



NORGE

(19) [NO]

[B] (12) **UTLEGNINGSSKRIFT** (11) **NR. 155545**

STYRET FOR DET
INDUSTRIELLE RETTSVERN

(51) Int. Cl.⁴ C 10 J 3/54

(21) Patentsøknad nr. **821072**
(22) Inngivelsesdag 30.03.82
(24) Løpedag 30.03.82
(62) Avdelt/utskilt fra søknad nr.

(71)(73) Søker/Patenthaver **METALLGESELLSCHAFT AKTIEN-
GESELLSCHAFT,**
Reuterweg 14,
D-6000 Frankfurt am Main,
BRD.

(86) Internasjonal søknad nr. -
(86) Internasjonal inngivelsesdag -
(85) Videreføringsdag -
(41) Alment tilgjengelig fra 08.10.82
(44) Utlegningsdag 05.01.87

(72) Oppfinner **HANS BEISSWENGER, Bad Soden,
GEORG DARADIMOS, Maintal,
MARTIN HIRSCH, Friedrichsdorf,
LUDOLF PLASS, Kronberg,
HARRY SERBENT, Hanau, BRD.**

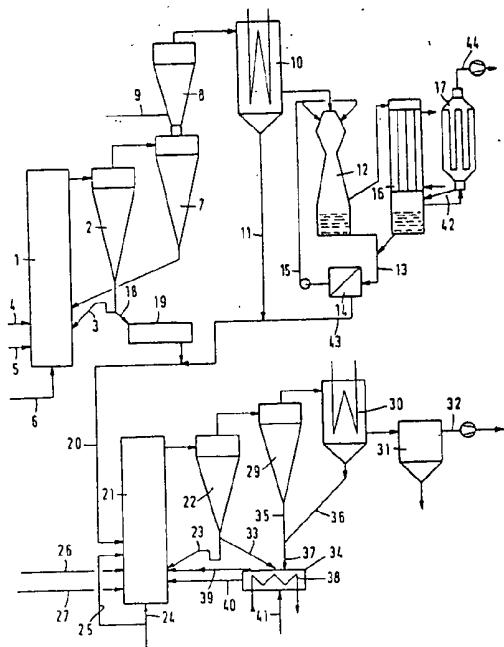
(74) Fullmektig **Mag.scient. Knud-Henry Lund,
Bryns Patentkontor A/S, Oslo.**

(30) Prioritet begjært 07.04.81, BRD, nr P 31 13 993.

(54) Oppfinnelsens benevnelse **FREMANGSMÅTE TIL SAMTIDIG FREMBRINGELSE AV
BRENNGASS OG PROSESSVARME FRA KARBONHOLDIG
MATERIALE.**

(57) Sammendrag Fremgangsmåte til samtidig frembringelse av brenngass og prosessvarme fra karbonholdig materiale ved forgassing i et første virvelsjikttrinn (1,2,3) og etterfølgende forbrenning av de ved forgassingene gjenblivne brennbare bestanddeler i et annet virvelsjikttrinn (21,22,23) hvor for å øke produksjonsytelse og fleksibilitet, forgassingene gjennomføres ved et trykk på maksimalt 5 bar og en temperatur på 100 - 1100°C i sirkulerende virvelsjikt (1,2,3) og herved omsettes 40 - 80 vekt-% av det i utgangsmaterialet inneholdte karbon. Den herved dannede gass befries i virveltilstand (9) for svovelforbindelser, avkjøles deretter og avstøves. Residivet fra forgassingene sammen med de ved gassrensningen dannede biprodukter tilføres til et ytterligere sirkulerende virvelsjikt (21,22,23) til forbrenning av de brennbare bestanddeler.

(56) Anførte publikasjoner Europeisk (EP) patent nr. 8469 (C10J 3/54),
BRD (DE) off.skrift nr. 2729764 (C10J 3/54),
Britisk (GB) patent nr. 665077 (55(i)),
USA (US) patent nr. 4026679 (48-73).



Oppfinnelsen vedrører en fremgangsmåte til samtidig frembringelse av brenngass og prosessvarme fra karbonholdig materiale ved forgassing i et første hvirvelsjikt-trinn og etterfølgende forbrenning der de ved forgassingene gjenblivende brennbare bestanddeler i et annet hvirvelsjikt-trinn.

Fremstilling av industrielle produkter krever energi i forskjellige former. For dens fremstilling tjener ofte høyverdige primærenergibærere som gass og olje. Deres økende knapphet samt den voksende politiske usikkerhet ved forsørgingen, tvinger i økende grad til erstatning av disse energibærere med faste brennstoffer. Denne nødvendighet krever utvikling av nye teknologier med hvis hjelp de faste brennstoffer kan omdannes således at de innen rammen av bestående fremgangsmåter kan avløse de tradisjonelle energibærere. Derved må de ved anvendelse av faste brennstoffer forbundne økologiske belastninger unngås tilforlatelig. Dette spesielt fordi knapphet i primærenergi i økende grad også tvinger til anvendelse høyaske- og høysvovelholdig kull. Industrien krever alt etter typen av det eventuelle fremgangsmåtetrinn ved frembringelse av et bestemt produkt energi i forskjellig form, således at f.eks. som damp for oppvarmingsformål, i form av annen høytemperaturvarme og i form av renere brenngasser ved hvis forbrenning produktkvaliteten ikke påvirkes negativt.

Det er riktignok prinsipielt mulig å frembringe de forskjellige energiformer som f.eks. brenngass og damp adskilt, imidlertid krever dette investerings- og driftsomkostningsøkning som ikke holdes innen rammen av vanlig industrielle anleggsstørrelser. Dessuten er driften av uavhengig av hverandre arbeidende energiomdannelsesanlegg forbundet med høye tap og forsterket arbeide for økologisk beskyttelse.

