



Patentdirektoratet
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 0022/90

(51) Int.Cl.5

F 28 D 7/00

(22) Indleveringsdag: 05 jan 1990

C 10 J 3/86

(41) Alm. tilgængelig: 06 jul 1991

(44) Fremlagt: 25 maj 1992

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: -

(71) Ansøger: *Burmeister & Wain Energi A/S; Teknikerbyen 23; 2830 Virum, DK

(72) Opfinder: Knud Erik *Bendixen; DK

(74) Fuldmægtig: Internationalt Patent-Bureau

(54) Gaskøler for varmeovergang ved stråling

(56) Fremdragne publikationer

GB off.g.skrift nr. 2061758, 2094828
US pat. nr. 4314826, 4493291

22-90

(57) Sammendrag:

Strålingskøleren anvendes til køling af gas fra en forgasningsreaktor og omfatter en aflang lodret placeret trykbeholder (1), i hvilken et med beholderen koaksialt varmevekslingselement (10, 11,) danner en første central gaspassage (12), en anden gaspassage (13), hvor gassens retning vendes 180° og en tredje gaspassage (14). Varm gas medførende smeltet slagge strømmer ind gennem en gastilgang (5) og ned gennem den centrale gaspassage (12), hvor gassen afkøles hovedsagelig ved stråling. Gassen og den medrevne slagge afkøles yderligere i et andet varmevekslingselement (15), hvorefter gassen passerer op gennem den tredje gaspassage (14) og køles yderligere, fortrinsvis ved konvektion i et tredje varmevekslingselement (16). Varmevekslingselementerne kan være forbundet til en fælles afgangskasse (20) ophængt ved beholderens top, således at deres fulde vægt bæres af afgangskassen, hvorved yderligere indvendige afstivninger undgås både under transport af beholderen i vandret stilling og under drift i lodret stilling.

fortsættes

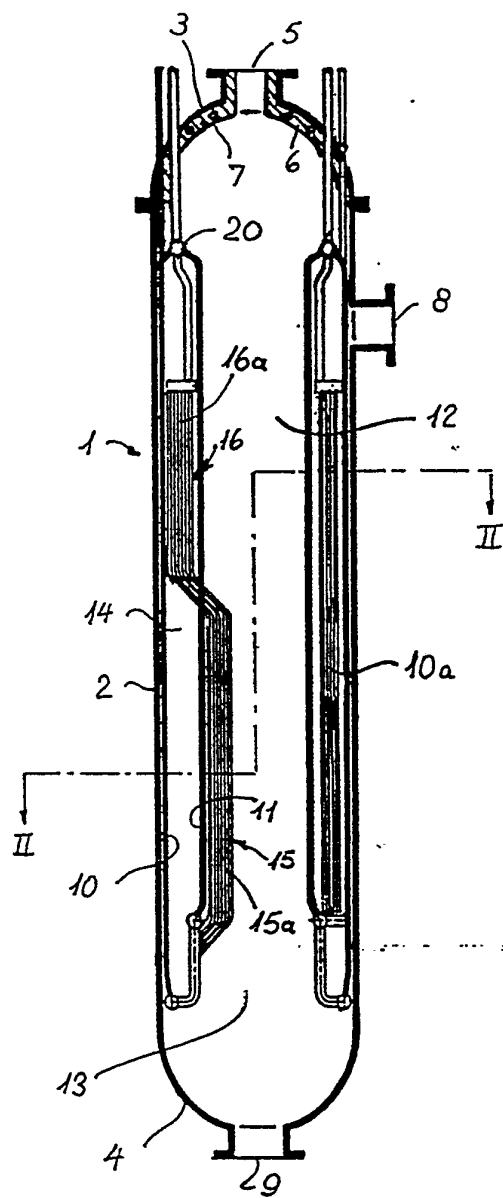


FIG.1

Opfindelsen vedrører en gaskøler til køling af en strøm af gas, hovedsagelig ved stråling, især til køling af gas direkte nedstrøms for en forgasningsreaktor til forgasning af faste stoffer, hvilken gaskøler
5 omfatter en aflang, lodret placeret cirkulærcylindrisk trykbeholder med en tilgang for gas og slagge foroven, en afgang for kølet gas nær beholderens top, en afgang for slagge forneden, og i beholderen et varmevekslingsselement med varmevekslingsflader, der strækker sig
10 over størstedelen af beholderens længde, og er sammensat af rør indrettet til at føre vand og vanddamp under højt tryk, hvilket varmevekslingsselement omfatter en første ved enderne åben, hul, lodret cirkulærcylindrisk sektion, der er koaksial med trykbeholderen og en anden
15 lignende sektion, der er placeret inde i den første sektion koaksialt med denne, så der afgrænses en første central gaspassage, gennem hvilken gassen fra gastilgangen tillades at strømme lodret nedad, en anden gaspassage mellem de nederste mundingar af den anden og
20 den første sektion, og i hvilken gasstrømmens retning vendes 180°, og en tredje gaspassage dannet af mellemrummet mellem den første og anden sektion gennem hvilken gassen strømmer lodret opad til gasafgangen nær beholderens top.

