 35°C , hvilke to
heat tuber holdes afkølet af et kølemedium, f.eks. vand.

Da målelegemerne ved heat tuberne 2, 3's højre ende
er udformet til at have ens varmeoverføringsegenskaber, vil
varmestrømmen i heat tuben 3 med den laveste driftstemperatur
25 være størst. Da desuden temperaturfaldet over den varmeleden-
de stang 9 skal være mindre end temperaturfaldet over den
varmeledende stang 8, er det hensigtsmæssigt at gøre stangen
9 kortere end stangen 8. Da de to heat tuber 10 er noget nær
ens og køles af samme kølemedium, vil den nederste af disse,
30 der skal bortlede en større varmemængde, antage en lidt hø-
jere arbejdstemperatur end den øverste.

Måles temperaturen i de ved måleorganerne 12 og 13
angivne punkter, giver de her målte temperaturer et udtryk
for temperaturen af de i ovnen anbragte målelegemer, idet
35 temperaturen ved den del af heat tuberne, der ligger uden
for ovnen, ikke adskiller sig væsentligt fra den del, der
ligger inden for ovnen og dermed temperaturen af de respek-
tive målelegemer, der modtager varme fra den varme gas, hvis

temperatur skal måles. Da heat tuberne og de til disse sluttede varmeledende stænger er omgivet af isolering 6, sker afledningen af varme gennem de varmeledende stænger 8, 9 og varmestrømmen igennem de enkelte stænger lader sig beregne ved måling af temperaturen i med kendt afstand anbragte punkter henholdsvis 14, 15 og 16, 17. Betegnes de to målesystemer med henholdsvis a og b, lader den søgte røggastemperatur sig beregne ud fra nedenstående ligningssystem.

$$Q_a = \frac{K_a}{L_a} A_{t_a} (T_{14} - T_{15}) = hA (T_G - T_{12})$$

$$10 \quad Q_b = \frac{K_b}{L_b} A_{t_b} (T_{16} - T_{17}) = hA (T_G - T_{13}) \text{ hvor}$$

Q_a og Q_b er den gennem de respektive systemer bortledte varme,

K_a og K_b er varmeledningsevnen for det til stængerne henholdsvis 8 og 9 anvendte materiale,

15 L_a og L_b er afstanden mellem temperaturmåleorganerne henholdsvis 14, 15 og 16, 17,

A_{t_a} og A_{t_b} er tværsnitsarealerne af stængerne henholdsvis 8 og 9,

20 h er varmeoverføringskoefficienten for varmeoverførslen mellem den hede gas, hvis temperatur skal måles, og de ens målelegemer,

A er målelegemernes overfladeareal,

$T_{12} - T_{17}$ er de i punkterne 12-17 målte temperaturer, og

T_G er den søgte gastemperatur.

25 Heraf fås ved anvendelse af samme materiale og samme tværsnitsareal for stængerne 8 og 9:

$$\frac{Q_a}{Q_b} = \frac{L_b}{L_a} \frac{T_{14} - T_{15}}{T_{16} - T_{17}} = \frac{T_G - T_{12}}{T_G - T_{13}}$$

Beregningen af T_G kan i praksis udføres af en mini-computer, således at gastemperaturen angives direkte.

30 Fremgangsmåden ifølge opfindelsen kan også udøves ved anvendelse af en opstilling, som vist i fig. 2. I fig. 2 holdes to blankpolerede, varmereflekterende, ens målelegemer (24, 25), der er anbragt i gassen 1, hvis temperatur skal måles, nedkølet til en temperatur, der er væsentligt lavere end

gassens. Nedkølingen opnås ved, at et flydende kølemiddel føres igennem målelegemerne, og den varmemængde, der bortledes fra de respektive målelegemer, beregnes på grundlag af det gennemstrømmede væskevolumen, kølemidlets varmekapacitet og temperaturforskellen mellem kølemidlet i tilledningen og i returløbet.

For at opnå, at de to måleelementer arbejder ved forskellige egentemperaturer, kan man lade kølemidlet strømme med forskellig hastighed igennem målelegemerne, eller man kan anvende samme kølemiddelstrøm, men lade indgangstemperaturen for kølemidlet til det ene målelegeme være lavere end indgangstemperaturen for kølemidlet til det andet målelegeme. Dette opnås hensigtsmæssigt ved at koblede to kølekredsløb i serie, således at returløbet fra det ene udgør fremløbet for det andet, som antydnet i fig. 2, hvor 26, 28 angiver tilledningsrørene, og 27, 29 returrørene for de respektive målelegemer. Pilen 30 markerer kølemiddelstrømmen. Kølemiddelrørene er isoleret fra omgivelserne og fra hinanden for at sikre, at kølemidlets temperaturstigning i hovedsagen kun stammer fra den fra målelegemerne bortledte varme.