For å unngå de ulemper som er forbundet med den separate fremstilling av forskjellige energiformer, er det allerede foreslått en fremgangsmåte til samtidig frembringelse av

av brenngass og sådant hvor kull praktisk talt av vilkårlig beskaffenhet forgasses i et hvirvelsjikt og forgassingsresidu forbrennes for frembringelse av damp (Processing, November 1980, side 23).

5

Enskjønt det med denne fremgangsmåte er tatt et skritt i ovennevnte retning er det uheldige at dens produksjonsytelse referert til på forhånd gitte reaktordimensjoner er liten og at på grunn av de valgte fremgangsmåtebetingelser, er spesielt for forgassingstrinnet fleksibiliteten liten med hensyn til produksjonen av brenngass og damp. Heller ikke løser denne fremgangsmåten de med den nødvendige brenngassrensingsopptredende problemer, spesielt problemer med avsvovling og fjerning av de ved brenngassrensing dannede uheldige biprodukter. Oppfinnelsens oppgave er å tilveiebringe en fremgangsmåte til samtidig frembringelse av brenngass og prosessvarme fra karbonholdige materialer som ikke har de kjente, spesielt ovennevnte ulemper, har en høy fleksibilitet ved omdannelsen av energiinnholdet fra utgangsmaterialet i brenngassen på den ene siden og prosessvarme på den annen side og dermed muliggjør en tilpassing i løpet av kort tid til eventuelle energiformbehov.

Oppfinnelsen vedrører altså en fremgangsmåte til samtidig frembringelse av brenngass og prosessvarme fra karbonholdige materialer ved forgassing i et første hvirvelsjikt og etterfølgende forbrenning av de ved forgassing gjenblivne brennbare bestanddeler i et annet hvirvelsjikt, idet forgassing foregår ved trykk på maksimalt 5 bar og en temperatur på 800-1100°C ved hjelp av oksygenholdige gasser i nærvær av vanndamp og herved omsettes 40-80 vekt-% av det i utgangsmaterialet inneholdte karbon og deretter tilføres residuet fra forgassing sammen med de ved gassreningen dannede biprodukter til et ytterligere hvirvelsjikt, idet fremgangsmåten er karakterisert ved at så vel forgassing som også forbrenningen foregår i et separat sirkulerende hvirvelsjikt og begge dannede gassstrømmer renses separat, avkjøles og avstøves, idet den i

forgassingstrinnet frembragte brenngass ved en temperatur i området fra 800-1000°C i hvirveltilstand ved hjelp av CaS-dannede materialer befries for svovelforbindelser, og forbrenningen av de gjenblivne brennbare bestanddeler foregår ved et luftforholdstall på $\lambda = 1,04-1,8$.

Fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen er anvendbar for alle karbonholdige materialer som kan forgasses og forbrennes. Den egner seg for kull av enhver type, er imidlertid spesielt hensiktsmessig for kull av dårligere kvalitet, som kullvaskeberg, slamkull, kull med høyt saltinnhold. Det er imidlertid også anvendbart brunkull og oljeskifer.

Det i forgassings- og forbrenningstrinnet anvendte prinsipp med sirkulerende hvirvelsjikt utmerker seg med at til forskjell for "klassisk" hvirvelsjikt hvor en tett fase ved et tydelig tetthetssprang er adskilt fra det derover befindende gassrom foreligger fordelingstilstand uten definerte grensesjikt. Et tetthetssprang mellom tett fase og over befindende støvrom er ikke tilstede imidlertid avtar innen reaktoren faststoffkonsentrasjonen stadig nedenifra og oppad.

Ved definisjon av driftsbetingelsene over tallene av Froude og Archimedes fremkommer områdene:

$$0,1 \leq \frac{3}{4} \cdot \frac{u^2}{g \cdot d_k} \cdot \frac{\rho_g}{\rho_k - \rho_g} \leq 10$$

med

$$\frac{u^2}{g \cdot d_k} = Fr^2$$

respektivt

$$0,01 \leq Ar \leq 100$$

155545

4

idet

$$Ar = \frac{d_k^3 \cdot g(\rho_k - \rho_g)}{\rho_g \cdot v^2}$$

5

Her betyr:

u den relative gasshastighet i m/s

Ar Archimedes tall

10

Fr Froude tall

ρ_g tettheten av gassen i kg/m^3

ρ_k tettheten av faststoffpartiklene i kg/m^3

d_k diameteren av den kuleformede partikkel i m

v den kinematiske seighet i m^2/s

15

g gravitasjonskonstanten i m/s^2

Dermed kan avsvovlingen av den frembragte gass ved en vilkårlig hvirveltilstand f.eks. foregå i et Venturi-hvirvelsjikt med faststoffuttak til en etterkoblet utskiller.

20

Med fordel kan det imidlertid også for avsvovlingen anvendes et sirkulerende hvirvelsjikt.

En spesiell fordelaktig utforming ifølge oppfinnelsen består i ved forgassing å omsette 40-60 vekt-% av det i utgangsmaterialet inneholdte karbon. Herved lar drengassen seg frembringe med spesiell høy varmeverdi. Dessuten kan det sees bort fra anvendelse av ellers vesentlig høyere vanddampmengder som i bakre fremgangsmåtettrinn igjen fremkommer som i og for seg uønsket gassvann.

