



PATENTDIREKTORATET
TAASTRUP

(21) Patentansøgning nr.: 6640/87

(51) Int.Cl.⁵

F 01 K 23/06

(22) Indleveringsdag: 17 dec 1987

F 02 C 3/20

(41) Alm. tilgængelig: 23 jun 1988

F 22 B 31/00

(44) Fremlagt: 16 sep 1991

F 23 C 11/02

B 01 J 8/00

(86) International ansøgning nr.: -

(30) Prioritet: 22 dec 1986 DE 3644030

(71) Ansøger: *Siemens Aktiengesellschaft; Wittelsbacherplatz 2; 8000 Muenchen 2, DE, *Saarbergwerke Aktiengesellschaft; Postfach 1030; 6600 Saarbruecken, DE

(72) Opfinder: Hermann *Brueckner; DE, Lothar *Stadie; DE, Gerhard *Scholl; DE

(74) Fuldmægtig: Patentbureauet Giersing & Stelling A/S

(54) Trykladet, kulfyret dampgenerator

(56) Fremdragne publikationer

(57) Sammendrag:

6640 - 87

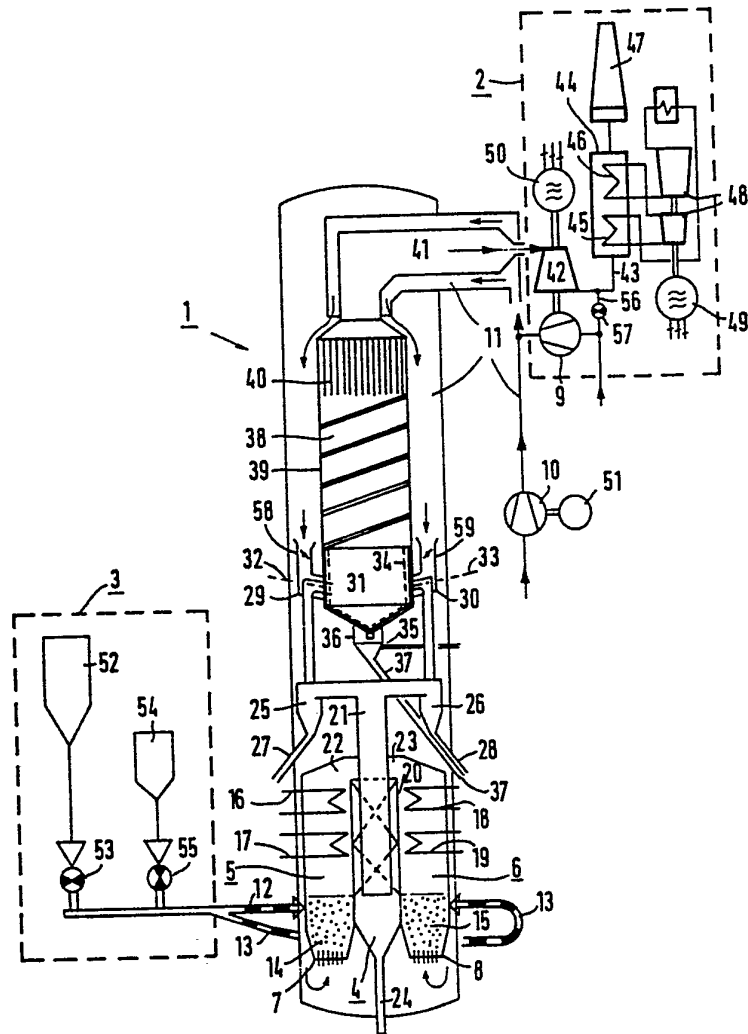
2.1 Opfindelsen angår et gas- og damp turbinekraftværk med en trykladet, kulfyret dampgenerator (1), en til dennes spildgasledning (41) tilsluttet gasturbine (42), en på gassiden efter gasturbinen anbragt spildvarmedampgenerator (44) og en til spildvarmedampgeneratoren på dampiden tilsluttet damp turbine (48). Ved sådanne gas- og damp turbinekraftværker foreligger det problem at holde spildgasserne fra den trykladede dampgenerator tilstrækkeligt støvfrie, for at beskytte gasturbinen mod umideholdent slid fra støv- og askepartiklerne.

