
Octrooiraad



⑩ A **Terinzagelegging** ⑪ **8102667**

Nederland

⑱ NL

- ⑤4 **Inrichting en werkwijze voor rookgasrecirculatie in een met vaste brandstof werkende stoomketel.**
- ⑤1 Int.Cl³: F23B 5/02.
- ⑦1 Aanvrager: Research-Cottrell Technologies, Inc. te Irvine, Californië, Ver. St. v. Am.
- ⑦4 Gem.: Ir. G.H. Boelsma c.s.
Octroobureau Polak & Charlouis
Laan Copes van Cattenburch 80
2585 GD 's-Gravenhage.

-
- ②1 Aanvraag Nr. 8102667.
- ②2 Ingediend 2 juni 1981.
- ③2 Voorrang vanaf 2 juni 1980.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 155672 .
- ⑥2 --

-
- ④3 Ter inzage gelegd 4 januari 1982.

De aan dit blad gehechte afdruk van de beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en) bevat afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijk ingediende stukken; deze laatste kunnen bij de Octrooiraad op verzoek worden ingezien.

Inrichting en werkwijze voor rookgasrecirculatie in een met vaste brandstof werkende stoomketel.

De uitvinding heeft betrekking op het toepassen van rookgasrecirculatie in met vaste brandstof werkende stoomketels en ovens.

Rookgasrecirculatie (RGR) in stoomketels en ovens is een algemeen bekende methode. Het rookgas wordt gewoonlijk in een verbrandingskamer in
5 een ketel boven het brandende brandstofbed gevoerd. Deze continue recirculatie van het rookgas leidt tot een verdere verbranding van rook en andere in dit gas aanwezige deeltjesvormige materialen. Verder wordt de vorming van verschillende oxiden van stikstof, bijvoorbeeld stikstofmonoxide en distikstofoxide, en koolmonoxide in het rookgas verminderd, waardoor het
10 vrijkomen van deze ongewenste gassen in de atmosfeer tot een minimum beperkt wordt.

De in het Amerikaanse octrooischrift 4.089.278 beschreven inrichting is representatief voor de meeste RGR-inrichtingen. Dit Amerikaanse octrooischrift beschrijft de verwijdering van rookgas uit een schoorsteen, welk
15 rookgas door een leiding in de verbrandingskamer boven de brandende brandstof wordt gevoerd. Deze methode wordt ook toegepast in systemen met vloeibare of gasvormige brandstof, zie bijvoorbeeld het Amerikaanse octrooischrift 3.854.455. Het zal duidelijk zijn dat systemen met vloeibare of gasvormige brandstof niet precies dezelfde problemen vertonen als die
20 welke optreden bij stoomketels en ovens waarvoor steenkool als brandstof wordt gebruikt. Zo vertonen vloeibare of gasvormige brandstoffen bijvoorbeeld niet het probleem van de vorming van slak ("clinker") en worden hierbij geen brandstofbedstructuren toegepast.

Een andere benadering van de toepassing van RGR wordt beschreven in
25 het Amerikaanse octrooischrift 2.561.717. Dit Amerikaanse octrooischrift beschrijft de verwijdering van rookgas uit de schoorsteen van een oven of stoomketel, welk gas in twee verschillende delen wordt gesplitst. Het eerste deel, dat geheel uit rookgas bestaat, wordt gevoerd naar het brandstofbed vóór het gebied waar verbranding plaatsvindt. Volgens dit Amerikaanse octrooischrift wordt dit eerste deel van het rookgas gebruikt om de steenkool
30 vóór de verbranding voor te verhitten en te drogen. Wanneer in het brandstofbed bijna 100 % rookgas (dat niet-brandbaar is) wordt gevoerd, brandt het brandstofbed niet. Hiervan wordt volgens het bovengenoemde Amerikaanse octrooischrift 2.561.717 gebruik gemaakt om te voorkomen dat verbranding
35 plaatsvindt waar verbranding niet gewenst is. Dit is een van de doelstellingen van de toepassing van RGR volgens het Amerikaanse octrooischrift 2.561.717. Het tweede deel van het rookgas wordt gecombineerd met lucht en

8102667

waterdamp, gevormd door een verstuvingsinrichting, in een ruimte onder het verbrandingsgedeelte van het brandstofbed. Het doel van deze tweede hoeveelheid gerecirculeerd rookgas is om met het mengsel van rookgas en waterdamp de vorming van slak te verminderen door met de voor de verbranding gebruikte lucht stoom in te voeren, dat wil zeggen het rookgas wordt 5 gebruikt om toegevoegde waterdruppels te verhitten onder vorming van stoom die vervolgens door het brandstofbed wordt gevoerd.

Verder wordt gewezen op de Amerikaanse octrooischriften 3.781.162, 3.277.945, 3.905.745 en 3.892.191. Geen van deze literatuurplaatsen beschrijft de toepassing van gerecirculeerd rookgas voor stoomketels met steenkool als brandstof, waarbij het rookgas in de primaire, onder het rooster gevoerde verbrandingslucht wordt gevoerd om de hoeveelheid schadelijke verontreinigingen (bijvoorbeeld NO_x en koolmonoxide), slakvorming in het brandstofbed en rookemissie te verminderen. De belangrijkste voordelen 15 van de uitvinding worden hieronder gedetailleerd besproken.

Volgens de uitvinding gebruikt men met lucht gemengd, gerecirculeerd rookgas, dat in de primaire, onder het rooster gevoerde verbrandingslucht van een met vaste brandstof gestookte stoomketel wordt gevoerd. Een op deze wijze toegevoerd mengsel van lucht en rookgas met ten minste circa 25 % 20 rookgas, vormt een brandstofbed dat reactiever is dan in het geval dit mengsel niet wordt toegepast. Opgemerkt wordt echter dat wanneer de hoeveelheid rookgas in het mengsel meer dan circa 50 % bedraagt, het kan zijn dat niet voldoende zuurstof aanwezig is om een geschikte hoge temperatuur in de verbrandingskamer te handhaven. Dit reactievere brandstofbed is het gevolg 25 van de aanwezigheid van waterdamp, een normaal bestanddeel van rookgas, dat de behoefte aan overmaat zuurstof van een brandend steenkoolbed vermindert. Deze verminderde zuurstofbehoefte wordt bereikt door de verhoogde koolstofactivering die wordt veroorzaakt door het water (in de vorm van waterdamp) dat zich in nauw contact met de steenkool bevindt. Anders gezegd, de exotherme reactie van het vocht in het rookgas met de koolstof in 30 het brandstofbed leidt tot een verminderde totale overmaat lucht. Bij deze reactie ontstaan koolmonoxide en waterstof die na mengen met zuurstof uit boven het brandstofbed ingevoerde lucht of overmaat zuurstof, die onomgezet door het brandstofbed gaat, boven het brandstofbed verbranden. Het gerecirculeerde rookgas verdunt de zuurstofconcentratie van de verbrandingslucht, 35 terwijl de totale massa gas door het brandstofbed wordt gehandhaafd. Zonder het verdunningseffect van het gerecirculeerde rookgas kan de aanwezige overmaat zuurstof niet doelmatig worden gebruikt daar deze niet lang genoeg in het brandstofbed blijft om een stoichiometrische verbranding te verkrijgen.