30

Hvis det karbonholdige materiale selv ikke har den for forgassing nødvendige vanddampmengde i form av fuktighet er det nødvendig for forgassingsreaksjonen å tilsette vanddamp. Derved bør vanddamp og den nødvendige oksygenholdige gass innføres i forskjellige høyder. En hensiktsmessig utforming av oppfinnelsen består i at man i forgassingstrinnet tilfører vanddamp overveiende i form av fluidiseringsgass og oksygenholdig gass overveiende i form

35

av sekundærgass. Denne arbeidsmåte utelukker ikke at inntaket av underordnede vanndampmengder også kan foregå sammen med den oksygenholdige sekundærgass og inntaket av underordnede mengder oksygenholdig gass sammen med vanndamp som fluidiseringsgass.

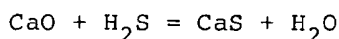
Videre er det fordelaktig i forgassingstrinnet å innstille gassens oppholdstid, beregnet over det karbonholdige materials inntredelsessted, til 1-5 sekunder. Denne betingelse realiseres vanligvis, idet det karbonholdige materiale innføres på høyere nivå i forgassingstrinnet. Herved oppstår på den ene side en av forkokningsprodukter renere gass med tilsvarende renere varmeverdi, på den annen side er det sikret at gassen praktisk talt ikke mer har hydrokarboner med mer enn 6 C-atomer.

Gassens avsvovling kan foregå med de vanlige avsvovlingsmidler. En foretrukket utforming består i at i fra forgassingstrinnet uttredende gasser avsvovles i et sirkulerende hvirvelsjikt ved hjelp av kalk eller dolomitt, respektivt de tilsvarende brente produkter av partikkelstørrelse d_p på 30-200 μm og hertil i hvirvelsjiktreaktoren å innstille en midlere suspensjonstetthet fra 0,1-10 kg pr. m^3 , fortrinnsvis 1-5 kg pr. m^3 og en faststoffomløpsgrad pr. time som utgjør minst 5 ganger den i reaktorsjakten befinnende faststoffvekt. Denne arbeidsmåte utmerker seg ved at avsvovlingen kan gjennomføres ved høye gassgjennomføringer og meget konstant temperatur. Den høye temperaturkonstant virker for så vidt positivt for avsvovlingen, da avsvovlingsmidlet beholder sin aktivitet og dermed sin opptaksevne overfor svovel. Den høye finkornethet av avsvovlingsmidlet kompletterer denne fordel, da forholdet mellom overflate og volum er spesielt gunstig for den i det vesentlige ved diffusjonshastigheten bestemte bindingshastighet av svovelet.

155545

6

Doseringen av avsvovlingsmidlet skal minst utgjøre 1,2 - 2,0 ganger det støkiometriske behov ifølge



5

derved må det tas hensyn til at ved anvendelse av dolomitt eller brent dolomitt reagerer praktisk talt bare kalsiumkomponenten med svovelforbindelsene.

- 10 Innføring av avsvovlingsmiddel i hvirvelsjiktreaktoren foregår mest hensiktsmessig over én eller flere lanser f.eks. ved pneumatisk innblåsing.

- 15 Spesielt gunstige driftsbetingelser oppnås når man innstiller gasshastigheten ved avsvovlingen på 4 - 8 m pr. sekund (beregnet som tomrørshastighet).

- 20 Spesielt når avgassene fra forgassingstrinnet trer ut med høy temperatur, består en foretrukket utførelse av oppfinnelsen i å tilsette det samlede også for forbrenningsstrinnet nødvendige avsvovlingsmiddel til trinnet for gassavsvovling. På denne måte fjernes den for oppvarming og eventuelt avsyring nødvendige varmeenergi fra gassen og dermed for forbrenningstrinnet.

25

Forbrenningen av de i forgassingstrinnet ikke omsatte brennbare bestanddeler foregår i et ytterligere sirkulerende hvirvelsjikt, idet samtidig også fjernes de ved gassrensingen dannede biprodukter økologisk fordelaktig.

- 30 De fra gassrensetrinnet kommende, oppladede avsvovlingsmidler, spesielt såvidt de foreigger i sulfidisk form som kalsiumsulfid, sulfatiseres og derved overføres i deponeringsegnete forbindelser som kalsiumsulfater. Dessuten fremstilles som prosessvarme den ved sulfatiseringsprosessen frigjorte reaksjonsvarme. Også de ytterligere
35 biprodukter fjernes som støv fra gassavstøvning og gassvann.

Med begrepet prosessvarme forstås et varmebæremedium hvis energiinnhold kan utnyttes på forskjelligste måte til gjennomføring av prosesser. Det kan derved dreie seg om gass til oppvarming eller hvis det dreier seg om oksygenholdige gasser, til drift av forbrenningsinnretninger av forskjelligste bygningstype. Spesielt fordelaktig er frembringelse av mettet damp eller overopphetet damp likeledes til oppvarming eksempelvis av reaktor eller til drift av elektriske generatorer, respektiv oppvarming av varmebæresalter eksempelvis til oppvarming av rørreaktor eller autoklaver.

I foretrukket utførelse av oppfinnelsen gjennomføres forbrenningen i to trinn med i forskjellig høyde tilførte oksygenholdige gasser. Dens fortrinn ligger i en "myk" forbrenning hvor det unngås lokale overopphetningsforeteelser og en NO_x -dannelse tilbaketrenges best mulig. Ved den totrinnete forbrenning bør det øvre tilføringssted for oksygenholdig gass ligge så langt over det nedre at oksygeninnholdet av ved det nedre sted tilførte gass allerede er fortært mest mulig.

