



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8304049**

Nederland

⑲ NL

- ⑤4 **Inrichting en werkwijze voor het scheiden van gefluidiseerde kraakkatalysatordeeltjes van gasvormige koolwaterstoffen.**
- ⑤1 Int.Cl.: B01J 8/28, C10G 11/18.
- ⑦1 Aanvrager: Shell Internationale Research Maatschappij B.V. te 's-Gravenhage.
- ⑦4 Gem.: Drs. A.T. Puister c.s.
Postbus 302
2501 CH 's-Gravenhage.

- ②1 Aanvraag Nr. 8304049.
- ②2 Ingediend 25 november 1983.
- ③2 Voorrang vanaf 23 december 1982.
- ③3 Land van voorrang: Ver. St. v. Am. (US).
- ③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 452599 .
- ⑥2 --

- ④3 Ter inzage gelegd 16 juli 1984.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

INRICHTING EN WERKWIJZE VOOR HET SCHEIDEN VAN GEFLUIDISEERDE
KRAAKKATALYSATORDEELTJES VAN GASVORMIGE
KOOLWATERSTOFFEN

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een inrichting en werkwijze voor het scheiden en afstrippen van gasvormige koolwaterstoffen van gefluidiseerde kraakkatalysatordeeltjes. De onderhavige uitvinding heeft vooral betrekking op het verbeteren
5 van de scheiding van katalysatordeeltjes van de omzettingsprodukten van gasvormige koolwaterstoffen afkomstig van een stijgbuisreactor die wordt toegepast in een katalytisch kraakproces en op de verbetering van het afstrippen van koolwaterstoffen van de afgescheiden katalysatoren.

8304049

De toepassing van zeoliet-kraakkatalysatoren, waarvoor een korte, vaste reactieperiode nodig is, heeft de laatste jaren een aanzienlijke invloed gehad op het ontwerpen van katalytische kraakprocédés. In de moderne katalytische kraaktechniek worden
5 stijgbuisreactors toegepast waarin vaste deeltjes en dampen bij de stijgbuis uitlaat snel worden gescheiden. In dergelijke procédés is de functie van de conventionele reactor beperkt tot het afscheiden van vaste deeltjes (i.e. zwaartekracht-bezinkvat). Er zijn in de handel verschillende ontwerpen verkrijgbaar voor het
10 behandelen van de specifieke reactieproblemen die met snel gefluïdiseerde stijgbuisreactors gepaard gaan. Er moeten nog vele problemen ten aanzien van het scheiden van damp en katalysatordeeltjes worden opgelost.

De toepassing van cycloon-scheiders is in de techniek bekend.
15 Cycloonscheiders die een wervelingsstabilisatie-inrichting bevatten om een beter scheidingsresultaat te verkrijgen, worden beschreven in de Amerikaanse octrooischriften 3.802.570 en 4.212.653. Gewijzigde cycloon-scheiders waarin een katalysator met behulp van een cycloon afzonderlijk aan een stripbehandeling wordt onderworpen na te zijn gescheiden van koolwaterstofdampen afkomstig van
20 een stijgbuis-kraakinrichting, worden beschreven in het Amerikaans octrooischrift 4.043.899 en het Britse octrooischrift 2.013.530.

Een inrichting voor het scheiden van een draaggas van een deeltjesstroom afkomstig van een stijgbuisreactor door de deeltjesstroom om een gebogen oppervlak af te buigen en een fluïdum,
25 zoals stoom, toe te voeren ten einde koolwaterstoffen snel van de katalysatordeeltjes te scheiden, is bekend uit het Amerikaanse octrooischrift 4.313.910.

Tot de koolwaterstoffen die van de katalysator moeten worden
30 gescheiden, behoren het dampvormige hoofdprodukt, de in de tussenruimten aanwezige damp en de geadsorbeerde produkten. Het dampvormige hoofdprodukt is het produkt dat snel en gemakkelijk mechanisch (met behulp van cyclonen) wordt afgescheiden. De in de tussenruim-

ten aanwezige damp kan betrekkelijk snel worden verdrongen met "stripgas", bij voorkeur stoom. Voor het geadsorbeerde produkt is een langere periode voor desorptie en een aanvullende stripbehandeling met stoom vereist.

- 5 Voor een doelmatige beëindiging van de kraakreacties bij de stijgbuisuitgang ten gunste van een verhoogde benzine- en een lagere gasproduktie en een meer olefinisch produkt, dienen de in de tussenruimten aanwezige en geadsorbeerde koolwaterstoffen in de scheider voor dampen en vaste deeltjes te worden afgestript. Een
10 hogere benzine-opbrengst vloeit voort uit een vermindering van te vaak plaatsvindende secundaire reacties indien de koolwaterstoffen langer in aanraking met de katalysator blijven dan de gewenste korte reactietijd.

- Het zou voordelig zijn een mechanische scheidings- /snelle
15 stripbehandeling toe te passen om het dampvormige hoofdprodukt en de in de tussenruimten aanwezige dampen zo snel en doelmatig mogelijk van de kraakkatalysator te scheiden, daar hierdoor overkraken tot een minimum wordt beperkt en de hoeveelheid op de katalysator neergeslagen koolstof wordt verminderd. Het zou ook
20 voordelig zijn een verdere stripbehandeling toe te passen om de geadsorbeerde produkten zo snel en doelmatig mogelijk te verwijderen.

- Tot nu toe leidde de toevoer van stripgas aan een cycloon-scheider tot een verlies van scheidingseffect en werd deze toevoer als
25 onpraktisch beschouwd.

- Thans is gevonden dat door de aanwezigheid van een wervelingsstabilisatie-inrichting in een cycloon-scheider de combinatie van de cycloon-scheider en de benedenstroomse stripper mogelijk is, zodat stripgas aan de cycloonscheidingszone kan worden toege-
30 voegd zonder dat een noemenswaardig verlies van effect optreedt. De gecombineerde cycloonzone/wervelingsstabilisatie-inrichting/stripzone verschaft het tweeledige voordeel van het snelle afstrippen van dampvormig hoofdprodukt en in de tussenruimten aanwezige damp

en voorziet in de langere stripperperiode die vereist is om geadsorbeerde koolwaterstofprodukten van de katalysator te desorberen.

De onderhavige uitvinding heeft derhalve betrekking op een inrichting en werkwijze voor het scheiden van suspensies van
5 katalysatordeeltjes en gasvormige koolwaterstoffen en voor het afstrippen van koolwaterstoffen van genoemde katalysatordeeltjes.

- De inrichting voor het scheiden van suspensies van katalysatordeeltjes en gasvormige koolwaterstoffen en voor het afstrippen van koolwaterstoffen van genoemde katalysatordeeltjes omvat
- 10 a) een cycloon-scheider die een inlaat heeft voor de toevoer van suspensies van katalysatordeeltjes en gasvormige koolwaterstoffen afkomstig van een stijgbuis;
 - b) een verticaal, hol huis dat aan genoemde inlaat is bevestigd en in samenwerking daarmee een wervelingszone vormt waarin
15 genoemde suspensies tot een gefluïdiseerde werveling worden gevormd, welk hol huis in het bovenste deel daarvan is voorzien van een wervelingsuitlaat voor het verwijderen van gereinigde gasvormige koolwaterstoffen en in het onderste deel is voorzien van een uitlaat voor het verwijderen van katalysator waarvan
20 koolwaterstoffen zijn afgestript;
 - c) een wervelingsstabilisatie-inrichting, die coaxiaal in het midden van genoemd huis is aangebracht, zodat door genoemde stabilisatie-inrichting en genoemde bovenste wervelingsuitlaat een cycloonzone wordt begrensd waarin katalysatordeeltjes van gasvormige koolwaterstoffen worden gescheiden en een gereinigd fluïdum
25 wordt verkregen, voor de stabilisatie en de lokalisatie van genoemde werveling ten einde het opnieuw meevoeren van genoemde deeltjes door genoemd gereinigd fluïdum tot een minimum te beperken;
 - 30 d) middelen voor de ondersteuning van een katalysatorbed dat zich onder genoemde wervelingsstabilisatie-inrichting nabij de bodem van genoemd huis bevindt, zodat door genoemde ondersteuning en genoemde stabilisatie-inrichting een stripzone wordt begrensd

8304049

waarin gasvormige koolwaterstoffen van genoemde katalysatordeeltjes worden afgestript;

- e) middelen voor het injecteren van stripgas in genoemd katalysatorbed ten einde de aanwezigheid van geadsorbeerde koolwaterstoffen op genoemde katalysatordeeltjes tot een minimum te beperken.