25 Gassen, der afgår fra en sådan gasreaktor kan have et tryk på ca. 30 bar og en temperatur på 1400°C eller derover, og gassen vil almindeligvis medføre smeltet slagge. Af hensyn til en efterfølgende vaskning af gassen afkøles denne til ca. 200°C i flere trin. Den
30 indledende afkøling foretages ved hjælp af en strålingskøler af den indledningsvis angivne art.

For at opnå den bedst mulige virkningsgrad af det anlæg, hvori gassen frembringes og eventuelt senere udnyttes, er det nødvendigt at genanvende den varme,
35 der udtages fra gassen ved afkølingen i strålingskøleren. Dette gøres ved, at varmevekslingsselementerne i

køleren gennemstrømmes af vand og vanddamp i en tofasestrøm under højt tryk, hvorefter dampen udskilles i et tilknyttet anlæg og udnyttes i et dampturbineanlæg.

Ved gaskølere af denne art tilstræbes det, at
5 den medrevne smeltede slagge afkøles så meget at den størkner inden gassen forlader køleren, og om muligt inden gassen når beholderens bund. Gaspassagen har lodrette vægge, så slaggen ikke sætter sig fast på disse vægge, men ved tyngdens kraft føres mod beholderens
10 bund, hvor der almindeligvis er indrettet et vandbad til afkøling af eventuel ikke størknet slagge. Ved beholderbunden findes også en udtagningsindretning til portionsvis udtagning af slaggen under bibeholdelse af trykket i beholderen.

15 Da gassen, der strømmer ind i køleren foroven har en høj temperatur, er varmeovergangen i dette område meget stor og varmeovergangen foregår hovedsagelig ved stråling. Efterhånden som temperaturen af gassen falder, kræves der et forholdsvis større varmeoverføringsareal for at afkøle gassen og slaggen tilstrækkeligt inden beholderbunden nås, og dette areal fås i kendte gaskølere ved at øge varmevekslingselementets længde og dermed beholderlængden indtil det nødvendige varmevekslingsareal er opnået. Sådanne lange beholdere
20 har den ulempe, at de er dyre og vanskelige at opbygge og transportere i vandret stilling, delvis på grund af selve beholderens længde, men også fordi afstivninger og understøtninger, der er bestemt til at bære varmevekslingselementet, når beholderen er placeret i lodret stilling, ikke har nogen virkning, når beholderen
25 ligger vandret og der må derfor installeres ekstra afstivninger for at bære varmevekslingselementet i sidstnævnte stilling.

En gaskøler af den ovenfor beskrevne art kendes
35 f.eks. fra US patentskrift nr. 4 493 291.

Det er hensigten med opfindelsen at angive en strålingskøler, der ikke har de ovenfor beskrevne ulemper.

Gaskøleren ifølge opfindelsen adskiller sig fra den kendte gaskøler ved, at den omfatter et i den første passages nederste del centralt beliggende andet varmevekslingsselement og et i den tredje passages øverste del beliggende tredje varmevekslingsselement, at det andet og det tredje varmevekslingsselement er opdelt i flere separate, lodrette, plane paneler, og at rørene, der danner det andet varmevekslingsselement går direkte over i rørene, der danner det tredje varmevekslingsselement.

Med det centralt beliggende andet varmevekslingsselement opnås, at slaggen kan afkøles så kraftigt, at den er størknet før den udskilles fra gasstrømmen, og med det tredje varmevekslingsselement opnås en kraftig forøgelse af varmeovergangsarealet i det område af køleren, hvor gastemperaturen er lavest, og hvor varmeovergangen delvis sker ved konvektion. Ved at udføre det tredje varmevekslingsselement som separate plane, lodrette paneler opnås varmevekslingsflader, der er glatte og forhindrer opsamling af slaggepartikler, og som også frembyder en forholdsvis lille modstand mod gassens passage.