Er det som prosessvarme ønsket damp, består en fordelaktig utførelsesform av oppfinnelsen i over den øvre gasstilførsel å tilveiebringe en midlere suspensjonstetthet fra 15 - 100 kg pr. m^3 ved innstilling av fluidiserings- og sekundærgassmengdene og å bortføre minst en vesentlig del av forbrenningsvarmen ved hjelp av over øvre gasstilførsel inne i det frie reaktorrom befinnende kjølflater. En slik arbeidsmåte er nærmere omtalt i DE-As 25 39 546 respektiv i tilsvarende US-patent 4 165 717.

De i hvirvelsjiktreaktoren over sekundærtilførsel herskende gasshastigheter ligger ved normaltrykk vanligvis over 5 m pr. sekund, kan utgjøre inntil 15 m pr. sekund og forholdet mellom hvirvelsjiktreaktorens diameter og høyde bør velges således at gassoppholdstider nås på 0,5 - 8,0 s, fortrinnsvis 1 - 4 s.

155545

8

Som fluidiseringsgass kan det anvendes praktisk talt enhver ønskelig gass som ikke påvirker beskaffenheten av gassen. Det er f.eks. egnede inertgasser, som tilbakeført røkgass (avgass), nitrogen og vanndamp. Med henblikk på intensivering 5 av forbrenningsprosessen er det imidlertid fordelaktig allerede som fluidiseringsgass å anvende oksygenholdig gass. Det gir seg samtidig følgende muligheter:

- 10 1. Som fluidiseringsgass å anvende inertgass. Da er det nødvendig å innføre en oksygenholdig forbrenningsgass som sekundærgass i minst to overhverandre liggende plan.
- 15 2. Som fluidiseringsgass å anvende allerede oksygenholdig gass. Da er det tilstrekkelig med innføring av sekundærgass i et plan. Selvsagt kan det også ved denne utførelsesform dessuten foregå en oppdeling av sekundærgassinntak i flere plan..
- 20 Innen hvert inntaksplan er det fordelaktig med flere tilføringsåpninger for sekundærgass.

Fordelen med denne arbeidsmåte består spesielt i at det på enkleste måte er mulig med endring i fremstilling av pro- 25 ssessvarme ved endring av suspensjonstettheten over sekundærgasstilførselen befinnende ovnsrom av hvirvelsjiktreaktoren.

I en herskende driftstilstand under på forhånd gitt fluidiserings- og sekundærvolumina og derav resultert bestemt 30 midlere suspensjonstetthet, er det forbundet en bestemt varmeovergang. Varmeovergangen til kjøleflatene kan økes, idet ved økning av fluidiseringsgassmengden og eventuelt også sekundærgassmengden øker suspensjonstettheten. Med den økende varmeovergang er det ved praktisk talt konstant 35 forbrenningstemperatur gitt muligheten til bortføring av de ved øket forbrenningsytelse dannede varmemengder. Det på grunn av en høyere forbrenningsytelse nødvendige økede oksygenbehov er herved kvasi automatisk tilstede ved de

ved økning av suspensjonstettheten anvendte høyere fluidiseringsgass- og eventuelt sekundærgassmengder. Analogt lar for tilpassing til et nedsatt prosessvarmebehov regulere forbrenningsytelsen seg regulere ved nedsettelse av suspensjonstettheten i over sekundærgassledningen befinnende ovnsrom av hvirvelsjiktet. Ved nedsettelse av suspensjonstettheten nedsettes også varmeovergangen således at det fra hvirvelsjiktreaktoren bortføres mindre varme. I det vesentlige uten temperaturendring lar derved forbrenningsytelsen seg gjenoppta.

Inntak av det karbonholdige materiale foregår også her mest hensiktsmessig over en eller flere lanser, f.eks. ved pneuamtisk innblåsning.

En ytterligere hensiktsmessig universell anvendbar utforming av forbrenningsprosessen består i over den øvre gass-tilførsel å tilveiebringe en midlere suspensjonstetthet på 10 - 40 kg pr. m³ ved innstilling av fluidiserings- og sekundærgassmengden, å fjerne varmt faststoff fra det sirkulerende hvirvelsjikt og å avkjøle i hvirveltilstand ved direkte og indirekte varmeutveksling, og minst tilbakeføre en delstrøm av avkjølt fast stoff i det sirkulerende hvirvelsjikt.

Denne utførelsesform er nærmere forklart i DE-OS 26 24 302, respektive det tilsvarende US-patent 4 111 158.

Ved denne utforming av oppfinnelsen lar temperaturkonstansen seg oppnå praktisk talt uten endring av de i hvirvelsjiktreaktorene herskende driftstilstander altså f.eks. uten endring av suspensjonstettheten bl.a. alene ved regulert tilbakeføring av det avkjølte faste stoff. Alt etter forbrenningsytelse og innstilt forbrenningstemperatur er resirkulasjonsgraden mer eller mindre høy. Forbrenningstemperaturene lar seg vilkårlig innstille fra meget lave temperaturer som ligger like over tennegrensen til meget høye temperaturer som f.eks. er

begrenset ved mykning av forbrenningsresiduet. De kan f.eks. ligge mellom 450 og 950°C.