2.2 Til dette formål foreslås det, den kulfyrede dampgenerator omfatter et understøtmetrisk drevet hvirvellagsfyrringsanlæg (5, 6), en efter hvirvellagsfyrringsanlægget anbragt, integreret støvudskiller (4) og et med sine brændere (29, 30) på gassiden efter støvudskilleren anbragt dampgeneratorsmeltekommer (31). Desuden kan brænderne i dampgeneratorsmeltekommeret være anbragt tangentielt i vægoverfladen, og indervæggen af dampgeneratorsmeltekommeret kan have et cylindrisk tværsnit.

2.3 En dampgenerator ifølge opfindelsen er især egnet til anvendelse ved offentlige og industrielle gas- og damp turbinekraftværker.

fortsættes

6640-87



- 1 -

Opfindelsen angår en trykladet, kulfyret dampgenerator til et gas- og damp-turbinekraftværk med en til dennes spildgasledning tilsluttet gasturbine, en på gassiden efter gasturbinen koblet spildvarmedampgenerator og en til spildvarmedampgeneratoren på damp-siden tilsluttet damp-
5 turbine.

Gas- og damp-turbinekraftværker med en trykladet, kulfyret dampgenerator er allerede blevet foreslået i forskellige trykskrifter, som fx. i DE-offentliggørelsesskrift 31 23 391, fordi denne kraftværkstype lover høje totalvirkningsgrader, og investeringsopbuddet ligger langt
10 under det, som er nødvendigt til et gas- og damp-turbinekraftværk med forankoblet kulforgasser. Gas- og damp-turbinekraftværker med en trykladet, kulfyret dampgenerator er imidlertid hidtil ikke kommet ud over forsøgsstadiet. Det har nemlig vist sig, at levetiden for gasturbinen forkortes meget kraftigt på grund af støvbelastningen fra spildgasser-
15 ne. På den anden side er det ved de ved indgangen til gasturbinen herskende, høje gasindtrædningstemperaturer ikke muligt at tilvejebringe en tilstrækkelig effektiv afstøvning af spildgasserne.

Til grund for opfindelsen ligger derfor den opgave at anføre en måde, hvorpå kul i en kulfyret dampgenerator kan forbrændes tilstrække-
20 ligt støvfrit, således at dennes spildgasser i en gasturbine kan yde et arbejde uden nævneværdig påvirkning af levetiden. Desuden skal forbrændingen forløbe således, at der dannes færrest muligt kvælstofoxider, for at tilfredsstille emissionsbestemmelserne.

Denne opgave løses ved hjælp af ejendommelighederne i krav 1.
25 Yderligere udformninger af opfindelsen fremgår af de afhængige krav.

Som følge af konstruktionen af den trykladede, kulfyrede dampgenerator af et understøkiometrisk drevet hvirvellagsfyringsanlæg, en efter hvirvellagsfyringsanlægget koblet, integreret støvudskiller og et med sine brændere på gassiden efter støvudskilleren koblet dampgenerator-
30 smeltekommer sørges der dels for en lav forbrændingstemperatur i hvirvellaget, således at kvælstofoxiddannelsen her vidtgående udebliver, og dels opnås der på grund af den permanente hvirvling af partiklerne alligevel en fuldstændig forbrænding. Samtidig udskilles de af den i hvirvellagsfyringsanlægget dannede brændgas medrevne støvpartikler i
35 den integrerede støvudskiller i videst mulige omfang fra brændgasserne,

- 2 -

således at der til brænderne i dampgeneratorsmeltekammeret tilføres en næsten støvfri, i det væsentlige kulmonoxidholdig gas. De alligevel medførte askepartikler smelter ved de høje temperaturer i smeltekammeret og samles til små dråber. De falder under påvirkning af tyngdekraften nedad og kan ledes bort i et til den nederste ende af dampgeneratorsmeltekammeret tilsluttet askebortledningsrør. Alt dette fører til, at de spildgasser, som forlader dampgeneratorsmeltekammeret, er mest muligt støvfri.

Støvfriheden af de spildgasser, som forlader dampgeneratorsmeltekammeret, kan sænkes yderligere, hvis indervæggen af dampgeneratorsmeltekammeret i en udformning af opfindelsen har et cylindrisk tværsnit, og brænderne er anbragt tangentielt i denne indervæg. Herved induceres der i smeltekammeret en hvirvelstrømning, som fører de endnu i brændgassen tilstedeværende askepartikler mod væggen i dampgeneratorsmeltekammeret. Der kan den flydende, klæbrige aske på væggen strømme nedad til askebortledningen. Som følge af sin klæbrige konsistens fastholder asken alle de partikler, som kommer i berøring med den, og bidrager således ikke uvæsentligt til rensning af spildgassen.