De onderhavige uitvinding wordt toegelicht aan de hand van de Figuren 1-4. Figuren 1 en 2 hebben betrekking op de apparaten van de onderhavige uitvinding. Fig. 1 toont een schematisch aanzicht van een proefcircuit dat voor de uitvinding kan worden gebruikt en Fig. 2 toont een schematisch aanzicht van een gecombineerde cycloonzone/wervelingsstabilisatie-inrichting/stripzone. Het effect van de opwaartse gasstroom op het nuttig effect van de cycloon met en zonder stabilisatie-inrichting is grafisch weergegeven in Fig. 3 en het effect van de wervelingsstabilisatie-inrichting en de diepte van het katalysatorbed op de werking van de stripper-cycloon bij verschillende snelheden, die bij het afstrippen van het gas worden toegepast, is grafisch weergegeven in Fig. 4.

Cyclonen zijn bijzonder nuttig bij hoge temperaturen en druk omdat zij eenvoudig te ontwerpen zijn, geen bewegende delen en een grote capaciteit hebben en niet gevoelig zijn voor de chemische aard van het gas of de vaste deeltjes. Anderzijds zijn in cyclonen hoge inwendige snelheden nodig om kleine deeltjes doelmatig af te scheiden. De hoge snelheid in cyclonen veroorzaakt erosie, attritie, lawaai en trillingen in de constructie. Het erosieprobleem wordt vooral zeer kostbaar wanneer een FCC-installatie voortijdig moet worden stilgelegd vanwege reparatiewerkzaamheden aan de cycloon.

Een cycloon-scheider gebruikt de centrifugaalkrachten in een begrensde, met hoge snelheid plaatsvindende werveling om fasen van verschillende dichtheden te scheiden. De sterkte en de stabiliteit van de werveling zijn van het grootste belang voor het vaststellen van zowel het scheidingseffect als de erosiebestendigheid van een

8304049

cycloon. Met "stabiliteit" wordt bedoeld dat de werveling in het centrum van de cycloon wordt gelokaliseerd en dat het verlies van wervelingsenergie wordt verminderd.

Onder omstandigheden die bijna gelijk waren aan die van de
5 omgeving werd met de cycloon een aantal stromings-, snelheids-,
geluids- en drukvalproeven uitgevoerd. De meeste van deze proeven
werden genomen met een cycloon met een tangentielle inlaat (diameter 45,7 cm) die een PLEXIGLASS model op een schaal van .31 was
van een tweede staps-FCC commerciële cycloon. De schaal van het
10 model werd zodanig gekozen dat de Reynolds en Strouhal getallen
van de werkelijke FCC-cycloon met een gelijke stroomsnelheid bij
de inlaat (25 m/s) zoveel mogelijk werden benaderd. Het model werd
beproeft met en zonder wervelingsstabilisatie-inrichtingen van
verschillende typen. De ruwe wand werd nagebootst door draadgaas
15 met een dikte van 0,11 cm en een maaswijdte van 10 mesh dicht
tegen de binnenwand van de cycloon te monteren. Dit model is
kenmerkend voor cyclonen die in moderne inrichtingen voor katalytisch kraken worden gebruikt, behalve dat het model een bijzonder hoog nuttig effect heeft. De onderscheidende eigenschappen
20 van een dergelijk ontwerp zijn een hoge verhouding tussen de
inlaat en uitlaat, een nauwe inlaat en een lang cycloonlichaam.

Vele variaties van de basiscycloon werden beproefd ter
bepaling van het effect van de vorm van de hopper en de stabilisatie-inrichting en ruwheid van de wand op de wervelende bewegingen in cyclonen.
25

Cyclonen zijn gekenmerkt door grote radiale drukgradiënten die de centrifugaalkrachten en de wervelende stroom met elkaar in evenwicht brengen. Er is derhalve een relatief vacuüm in het centrum van de werveling. Deze lagedrukkern zou vermoedelijk een
30 nabijgelegen oppervlak "aanzuigen", waardoor een hechting van de werveling aan dat oppervlak wordt gestabiliseerd.

8304049

Een wervelingsstabilisatie-inrichting werd in het cycloon-model geplaatst om ongestadige beweging van de werveling te voorkomen. Een verticale pen, die ook wervelingscentreerpen wordt genoemd, kan aan de stabilisatie-inrichting worden bevestigd om de laterale beweging van de werveling te beperken en te cen-
5 treren. Het bleek dat een stabilisatiepen met een diameter van 0,6 cm de wervelende beweging in de proefcycloon onvoldoende beperkte. De wervelings-stabiliserende werking had meer effect toen een grotere pen werd gebruikt om de werveling te lokaliseren. Bij
10 beproeving van een staaf met een diameter van 1,9 cm werden betere resultaten verkregen.

Verscheidene type wervelingsstabilisatie-inrichtingen werden met verschillende resultaten beproefd. In het algemeen bleek een vaste, platte plaat of ronde schijf goederesultaten te geven. De
15 diameter van de wervelingsstabilisatie-inrichting dient ten minste ongeveer gelijk te zijn aan de diameter van de wervelingsuitlaatpijp. De maximum diameter van de stabilisatie-inrichting in een commercieel model wordt in de eerste plaats bepaald door beper-
kingen die door het gewicht worden opgelegd en wordt slechts
20 bepaald door een ringvormige opening tussen de omtrek van de stabilisatie-inrichting en de wand van het vat, die zo groot is dat de katalysator naar beneden kan stromen, terwijl stripgas tegelijkertijd naar boven stroomt.

De wervelingscentreerpen blijkt niet van doorslaggevend
25 belang voor de werking van de cycloon te zijn, mits de wervelingsstabilisatie-inrichting zich op een korte afstand bevindt van de wervelingsuitlaat, i.e. ongeveer 2-3 maal de diameter van de wervelingsuitlaatpijp. Indien de wervelingsstabilisatieinrichting zich echter op een grotere afstand, bijvoorbeeld 5-8 maal de
30 diameter van de wervelingsuitlaatpijp bevindt, dan heeft de wervelingsstabilisatie-inrichting bij voorkeur een wervelingscentreerpen. De wervelingscentreerpen is geschikt een staaf die is bevestigd aan het centrum van de stabilisatie-inrichting en die

zich opwaarts uitstrekt naar de wervelingszone van de cycloon.
Een dergelijke wervelingscentreerpen is bij voorkeur groter dan
ongeveer een derde van de wervelingslengte.

Op grond van aerodynamische studies blijkt de stabilisatie
5 van wervelingen gewenst te zijn voor verhoging van het effect van
de scheiding, terwijl drukverlies en erosie tot een minimum worden
beperkt. Wervelingsstabilisatie-inrichtingen verminderden de
drukval over het cycloonmodel met 10-15 %, ook toen de hoogste
wervelingssnelheden aanzienlijk werden verhoogd. Deze ontwikkeling
10 is uitzonderlijk in cyclonen, aangezien bij verhoging van werve-
ling het drukverlies bijna altijd stijgt. Naarmate de drukval
afneemt, schijnt de wervelingsstabilisatie het verlies van wer-
velingsenergie in cyclonen te verminderen.