Da uttaket av den ved forbrenning av den brennbare bestanddel dannede varme overveiende foregår i den faststoffsiddig etterkoblet hvirvelsjiktkjøler, og en varmeovergang til de i hvirvelsjiktreaktoren befinnende kjøleregister, som har til fremstilling en tilstrekkelig høy suspensjonstetthet, er av underordnet betydning, fremkommer det som ytterligere fordel ved denne fremgangsmåte at suspensjonstettheten i området av hvirvelsjiktreaktoren over sekundærgasstilførsel kan holdes lav og samtidig er trykktapet i den samlede hvirvelsjiktreaktor forholdsvis liten. I stedet for foregår varmfjerningen i hvirvelsjiktkjøleren under betingelser som bevirker en ekstremt høy varmeovergang omtrent i området på 400 - 500 watt/m² . 0°C. Forbrenningstemperaturen i hvirvelsjiktreaktoren reguleres, idet minst en delstrøm avkjølt faststoff tilbakeføres fra hvirvelsjiktkjøleren. Eksempelvis kan den nødvendige delstrøm med avkjølt faststoff innføres direkte i hvirvelsjiktreaktoren. Det kan i tillegg også avkjøles avgassen ved inntak av avkjølt faststoff som eksempelvis tilføres en pneumatisk transportstrekning eller et sveveutvekslingstrinn, idet det fra avgassens senere igjen adskilte faststoff da tilbakeføres i hvirvelsjiktkjøleren. Derved kommer også avgassvarmen tilslutt i hvirvelsjiktkjøleren. Det er spesielt fordelaktig å tilføre avkjølt faststoff som en delstrøm direkte og som en ytterligere indirekte etter avkjøling av gassene i hvirvelsjiktreaktoren.

Også ved denne utforming av oppfinnelsen er gassoppholdstidene, gasshastigheten over sekundærgassledningen ved normaltrykk og typer av fluidiserings- respektiv sekundærgasstilførsel i overensstemmelse med de samme parametre av den tidligere omtalte utførelsesform.

Tilbakekjølingen av det varme faststoff av hvirvelsjiktreaktoren kan foregå i motstrøm til kjølemidlet i en hvirvelsjiktkjøler med flere etter hverandre gjennomstrømmende kjølekammere, hvori dykker inn med hverandre forbundne kjøle-

5 registre. Herved lykkes det å binde forbrenningsvarmen til en forholdsvis liten kjølemiddelmengde.

Universaliteten av sistnevnte utførelse er spesielt gitt ved at i hvirvelsjiktkjøleren lar det seg oppvarme omtrent

10 vilkårlige varmemedier. Av spesiell betydning teknisk hensyn er frembringelse av damp av forskjellig form og oppvarming av varmemærersalt.

Fleksibiliteten av fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen kan

15 ytterligere økes når i en ytterligere fordelaktig utforming av oppfinnelsen til forbrenningstrinnet i tillegg fylles karbonholdig materiale. Denne utførelsesform har det fortrinn at uten å ha innflytelse på brenngassfremstillingen i forgassingstrinnet kan produksjonen av prosessvarme økes

20 etter ønske i forbrenningstrinnet.

Innen fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen kan det som oksygenholdige gasser anvendes luft eller oksygenanrikt luft eller teknisk rent oksygen. Spesielt ved forgassings-

25 trinnet lønner det seg anvendelsen av en mest mulig oksygenrik gass. Endelig kan det innen forbrenningstrinnet oppnås en ytelsesøkning, idet forbrenningen gjennomføres under trykk, f.eks. til 20 bar.

De ved gjennomføring av fremgangsmåtene ifølge oppfinnelsen

30 anvendte hvirvelsjiktreaktorer kan være av firkantet, kvadratisk eller sirkelformet tverrsnitt. Hvirvelsjiktreaktorens nedre område kan også være utformet konisk, hvilket spesielt er fordelaktig ved store reatortverrsnitt

35 og dermed høye gassgjennomføringer.

155545

12

Oppfinnelsen skal forklares under henvisning til tegningen som viser et arbeidsdiagram for fremgangsmåten ifølge oppfinnelsen og forklares nærmere eksempelvis ved hjelp av utførelseseksempler.

5

Karbonholdig material tilføres det av hvirvelsjiktreaktoren 1 syklonutskiller 2, samt tilbakeføringsledning 3 dannede sirkulerende hvirvelsjikt over ledning 4 og forgasses der ved tilsetning av oksygen over sekundærgassledning 5 og vanndamp over fluidiseringsgassledning 6. Den frembragte gass avstøves i en annen syklonutskiller 7 og innføres i en venturireaktor 8 som forsørages med avsvovlingsmiddel over ledning 9. Avsvovlingsmidlet innføres sammen med gassen i en avvarmingskjel 10, utskilles der og bortføres over ledning 11. Gassen kommer i en vasker 12, hvori den befris for resterende støv. Vaskevæsken sirkuleres herved over en ledning 13, en filtreringsinnretning 14 og en ytterligere ledning 15. Endelig kommer gassen for vannutskillelse inn i en kondensator 16 og bortføres deretter etter å ha passert gjennom et våtelektrofilter 17 over ledning 44.

Forgassingsresiduet uttas fra det sirkulerende hvirvelsjikt 1, 2, 3 over ledning 18, tilføres over en kjøler 19 samt ledning 20 til det annet sirkulerende hvirvelsjikt som tjener til forbrenning og består av hvirvelsjiktreaktor 21, syklonutskiller 22 og tilbakeføringsledning 23. Overledningene 24, respektive 25, tilføres oksygenholdig gass som fluidiseringsgass respektiv som sekundærgass. Over ledning 26 er det mulig en separat tilsetning av brennstoff og over ledning 27 avsvovlingsmiddel. Sammen med forgassingsresiduet foregår over ledning 20 også tilførsel av avsvovlingsmiddelslam og gassvann som tilføres over ledning 11, respektiv 42, 43. Den fra utskilleren 22 av hvirvelsjiktreaktoren 21 uttredende gass befris i en ytterligere syklonutskiller 29 for støv og avkjøles i et avvarmingskar 30. Ytterligere aske fjernes fra avgassen i utskilleren 31. Avgassen bortføres endelig over