En yderligere mindskelse af askeindføringen i askesmeltekammeret kan i en videreudformning af opfindelsen opnås ved forankobling af yderligere cykloner før brænderne i dampgeneratorsmeltekammeret.

Det er særligt fordelagtigt, hvis dampgeneratorsmeltekammeret i en udformning af opfindelsen går umiddelbart over i strålerummet. Ved denne foranstaltning forbedres udførelsen af smeltede og i strålerummet ved afkøling atter stivnede askepartikler i forbindelse med hvirvelstrømningen i askesmeltekammeret gennem den lange vej gennem strålerummet yderligere, og der sikres også samtidig en overføring af den følelige varme i spildgassen til vanddampkredsløbet med det mindst mulige opbud.

Yderligere fordelagtige udformninger af opfindelsen forklares ved hjælp af et på figuren vist udførelseseksempel. På figuren ses:

Et gas- og dampturbinekraftværk med en ifølge opfindelsen trykladede, kulfyret dampgenerator.

Figuren viser et længdesnit gennem den trykladede, kulfyrede dampgenerator 1 og det til den tilsluttede gas- og dampturbinekraftværk 2 samt det foran dampgeneratoren 1 koblede kultilberedningsanlæg 3 i ske-

- 3 -

matisk forenklet gengivelse. Den trykladede, kulfyrede dampgenerator 1 indeholder i sit nederste afsnit to til begge sider af en askeudskillelsescyklon 4 anbragte hvirvellagsforbrændingskamre 5, 6, hvis dysebunde 7, 8 er tilsluttet til en friskluftledning 11, som er tilsluttet en luftkompressor 9, 10, og som omslutter byggelementerne i dampgeneratoren som et hus. Oven over dysebundene 7, 8 i hvert af hvirvellagsforbrændingskamrene indmunder i hvert en til kultilberedningsanlægget 3 tilsluttet brændstofledning 12, 13. I det frie rum oven over de pågældende, stationære hvirvellag 14, 15 i hvirvellagsforbrændingskamrene 5, 6 er der anbragt varmevekslervarmeflader 16, 17, 18, 19, som er tilsluttet på en her ikke nærmere vist måde til vanddampkredsløbet i gas- og dampturbinekraftværket 2. Udskillelsescyklonen 4 mellem de to hvirvellagsforbrændingskamre 5, 6 består i det væsentlige af to koncentriske rør 20, 21, af hvilke det ydre rør 20 er tilsluttet ved sin øvre, ellers lukkede ende til der tangentielt indmundende spildgaskanaler 22, 23 fra de to hvirvellagsforbrændingskamre 5, 6, og i sin nedre ende munder tragtformet ind i en askebortledning 24. Det indre rør 21 er åbent ved sin nedre ende. Det rækker ned indtil kort oven over den nedre tragtformede ende på det ydre rør 20. Det indre rør 21 munder i udførelseseksemplet ved sin øvre ende ind i to på begge sider af dette anbragte yderligere udskillelsescykloner 25, 26.

Udskillelsescyklonerne 25, 26 er ved deres nederste ende tilsluttet til hver sin askebortledning 27, 28 og på spildgassiden til brænderne 29, 30 i et oven over hvirvellagsforbrændingskammeret 5, 6 anbragt dampgeneratorsmeltekammer 31. Disse brændere 29, 30 er rettet tangentielt med den cylindriske indervæg i dampgeneratorsmeltekammeret 31 og holder med deres symmetriakse 32, 33 lidt nedad. De er tilsluttet til friskluftledningen 11. Dampgeneratorsmeltekammeret 31 er indvendigt udført med en chamotteforing 34 og er udformet tragtformet ved den nederste ende. Til denne tragtformede ende slutter der sig en med et vandsprøjtningssanlæg 35 forsynet askeopfangningstragt 36, som på sin side munder ind i en yderligere askebortledning 37. Til dette dampgeneratorsmeltekammer 31 slutter der sig den nederste ende af et cylindrisk strålerum 38. Strålerummet er forsynet med en til vanddampkredsløbet i gas- og dampturbinekraftværket 2 tilsluttet finnerørvæg 39. Det bærer i

- 4 -

sin øvre ende konvektionsvarmeblader 40 samt en spildgasbortledning 41.