Ved at lade rørene, der danner det andet varmevekslingsselement gå direkte over i rørene, der danner det tredje varmevekslingsselement, opnås yderligere, at tofasestrømmen af vand og vanddamp gennem rørene kan fortsætte direkte fra det ene varmevekslerelement til det næste, uden at den forstyrres ved gennemløb af konventionelle samle- og fordelingskasser ved henholdsvis afgang og tilgang fra det ene varmevekslerelement og tilgangen for det næste varmevekslerelement. Tofasestrømmen er meget følsom overfor modstands- og retningsændringer i rørsystemet, idet der under sådanne ændringer let forekommer en separering af strømmen i dennes to faser, hvilket giver en væsentlig forringet varmeovergang, og når de separerede faser føres sammen i en samlekasse,

kan der opstå vandslag og kavitation i rørsystemet. Ved rørføringen ifølge opfindelsen opnås desuden, at strømningsmodstanden på både gas-og kølemediesiden kan reduceres.

- 5 Ifølge en foretrukket udførelsesform af opfindelsen passerer rørene, der forbinder det andet varmevekslingsselement med det tredje varmevekslingsselement mellem rørene i den anden sektion og er fast forbundet med disse. De gennemgående rør virker på denne måde som
10 ophæng for det andet varmevekslingsselement og tilvejebringer derved en yderligere afstivning.

En anden udførelsesform er ejendommelig ved, at rørene, der danner varmevekslingsfladerne forløber i hovedsagen lodret, og fortrinsvist er sammensvejst til
15 membranrørvægge. Ved disse foranstaltninger opnås varmevekslingsflader, på hvilke slaggepartikler ikke samler sig.

En yderligere udførelsesform er ejendommelig ved, at den første og/eller den anden sektion forinden
20 har tilgangsrør, der i den anden gaspassage danner en fangrist for slaggepartikler. Ved denne udformning af vandtilgangsrørene til varmevekslingsselementet opnås, at større slaggepartikler, der medrives af gassen hindres i at trænge op i den tredje gaspassage.

- 25 I endnu nogle foretrukne udførelsesformer kan det andet varmevekslingsselements paneler have en radial ydre kant, der er fast forbundet med den anden sektionens varmevekslingsflade, og det tredje varmevekslingsselements paneler kan hver være fast forbundet med varmevekslingsflader i den første og den anden sektion. Herved opnås en fordelagtig indbyrdes afstivning mellem varmevekslingsselementerne, der er virksom både i vandret og i lodret stilling af beholderen.

I en udførelsesform kan den første sektion, den
35 anden sektion og det tredje varmevekslingsselement foroven være forbundet til en fælles afgangskasse for vand

og vanddamp, og den fælles afgangskasse kan være båret i beholderens øverste del og selv bære den fulde vægt af alle tre varmevekslingsselementer. Den fælles afgangskasse kan være ophængt i endebunden eller kan fx. 5 være båret af konsoller fastsvejst foroven i svøbet. Da hele vægten af alle varmevekslingsselementerne i lodret stilling af beholderen bæres af den fælles afgangskasse, er det blot nødvendigt at styre varmevekslingsselementerne forneden på kendt måde, så de er bevægelige i 10 længderetningen af hensyn til varmeudvidelsen. Derved undgås de ofte komplicerede og pladskrævende afstivninger, som anvendes i kendte kølere. Som følge af varmevekslingsselementernes cylindriske udformning er de tilstrækkelig stive til, at køleren kan transporteres i 15 vandret stilling, uden at der er behov for ekstra afstivninger. Denne udførelsesform har den yderligere fordel, at vedligeholdelsen af varmevekslingsselementerne lettes, idet elementerne som en enhed kan løftes ovenud af den lodretstående beholder, efter at dennes 20 top er demonteret.

Opfindelsen vil nu blive forklaret nærmere ved hjælp af nogle udførelsesformer og med henvisning til tegningen, på hvilken

fig. 1 viser et noget skematisk længdesnit langs 25 linien I-I i fig. 2 i en strålingskøler ifølge opfindelsen,

fig. 2 et snit langs linien II-II i fig. 1

fig. 3 et tværsnit i den øvre del af en anden udførelsesform af strålingskøleren og

30 fig. 4 et tværsnit som i fig. 3 i en tredje udførelsesform af strålingskøleren.

Den i fig. 1 viste strålingskøler består af en aflang, cirkulærcylindrisk trykbeholder 1 med et svøb 2, og har foroven og forneden endebunde henholdsvis 3 35 og 4. Den øverste endebund 3 har en studs 5 for tilslutning til en ikke vist ledning for tilførsel af varm

gas til strålingskøleren. Endebunden 3 har en indvendig varmeisolering 6 til beskyttelse mod varmepåvirkningen fra gassen og den korrosive virkning af smeltede slagge, der medføres af gassen. Til afkøling af isoleringen 6 er der i denne indlagt en kølespiral 7.