ledning 32. Fra tilbakeføringsledning 23 uttas ved hjelp av ledning 33 en delstrøm av faststoffer som er sirkulert over hvirvelsjiktreaktor 21 utskillersyklon 22 og tilbakeføringsledning 23, og avkjøles i hvirvelsjiktkjøleren 34. Dessuten blir det i hvirvelsjiktkjøleren 34 også tilført det i avskillelsessyklon 29 og avvarmingskar 30 utfelte støv over ledningene 35, 36, respektiv 37. Som kjølemiddel tjener et varmebærersalt som i motstrøm føres gjennom hvirvelsjiktkjøler 34 ved hjelp av kjølereregisteret 38. Den over ledning 41 til hvirvelsjiktkjøleren 34 førte og der oppvarmede oksygenholdige fluidiseringsgass kommer over ledning 39 som sekundærgass inn i hvirvelsjiktreaktoren 21. Tilbakekjølt faststoff blir for opptak av forbrenningsvarme ført til hvirvelsjiktreaktoren 21 over ledning 40.

Eksempel 1

Det ble benyttet en kull med

20 vekt-% askedel og
8 vekt-% fuktighet.

Dens varmeverdi utgjør 25,1 MJ/kg (Mega-Joule).

3300 kg av ovennevnte kull ble pr. time ført til hvirvelsjiktreaktoren 1 over ledning 4. Samtidig ble det innført 913 m³_N oksygenholdig gass med 95 vol-% O₂ over ledning 5 og 280 kg damp på 400°C over ledning 6. På grunn av de valgte driftsbetingelser innstilte det seg i hvirvelsjiktreaktoren 1 en temperatur på 1020°C og en midlere suspensjonstetthet (målt over ledning 5) på 200 kg/m³ reaktorvolum. Den i syklonutskiller 2 for faststoff sterkt befridde gass av 1020°C ble videre avstøvet i syklonutskiller 7 og innført i et venturi hvirvelsjikt 9, som dessuten fikk en tilsetning av 280 kg/time kalk (CaCO₃-innhold 95 vekt-%). Den avsvovlede gass trådte sammen med det oppladede avsvovlingsmiddel ut med en temperatur på 920°C

og ble innført i avvarmingskar 10. I avvarmingskar 10 ble det dannet 155 kg/time oppladet avsvovlingsmiddel, dessuten frembragt mettet damp av 45 bar i en mengde på 1,75 tonn/time. Den avstøvede avkjølte gass kom deretter inn i vaskeren 12, hvori den ble rensset ved over ledning 13 filtreringsinnretning 14 og ledning 15 sirkulert vaskevæske. Den ble deretter overført i kondensator 16 der den ble avkjølt ved indirekte kjøling til 35°C. Etter passering gjennom et våtelektrofilter 17 ble det over ledning 44 bortført 3940 m³_N/time brenngass. Varmeverdien av den frembragte brenngass utgjorde 10,6 MJ/m³_N.

Over ledning 18 ble det fra det til forgassing tjenende sirkulerende hvirvelsjikt uttatt forgassingsresiduer og sammen med det over ledning 11 bortførte oppladede avsvovlingsmiddel samt over ledning 43 uttatte filterresiduet over ledning 20 tilført til hvirvelsjiktreaktor 21. Den samlede tilførte mengde utgjør 1869 kg/time. Til hvirvelsjiktreaktoren 21 ble det videre ført over fluidiseringsgassledning 24 3400 m³_N/h luft og over sekundærgassledning 25 4900 m³_N/h luft. En ytterligere sekundærgasstilførsel i form av i hvirvelsjiktkjøler 34 oppvarmet luft foregikk over ledning 39 i en mengde på 1900 m³_N/time. Sistnevnte luftstrøm hadde en temperatur på 500°C. I hvirvelsjiktreaktoren innstilte det seg en forbrenningstemperatur på 850°C og over øverste sekundærgassledning en midlere suspensjonstetthet på 30 kg/m³. Hvirvelsjiktreaktorens avgass ble i den etterkoblede tilbakeføringssyklon 22 befridd for medutførte faste stoffer, avstøvet i den etterfølgende syklonutskiller 29 og endelig innført i avvarmingskar 30. I avvarmingskar 30 foregikk en senkning av gassens temperatur til 850°C til 140°C. Derved ble det frembragt 3,6 tonn/time overopphetet damp av 45 bar og 480°C. Gassen ble deretter innført i utskilleren 31 og der befridd for ytterligere aske. Endelig ble den med en temperatur på 140°C over ledning 32 tilført pipen. I utskilleren 30 fremkom 660 kg/time aske og i tillegg 247

kg/time sulfatisert avsvovlingsmiddel. Askemengden på 660 kg/time tilsvarer derved den samlede askeproduksjon i forbrenningstrinnet.

- 5 Fra det faste stoff som føres i kretsløp i det sirkulerende hvirvelsjikt 21, 22, 23 ble 45 tonn/time faststoff over ledning 33 ført inn i hvirvelsjiktkjøler 34 og der avkjølt i motstrøm til et varmebærersalt som ble tilført med 350°C i en mengde på 185 tonn/time. Varmebærersaltet oppvarmes 10 dermed til 420°C. Den i kjøler 34 til 400°C avkjølte aske ble over ledning 40 tilbakeført for opptak av forbrenningsvarme til hvirvelsjiktreaktor 21.

- Hvirvelsjiktkjøler 34 som har fire adskilte kjølekammere 15 ble på sin side fluidisert med 1900 m³_N/time luft, som oppvarmet seg til 500°C blandetemperatur. Den ble som nevnt ovenfor tilført over ledning 33 til hvirvelsjiktreaktoren 21 som sekundærgass.