Het bleek dat door de aanwezigheid van een geschikte werve-
15 lingsstabilisatie-inrichting in een cycloon een stripsectie met
een gefluïdiseerd bed aan de cycloon kan worden toegevoegd. In
de inrichting volgens de uitvinding stroomt stripgas opwaarts in
tegenstroom met de neerwaartse katalysatorstroom, zonder dat het
nuttig effect van de cycloon-scheider wordt beïnvloed. Dit is in
20 hoge mate verrassend, aangezien zonder wervelingsstabilisatie-in-
richting zelfs kleine hoeveelheden stripgas op de bodem van de
cycloon-scheider de werveling ontregelden en het effect ervan
snel ongedaan maakten.

Er dient te worden opgemerkt dat er een fundamenteel verschil
25 is tussen een stabilisatieschijf en een verticale buis als inwen-
dige delen in de cycloon-/strippercombinatie. De stabilisatieschijf
lokaliseert de werveling in het bovenste deel van de cycloon en
scheidt de werveling van de eronder liggende stripsectie. Van de
stripsectie afkomstige stoom moet om de schijf stromen, waardoor
30 de koolwaterstofdam uit deze zone wordt verdrongen. De stoom kan
echter katalysator meevoeren indien de snelheid door de ringvor-
mige ruimte om de schijf te hoog wordt. Maar "te hoog" is ten
minste 305,4 cm/s en waarschijnlijk nog hoger.

8304049

De verticale buis (zie bijvoorbeeld het Amerikaanse octrooi-schrift 4.043.899) koppelt de wervelingen van de bovenste cycloon met die van de stripsectie. De centrale opening in de verticale buis is noodzakelijk voor het ontwerp dat wordt beschreven in
5 genoemd Amerikaans octrooi-schrift, doch heeft het inherente nadeel dat katalysator van de stripsectie naar boven kan worden meegevoerd naar de wervelingszone van de cycloon. Er zijn veel lagere stroomsnelheden nodig om gefluïdiseerde katalysator opwaarts door de centrale buis dan van de wand af mee te voeren. Het ontwerp van
10 de buis blijkt derhalve ongeschikt te zijn om een stripper met een gefluïdiseerd bed op de bodem van het vat te plaatsen. De opwaartse stroom van de stoom zou de door de cycloon veroorzaakte beweging zowel in de tangentiële stripsectie, zoals beschreven in het Amerikaanse octrooi-schrift 4.043.899, als in de cycloon zelf
15 onderbreken, hetgeen ertoe zou leiden dat een onaanvaardbare hoeveelheid katalysator wordt meegevoerd.

De uitvinding zal thans aan de hand van de volgende Voorbeelden worden toegelicht.

In alle, in de Voorbeelden beschreven proeven werd lucht (om
20 het effect van gasvormige koolwaterstoffen na te bootsen) als de hoofdstroom gebruikt.

De lucht werd toegevoerd door middel van drie blaasinrichtingen van 294,2 kW, die elk een capaciteit van $1 \text{ m}^3/\text{s}$ hadden. De meeste proeven werden uitgevoerd met ongeveer $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$ bij
25 117 kPa. Deze stroomsnelheid komt overeen met een inlaatsnelheid van 17 m/s. Bij deze stroomsnelheid was het Reynoldsgetal, berekend op de diameter van de uitlaatpijp ($Re_z = \rho w_i r_i / \mu$) ongeveer $2,8 \times 10^5$. Bij een dergelijk hoog Reynolds-getal zijn de snelheidsprofielen in wezen onafhankelijk van de stroomsnelheid, zodat
30 met de werkelijke stroomsnelheid enigszins kon laten variëren, doch alle metingen werden verricht bij stroomsnelheden boven $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ bij 110-130 kPa en bij een temperatuur van 16-29 °C. Voor vergelijkingsdoeleinden werden de snelheidsprofielen alle aangepast aan een inlaatsnelheid van 17 m/s.

8304049

Een proefcircuit werd gemaakt van PLEXIGLASS, zoals getoond in Fig. 1. De katalysatorlading stroomt de bodem van een stijgbuis 10 (afmetingen 7,6 x 427 cm) binnen en wordt getransporteerd door middel van lucht die door een concentrisch mondstuk 11 (diameter 3,8 cm) binnenstroomt. Het drukverschil (ΔP) 12 over de stijgbuis werd niet precies gemeten, doch was ongeveer 2,54 cm H_2O . Voor de lucht werden stroomsnelheden van 30-48 l/s in de stijgbuis 10 gebruikt. Deze snelheden komen overeen met oppervlaktesnelheden in de stijgbuis van 6,70-10,65 m/s. De stroomsnelheid van de lucht werd gemeten door middel van een rotameter. De stroomsnelheid van de katalysator in de stijgbuis varieerde van 35-150 g/s. De regeling van de stroomsnelheid van de vaste deeltjes werd uitgevoerd door middel van een knijpkraan 13 in een standpijp 14 (diameter 7,62 cm) tussen de katalysatorvoorraadtank 15 en de stijgbuis 10. De katalysatorsnelheid werd gemeten door een knijpkraan 16 tussen de stripper-cycloon 17 en de katalysatorvoorraadtank 15 te sluiten en de snelheid te meten waarmee het niveau in de stripper-cyclooncombinatie steeg. Voor deze meting werd de luchttoevoer naar de stripper-cycloon 17 gestopt, terwijl een katalysatordichtheid van 801 kg/m^3 werd aangenomen.

Aan het boven einde van stijgbuis 10 bevindt zich een haakse bocht 18 en een overgang 19 van een pijp (met een diameter van 7,62 cm en een oppervlak van $46,24 \text{ cm}^2$) naar een wijde rechthoekige tangentiële cyclooninlaat 31 (15,24 cm hoog x 3,81 cm en een oppervlak van $58,05 \text{ cm}^2$). De gassnelheid bij de cyclooninlaat varieerde van 520 tot 840 cm/s.

Gas verlaat de stripper-cycloon 17 via een pijp 20 (binnendiameter 7,62 cm). Een tweede cycloon 21 verzamelt de katalysator afkomstig van de top van de strippercycloon. Een papierfilter 22 laat gereinigd gas doorstromen naar de atmosfeer en houdt katalysator tegen die uit de tweede cycloon afkomstig is.

Katalysator verlaat de stripper-cycloon 17 door een standpijp 23. Een knijpkraan 16 wordt gebruikt voor het regelen van het

8304049

niveau van de katalysator op de bodem van de stripper-cycloon 17. Een katalysatorvoorrraadtank 15 onder de stripper-cycloon 17 dient als reservoir dat de stijgbuis door een standpijp 14 (diameter 7,62 cm) voedt. Ammoniak of water kan aan de stripper-cycloon 17 of de stijgbuis 10 worden toegevoegd om statische elektriciteit in de inrichting tot een minimum te beperken.

Fig. 2 toont een gedetailleerd, schematisch aanzicht van de strippercycloon 17. De cycloonzone 24 werd vervaardigd uit een pijp met een binnendiameter van 15,24 cm en bevatte een van een uitsteeksel 25 voorziene wervelingscentreerpen en een wervelingsstabilisatie-inrichting 26 die zich op een geschikte afstand (15,24-45,72 cm) bevond van de onderzijde van de uitlaatpijp 20 voor het schone gas. Deze afstand is bepalend voor de lengte van de werveling (I). Onder de wervelingsstabilisatie-inrichting 26 en de stripzone 27 werd het niveau 28 van het katalysatorbed in stand gehouden. De stripzone 27 was eveneens vervaardigd uit een pijp met een binnendiameter van 15,24 cm. De uitlaat 20 voor het schone gas was een pijp met een binnendiameter van 7,62 cm en een wanddikte van 0,32 cm en strekte zich over een afstand van 17,78 cm uit door de wervelingszone 30 naar de top van de cycloonzone 24. De katalysatoruitlaat 23 was een pijp met een diameter van 7,62 cm.