I svøbet tæt under endebunden 3 er placeret en studs 8 for afgang af afkølet gas fra strålingskøleren. Den nederste endebund 4 har en studs 9 til forbindelse med en ikke vist indretning til udtagning af afkølet slagge fra beholderbunden 4, medens beholderen 1 står under tryk.

Inde i beholderen og koaksialt med denne er placeret et første varmevekslingsselement med en første sektion 10, der er udformet som et ved begge ender åbent, cirkulærcylindrisk rør, hvis rørvæg er en membranrørvæg med lodretgående rør. Sektionen 10 er indbyrdes adskilt fra svøbet 2, men ligger tæt ved dette. En anden sektion 11 af varmevekslingsselementet er opbygget på samme måde som sektionen 10, men har en mindre diameter end denne og er placeret inde i sektionen 10 koaksialt med beholderen. Sektionen 11 strækker sig fra samme niveau ved toppen af beholderen som sektionen 10, men er noget kortere end denne. Mellem sektionerne 10 og 11 er der yderligere i den tredje gaspassage 14 lodrette paneler 10a, placeret med indbyrdes lige store afstande og beliggende i planer, der indeholder beholderaksen.

Som følge af denne udformning og beliggenhed af sektionerne 10 og 11 fremkommer en første central gaspassage 12, der afgrænses af indersiden af sektionen 11, en anden gaspassage 13, der dannes af beholderrummet mellem de nederste munding af sektionerne 10 og 11 samt en tredje gaspassage 14, der udgøres af mellemrummet mellem sektionerne 10 og 11. I det nederste parti af den første gaspassage 12 og koncentrisk med beholderen er placeret et andet varmevekslingssele-

ment 15, der hovedsagelig er opbygget som paneler 15a af lodrette membranrørvægge, der ligger i planer, der indeholder beholderaksen og hvis radiale yderkanter er fast forbundet med sektionen 11's membranrørvæg. Den
5 nederste ende af varmevekslingsselementet 15 er beliggende i et niveau, der ligger på højde med sektionen 11's nederste munding.

Ved varmevekslingsselementet 15's øverste ende er de rør, der danner membranrørvæggene ført skråt opad
10 og ud gennem sektionen 11's membranrørvæg, hvorefter de fortsætter op gennem gaspassagen 14, hvor de danner et tredje varmevekslingsselement 16, der afsluttes i et niveau, der ligger under gasafgangsstudsen 8. Som vist i fig. 2 er varmevekslingsselementet 16 udformet som
15 flere lodrette paneler 16a, der hver er opbygget som rørmembranvægge med lodretgående rør.

I den i fig. 1 viste udførelsesform har det første og det andet varmevekslingsselement 15 forneden en tilgangskasse for kølemedium. Kølemediet passerer direkte
20 rekte fra varmevekslingsselementet 15 til varmevekslingsselementet 16 uden først at gå igennem en afgangskasse og en tilgangskasse for varmevekslingsselementerne henholdsvis 15 og 16. Varmevekslingsselementerne har foroven en fælles afgangskasse 20 for kølemedium. Afgangskassen 20 er ved hjælp af afgangsrørene
25 ophængt i endebunden 3 og hele vægten af alle varmevekslingsselementerne bæres således af afgangskassen. Tilgangskassen har ikke-viste styr, der begrænser varmevekslingsselementernes radiale bevægelse. men tillader
30 varmevekslingsselementerne at bevæge sig frit i beholdrens længderetning under påvirkning af de herskende temperatur- og trykforhold.

Som ovenfor nævnt fortsætter rørene fra det andet varmevekslingsselement 15's membranrørvægge gennem den anden sektion 11's membranrørvægge. Dette
35 sker ved, at rørene fra de to varmevekslingsflader

flettes mellem hinanden på kendt måde. I selve overgangsområdet er rørene fra de to varmevekslingsflader yderligere sammensvejst, således at der sikres en god understøtning og afstivning af såvel den øverste ende af det andet varmevekslingselement 15 som den nederste ende af det tredje varmevekslingselement 16. Ved på denne måde at udnytte de enkelte varmevekslingselementers til- og afgangskasser og deres membranrørvægge som afstivende og bærende elementer, undgås den ved kendte strålingskølere anvendte komplekse afstivning, der dels kræver plads og dels medfører risiko for ophobning af slaggepartikler. Den ovenfor beskrevne afstivning i køleren ifølge opfindelsen er yderligere tilstrækkelig i de situationer, hvor køleren transporteres i hovedsagelig vandret stilling.