8102667

Derhalve wordt door toevoeging van gerecirculeerd rookgas in het geheel geen afbreuk gedaan aan het verbrandingsproces, maar wordt de hoeveelheid niet-omgezette zuurstof, die anders door het brandstofbed zou stromen, vermindert. Een ander voordeel van het reactievere brandstofbed is een vermindering van de ontwikkeling van rook en ander deeltjesvormig materiaal. Uiteraard wordt door de extra verbranding, die verschaft wordt wanneer het rookgas de verbrandingskamer opnieuw binnentreedt, de hoeveelheid deeltjesvormig materiaal vermindert. Het reactievere brandstofbed geeft echter een vollediger verbranding van de steenkool, waardoor minder materiaal resteert dat in deeltjesvorm kan ontsnappen.

Verder heeft de beschikbare overmaat zuurstof de neiging te reageren met andere bestanddelen die door het verbrandingsproces worden gevormd. Zo reageert de normaliter in steenkool aanwezige koolstof met zuurstof tot CO (koolmonoxide), een zeer giftig gas. Evenzo worden verschillende oxiden van stikstof (NO_x) gevormd. De eliminering van NO_x , CO en soortgelijke schadelijke verbindingen is van primaire zorg voor alle instanties die zich bezighouden met luchtverontreiniging en derhalve voor gebruikers van inrichtingen waarin deze verbindingen gevormd worden. Het zal duidelijk zijn dat vermindering van de hoeveelheid zuurstof, die resteert nadat verbranding heeft plaatsgevonden, leidt tot een vermindering van de hoeveelheden verontreinigingen waarvan zuurstof een bestanddeel vormt. Zoals hierboven vermeld, is dit principe uit de stand van de techniek bekend. Slechts door beneden het brandstofrooster het mengsel van rookgas en lucht met ten minste circa 25 % rookgas te verschaffen, worden echter de bovengenoemde voordelen volledig verkregen.

Gerecirculeerd rookgas in hoeveelheden van circa 25 - 50 % van de totale gasstroom door een stoomketel, regelt tevens de temperatuur van het brandstofbed van steenkool zodanig dat de smeltemperatuur van de as (circa 1093°C) niet overschreden wordt. Dit maakt het mogelijk het proces uit te voeren zonder dat de vorming van slak ("clinker") optreedt en bij een lagere totale overmaat zuurstof dan zonder RGR. De normaliter in het rookgas aanwezige waterdamp en kooldioxide verschaffen een warmteabsorptievermogen dat groter is dan van de lucht die anders in het gasmengsel in een verbrandingskamer aanwezig zou zijn. Dit maakt een doelmatige koeling van het brandstofbed mogelijk, hetgeen leidt tot een temperatuur van het brandstofbed waarbij de vorming van slak niet kan optreden. De uitvinding voorkomt de vorming van slak in een met steenkool werkende stoomketel zonder het invoeren van materialen die niet beschikbaar zijn ten gevolge van het verbrandingsproces en zonder de doelmatigheid van de stoomketel te verminderen.

8102667

Een verder voordeel is dat calcium, indien dit in het brandstofbed aanwezig is, reageert met zwavel in de brandstof onder vorming van niet-vluchtige produkten, namelijk CaS , CaSO_4 en CaSO_3 . Ofschoon deze verbindingen in de as van een stoomketel kunnen worden behouden, is de stabiliteit van de gevormde verbindingen niet groot bij temperaturen boven circa 1204°C. Door toevoeging van calcium aan de brandstof en recirculatie van rookgas volgens de uitvinding, blijft de temperatuur van het brandstofbed beneden de bovengenoemde kritische temperatuur en wordt het gewenste resultaat verkregen.

10 Ten slotte werkt de stoomketel met een verbeterd brandstofrendement, zelfs bij de geringe overmaat zuurstof omdat door de hierboven besproken verminderde koolmonoxide-ontwikkeling het verlies aan verbrandingswarmte, dat anders zou optreden bij de reactie waarbij koolmonoxide wordt omgezet tot kooldioxide, tot een minimum beperkt wordt. Zoals hierboven vermeld, 15 verschaft het reactievere brandstofbed verder een vollediger verbranding van de brandstof.

In de bedrijfstoestand wordt bij recirculatie van rookgas volgens de uitvinding een evenwichtstoestand bereikt zonder dat andere regelingsmechanismen nodig zijn dan die welke normaliter toegepast worden met een met 20 vaste brandstof werkende stoomketel. De schuif regelt de te recirculeren hoeveelheid rookgas en de vrijkomende hoeveelheid rookgas. Door verschaffing van dezelfde hoeveelheid lucht voor het mengen met het gerecirculeerde rookgas als de vrijkomende hoeveelheid rookgas, bepaald door de positie van de schuif, wordt aan alle eisen voor een evenwichts-bedrijfstoestand vol- 25 daan. Ter vergemakkelijking van het proces kunnen ventilatoren worden aangebracht boven de schuif, in de leiding waardoor het rookgas uit het rookafvoerkanaal naar een mengruimte en lucht uit een bron van lucht naar de mengruimte worden gevoerd. In deze mengruimte wordt een homogeen mengsel van rookgas en lucht verkregen.

30 Volgens de voorkeursuitvoeringsvorm wordt de volgens de uitvinding uitgevoerde recirculatie van rookgas toegepast op een met steenkool werkende stoomketel met automatische of mechanische "stoker" (hier verder stookmechanisme genoemd). Het toegepast mechanisme voor het toevoeren van steenkool kan elk van de commercieel beschikbare eenheden zijn. Zo kan men bij- 35 voorbeeld het hieronder beschreven schroefmechanisme of toevoer door zwaartekracht toepassen. Door toepassing van een stookmechanisme in de voorkeursuitvoeringsvorm wordt het evenwicht van het systeem gemakkelijk gehandhaafd omdat de hoeveelheid lucht van de omgeving, die de verbrandingskamer binnentreedt, gemakkelijker geregeld wordt daar geen poort behoeft te worden

8102667

geopend en gesloten wanneer brandstof op het brandstofrooster wordt gebracht. Verder maakt de betrekkelijk constante toevoersnelheid van brandstof het mogelijk dat het verbrandingsproces constante hoeveelheden warmte en rookgas verschaft. Een ring voor het invoeren van lucht boven het brandstofbed
5 ("bovenlucht-ring") met straalkanalen die radiaal in de verbrandingskamer zijn gericht, bevindt zich in het onderste deel van de stoomketel boven het rooster. Deze ring is nodig ter verschaffing van extra lucht die noodzakelijk is voor een juiste verbranding, en ter waarborging dat brandbare gassen uit het brandstofbed worden gevoerd en volledig verbrand worden.
10 Deze "bovenlucht" kan gemengd worden met rookgas (circa 0 - 75 % rookgas).