De wervelingsstabilisatie-inrichting 26 had een diameter van 10,16 cm (voor de meeste proeven), een dikte van 1,27 cm aan de rand en een dikte van 2,54 cm in het midden. De wervelingscentreerpen 25 had een lengte van 6,35 cm, een diameter van 1,27 cm aan de onderzijde en een diameter van 0,64 cm aan de bovenzijde. Lucht en ammoniak of water werden door middel van een ringvormige leiding 33 en een gesinterde roestvrij-stalen ring 34 geïnjecteerd in de bodem van het katalysatorbed 35 (zie de pijlen).

De bedhoogte (III), de hoogte van de scheidingszone (II) en de lengte van de werveling (I) werden tijdens de proeven alle gewijzigd.

Het totale nuttig effect van de stripper-cycloon 17 werd gemeten door de bodemstroom van de tweede cycloon 21 (Fig. 1) te wegen. Deze meting was niet in hoge mate nauwkeurig, aangezien de fijne deeltjes verzameld op het papierfilter in de top van de tweede cycloon niet werden gemeten. De afwijking was echter gering. Na verscheidene metingen van het nuttig effect bleek de hoeveelheid fijne deeltjes op het filter onbeduidend te zijn vergeleken met de hoeveelheid katalysator die uit de bodemstroom van de tweede cycloon tijdens een meting van het nuttig effect werd verzameld.

VOORBEELD 1

Er werd een reeks proeven uitgevoerd onder toepassing van het proefcircuit en de stripper-cycloon die in Figuren 1 en 2 zijn afgebeeld en hierboven zijn beschreven. Een commerciële, gefluïdiseerde, katalytische kraakkatalysator werd als de vaste stof gebruikt en lucht werd toegepast als draaggas (komt overeen met gasvormige koolwaterstoffen) en als stripgas (komt overeen met stoom). De wervelingsstabilisatie-inrichting voor deze reeks proeven was een schijf met een diameter van 10,16 cm, een dikte van 1,27 cm aan de rand en 2,54 cm in het midden. Een wervelings-centreerpen (6,35 cm lang x 1,27 cm diameter aan de onderzijde x 0,64 cm diameter aan de bovenzijde) werd in het midden van de stabilisatieplaat aangebracht. Proeven betreffende het nuttig effect van de stripper-cycloon werden uitgevoerd met en zonder de wervelingsstabilisatie-inrichting. Zonder de stabilisatie-inrichting veroorzaakte de toevoer van lucht aan de stripper een aanzienlijke verhoging van het verlies van vaste deeltjes door opname in de topstroom van de stripper-cycloon. Wanneer de stabilisatie-inrichting aanwezig is, kan een aanzienlijke hoeveelheid lucht aan de stripper worden toegevoerd, terwijl het katalysatorverlies door opname in de topstroom van de stripper-cycloon slechts in geringe mate wordt beïnvloed. De gegevens van deze proeven zijn uitgezet in Fig. 3 en de proefresultaten zijn vermeld in Tabel 1,

8304049

waarin lijn A de resultaten in afwezigheid van een stabilisatie-inrichting en lijn B de resultaten met een stabilisatie-inrichting weergeeft. Langs de horizontale as is de snelheid van de luchtstroom naar de stripper en langs de verticale as de hoeveelheid katalysator in de topstroom in g/min uitgezet. De
5 luchttoevoer naar de stripper is afhankelijk van de circulatiesnelheid van de katalysator en van het oppervlak van de dwarsdoorsnede van het cycloonbed. Wanneer de snelheden in perspectief worden geplaatst, leidt een luchttoevoersnelheid van 2,82 l/s naar
10 de stripper tot een oppervlaktesnelheid in het bed van 15,24 cm/s. Voor een commerciële inrichting met een katalysatorcirculatie van ongeveer 40 ton/min en een cycloondiameter van 4,57 m, komt 15,24 cm/s overeen met 2,88 kg stripstoom/1000 kg katalysator bij een temperatuur van 510 °C en druk van 239,1 kPa. De in deze proef
15 gebruikte luchtsnelheden liggen dus dicht bij de stoomsnelheden die voor redelijke stripresultaten vereist zijn.

Uit deze proeven blijkt dat met een wervelingsstabilisatie-inrichting een oppervlaktesnelheid van 15,24-18,90 cm/s van opwaarts stromend gas geen noemenswaardige vermindering veroorzaakt in de resultaten van de scheiding. Oppervlaktesnelheden
20 tot ongeveer 27,43 cm/s kunnen worden toegestaan zonder dat het scheidingsresultaat aanzienlijk minder is.

TABEL 1

Nuttig effect van gecombineerde Stripper-cycloon

<u>Proef No.</u>	<u>lucht (l/min)</u>	<u>kat. stroom,</u>	<u>afstand in cm</u>			<u>kat.topstroom</u>	
	<u>stijgbuis</u>	<u>stripper</u>	<u>kg/min</u>	<u>I</u>	<u>II</u>	<u>III</u>	<u>g/min</u>
1	2684,6	0	6,57	27,94	45,72	15,24	4,1
2	"	84,6	"	"	"	"	3,8
3	"	169,2	"	"	"	"	4,3
4	"	211,5	"	"	"	"	4,0
5	"	253,8	"	"	"	"	15,0
6	2473,1	0	6,48	27,94	45,72	15,24	3,5
7	"	169,2	"	"	"	"	3,4
8	"	253,8	"	"	"	"	7,9
9	"	310,2	"	"	"	"	20,1
10	"	169,2	"	"	"	"	4,1
11	"	169,2	"	"	25,4	35,6	4,8
12	2684,6	0	10,35	27,94	45,72	15,24	13,7
13	"	0	5,85	"	45,72	15,24	3,2
14	"	169,2	5,85	"	25,4	35,6	3,7
15	"	211,5	5,85	"	25,4	35,6	5,6
16	"	253,8	5,85	"	25,4	35,6	10,4
17	2684,6	0	6,12	*	63,5	25,4	13,3
18	"	0	"	*	63,5	25,4	15,8
19	"	84,6	"	*	63,5	25,4	113,7
20	2549,2	0	7,79	17,78	45,72	25,4	3,1
21	"	169,2	"	"	35,56	35,56	4,1
22	"	0	"	"	45,72	25,4	3,2
23	"	253,8	"	"	35,56	35,56	7,4
24	"	84,6	"	"	35,56	35,56	2,5
25	"	211,5	"	"	35,56	35,56	5,6
26	"	310,2	"	"	35,56	35,56	25,3

8304049

TABEL 1 (vervolg)

Nuttig effect van gecombineerde Stripper-cycloon

Proef No.	<u>lucht (l/min)</u>		<u>kat. stroom,</u> <u>kg/min</u>	<u>afstand in cm</u>			<u>kat.topstroom</u> <u>g/min</u>
	<u>stijgbuis</u>	<u>stripper</u>		<u>I</u>	<u>II</u>	<u>III</u>	
27	2549,2	0	7,79	17,78	45,72	25,4	4,2
28	"	0	"	"	45,72	25,4	2,6
29	"	169,2	"	"	25,4	45,72	3,2
30	"	310,2	"	"	38,1	33,02	11,3

* Geen wervelingsstabilisatie-inrichting

I Lengte van werveling

II Hoogte van scheidingszone

III Bedhoogte

VOORBEELD 2

Er werd nog een reeks proeven uitgevoerd in het proefcircuit en in de stripper-cycloon beschreven in Voorbeeld 1, waarbij een wervelingslengte van 27,94 cm, een stroomsnelheid van vaste
5 deeltjes in de stijgbuis van 6,98 kg/min alsmede een luchtstroom van 2495,7 l/min werden toegepast.