I den i fig. 3, viste udførelsesform er den første varmeveksler opbygget hovedsagelig som omtalt under beskrivelsen af fig. 1, men det tredje varmevekslingselement 16 er her vist som paneler af lodrette membranvægge, der er tangentielt beliggende i den tredje gaspassage 14.

I den i fig. 4 viste udførelsesform er det tredje varmevekslingselement 16's lodret forløbne membranvægge fast forbundet med det første og det andet varmevekslingselements membranvægge. Dette giver en yderligere indbyrdes afstivning af det første, det andet og det tredje varmevekslingselement i det øverste afsnit af beholderen.

Strålingskøleren ifølge opfindelsen virker på følgende måde. Varm gas fra en forgasningsreaktor strømmer ind gennem studsene 5 med en temperatur på ca. 1400°C eller derover og videre ned gennem den første centrale gaspassage 12. I dette første område sker der en meget kraftig varmeovergang hovedsagelig som følge af stråling. I den følgende del af gaspassagen 12 afkøles gassen yderligere, idet den stryger ned

langs det andet varmevekslingsselement. Herved sænkes temperaturen af gassen og den medrevne smeltede slagge så meget, at i hvert fald de finere slaggepartiker er helt størknet, når den anden gaspassage 13 nås. Større smeltede slaggepartier fortsætter på grund af inertien og tyngdekraften direkte ned mod beholderens bund 4, hvor der er indrettet et vandbad til afkøling af slaggestykkerne. Denne opsamlede slagge kan lukkes ud via studsens 9 ved hjælp af et ikke vist slusearrangement, medens beholderen står under tryk. Under gennemløbet af gaspassagen 13 vendes gasstrømmens retning 180° og gassen strømmer nu opad i gaspassagen 14 under stadig afkøling. Gastemperaturen bliver efterhånden så lav, at varmeoverføringen til varmevekslingsselementerne, især ved gennemstrømningen af det tredje varmevekslingsselement hovedsagelig sker ved konvektion. Gassen forlader køleren gennem studsens 8 ved den øverste del af det tredje varmevekslingsselement.

Da alle varmevekslingsselementer er udformet som membranrørvægge med lodrette rør, vil vedhæftende slagge på væggene i den første gaspassage blive fejet mod beholderbunden af gasstrømmen under assistance af tyngdekraften. Retningsændringen af gasstrømmen i den anden gaspassage medvirker yderligere til at udskille tungere slaggepartikler, som falder ned i beholderbunden og de lodrette flader i den tredje gaspassage virker også hindrende på eventuelle ophobninger af partikler.

I den udførelsesform der er vist i fig. 1, har den første 10 og den anden sektion 11 forinden en fælles tilgangskasse 23 og rørene 21 fra denne fælles kasse til den anden sektion 11 er ført således, at de danner en fangrist for slaggepartikler i den anden gaspassage 13. Dette medvirker yderligere til at forhindre at større partikler føres videre op igennem den tredje gaspassage 14.

For yderligere at hindre ophobning af slaggepartikler på varmevekslingsfladerne kan der fx i den i

I den udførelsesform der er vist i fig. 1, har den første 10 og den anden sektion 11 forneden en fælles tilgangskasse 23 og rørene 21 fra denne fælles kasse til den anden sektion 11 er ført således, at
5 de danner en fangrist for slaggepartikler i den anden gas-passage 13. Dette medvirker yderligere til at forhindre at større partikler føres videre op igennem den tredje gaspassage 14.

For yderligere at hindre ophobning af slaggepartikler på varmevekslingsfladerne kan der fx i den i
10 fig. 1 viste udførelsesform være anbragt mekaniske vibrationsorganer ved tilgangskassen 23, idet sidestyrene for varmevekslingselementerne her tillader en vis bevægelighed af disse, hvorved vibrationsorganerne kan
15 udøve en særlig stor effekt. I den øverste del af beholderen, især i den øverste del af den tredje gaspassage 14, kan det være fordelagtigt at indsætte sodblæsere til rensning af de lodrette kanaler mellem det fjerde varmevekslingselements lodretstående membranrør-
20 vægge, idet vibrationsorganernes virkning i dette område vil være mindre på grund af den stivere konstruktion i området.