In een andere uitvoeringsvorm kan de volgens de uitvinding uitgevoerde recirculatie van rookgas ook toegepast worden in een van een stookmechanisme voorziene stoomketel, waarbij lucht boven het brandstofbed bijvoorbeeld
15 verschaft wordt door een tweede bovenluchtring in het bovenste deel van de verbrandingskamer. Ofschoon de toepassing van boven het brandstofbed ingevoerde lucht in het algemeen bekend is, zijn er bij toepassing hiervan in een stoomketel onder gebruikmaking van de RGR-methode van de uitvinding
belangrijke verschillen. De volgens de uitvinding boven het brandstofbed ingevoerde lucht kan geheel uit lucht bestaan of uit een mengsel van rook-
20 gas en lucht. In beide gevallen is het belangrijkste vereiste de verschafte hoeveelheid lucht boven het brandstofbed (bovenlucht) en niet de verschafte druk. In de bestaande technologie gebruikt men "bovenlucht" die met een betrekkelijk hoge druk verschaft wordt (in representatieve gevallen circa 5,0 - 6,2 kPa, vergeleken met circa 1,25 - 2,5 kPa volgens de uitvinding).
25 Volgens de uitvinding worden echter straalkanalen met een grotere diameter toegepast ter verschaffing van een betere doordringing en een vollediger menging van verbrandingsgassen die over het brandstofbed beschikbaar zijn. Deze straalkanalen zijn radiaal in de verbrandingskamer gericht ter verbetering van het mengen met de verbrandingsprodukten, het verminderen van
30 de NO_x-ontwikkeling en het verschaffen van een doelmatigere werking van de stoomketel.

Fig. 1 is een schematisch zijaanzicht van een met stookmechanisme werkende stoomketel, in welke figuur de voorkeursuitvoeringsvorm van de uitvinding is weergegeven.

35 Fig. 2 is een gedeeltelijke verticale doorsnede langs de lijn 2-2 van fig. 1.

Fig. 3 is een schematisch zijaanzicht van een verbrandingskamer volgens de hier besproken verdere uitvoeringsvormen.

Fig. 4 is een grafiek waarin de uit een stoomketel bij toepassing van

8102667

recirculatie van rookgas vrijgekomen CO vergeleken wordt met de vrijgekomen CO zonder toepassing van recirculatie van rookgas.

Fig. 5 is een grafiek waarin het door een stoomketel vrijgemaakte NO bij toepassing van recirculatie van rookgas vergeleken wordt met het vrijgemaakte NO zonder toepassing van recirculatie van rookgas.

Fig. 6 is een grafiek waarin de vorming van slak ("clinker") in een stoomketel bij toepassing van recirculatie van rookgas vergeleken wordt met de vorming van slak zonder toepassing van recirculatie van rookgas.

Hieronder worden een inrichting en een werkwijze beschreven voor het recirculeren van rookgas (RGR) in een met vaste brandstof werkende stoomketel. Volgens de voorkeursuitvoeringsvorm wordt rookgas gerecirculeerd in een met steenkool werkende stoomketel of oven met een stookmechanisme. Tevens wordt hieronder een uitvoeringsvorm beschreven waarbij extra boven het brandstofbed ingevoerde lucht en gerecirculeerd rookgas verschaft worden in de verbrandingskamer van een met steenkool werkende stoomketel met een stookmechanisme.

Fig. 1 is een schematische voorstelling van een met steenkool werkende stoomketel met stookmechanisme waarin gerecirculeerd rookgas volgens de uitvinding wordt gebruikt. De stoomketel 40 omvat een verbrandingskamer 36, een brandstofbed 34 dat gedragen wordt door een rooster 34', een leiding 38 voor verbrandingsprodukten, een deel 10 voor het overdragen van warmte door convectie, een rookafvoerkanaal 11 met een schuif 12 en een ventilator 13. De verdere onderdelen die nodig zijn voor de recirculatie van rookgas omvatten een RGR-leiding 14, een RGR-ventilator 16, een lager gelegen RGR-leiding 18, een mengruimte 20, een als luchtbron dienende ventilator 26 voor het verschaffen van lucht onder druk met ongeveer de temperatuur van de omgeving, een leiding 28 voor de lucht, een zich onder het rooster bevindend RGR-verdeelstuk 35, een schuif 25 in de bovenluchtleiding, een bovenluchtleiding 23 met een ventilator 22, en een bovenlucht-ring 32 met straalkanalen 33.

In de uitvoeringsvormen waarin extra "bovenlucht" wordt toegepast, bevinden zich, zoals weergegeven in fig. 3, een tweede bovenlucht-schuif 25', een tweede bovenlucht-ventilator 22' als luchtbron, een tweede bovenlucht-leiding 23' en een tweede bovenluchtring 32' met straalkanalen 33'.

De voorkeursvorm voor een stookmechanisme omvat een steenkoolhopper 24, een schroef 30 voor de steenkool en een steenkoolschacht 31 die naar de ketel 40 leidt. Eveneens gewenst is een koellucht-leiding 29 naar de schroef om de schroef tijdens de werking van het stookmechanisme koel te houden.

8102667

Brandstof in de vorm van steenkool of een andere vaste brandstof (bijvoorbeeld stukjes hout, koolstofhoudende materialen in de vorm van korrels of tabletten, kooks) wordt in de hopper 24 gebracht. De voorkeursuitvoeringsvorm wordt hier toegelicht aan de hand van de toepassing van steenkool

5 als vaste brandstof voor de verbranding en het verschaffen van energie. Deze brandstof wordt door de werking van de schroef 30 door de steenkool-schacht 31 naar het brandstof(steenkool)-bed 34 en het rooster 34', die zich in de verbrandingskamer 36 nabij het oppervlak van de bodem hiervan bevinden, gevoerd. In de verbrandingskamer 36 vindt een verbrandingsproces

10 plaats. Door deze verbranding worden gassen gevormd die door de verbrandingsgasleiding 38 naar het deel 10 voor het overdragen van warmte door convectie worden gevoerd. Dit deel 10 voor het overdragen van warmte door convectie maakt het mogelijk warmte uit de verbrandingsprodukten af te voeren alvorens deze produkten het rookafvoerkanaal 11 binnentreden. Het rook-

15 afvoerkanaal 11 is bijvoorbeeld een holle cilinder die zich boven de verbrandingskamer en het deel voor de warmte-overdracht door convectie bevindt. Dit rookafvoerkanaal bezit een opening in een zijwand hiervan, waardoor RGR-leiding 14 uit het rookafvoerkanaal 11 rookgas (dat wil zeggen gasvormige verbrandingsprodukten) kan ontvangen dat door RGR-ventilator 16 wordt

20 weggezogen en door deze ventilator in de mengruimte 20 wordt gevoerd. Het rookgas wordt door de leiding 18 in de mengruimte 20 gevoerd. De voor recirculatie beschikbare hoeveelheid rookgas wordt gedeeltelijk bepaald door de positie van de schuif 12 in het rookafvoerkanaal 11. Hoe horizontaler de schuif 12 staat, des te meer rookgas wordt gerecirculeerd.