- 20 Ved det ovennevnte eksempel oppdelte den nyttiggjorte energi seg som følger:

	Brenngass:	55,9%
	Damp:	19,5%
25	Varmebærersalt:	24,6%

Eksempel 2

Det kom igjen til anvendelse en kull med

- 30 20 vekt-% askedel og
8 vekt-% fuktighet,

hvis varmeverdi utgjør 25,1 MJ/kg.

3300 kg ovennevnte kull ble pr. time ført til hvirvelsjiktreaktor 1 over ledning 4. Samtidig ble det over ledning 6 innført $776 \text{ m}^3_{\text{N}}$ oksygenholdig gass med 95 vol-% O_2 over ledning 5, og 132 kg damp av 400°C over ledning 6. På grunn av de valgte driftsbetingelser innstilte det seg i hvirvelsjiktreaktor 1 en temperatur på 1000°C og en midlere suspensjonstetthet (målt over ledning 5) på 200 kg/m^3 reaktorvolum. Den i syklonutskiller 2 for faststoff sterkt befridde gass av 1000°C ble videre avstøvet i syklonutskiller 7 og innført i et venturi hvirvelsjikt 9 som dessuten fikk en tilsetning på 238 kg/time kalk (CaCO_3 -innhold 95 vekt-%). Den avsvovlede gass trådte ut sammen med det oppladede avsvovlingsmiddel med en temperatur på 900°C og ble innført i avvarmingskar 10. I avvarmingskar 10 ble det dannet 155 kg/time oppladet avsvovlingsmiddel dessuten frembragt mettet damp av 45 bar i en mengde på 1,52 tonn/time. Den avstøvede, avkjølte gass kom deretter inn i vaskeren 12, hvor den ble rensset med over ledningen 13 filterinnretning 14 og ledning 15 ompumpet vaskevæske. Den ble deretter overført i kondensator 16, idet den ble avkjølt ved indirekte avkjøling til 35°C . Etter passering gjennom et våtelektrofilter 17 ble det over ledning 44 bortført $3400 \text{ m}^3_{\text{N}}$ /time brenngass. Den frembragte brenngass' varmeverdi utgjorde $9,6 \text{ MJ/m}^3_{\text{N}}$.

Over ledning 18 ble det fra forgassing tjenende sirkulerende hvirvelsjikt uttatt forgassingsresiduet og sammen med det over ledning 11 bortførte, oppladede avsvovlingsmiddel samt over ledning 33 uttatte filterresiduet tilført over ledning 20 til hvirvelsjiktreaktor 21. Den samlede tilførte mengde utgjorde 2068 kg/time. Til hvirvelsjiktreaktoren 21 ble det videre over fluidiseringsgassledningen 24 ført $3075 \text{ m}^3_{\text{N}}$ /time luft over sekundærgassledning 25, $7300 \text{ m}^3_{\text{N}}$ /time luft. En ytterligere sekundærgasstilførsel i form av i hvirvelsjikt-kjøler 34 oppvarmet luft foregikk over ledning 39 med en mengde på $1900 \text{ m}^3_{\text{N}}$ /time. Den sistnevnte luftstrøm

hadde en temperatur på 500°C. I hvirvelsjiktreaktoren innstilte det seg en forbrenningstemperatur på 150°C og over øverste sekundærgassledningen midlere suspensjonstetthet på 30 kg/m³. Hvirvelsjiktreaktorens avgass ble i den etterkoblede tilbakeføringssyklon 22 befridd for de medførte faststoffer, avstøvet i den etterkoblede syklonutskiller 29 og endelig innført i avvarmingskaret 30. I avvarmingskaret 30 foregikk en temperatursenkning av gassene fra 850°C til 140°C. Derved ble det frembragt 90,4 tonn/time overopphetet damp av 45 bar og 480°C. Gassen ble deretter innført i utskilleren 31 og der befridd for ytterligere aske.

Endelig ble den med en temperatur på 140°C over ledning 32 tilført avtrekket. I utskiller 30 fremkom 660 kg/time aske og i tillegg 247 kg/time sulfatisert avsvovlingsmiddel. Askemengden på 660 kg/time tilsvarer derved den samlede askeproduksjon i forbrenningstrinnet.

Fra faststoffet ført i kretsløp i det sirkulerende hvirvelsjikt 21, 22, 23 ble det over ledning 33 innført 54 tonn/time faststoff i hvirvelsjiktkjøleren 34 og der avkjølt i motstrøm til et varmemærersalt som ble tilført ved 350°C og en mengde på 223 tonn/time. Varmebærersaltet varmer seg derved til 420°C. Den i kjøler 34 til 400°C avkjølte aske ble over ledning 40 for opptak av forbrenningsvarme tilbakeført i hvirvelsjiktreaktoren 21. Hvirvelsjiktkjøleren 34 som har fire adskilte kjølekammere ble på sin side fluidisert med 1900 m³_N/time luft som oppvarmet seg til 500°C blandetemperatur. Den ble som allerede nevnt ovenfor over ledning 39 ført til hvirvelsjiktreaktoren 21 som sekundærgass.

Den etter dette eksempel nyttegjorte energi oppdelte seg som følger:

155545

18

Brenngass:	48,1%
Damp:	22,3%
Varmebærersalt:	29,6%

5

Eksempel 3

Eksempel 2 ble forsåvidt endret, da uten endring ble innen forgassingstrinnet energiutvinning i forbrenningstrinnet øket ved ekstra kullforbrenning.