P A T E N T K R A V

25

1. Gaskøler til køling af en strøm af gas, hovedsagelig ved stråling, især til køling af gas direkte nedstrøms for en forgasningsreaktor til forgasning af faste stoffer, hvilken gaskøler omfatter en aflang,
30 lodret placeret cirkulærcylindrisk trykbeholder (1) med en tilgang (5) for gas og slagge foroven, en afgang for kølet gas (8) nær beholderens top, en afgang (9) for slagge forneden, og i beholderen (1) et varmevekslingselement med varmevekslingsflader, der strækker sig
35 over størstedelen af beholderens længde, og er sammensat af rør indrettet til at føre vand og vanddamp under højt tryk, hvilket varmevekslingselement omfatter en

første ved enderne åben, hul, lodret cirkulærcylindrisk sektion (10), der er koaksial med trykbeholderen (1) og en anden lignende sektion (11), der er placeret inde i den første sektion (10) koaksialt med denne, så der afgrænses en første central gaspassage (12) gennem hvilken gassen fra gastilgangen (5) tillades at strømme lodret nedad, en anden gaspassage (13) mellem de nederste mundinger af den anden (11) og den første (10) sektion, og i hvilken gasstrømmens retning vendes 180°, og en tredje gaspassage (14) dannet af mellemrummet mellem den første (10) og anden (11) sektion gennem hvilken gassen strømmer lodret opad til gasafgangen (8) k e n d e t e g n e t ved, at den omfatter et i den første passages (12) nederste del centralt beliggende andet varmevekslingselement (15) og et i den tredje passages (14) øverste del beliggende tredje varmevekslingselement (16), at det andet og det tredje varmevekslingselement er opdelt i flere separate, lodrette, plane paneler (15a, 16a), og at rørene, der danner det andet varmevekslingselement (15) går direkte over i rørene, der danner det tredje varmevekslings element (16).

2. Gaskøler ifølge krav 1, k e n d e t e g n e t ved, at rørene, der forbinder det andet varmevekslingselement (15) med det tredje varmevekslingselement (16) passerer mellem og er fast forbundet med rørene i den anden sektion (11), som således bærer det andet varmevekslingselement (15).

3. Gaskøler ifølge krav 1 eller 2, k e n d e t e g n e t ved, at rørene, der danner varmevekslingsfladerne forløber i hovedsagen lodret, og fortrinsvist er sammensvejst til membranrørvægge.

4. Gaskøler ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at den første (10) og/eller den anden (11) sektion forneden har tilgangsrør (21), der i den anden gaspassage (13) danner en fangrist for slaggepartikler.

5. Gaskøler ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at det andet varmevekslingsselements (15) paneler (15a) har en radialt ydre kant, der er fast forbundet med den anden sektion
5 (11) varmevekslingsflade.

6. Gaskøler ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at det tredje varmevekslingsselements (16) paneler (16a) hver er fast forbundet med varmevekslingsflader i den første (10) og
10 den anden (11) sektion.

7. Gaskøler ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at den første sektion (10), den anden sektion (11) og det tredje varmevekslingsselement (16) foroven er forbundet til en fælles
15 afgangskasse (20) for vand og vanddamp, og at den fælles afgangskasse (20) er båret i beholderens (1) øverste del og selv bærer den fulde vægt af alle tre varmevekslingselementer.

8. Gaskøler ifølge ethvert af de foregående krav, k e n d e t e g n e t ved, at den har sodblæsere
20 fortrinsvis ved overparten af det andet varmevekslingsselement og mekaniske vibrationsorganer fortrinsvis i områderne ved varmevekslingselementernes til-og/eller afgange til rensning af varmevekslingsfladerne under
25 drift.