25 De mengruimte 20 bevat schotten 21 die een geschikt mengen waarborgen van het rookgas met lucht (lucht die direkt verhit wordt) die door de lucht-leiding 28 uit de als luchtbron dienende ventilator 26 wordt aangevoerd. Opgemerkt wordt dat ventilator 26 in de voorkeursuitvoeringsvorm ook lucht door de leiding 29, die verbonden is met de schroef-schacht 31 voor het

30 koelen van de schroef 30, kan verschaffen. Praktisch de gehele gasstroom naar het zich onder het rooster bevindende verdeelstuk 35 wordt door het gasmengsel in de mengruimte 20 verschaft. Door de ventilatoren 16 en 26 wordt in combinatie met de schuif 12 en de afvoerventilator 13 gewaarborgd dat het naar de mengruimte 20 gevoerde gas ten minste 25 % rookgas bevat.

35 Ten einde de resultaten van de uitvinding te verkrijgen is vereist dat de gassen uit de mengruimte 20 door een aanzienlijk deel van het brandstof-bed 34 en het rooster 34' stromen waardoor een innig contact tussen het gasmengsel en het brandstofbed mogelijk gemaakt wordt. Steenkool uit de hopper 24 wordt door de steenkool-schroef 30 uit de steenkoolschacht 31 in

8102667

de verbrandingskamer 36 gevoerd. Het in fig. 2 weergegeven RGR-verdeelstuk 35 onder het rooster omgeeft een deel van de schacht 31 die zich onder de stoomketel bevindt. Het rooster 34' bezit openingen 37 in het gebied dat zich direkt onder het brandstofbed 34 bevindt. Het mengsel van rookgas en
5 lucht uit de mengruimte 20 wordt door deze openingen (die klein genoeg zijn om te voorkomen dat hierdoor steenkool passeert) als volgt onderin het steenkoolbed 34 op het brandstofrooster 34' gezogen: de als luchtbron dienende ventilator 26 en de RGR-ventilator 16 geven een gebied met enigszins verhoogde druk in de mengruimte 20 en het verdeelstuk 35. Bij koppeling
10 met de door de afvoerventilator 13 opgewekte trek, wordt het mengsel door het verschil in druk tussen de twee gebieden uit het verdeelstuk 35 in de verbrandingskamer 36 getrokken. Uiteraard geven equivalente variaties van de bovenbesproken structuur soortgelijke resultaten. Hoewel in deze uitvoering een steenkool-schroef 30 toegepast wordt om de steenkool naar het
15 brandstofbed te voeren, kan uiteraard iedere inrichting of ieder stookmechanisme toegepast worden waarmee steenkool continu naar het brandstofbed wordt gevoerd. In al deze gevallen omgeeft het verdeelstuk 35 een brandstofbed dat diep genoeg is om een adequaat contact met het rookgasluchtmengsel te verschaffen om de stoomketel geschikt te laten werken.

20 De luchtring 32 bevindt zich boven het brandstofbed 34 in het onderste deel van de verbrandingskamer. Openingen of straalkanalen 33 in het inwendige ringvormige oppervlak van de ring zijn radiaal in de verbrandingskamer gericht. De door de ring 32 verschafte lucht is koeler dan de gassen die zich reeds in de verbrandingskamer bevinden. Deze lucht treft het brand-
25 stofbed 34 en verschaft extra zuurstof en menging die voor de verbranding noodzakelijk zijn. De luchtventilator 22 verschaft lucht die door de leiding 23 naar de ring 32 wordt gevoerd. Verder kan rookgas uit de leiding 14, geregeld door de schuif 25, met de lucht in de leiding 23 worden gemengd.

30 Het kan echter zijn dat de toepassing van gebruikelijke luchtstralen boven het brandstofbed voor bestaande, met steenkool gestookte stoomketels niet voldoende is voor de menging die nodig is ter verbetering van de werking van de stoomketel bij toepassing van recirculatie van rookgas. Dat wil zeggen, een optimaal mengen met boven het brandstofbed ingevoerde lucht-
35 stralen vindt plaats wanneer rekening wordt gehouden met de toepassing van de recirculatie van rookgas. Deze optimalisering berust op de toepassing van luchtstralen boven het brandstofbed die een grotere diameter dan normaal bezitten om de penetratie van de menggassen te verhogen, ongeacht of in het "bovenlucht"-systeem gedeeltelijk gerecirculeerd rookgas of 100 %

8102667

lucht aanwezig is. De grotere diameter verschaft een sterkere penetratie en een verbeterde menging over de lengte van het brandstofbed. Dit geeft een vollediger verbranding in het gebied dat zich direct boven het brandstofbed bevindt. Het criterium voor de afmeting van deze straalkanalen is gebaseerd op een "menglengte" die ten hoogste 10 maal de diameter van een 5 straalopening bedraagt. Hierdoor wordt het bed goed bestreken bij een betrekkelijk lage druk (bijvoorbeeld circa 1,25 - 2,5 kPa). Dit staat in tegenstelling tot de toepassing in de bestaande technologie van lucht die 10 zijn en een luchtstroom van betrekkelijk hoge druk (bijvoorbeeld circa 5,0 - 6,2 kPa) aanwezig is. Volgens de uitvinding is de druk niet zo belangrijk als de diameter van de opening en de verdunning van lucht met rookgas.

Het op de bovenbesproken wijze verschaft rookgas-luchtmengsel leidt 15 tot een chemisch actiever brandstofbed en het werken met een geringere totale overmaat lucht. Dit chemisch actievere brandstofbed en deze geringere totale overmaat lucht verschaffen de hierboven besproken voordelen die volgens de uitvinding verkregen worden, bijvoorbeeld een verminderde uitstoot van verontreinigingen, geen vorming van slak ("clinker") en een doelmatige 20 gere benutting van brandstof dan zonder rookgasrecirculatie volgens de uitvinding.