Den fra strålerummet 38 udtrædende spildgasledning 41 er tilsluttet umiddelbart til gasturbinen 42 i gas- og dampturbinekraftværket 2. Spildgasledningen 43 fra gasturbinen fører via en spildvarmekedel 44 med yderligere til vanddampkredsløbet tilsluttede varmevekslervarmeblader 45, 46 til skorstenen 47. Varmevekslervarmebladerne i spildvarmekedlen er på en her ikke nærmere vist måde tilsluttet til vanddampkredsløbet i en dampturbine 48. Både dampturbinen 48 og gasturbinen 42 driver hver en generator 49, 50. Desuden driver gasturbinen 42 også luftkompressoren 9. Den anden, til start og ved forstyrrelser anvendte luftkompressor 10 drives af en elektromotor 51.

Det foran den trykladede, kulfyrede dampgenerator 1 anbragte kul-tilberedningsanlæg 3 indeholder en kulbunker 52, et efter kulbunkeren anbragt maleværk 53, en bunker 54 til brændt kalk og en til brændstofledningen 12, 13 tilsluttet doseringsindretning 55 til den brændte kalk.

Ved drift af gas- og dampturbinekraftværket 2 udtages der fra kulbunkeren 52 kul, der males og blandes med doseret tilsat kalk fra bunkeren 54. Denne brændstofblanding føres ind via brændstofledningerne 12, 13 oven over dysebundene 7, 8 i de to hvirvellagsforbrændingskamre 5, 6. Samtidig indsuges der via luftkompressoren 9 hørende til gasturbinen 42 friskluft, som komprimeres og trykkes ind via den friskluftledning 11, som omslutter spildgasledningen 41 og byggelementerne 4, 5, 6, 25, 26, 31, 38 i dampgeneratoren 1 husagtigt, gennem dyserne i dysebundene 7, 8 i hvirvellagsforbrændingskammeret 5, 6. Med den således indblæste, forvarmede friskluft ophvirvles brændstofpartiklerne i de stationært drevne hvirvellagsforbrændingskamre 5, 6 og forbrændes som følge af den understøkiometriske luftmængde i det væsentlige til vanddamp og kulmonoxid. Som følge af den understøkiometriske forbrænding stiger temperaturen i hvirvellaget ikke over 900° C. Den kan ved tilsætning af spildgas til friskluften, hvilken reguleres ved hjælp af en i hjælpeledningen 56 indbygget reguleringsventil 57, fastsættes til en vilkårligt ønsket værdi mellem 750° C og 850° C. En del af varmen fra hvirvellagsforbrændingskamrene 5, 6 kan herunder afgives gennem de i det frie rum oven over de pågældende stationære hvirvellag 14, 15 i

- 5 -

hvirvellagsforbrændingskammeret indsatte varmevekslervarmeflader 16 - 19 til vanddampkredsløbet til dampturbinen 48.

De brændgasser, som forlader hvirvellagsforbrændingskamrene 5, 6, strømmer via spildgaskanalerne 22, 23 tangentielt ind i spalten mellem 5 det indre og det ydre rør 20, 21 i den integrerede askeudskillelsescyklon 4 og frembringer i denne en stærk, nedadrettet hvirvelstrømning. De medførte askepartikler strømmer som følge af centrifugalkraften langs med væggen i dette yderste rør 20 nedad ind i den tragtformede nedre ende på dette og kommer derfra ind i askebortledningen 54. De 10 brændgasser, som i udstrakt grad er befriet for støv, stiger derpå op gennem det indre rør 21 i denne udskillelsescyklon 4 og ledes i udførelseseksemplet ind i endnu en yderligere udskillelsescyklon 25 henholdsvis 26. Fra disse to indbyrdes parallelt koblede udskillelsescykloner kommer den næsten støvfrie brændgas ind i de tangentielt i 15 ydervæggen i askesmeltekammeret 31 indbyggede brændere 29, 30 og forbrændes der med yderligere friskluft fra friskluftledningen 11. Denne friskluft strømmer til de to brændere via reguleringsventiler 58, 59 fra friskluftledningen.