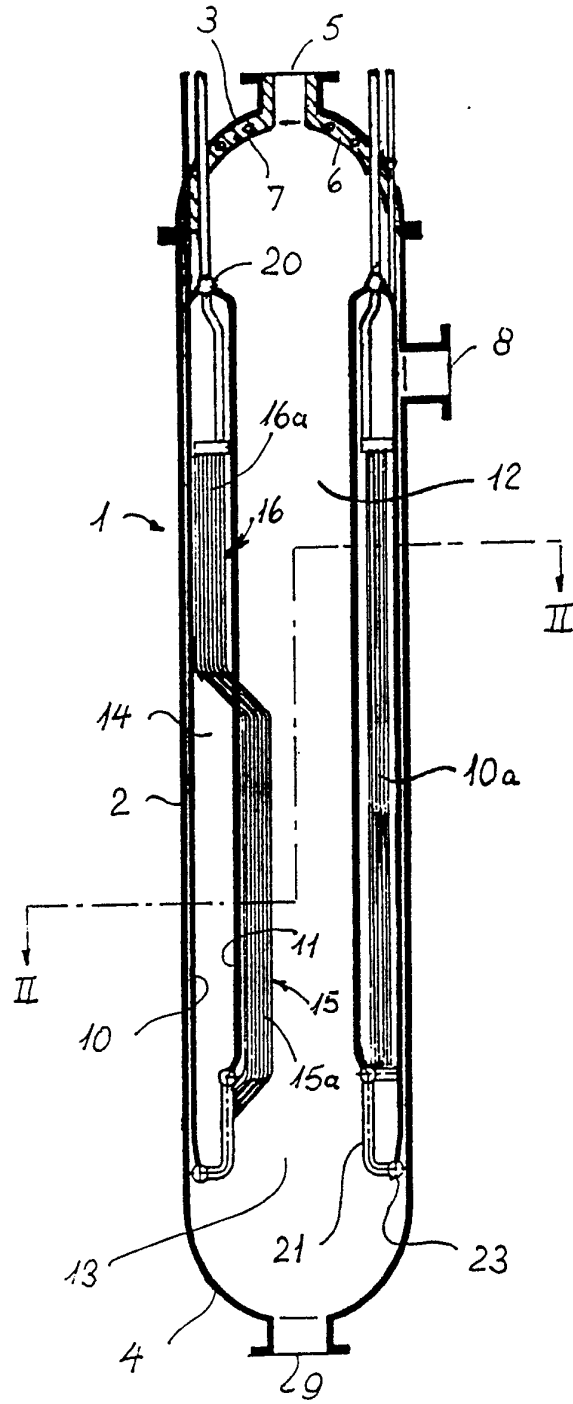


FIG.1

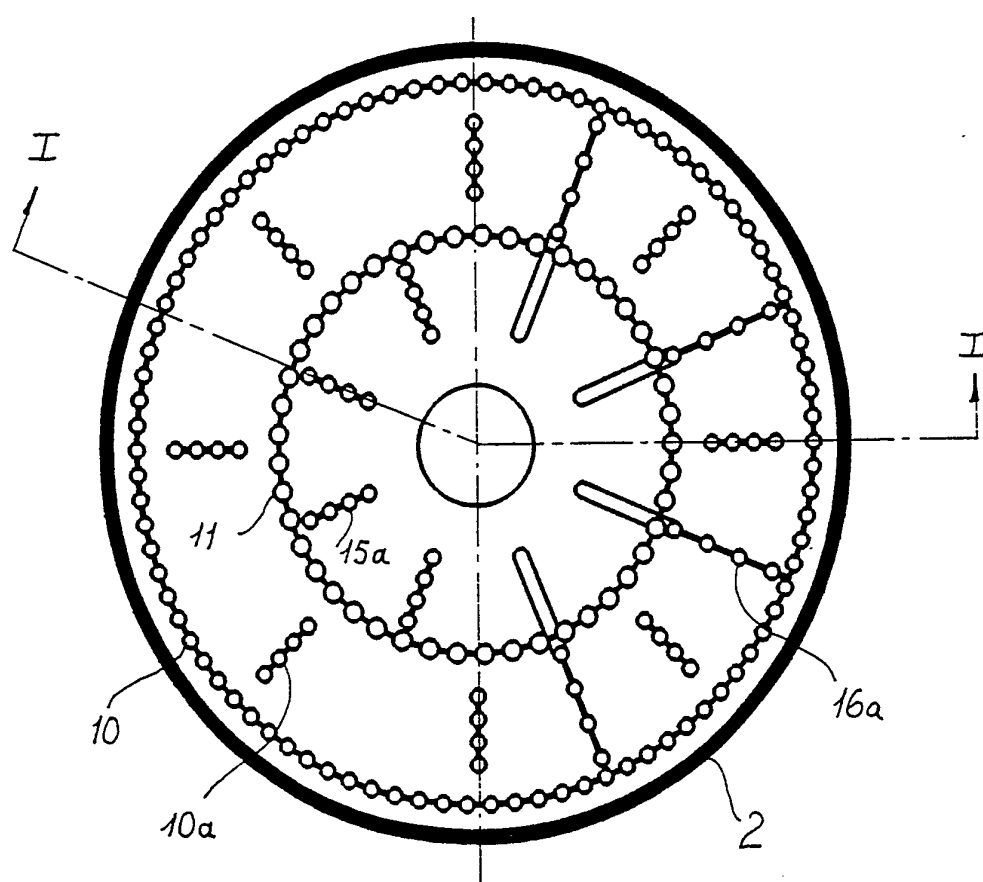


FIG. 2