De doelmatigheid van de volgens de uitvinding toegepaste rookgasrecirculatie blijkt verder uit de hieronder beschreven proef met een stoomketel die gestookt werd met steenkool (circa 45,4 kg/uur). De figuren 4 tot en 25 met 6 zijn grafische voorstellingen van gegevens die verkregen werden met resp. 30 % in het brandstofbed gevoerd RGR (volgens de uitvinding) en zonder RGR. De figuren 4 en 5 geven het vrijgekomen aantal delen CO resp. NO per miljoen (ppm) als functie van het percentage overmaat zuurstof, gecorrigeerd voor 3 % droge overmaat zuurstof. Fig. 6 toont het percentage 30 bedekking van het brandstofbed door slak ("clinker") als functie van het percentage overmaat zuurstof. De onderstaande tabel geeft het aantal ppm SO₂ dat ontwikkeld wordt bij 3 % droge overmaat zuurstof wanneer calcium aan de brandstof wordt toegevoegd in een zodanige hoeveelheid dat de molverhouding tussen calcium en zwavel 2,85:1 bedraagt; de proef werd uitgevoerd met 30 % RGR in het brandstofbed gevoerd resp. zonder RGR. De onderstaande tabel geeft tevens de gemiddelde temperatuur die bij de bovengenoemde omstandigheden gemeten werd bij het rooster 34' nabij de openingen 35 37.

8102667

TABEL

Brandstof:

	Ligniet met een molverhouding tussen calcium en zwavel van	SO ₂ -ontwikkeling, ppm bij 3 % droge overmaat	Rooster-temperatuur
5	<u>2,85:1</u>	<u>O₂</u>	<u></u>
	Zonder RGR	1060	193°C
	Met RGR	515	59°C

Verdere verbeteringen in de werking van de stoomketel kunnen verkregen worden door behalve op de bovenbeschreven wijze rookgasrecirculatie tevens
10 een tweede bron van lucht boven het brandstofbed in de verbrandingskamer te verschaffen. Hiervoor wordt verwezen naar fig. 3: de verdere bestand-
delen zijn de schuif 25' in RGR-leiding 14 voor het regelen van de hoeveel-
heid rookgas die gemengd wordt met lucht uit de ventilator 22'. De lucht
of het mengsel van lucht en rookgas wordt door de leiding 23' naar de
15 bovenlucht-ring 32' gevoerd. Deze tweede bovenlucht-ring 32' bevindt zich
bijvoorbeeld in het bovenste deel van de verbrandingskamer 36. De plaats
van de ring 32' dient zodanig te worden gekozen dat de temperatuur van de
verbrandingslucht op de plaats van de ring 32' circa 1093°C bedraagt. De
op dit punt boven het brandstofbed ingevoerde hoeveelheid lucht dient vol-
20 doende te zijn om de temperatuur van de verbrandingslucht te verlagen tot
circa 954°C. Dit is nodig omdat temperaturen die belangrijk verschillen
van circa 954°C de optimale reductie van NO_x niet verschaffen maar in feite
de ontwikkeling van NO_x kunnen verhogen. Luchtstraalkanalen 33' aan het
inwendige ringvormige oppervlak van de ring 32' zijn radiaal in de verbran-
25 dingskamer 36 gericht. De hierboven gegeven beschouwing ten aanzien van de
relatieve diameters van de straalkanalen of openingen van de eerste ring
is evenzeer van toepassing op deze tweede ring. Een stoomketel met deze
extra ring vertoont een verdere vermindering van de NO_x-ontwikkeling.
Uiteraard behoeft de vorm van de organen, waarmee de luchtstralen worden
30 verkregen, niet beperkt te zijn tot een ring; deze vorm kan uiteenlopen in
afhankelijkheid van de betreffende stoomketel.

Hierboven zijn een werkwijze en een inrichting voor het toepassen van
rookgasrecirculatie in een met steenkool bedreven stoomketel met stook-
mechanisme beschreven. De beschreven specifieke uitvoeringsvormen dienen
35 als voorbeelden, waarbij de uitvinding uiteraard toepasbaar is op andere
uitvoeringsvormen van stoomketels of ovens die gestookt worden met vaste
brandstof.

C O N C L U S I E S:

1. Werkwijze voor het verbranden van vaste brandstoffen onder toepassing van rookgasrecirculatie, met het kenmerk dat men rookgas uit een rookgasafvoerkanaal verwijderd; dit rookgas zodanig met lucht mengt dat
5 het mengsel van rookgas en lucht circa 25 - 50 % rookgas bevat; het mengsel van lucht en rookgas onderin een brandstofbed voert; en lucht boven het brandstofbed invoert, primair voor het verbeteren van het mengen van de gassen boven het brandstofbed; waardoor het brandstofbed bij een lagere temperatuur werkt en het brandstofbed chemisch actiever is met betrekking
10 tot de verbranding.
2. Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk dat men boven het brandstofbed een mengsel van het rookgas en lucht invoert dat circa
0 - 75 % rookgas bevat.
3. Werkwijze volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk dat men voldoende
15 de calcium aan het brandstofbed toevoegt om de ontwikkeling van zwavelverbindingen aanzienlijk te verminderen.
4. Werkwijze volgens conclusie 3, met het kenmerk dat men een zodanige hoeveelheid calcium toevoegt dat de molverhouding tussen calcium en zwavel in het brandstofbed 2,85:1 bedraagt.
- 20 5. Werkwijze volgens conclusies 1 - 4, met het kenmerk dat men na de eerste boven het brandstofbed ingevoerde lucht een tweede luchttoevoer boven het brandstofbed toepast voor het verminderen van de NO_x-ontwikkeling.
6. Werkwijze volgens conclusie 5, met het kenmerk dat de tweede luchttoevoer boven het brandstofbed circa 0 - 50 % rookgas bevat.
- 25 7. Werkwijze volgens conclusie 5 of 6, met het kenmerk dat de tweede luchttoevoer boven het brandstofbed wordt ingevoerd op een plaats waar de temperatuur van de verbrandingsgassen circa 1093°C bedraagt, waardoor deze temperatuur verlaagd wordt tot circa 954°C.
8. Rookgasrecirculatie-systeem ten gebruike in een met vaste brandstof
30 werkende stoomketel ^{of oven/} met een verbrandingskamer, een brandstofrooster voor het dragen van een bed van vaste brandstof, welk bed van vaste brandstof zich in de verbrandingskamer bevindt als energiebron voor de verbranding, en een rookgasafvoerkanaal voor het afvoeren van gasvormige produkten van de verbranding van de vaste brandstof in de verbrandingskamer, met het ken-
35 merk dat het rookgasrecirculatie-systeem omvat: middelen voor het recirculeren van een vooraf bepaalde hoeveelheid gasvormige produkten uit het rookgasafvoerkanaal naar de onderzijde van het bed van vaste brandstof, welke hoeveelheid gasvormige produkten een voldoende hoeveelheid vocht en kooldioxide bevatten om de temperatuur van het bed van vaste brandstof op

8102667

het brandstofrooster te verlagen; middelen voor het mengen van de gerecirculeerde gasvormige produkten met lucht uit de omgeving alvorens de gasvormige produkten naar het bed van vaste brandstof worden gerecirculeerd; en middelen voor het verschaffen van lucht boven het bed van vaste brandstof; waardoor het bed van vaste brandstof bij een verlaagde temperatuur werkt en de vaste brandstof chemisch actiever is ten aanzien van de verbranding.