Bij deze reeks proeven werd helium in het stijgbuisgas geïnjecteerd en werd de heliumconcentratie gemeten in het gas dat met de katalysator naar buiten stroomde. Monsters van katalysator
10 waardoor geen lucht werd geleid werden genomen in de standpijp van de stripper. Wanneer voor de katalysator in de standpijp (23) een stortgewicht wordt aangenomen van $640,8 \text{ kg/m}^3$, zou de snelheid waarmee het gas in de stripper-standpijp naar beneden stroomt ongeveer 14,1 l/min bedragen. Zoals blijkt uit Fig. 4 (waarin

8304049

- langs de horizontale as de luchtstroom naar de stripper in 1/min is uitgezet en langs de verticale as de verhouding tussen de hoeveelheid (in gdpm) helium in de stripper-standpijp en die in het gas dat naar de cycloon stroomt) tonen de proeven dat door
- 5 toevoer van lucht aan de stripper-stijgbuis op doelmatige wijze gas buiten de stripper-standpijp werd gehouden. Bij een luchtstroom van 169,2 l/min naar de stripper had de bedhoogte in de stripper weinig invloed op de mate waarin stijgbuisgas buiten de stripper-standpijp bleef. Zelfs zonder een wervelingsstabilisatie-inrichting bereikte dan ook weinig stijgbuisgas de strip-
- 10 per-standpijp. Punt C in Fig. 4 heeft betrekking op de situatie "geen stabilisatie-inrichting, geen bed" en punt D geeft aan "stabilisatie-inrichting, geen bed". Lijn E heeft betrekking op "stabilisatie-inrichting, met bed".
- 15 Deze proeven waarbij helium als indicatiemiddel werd gebruikt tonen aan dat een zeer laag percentage van het in de stijgbuis aanwezige gas de stripper-cycloonstandpijp bereikt wanneer een geschikte hoeveelheid stripgas wordt toegevoegd aan de stripper-cycloon volgens de uitvinding die een stabilisatie-inrichting
- 20 en een katalysatorbed bevat en waarvan de scheidingszone een geschikte hoogte (II) heeft. Voor deze proeven varieerde deze hoogte van 25,4 tot 45,72 cm en er werd geen noemenswaardig verschil in nuttig effect waargenomen.

VOORBEELD 3

- 25 Er werd nog een reeks proeven genomen onder toepassing van het proefcircuit en de stripper-cycloon beschreven in Voorbeeld 1, waarin de afmetingen van de wervelingsstabilisatie-inrichting werden gevarieerd. Voor deze reeks proeven waren de omstandigheden als volgt:
- 30 cycloondiameter 15,2 cm; wervelingslengte 17,78 cm; hoogte van scheidingszone (II) 31,75 cm; bedhoogte (III) 19,05 cm; diameter van de gasuitlaatbuis 7,62 cm; diameter van de buis voor de katalysatorbodemstroom 2,54 cm; luchtstroom 2563,4 l/min en kata-

8304049

lysatorstroom ~ 9 kg/min naar de cyclooninlaat, pen van de wervelingsstabilisatie-inrichting 6,35 cm.

Tabel 2 bevat gegevens betreffende het nuttig effect van de gecombineerde cycloon voor verschillende diameters van de wervelingsstabilisatie-inrichting. Het aantal g/min katalysator dat de cycloon als topstroom verlaat werd voor elke diameter van de stabilisatieplaat gemeten. Zonder stabilisatie-inrichting (plaatdiameter 0) veroorzaakte zelfs de toevoer van een geringe hoeveelheid opwaarts stromende lucht een grote daling van het nuttig effect. Een plaat met een diameter van 7,62 cm bracht enige verbetering, terwijl een plaat met een diameter van 10,16 cm een aanzienlijke verbetering tot stand bracht. De platen van respectievelijk 11,43 en 12,7 cm veroorzaakten een verdere, doch minder drastische verbetering. Wanneer het ontwerp van het proefcircuit naar een commercieel niveau wordt vergroot, is de belangrijkste factor de verhouding tussen de diameter van de wervelingsuitlaatpijp (uitlaat van het schone gas) en de diameter van de stabilisatieplaat. In de proefcycloon was de diameter van de wervelingsuitlaatpijp 7,62 cm. Wanneer de plaat met een diameter van 11,43 cm wordt beschouwd als een aanvaardbaar compromis tussen het nuttig effect en het gewicht van de stabilisatie-inrichting, dient de verhouding tussen plaatdiameter en de diameter van de wervelingsbuis ongeveer 1,5 te zijn.

Soortgelijke proeven werden genomen om de invloed van de lengte van de wervelingsstabilisatiepen vast te stellen. Er werd een gering mate van invloed waargenomen en een penlengte van ongeveer een derde van de wervelingslengte lijkt geschikt te zijn.

VOORBEELD 4

Een ander type wervelingstabilisatie-inrichting werd beproefd met behulp van het proefcircuit en de stripper-cycloon beschreven in Voorbeeld 1. De omstandigheden waren gelijk aan die beschreven in Voorbeeld 3, behalve dat gebruik werd gemaakt van een wervelingsstabilisatieplaat met een diameter van 10,16 cm voorzien van een

wervelingscentreerpen met een diameter van 2,54 cm, terwijl de plaat en de pen voorzien waren van een axiaal gat. Twee maten van deze gaten werden beproefd (een diameter van 0,95 cm en 1,59 cm) en de resultaten zijn in Tabel 3 vermeld.

- 5 In wervelingstabilisatie-inrichtingen die voorzien zijn van een axiaal gat bestaat een opwaartse gasstroom door het gat ten gevolge van het drukverschil dat wordt veroorzaakt door de wervelende stroom in de cycloon. Procesgas dat vaste deeltjes bevat stroomt de wervelingszone binnen door een tangentiële inlaat. De
- 10 primaire scheiding van vaste deeltjes en gas vindt plaats door de centrifugale werking in de bovenste cycloonsectie van het apparaat boven de wervelingsstabilisatie-inrichting. Het merendeel van het binnenstromende gas, dat op genoemde manier van de deeltjes is gescheiden, wordt door de gasuitlaat verwijderd. Een klein deel
- 15 van het procesgas laat men in dezelfde richting meestromen met de vaste deeltjes die volgens hun natuurlijk, ongeremd schroeflijn-vormig patroon zich neerwaarts bewegen door de ringvormige ruimte tussen het lichaam van de cycloon en de wervelingsstabilisatie-inrichting. Het merendeel van het meegevoerde gas wordt van de
- 20 vaste deeltjes gescheiden in de stripzone onder de wervelingsstabilisatie-inrichting ten gevolge van het drukverschil over het axiale gat en wordt door het midden van de cycloon naar de gasuitlaat teruggevoerd.

- Vaste deeltjes vallen door de stripzone in een borrelend
- 25 dicht bed, waar de verwijdering van procesgas wordt voltooid door de vaste deeltjes met een inert gas te strippen. Stripgas stroomt opwaarts door het axiale gat naar de lagedrukkern van de werveling en naar de gasuitlaat, tezamen met afgestripte en meegevoerde delen van de procesdamp.