Rørene 26 og 28 og rørene 27 og 29 er forsynet med temperaturmåleorganer 31, 32, 33 og 34, magen til organerne 12-17, samt med en eller flere strømningsmålere 35 og 36.

Temperaturen af et målelegeme kan regnes lig med temperaturen af kølemidlet, der kommer retur fra det pågældende legeme. I virkeligheden vil målelegemets temperatur ligge lidt over denne værdi. Denne temperaturforskel kan findes ved kalibrering af måleelementet og kan indgå i beregningerne.

Betegnes de to måleopstillinger i fig. 2 med henholdsvis I og II, fås ved beregning af den varmemængde, der pr. tidsenhed føres til og bortledes fra de respektive målelegemer, følgende ligninger.

$$Q_I = F_I \times V_{SI} \times (T_{27} - T_{26}) = hA (T_G - T_I)$$

$$Q_{II} = F_{II} \times V_{SII} \times (T_{29} - T_{27}) = hA (T_G - T_{II}), \text{ hvor}$$

- Q_I og Q_{II} er den gennem de respektive systemer bortledte varme,
 F_I og F_{II} kølemiddelstrømmen gennem de respektive målelegemer,
5 V_{SI} og V_{SII} varmfylden af det i de respektive systemer anvendte kølemiddel,
 $T_{26} - T_{29}$ temperaturerne af kølemidlet i rørene 26-29
h varmeoverføringskoefficienter for varmeoverførslen mellem den varme gas, hvis temperatur
10 skal måles, og de identiske målelegemer,
A overfladearealet og målelegemerne
 T_G gastemperaturen, der skal bestemmes, og
 T_I og T_{II} de respektive målelegemers temperatur.
- 15 Anvendes samme kølemiddel og samme strømningshastighed i de to målesystemer, hvilket f.eks. er tilfældet, hvis de to systemer seriekobles, fås til beregning af T_G :
- $$\frac{T_{27} - T_{26}}{T_{29} - T_{28}} = \frac{T_G - T_I}{T_G - T_{II}} \quad \text{hvor}$$
- $$T_I = T_{27} + C_I \quad \text{og} \quad T_{II} = T_{29} + C_{II} \quad \text{hvor}$$
- 20 C_I og C_{II} er korrektionsstørrelser, der findes ved kalibrering.
- Ved seriekobling af målesystemerne er endvidere:
- $$T_{27} = T_{28}$$

1. Fremgangsmåde til måling af hede gassers temperatur, især i omgivelser, hvor der tillige optræder varmestraling, ved måling af varmeafgivelsen til et strålingsbeskyttet målelegeme, hvis temperatur under målingen holdes konstant og væsentligt under gastemperaturen, der skal måles, *k e n d e t e g n e t* ved måling af varmeafgivelsen til to identiske strålingsbeskyttede målelegemer med indbyrdes forskellige temperaturer, der ligger væsentlig under gastemperaturen, der skal måles, samt måling af de respektive målelegemers temperatur og beregning af gastemperaturen efter ligningerne $Q_a = hA (T_G - T_a)$ og $Q_b = hA (T_G - T_b)$, hvor Q_a og Q_b er den målte varmeafgivelse til de respektive strålingsbeskyttede målelegemer
- h er varmeoverføringskoefficienten for varmeoverføringen mellem den hede gas og de respektive strålingsbeskyttede målelegemer
- A er målelegemernes overfladeareal
- T_a og T_b er de respektive målelegemers temperatur, og T_G er den søgte gastemperatur.
2. Fremgangsmåde ifølge krav 1, *k e n d e t e g n e t* ved, at varmeafgivelsen til de enkelte strålingsbeskyttede målelegemer måles ved konstant holdt målelegemetemperatur at måle varmestømmene gennem kendte varmeledere, der bortleder den til det strålingsbeskyttede målelegeme afgivne varme.
3. Fremgangsmåde ifølge krav 2, *k e n d e t e g n e t* ved, at varmestømmen gennem den kendte varmeleder måles ved måling af temperaturen i to punkter langs varmelederen og beregning efter formelen:
- $Q = \frac{K}{L} A_t (T_1 - T_2)$, hvor
- Q er den søgte varmestøm
- K er varmelederens varmeledningsevne
- L er afstanden mellem de to målepunkter
- A_t er varmelederens tværsnitsareal, og
- T_1 og T_2 er de målte temperaturer i de to målepunkter.
4. Fremgangsmåde ifølge krav 1, *k e n d e t e g n e t* ved, at målingen af varmeoverførslen til målelegemerne sker

ved, at hvert målelegeme holdes på konstant temperatur ved, at et kølemiddel gennemstrømmer det og bortleder den varme, der fra gassen overføres til målelegemet, hvilken varmemængde bestemmes som produktet af den mængde kølemiddel, der

5 strømmer gennem målelegemet, kølemidlets varmefylde og dets temperaturtilvækst ved passagen gennem målelegemet.