9. Inrichting volgens conclusie 8, gekenmerkt door een hopper voor vaste brandstof en een stookmechanisme om de vaste brandstof uit de hopper naar het rooster voor de vaste brandstof te voeren.

10. Inrichting volgens conclusie 8 of 9, met het kenmerk dat de middelen voor het recirculeren van de gasvormige produkten gevormd worden door: een wand van het rookgasafvoerkanaal met een opening die verbonden is met een eerste uiteinde van een leiding, waarvan het tweede uiteinde verbonden is met de middelen voor het mengen van de gerecirculeerde gasvormige produkten met lucht; een schuif om de vooraf bepaalde hoeveelheid gasvormige produkten uit het rookgasafvoerkanaal naar de leiding te voeren; een ventilator in de leiding om de gasvormige produkten uit het rookgasafvoerkanaal door de leiding naar de middelen voor het mengen te voeren.

11. Inrichting volgens conclusies 8 - 10, met het kenmerk dat zich onder het rooster voor de vaste brandstof een verdeelstuk bevindt, een en ander zodanig dat dit verdeelstuk het gasmengsel uit de mengruimte ontvangt, waarna dit gasmengsel in innig contact met het bed van vaste brandstof komt.

12. Inrichting volgens conclusies 8 - 11, met het kenmerk dat de vooraf bepaalde hoeveelheid gerecirculeerde gasvormige produkten circa 25 - 50 % van de totale gastoevoer naar de mengruimte bedraagt.

13. Inrichting volgens conclusies 8 - 12, met het kenmerk dat de lucht onder druk in de mengruimte wordt gevoerd.

14. Inrichting volgens conclusies 8 - 13, met het kenmerk dat de middelen voor het invoeren van lucht boven het brandstofbed omvatten: een bron van deze lucht die zich buiten de verbrandingskamer bevindt; een bovenluchtring die zich nabij en boven het brandstofrooster bevindt, welke ring verbonden is met een eerste uiteinde van een leiding waarvan een tweede uiteinde verbonden is met de bron van lucht; waardoor boven het brandstofbed ingevoerde lucht extra lucht verschaft voor de verbranding van de vaste brandstof en verbrandbare gassen in het brandstofbed mengt.

15. Inrichting volgens conclusie 14, met het kenmerk dat de bovenluchtring ten minste één luchtstraalkanaal bevat.

16. Inrichting volgens conclusies 8 - 15, met het kenmerk dat de boven

8102667

het brandstofbed ingevoerde lucht bestaat uit normale lucht en de gasvormige produkten.

17. Inrichting volgens conclusie 16, met het kenmerk dat de gasvormige produkten circa 0 - 75 % van de boven het brandstofbed ingevoerde lucht
5 vormen.

18. Inrichting volgens conclusies 8 - 17, met het kenmerk dat de vaste brandstof steenkool is.

19. Inrichting volgens conclusies 8 - 18, gekenmerkt door een zich in de verbrandingskamer bevindend tweede middel voor het invoeren van lucht
10 boven het brandstofbed voor het verminderen van de ontwikkeling van NO_x.

20. Inrichting volgens conclusie 19, met het kenmerk dat de gasvormige produkten circa 0 - 50 % vormen van het gas dat verschaft wordt door het tweede middel voor het invoeren van lucht boven het brandstofbed.

21. Inrichting volgens conclusies 8 - 20, met het kenmerk dat het brand-
15 stofrooster openingen in een gebied onder het brandstofbed bevat, door welke openingen het gasmengsel uit het zich onder het rooster bevindende verdeelstuk stroomt en in innig contact komt met het bed van vaste brandstof.

22. Met vaste brandstof werkende stoomketel, ^{of oven/} gekenmerkt door een ver-
20 brandingskamer; een hopper die door een schacht met de verbrandingskamer is verbonden, welke schacht een schroef bezit die brandstof uit de hopper naar een zich in de verbrandingskamer bevindend brandstofrooster voert; een rookgasafvoerkanaal dat verbonden is met het bovenste deel van de verbrandingskamer, door welk kanaal de door de verbranding in de verbrandings-
25 kamer gevormde gasvormige produkten worden afgevoerd; middelen voor het verwijderen van een vooraf bepaalde hoeveelheid van de gasvormige produkten uit het rookgasafvoerkanaal; middelen voor het mengen van de vooraf bepaalde hoeveelheid van de gasvormige produkten met lucht van de temperatuur van de omgeving, waarbij bij voorkeur circa 30 % van het verkregen mengsel ge-
30 vormd wordt door de gasvormige produkten; middelen voor het zodanig voeren van het mengsel naar het brandstofrooster dat de onderzijde van een door het brandstofrooster gedragen bed van brandstof in innig contact met het mengsel komt; en middelen voor het invoeren van lucht boven het brandstofbed ter verschaffing van extra zuurstof die nodig is voor de verbranding
35 in de verbrandingskamer en het mengen van brandbare gassen in het brandstofbed; waardoor het bed van vaste brandstof bij een verlaagde temperatuur werkt en ^{de} vaste brandstof chemisch actiever is voor wat betreft de verbranding.

23. Inrichting volgens conclusie 22, met het kenmerk dat de middelen

8102667

voor het verwijderen van een vooraf bepaalde hoeveelheid gasvormige produkten omvatten: een schuif die zich in het rookgasafvoerkanaal bevindt; een opening in een wand van het rookgasafvoerkanaal, welke opening verbonden is met het ene uiteinde van een leiding; een met het andere uiteinde van de leiding verbonden ventilator voor het verwijderen van de gasvormige produkten die uit het rookgasafvoerkanaal afkomstig zijn; een tweede leiding waarvan het ene uiteinde verbonden is met de ventilator en het andere uiteinde met de mengruimte, een en ander zodanig dat de verwijderde gasvormige produkten in de mengruimte worden gevoerd.