Da friskluftledningen 11 er udformet som en kappe omkring spild- 20 gasbortledningen 41, strålerummet 38, askesmeltekammeret 31, udskillelsescyklonerne 4, 25, 26 og hvirvellagsforbrændingskamrene 5, 6, er friskluften allerede før indtrædningen i brænderne i askesmeltekammeret eller i dysebundene i hvirvellagsforbrændingskammeret opvarmet. Dette medfører den fordel, at friskluften afkøler disse byggelementer, op- 25 varmer sig derved og atter fører denne varme tilbage til processen. En særlig varmeisolation af disse meget varme byggelementer er således overflødig. Det er snarere tilstrækkeligt at forsyne ydervæggen af friskluftledningen, som ligger på et væsentligt lavere temperaturniveau, med en varmeisolation, for at minimere varmetabene fra dampgene- 30 ratoren 1. Desuden aflastes de termisk stærkt belastede byggelementer trykmæssigt ved hjælp af gastrykket fra friskluften, som kun afviger ganske lidt fra gastrykket i hvirvellagsforbrændingskamrene og i strålerummet 38.

Temperaturen er i askesmeltekammeret 31 valgt så høj, at eventuelt 35 medførte fine askepartikler smelter og hvirvles op i den ved den tan-

- 6 -

gentielle anbringelse af brænderne frembragte hvirvelstrømning, samler sig og føres til den chamotteforede ydervæg i askesmeltekammeret. Derfra strømmer den klæbrigt-flydende aske ned i den tragtformede bund i askesmeltekammeret og drypper derfra under størkning gennem vandsprøjtningsanlægget 35 ned i den afkølede askeopfangningstragt 36, hvorfra den ledes bort gennem askebortledningen 37. Alle til indervæggen i askesmeltekammeret førte partikler bliver hængende i den der nedstrømmende klæbrige aske og ledes bort med denne. Denne effekt bidrager stærkt til rensning af spildgasserne for partikler af enhver art.

10 Spildgasserne fra dampgeneratorsmeltekammeret 31 strømmer gennem det oven over dampgeneratorsmeltekammeret anbragte og umiddelbart i dette overgående strålerum 38, hvorhos de afgiver deres varme ved stråling til dettes finnerørvægge 39. I den øverste ende af strålerummet gennemstrømmer de der anbragte konvektionsvarmeblader 40, hvor de af-
15 giver yderligere varme til vanddampkredsløbet i dampturbinekraftværket og kommer via den af den tilstrømmende friskluft kølede spildgasledning 41 til gasturbinen 42. Gasturbinen driver luftkompressoren 9 og generatoren 50. Efter udtrædningen fra gasturbinen gennemstrømmer spildgasserne spildvarmekedlen 44, hvor de afgiver deres følelige varme via
20 varmevekslervarmebladerne 45, 46 til vanddampkredsløbet i dampturbinekraftværket, for til sidst at undvige til skorstenen 47.

Det er en stor fordel ved dette gas- og dampturbinekraftværk 2, at de høje gastemperaturer, som er nødvendige til drift af en gasturbine, ikke blot kan opnås problemfrit af denne trykladede dampgenerator, men
25 også at disse spildgasser er så støvfrie, at der skulle kunne opnås en levetid for gasturbinen 39, der er sammenlignelig med dem, som kan opnås med dem efter kulforgasningsanlægget anbragte. Desuden er det en særlig fordel ved denne trykladede, kulfyrede dampgenerator, at der opstår relativt få kvælstofoxider, fordi der som følge af den understø-
30 kiometriske forbrænding i hvirvellagene 14, 15 kun opstår temperaturer, hvor der dannes meget lidt kvælstofoxid, og fordi den relativt stærkt reducerede atmosfære imødegår kvælstofoxiddannelsen. I flammerne i brænderne 29, 30 i askesmeltekammeret 31 dannes der på grund af den store CO-mængde kun forholdsvis få kvælstofoxider. Endelig tillader an-
35 vendelsen af et hvirvellag som et første forbrændingstrin en doseret

- 7 -

tilsætning af additiver, som binder svovlforbindelserne i asken. Dette har til følge, at der i spildgasserne også rummes relativt få svovloxider. Endelig kan den trykladede, kulfyrede dampgenerator med de forankoblede hvirvellagsforbrændingskamre og det efterfølgende askesmelt-

5 kammer konstrueres væsentligt mere kompakt og pladsbesparende og teknisk mindre omstændeligt end et gas- og dampturbineanlæg med forankoblet kulforgasning. Denne sidste egenskab medfører også en tydelig besparelse ved investeringsomkostninger. Den kulfyrede dampgenerator ifølge opfindelsen kan imidlertid også anvendes med fordel ved sådanne

10 anlæg, hvor der behøves ekstremt støvfrie spildgasser på det højst mulige temperaturniveau, som fx. i rørspalteovne.