- 30 Vaste deeltjes worden in de inrichting met een hoog rendement verwijderd door toepassing van de bovengenoemde geringe, doch positieve neerwaartse stroom procesgas die zich in de ringvormige opening tussen de stabilisatie-inrichting en de wand van het

cycloonvat in dezelfde richting beweegt als de vaste deeltjes. De hoeveelheid van het door de ringvormige ruimte neerwaarts stromende gas wordt door een geschikt ontwerp zo gering mogelijk gehouden om de binnenwaartse radiale snelheid van het gas te
5 verlagen wanneer het zich in de lagere sectie afscheidt van de vaste deeltjes ten einde te voorkomen dat vaste deeltjes door het axiale gat weer worden meegevoerd. Er wordt voor gezorgd dat de scheidingszone boven het dichte bed voldoende hoog is om te voorkomen dat deeltjes uit het dichte bed worden meegevoerd en
10 om de radiale snelheid verder tot een minimum te beperken. Wanneer te grote hoeveelheden gas naar beneden stromen, wordt de effectieve verblijfstijd in de cycloon verlengd en dit moet worden voorkomen waar dit ongewenst is. De werking van de cycloon kan worden aangepast aan de gewenste doeleinden door een juiste keus
15 van de cycloon en vooral van de afmetingen van het axiale gat.

Wanneer vaste deeltjes aan de rand van de eerste scheidingskamer met hoge snelheid worden verwijderd met in dezelfde richting stromend gas, worden stromingsproblemen vermeden die optreden bij de afvoer van kleverige vaste deeltjes door de gebruikelijke
20 cycloon-dompelpijpen en wordt bij de afvoer van vaste deeltjes een hoge snelheid bereikt zonder dat verstoppingsproblemen ontstaan in cyclonen van betrekkelijk kleine afmetingen waarin de verblijfstijd voor het gas gering is.

TABEL 2

Invloed van wervelingsstabilisatie-inrichting op het scheidingseffect van stripper-cycloon

Proef no.	lucht naar strip- per, 1/min	katalysator in topstroom van stripper-cycloon g/min			
		plaatdiameter * 7,62 cm	plaatdiameter * 10,16 cm	plaatdiameter * 11,43 cm	plaatdiameter * 12,70 cm
	(opwaartse luchtstroom)	geen stabilisatie- inrichting			
1	0	---	---	---	---
2	56,4	---	---	---	---
3	84,6	0,36	0,17	0,16	0,11
4	169,2	3,34	0,25	0,17	0,11
5	211,5	---	0,20	---	---
6	253,8	44,6	0,45	0,35	0,14
7	296,1	---	6,1	1,9	0,77
8	317,25	---	---	---	5,5
9	338,4	---	---	---	65,8

TABEL 3

Invloed van wervelingsstabilisatie-inrichting op het
scheidingseffect van stripper-cycloon

Proef no.	lucht naar stripper,	katalysator in topstroom		
	l/min	van stripper-cycloon		
			g/min	
	opwaartse luchtstroom	geen stabilisatie- inrichting	diameter * van gat 0,95 cm	diameter * van gat 1,59 cm
1	0	0,97	2,6	---
2	56,4	7,9	9,5	13,0
3	84,6	20,4	---	---
4	169,2	---	18,6	43,5
5	211,5	---	19,6	---
6	253,8	---	21,9	---
7	296,1	---	26,9	---

* Plaatdiameter 10,16 cm; pendiameter 2,54 cm, gat door pen en
plaat.

Andere uitvoeringsvormen van de uitvinding zullen voor
deskundigen duidelijk zijn na bestudering van deze beschrijving
5 of door toepassing van de daarin beschreven uitvinding.

8304049

C o n c l u s i e s

1. Inrichting voor het scheiden van suspensies van katalysatordeeltjes en gasvormige koolwaterstoffen en voor het afstrippen van koolwaterstoffen van genoemde katalysatordeeltjes, met het kenmerk dat de inrichting omvat:
 - 5 (a) een cycloon-scheider die een inlaat heeft voor de toevoer van suspensies van katalysatordeeltjes en gasvormige koolwaterstoffen afkomstig van een stijgbuis;
 - (b) een verticaal, hol huis dat aan genoemde inlaat is bevestigd en in samenwerking daarmee een wervelingszone vormt waarin
10 genoemde suspensies tot een gefluïdiseerde werveling worden gevormd, welk hol huis in het bovenste deel daarvan is voorzien van een wervelingsuitlaat voor het verwijderen van gereinigde gasvormige koolwaterstoffen en in het onderste deel is voorzien van een uitlaat voor het verwijderen van katalysator waarvan
15 koolwaterstoffen zijn afgestript;
 - (c) een wervelingsstabilisatie-inrichting, die coaxiaal in het midden van genoemd huis is aangebracht, zodat door genoemde stabilisatie-inrichting en genoemde bovenste wervelingsuitlaat een cycloonzone wordt begrensd waarin katalysatordeeltjes van gasvormige koolwaterstoffen worden gescheiden en een gereinigd fluïdum
20 wordt verkregen, voor de stabilisatie en de lokalisatie van genoemde werveling ten einde het opnieuw meevoeren van genoemde deeltjes door genoemd gereinigd fluïdum tot een minimum te beperken;
 - 25 (d) middelen voor de ondersteuning van een katalysatorbed dat zich onder genoemde wervelingsstabilisatie-inrichting nabij de bodem van genoemd huis bevindt, zodat door genoemde ondersteuning en genoemde stabilisatie-inrichting een stripzone wordt begrensd waarin gasvormige koolwaterstoffen van genoemde katalysatordeeltjes worden afgestript;
30

8304049

(e) middelen voor het injecteren van stripgas in genoemd katalysatorbed ten einde de aanwezigheid van geadsorbeerde koolwaterstoffen op genoemde katalysatordeeltjes tot een minimum te beperken.

- 5 2. Inrichting volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de wervelingsstabilisatie-inrichting een massieve schijf of plaat omvat.
3. Inrichting volgens conclusie 2, met het kenmerk, dat aan het midden van de stabilisatie-inrichting een wervelingscentreerstaaf
10 is bevestigd die zich opwaarts uitstrekt naar de cycloonvormige wervelingszone.
4. Inrichting volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat de lengte van genoemde wervelingscentreerstaaf ten minste een derde van de wervelinglengte bedraagt.
- 15 5. Inrichting volgens één of meer der conclusies 1-4, met het kenmerk, dat de wervelingsstabilisatie-inrichting van een open axiale doorgang is voorzien waardoor gas van de stripzone stroomt naar de kern van genoemde werveling in de cycloonzone.
6. Inrichting volgens conclusie 5, met het kenmerk, dat de
20 stabilisatie-inrichting een massieve schijf of plaat omvat.
7. Inrichting volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat aan de stabilisatie-inrichting een wervelingscentreerstaaf is bevestigd die zich axiaal en in opwaartse richting uitstrekt.
8. Inrichting volgens conclusie 7, met het kenmerk, dat de
25 lengte van genoemde wervelingscentreerstaaf ten minste een derde van de wervelingslengte is.
9. Inrichting volgens één of meer der conclusies 1-8, met het kenmerk, dat de bovenzijde van genoemd katalysatorbed op een zodanige afstand van genoemde stabilisatie-inrichting wordt
30 gehouden dat de hoogte van de scheidingszone voldoende hoog is om te voorkomen dat gestripte katalysator door genoemd stripgas naar genoemde stabilisatie-inrichting wordt gevoerd.