10 24. Inrichting volgens conclusie 22 of 23, met het kenmerk dat de middelen voor het voeren van het mengsel naar het brandstofrooster omvatten: een zich onder het rooster bevindend verdeelstuk dat zodanig verbonden is met de mengruimte dat het mengsel in het verdeelstuk kan worden gevoerd; en openingen in een wand van het brandstofrooster, door welke openingen
15 het mengsel in innig contact met het brandstofbed kan komen.

25. Inrichting volgens conclusies 22 - 24, met het kenmerk dat de middelen voor het invoeren van lucht boven het brandstofbed een mengsel van lucht en de gasvormige produkten invoeren.

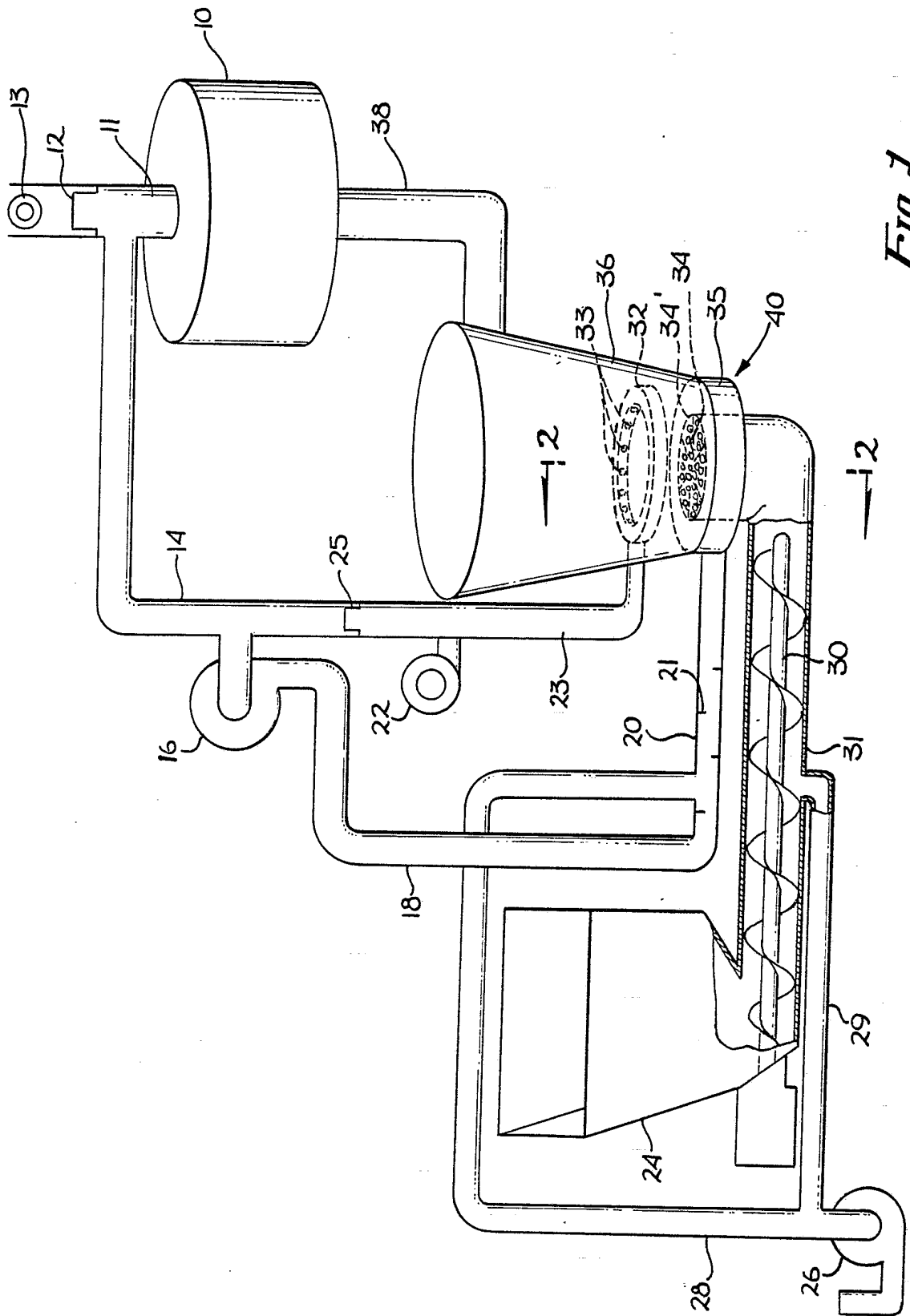


Fig. 1

Fig. 2

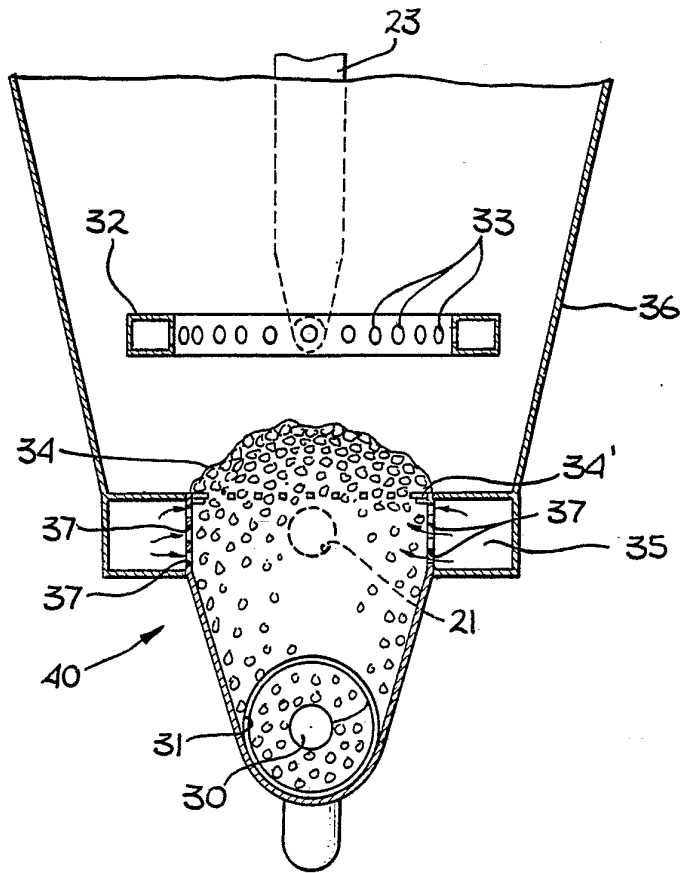
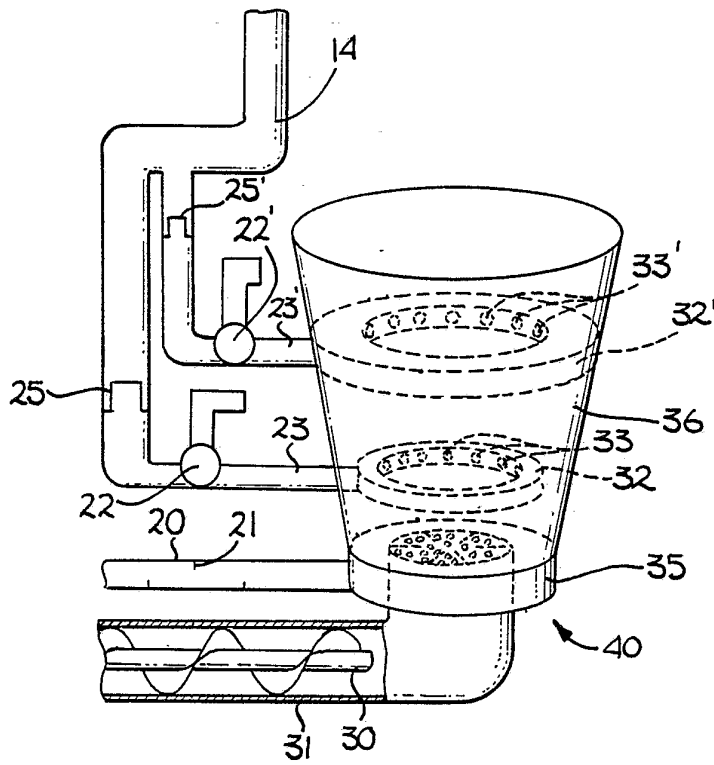