10

Hertil ble det i hvirvelsjiktreaktor 21 over ledning 26 i tillegg tilført 500 kg/time kull (av den innledningsvis nevnte beskaffenhet) samt over ledning 27 tilsatt 35 kg/time kalksten (95 vekt-% CaCO_3). Den over ledning 24 tilførte fluidiseringsluftmengde har øket til $4100 \text{ m}^3_{\text{N}}/\text{time}$ og den gjennom ledning 25 tilførte sekundærluftmengde til $10300 \text{ m}^3/\text{time}$.

15

Ved den i forhold til eksempel 2 endrede arbeidsmåte ble det i avvarmingskaret 30 frembragt 5,7 tonn/time damp av 45 bar og 480°C og i kjøleren 34 oppvarmet 302 tonn pr. time varmbærersalt fra $350 - 420^\circ\text{C}$. Hertil var den over hvirvelsjiktkjøler 34 førte faststoffmengde å øke til 73 tonn/time. Det fremkom 760 kg/time aske og 284 kg/time sulfatisert avsvovlingsmiddel.

25

Referert til den samlede tilsatte kullmengde oppdelte den nyttiggjorte energi seg som følger:

30

Brenngass:	41,1%
Damp:	24,4%
Varmebærersalt:	34,5%

35

P a t e n t k r a v

1. Fremgangsmåte til samtidig frembringelse av brenngass og prosessvarme fra karbonholdige materialer ved forgassing i et første hvirvelsjikt (1,2,3) og etterfølgende forbrenning av de ved forgassingene gjenblivne, brennbare bestanddeler i et annet hvirvelsjikt (21,22,23), idet forgassingene foregår ved et trykk på maksimalt 5 bar og en temperatur fra 800-1100°C ved hjelp av oksygenholdige gasser i nærvær av vanndamp og herved omsettes 40-80 vekt-% av det i utgangsmaterialet inneholdte karbon og deretter tilføres residuet (18) fra forgassing sammen med de ved gassrensingen dannede biprodukter til et ytterligere hvirvelsjikt, k a r a k t e r i s e r t v e d at såvel forgassingene som også forbrenningen foregår i et separat sirkulerende hvirvelsjikt og begge dannede gasstrømmer renses separat, avkjøles og avstøves, idet den i forgassingstrinnet frembragte brenngass ved en temperatur i området fra 800-1000°C i hvirveltilstand ved hjelp av CaS-dannede materialer befris for svovelforbindelser, og forbrenningen av de gjenblivne, brennbare bestanddeler foregår ved et luftforholdstall på $\lambda = 1,04-1,8$.

2. Fremgangsmåte ifølge krav 1, k a r a k t e r i s e r t v e d at ved forgassingene omsettes 40-60 vekt-% av det i utgangsmaterialet inneholdte karbon.

3. Fremgangsmåte ifølge krav 1 og 2, k a r a k t e r i s e r t v e d at i forgassingsstrinnet (1,2,3) tilføres vanndamp, nemlig overveiende i form av fluidiseringsgass (6) og oksygenholdig gass, overveiende i form av sekundærgass (5).

4. Fremgangsmåte ifølge krav 1, 2 og 3, k a r a k t e r i s e r t v e d at i forgassingsstrinnet (1,2,3) innstilles oppholdstiden av gassene beregnet over inntredelsesstedet (4) av karbonholdig

material til 1-5 sekunder.

5 5. Fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-4,
karakterisert ved at de fra forgass-
ingstrinnet (1,2,3) uttredende gasser avsvovles i et sirku-
lerende hvirvelsjikt (8) ved hjelp av kalk eller dolomitt,
respektivt de tilsvarende brente produkter av en partikkel-
størrelse d_p 50 fra 30-200 μm og hertil innstilles i hvir-
velsjiktreaktoren en midlere suspensjonstetthet fra 0,1-
10 kg/m^3 , fortrinnsvis 1-5 kg/m^3 og en faststoffomløpsgrad
pr. time som minst utgjør 5 ganger den i reaktorsjakten
befinnende faststoffvekt.

15 6. Fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-5,
karakterisert ved at gasshastigheten
ved avsvovlingen innstilles på 4-8 m/sekund (beregnet som
tomrørhastighet).

20 7. Fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-6,
karakterisert ved at det samlede,
også for forbrenningstrinnene nødvendige avsvovlings-
middel (9), tilsettes gassavsvovlingstrinnet.

25 8. Fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-7,
karakterisert ved at forbrenningen
gjennomføres totrinnet med i forskjellig høyde tilført
oksygenholdige gasser (24,25).

30 9. Fremgangsmåte ifølge krav 8,
karakterisert ved at over den øvre
gasstilførsel (25) skaffes en midlere suspensjonstetthet
fra 15-100 kg/m^3 ved innstilling av fluidiserings- og
sekundærgassmengdene og minst en vesentlig del av for-
brenningsvarmen bortføres ved hjelp av over den øvre
35 gasstilførsel inne i det øvre reaktorrom befinnende
kjøleflater.

10. Fremgangsmåte ifølge krav 8,
k a r a k t e r i s e r t v e d at over den øvre
gasstilførsel (25) skaffes en midlere suspensjonstetthet
fra 10-40 kg/m³ ved innstilling av fluidiserings- (24)
5 og sekundærgassmengdene (25), varmt faststoff av det sir-
kulerende hvirvelsjikt (21,22,23) uttas, og kjøles i
hvirvelsjikt (34) ved hjelp av direkte og indirekte
varmeutveksling og minst en delstrøm avkjølt faststoff
10 tilbakeføres i det sirkulerende hvirvelsjikt (21,22,23).

11. Fremgangsmåte ifølge et eller flere av kravene 1-10,
k a r a k t e r i s e r t v e d at til forbrenn-
15 ingstrinnet settes ekstra karbonholdige materialer.

15

20

25

30

35

155545