8304049

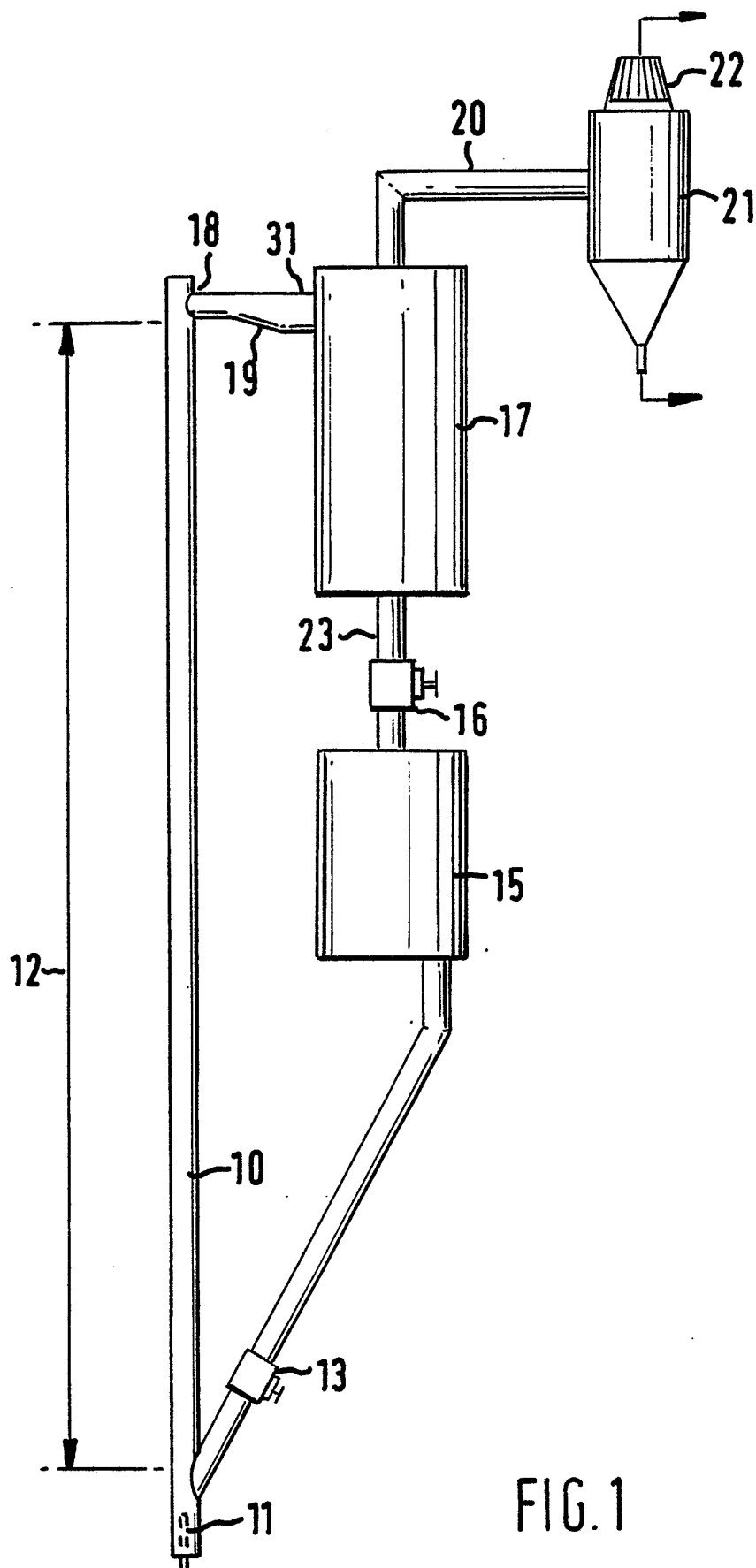
10. Werkwijze voor het scheiden van gefluïdiseerde, katalytische kraakkatalysatordeeltjes van omzettingsprodukten van koolwaterstoffen en stripgassen, met het kenmerk, dat in een gefluïdiseerd, katalytisch kraakproces een suspensie van katalysator en gasvormige koolwaterstoffen bij verhoogde temperatuur in opwaartse richting wordt gevoerd door een als omzettingszone dienende stijgbuis naar het bovengedeelte van een scheidingsvat bevattende een cycloonvormige wervelingszone, waarin een gefluïdiseerde werveling wordt gevormd waarmede door middel van de cycloon een scheiding plaatsvindt tussen katalysatordeeltjes en omzettingsprodukten van gasvormige koolwaterstoffen; waarbij de top van genoemde gefluïdiseerde werveling wordt gecentreerd door contact met een wervelingsstabilisatie-inrichting die coaxiaal is aangebracht op de bodem van genoemde scheidingszone; verwijdering van afgescheiden omzettingsprodukten van gasvormige koolwaterstoffen uit het bovengedeelte van de cycloonzone; het voeren van afgescheiden katalysator door een ringvormige opening die wordt gevormd door de omtrek van genoemde stabilisatie-inrichting en de wand van de scheider naar een lager gelegen stripzone die een gasverbinding met de cycloonzone heeft; en het in aanraking brengen van genoemde katalysator met stripgas wanneer het naar beneden stroomt door genoemde ringvormige opening en een stripzone naar een katalysatorbed.
11. Werkwijze volgens conclusie 10, met het kenmerk, dat de scheiding wordt uitgevoerd in een scheidingszone, waarvan de lengte wordt bepaald door de stabilisatie-inrichting op een afstand van ten minste ongeveer tweemaal de diameter van de wervelingsuitlaat onder de onderzijde van genoemde wervelingsuitlaat te plaatsen, en welke bevat een verticale, coaxiale doorgang met open uiteinden die zich van het bovengedeelte van het scheidingsvat neerwaarts uitstrekt door genoemde wervelingszone naar de top van genoemde cycloonzone.