- 8 -

P A T E N T K R A V

1. Trykladet, kulfyret dampgenerator til et gas- og dampturbinekraftværk med en til dennes spildgasledning tilsluttet gasturbine, en på gassiden efter gasturbinen koblet spildvarmedampgenerator og en til spildvarmedampgeneratoren på dampsiden tilsluttet dampturbine, k e n d e -
5 d e t e g n e t ved, at der efter den kulfyrede dampgenerator (1) er anbragt et understøkiometrisk drevet hvirvellagsfyringsanlæg (5, 6), en efter hvirvellagsfyringsanlægget koblet, integreret støvudskiller (4) og et med sine brændere (29, 30) på gassiden efter støvudskilleren anbragt dampgeneratorsmeltekammer (31).
- 10 2. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 1, k e n d e - t e g n e t ved, at indervæggen af dampgeneratorsmeltekammeret (31) har et cylindrisk tværsnit,
3. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 2, k e n d e - t e g n e t ved, at brænderne (29, 30) i dampgeneratorsmeltekammeret
15 (1) til understøttelse af askeudskillelsen er anbragt tangentielt med vægoverfladen.
4. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 1, k e n d e - t e g n e t ved, at der før brænderne (29, 30) i dampgeneratorsmeltekammeret (31) furuden den integrerede støvudskiller (4) er anbragt
20 yderligere cykloner (25, 26).
5. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 1, k e n d e - t e g n e t ved, at dampgeneratorsmeltekammeret (31) på spildgassiden er tilsluttet til et strålerum.
6. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 5, k e n d e -
25 t e g n e t ved, at dampgeneratorsmeltekammeret (31) umiddelbart går over i strålerummet (38).
7. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 5, k e n d e - t e g n e t ved, at væggene i strålerummet (38) er udformet som finnerør-vægge (39).
- 30 8. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 5, k e n d e - t e g n e t ved, at der ved udgangsenden af strålerummet (38) er anbragt konvektionsvarme-flader (40).
9. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 1, k e n d e -

- 9 -

t e g n e t ved, at bunden af dampgeneratorsmeltekammeret (31) er udformet tragtformet og er tilsluttet en askebortledning (37).

10. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 9, k e n d e -
t e g n e t ved, at der ved den nederste, tragtformede ende af damp-
5 generatorsmeltekammeret er anbragt en med et vandsprøjtningsanlæg (35)
udformet askeopfangningstragt (36).

11. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 1, k e n d e -
t e g n e t ved, at det stationære hvirvellag (14, 15) foruden kul
også tilføres additiver til afsvovling.

10 12. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 11, k e n d e -
t e g n e t ved, at kullene tilblandes brændt kalk.

13. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 1, k e n d e -
t e g n e t ved et stationært hvirvellagsfyringsanlæg (5, 6).

14. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 13, k e n d e -
15 t e g n e t ved, at der i gasrummet oven over det stationære hvirvel-
lag (14, 15) er indbygget varmevekslervarmeflader (16 - 19).

15. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 13, k e n d e -
t e g n e t ved, at der er anbragt flere stationære hvirvellagsfor-
brændingskamre (5, 6) koncentrisk omkring den integrerede støvudskiller
20 (4).

16. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 1, k e n d e -
t e g n e t ved et cirkulerende hvirvellagsfyringsanlæg.

17. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 1, k e n d e -
t e g n e t ved, at askebortledningen fra den integrerede støvudskil-
25 ler fører en del af det udskilte støv tilbage til hvirvellaget i hvir-
vellagsfyringsanlægget.

18. Trykladet, kulfyret dampgenerator ifølge krav 1, k e n d e -
t e g n e t ved, at friskluftledningen (11) omslutter spildgasledning-
en (41) i dampgeneratoren (1) og denne selv husagtigt.