5. Apparat til udøvelse af fremgangsmåden ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at det omfatter to målesystemer, der hvert især består af et strålings-

10 beskyttet målelegeme (2, 3; 24, 25), anbragt i gassen, hvis temperatur skal måles, midler (8, 9, 10; 26-29) til at holde målelegemets temperatur lavere end gassens temperatur, midler (12, 13; 32, 34) til måling af målelegemets temperatur, og midler (14-17; 31-36) til bestemmelse af varmeoverførslen fra

15 gas til målelegeme.

6. Apparat ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at hvert af de to målesystemer omfatter et strålingsbeskyttet målelegeme, der udgør den ene ende af en heat tube (2, 3), hvor driftstemperaturerne for de i de to målesystemer ind-

20 gående heat tubes er indbyrdes forskellige og ligger væsentligt under den gastemperatur, der skal måles, medens den anden ende af heat tuben er forbundet med den ene ende af en varmeledende stang (8, 9), hvis anden ende holdes kølet, og hvor midlerne til bestemmelse af varmeoverførslen består af

25 temperaturmåleorganer (14-17) til måling af temperaturen i to punkter langs den varmeledende stang.

7. Apparat ifølge krav 6, k e n d e t e g n e t ved, at de varmeledende stænger i de to målesystemer har forskellig længde, idet stangen i målesystemet med den heat tube (9),

30 der har den laveste driftstemperatur, er kortest.

8. Apparat ifølge krav 5, k e n d e t e g n e t ved, at midlerne til at holde målelegemernes (24, 25) temperatur lavere end gastemperaturen omfatter midler (26-29) til at føre kølemiddel igennem legemerne, midlerne til måling af

35 målelegemernes temperaturer omfatter temperaturmåleorganer (32, 34) i kølemidlets returløbsrør (27, 29), og at midlerne til bestemmelse af varmeoverførslen omfatter temperaturmåleorganer (31-34) i tilløbs- og returløbsrørene (26-30) for kølemidlet og mindst en strømningsmåler (35, 36) til måling

40 af kølemiddelstrømmen.

Fremdragne publikationer:

US patent nr. 3204447.

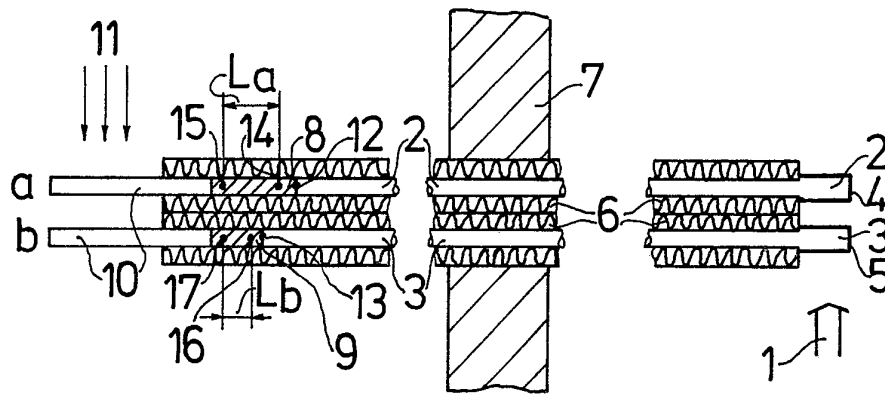


Fig 1

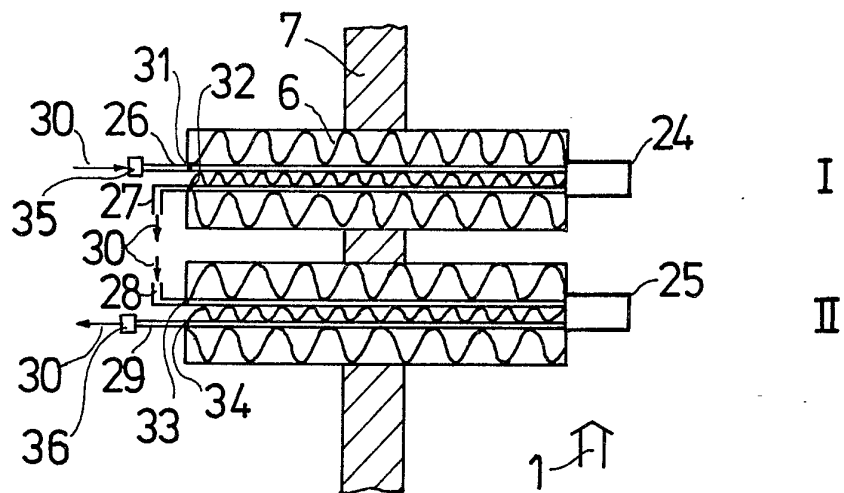


Fig 2