8304049

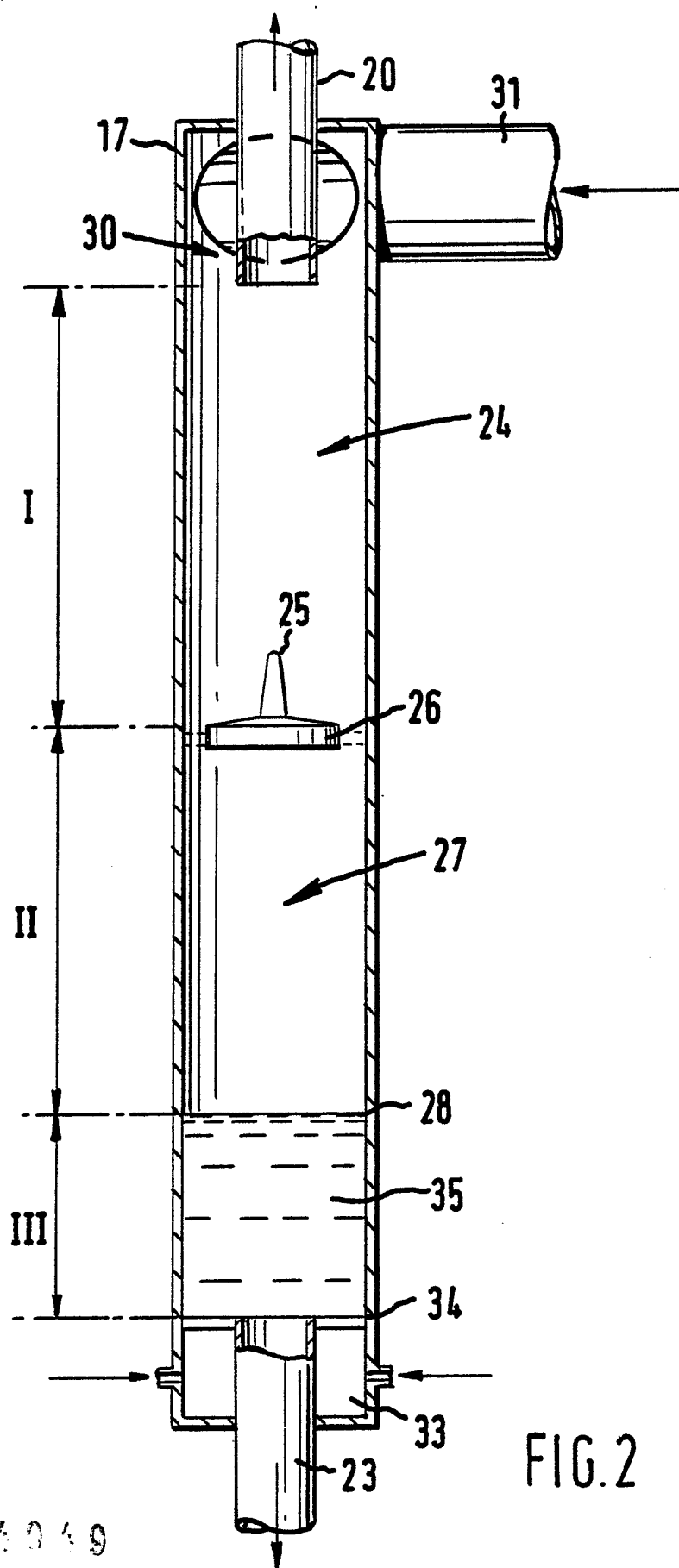
12. Werkwijze volgens conclusie 10 of 11, met het kenmerk, dat de stripbehandeling wordt uitgevoerd in een stripzone waarvan de lengte wordt gedefinieerd als de afstand tussen de contactzone van het stripgas en het katalysatorbed tot genoemde stabilisatie-inrichting, welke afstand voldoende is om scheidingshoogte te verkrijgen tussen de bovenzijde van genoemd katalysatorbed en de onderzijde van genoemde stabilisatie-inrichting.
13. Werkwijze volgens één of meer der conclusies 10-12, met het kenmerk, dat deze wordt uitgevoerd in aanwezigheid van een massieve schijf of plaat in het midden waarvan een wervelingscentreerstaaf kan worden aangebracht die zich opwaarts in de cycloonvormige wervelingszone uitstrekt.
14. Werkwijze volgens conclusie 13, met het kenmerk, dat deze wordt uitgevoerd in aanwezigheid van een wervelingsstabilisatie-inrichting die voorzien is van een open, coaxiale doorgang waardoor gas van de stripzone stroomt naar de kern van genoemde werveling in de cycloonvormige wervelingszone.
15. Werkwijze volgens conclusie 13 of 14, met het kenmerk, dat deze wordt uitgevoerd bij aanwezigheid van een wervelingscentreerstaaf waarvan de lengte ten minste een derde van de wervelingslengte is.
16. Werkwijze volgens één of meer der conclusies 10-15, met het kenmerk, dat 1-4 kg stripgas per 1000 kg katalystordeeltjes wordt toegepast.
17. Werkwijze volgens één of meer der conclusies 10-16, met het kenmerk, dat gebruik wordt gemaakt van stripgas dat een oppervlaktesnelheid van 6,2-27,5 cm/s heeft.
18. Werkwijze volgens één of meer der conclusies 10-17, met het kenmerk, dat stoom als stripgas wordt gebruikt.

BSRH04/EO

6304049



8304049



8304049

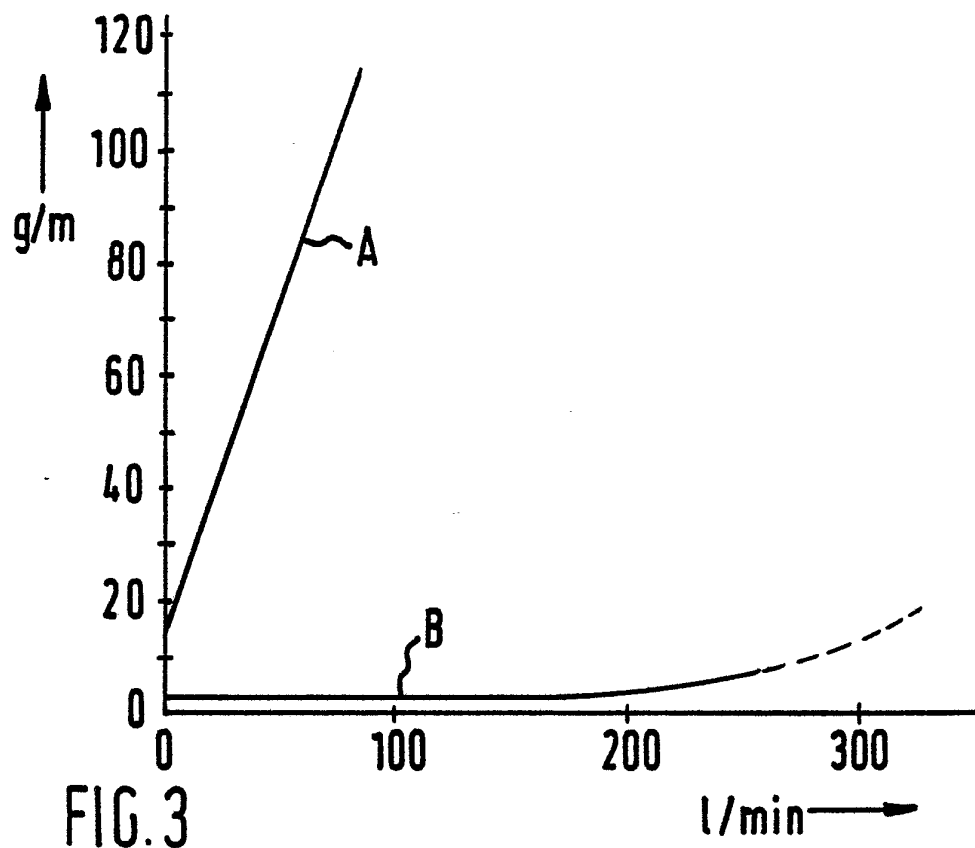


FIG. 3

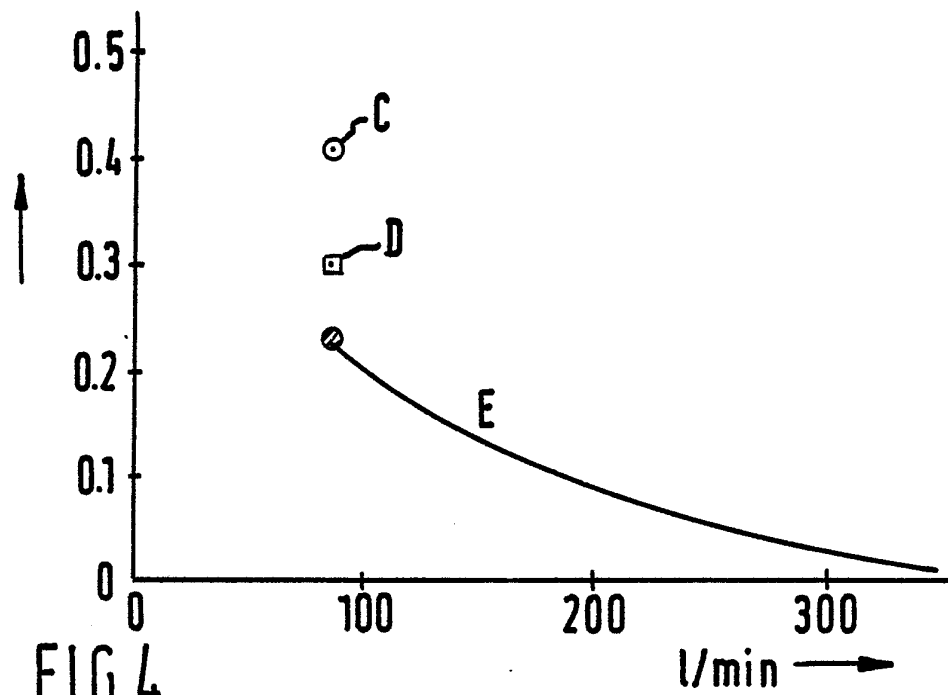


FIG. 4

8304049