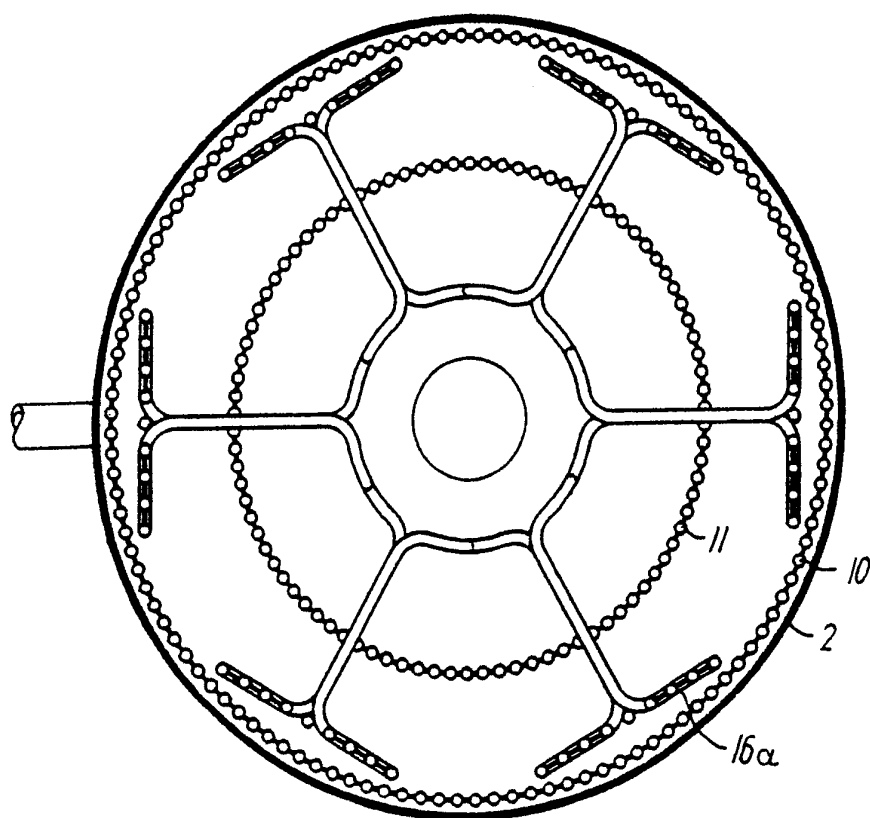


FIG. 3

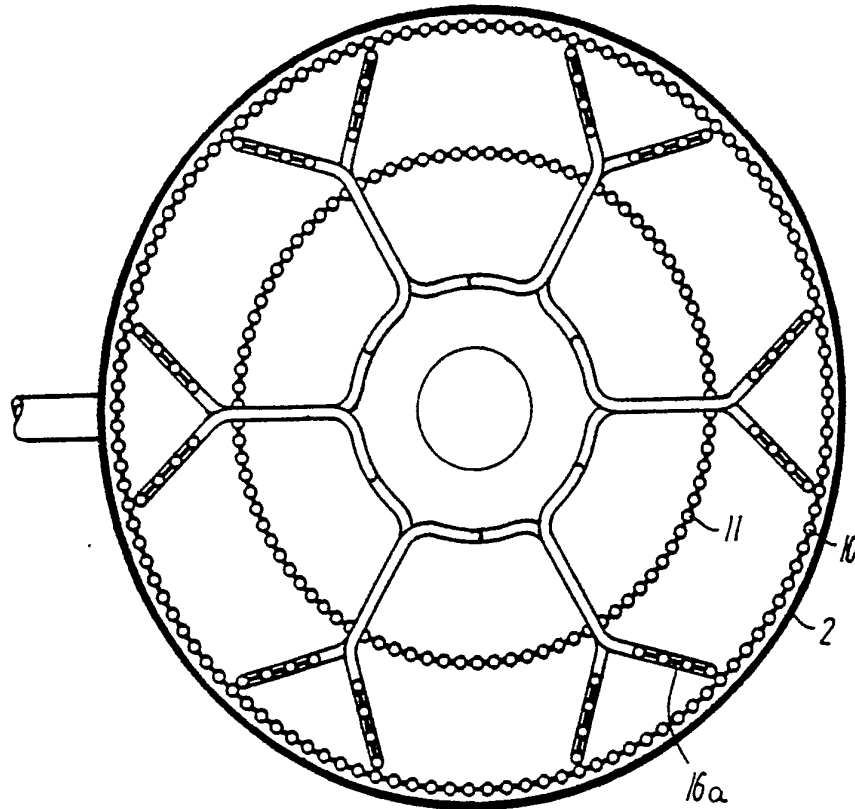


FIG. 4