Fig. 3



8102667

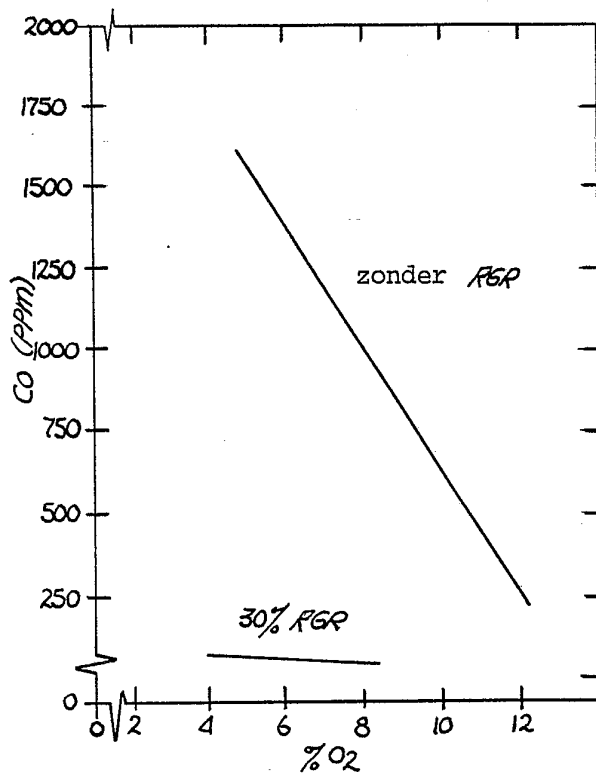


Fig. 4

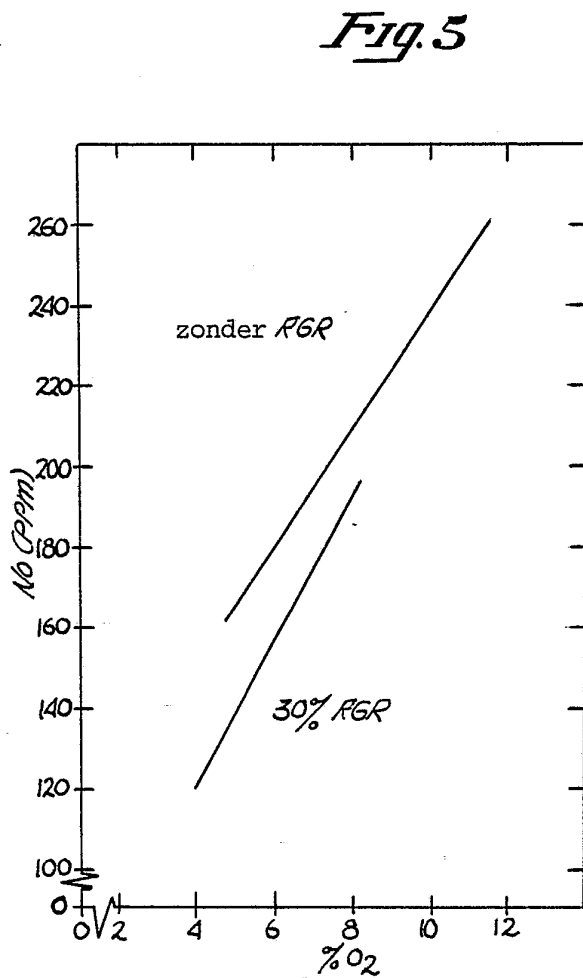


Fig. 5

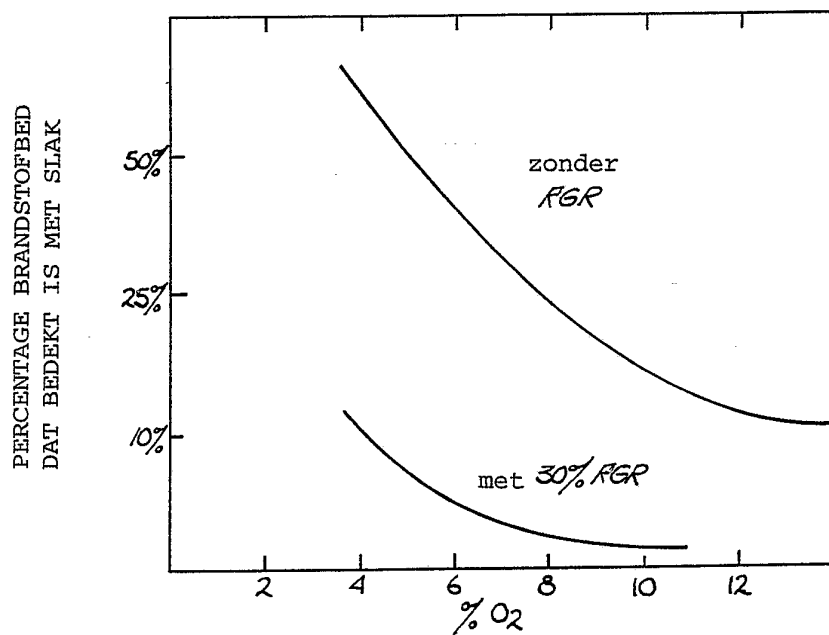


Fig. 6