



F1000101133B



SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 101133 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats 30.04.98

(51) Kv.lk.6 - Int.kl.6

B 01J 8/26

(21) Patenttihakemus - Patentansökning 963403

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 30.08.96

(24) Alkupäivä - Löpdag 30.08.96

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 01.03.98

(73) Haltija - Innehavare

1. Neste Oy, Keilaniemi, 02150 Espoo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Routtu, Seppo, Ukonkellonkatu 23, 48800 Karhula, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Seppo Laine Oy, Lönnrotinkatu 19 A, 00120 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

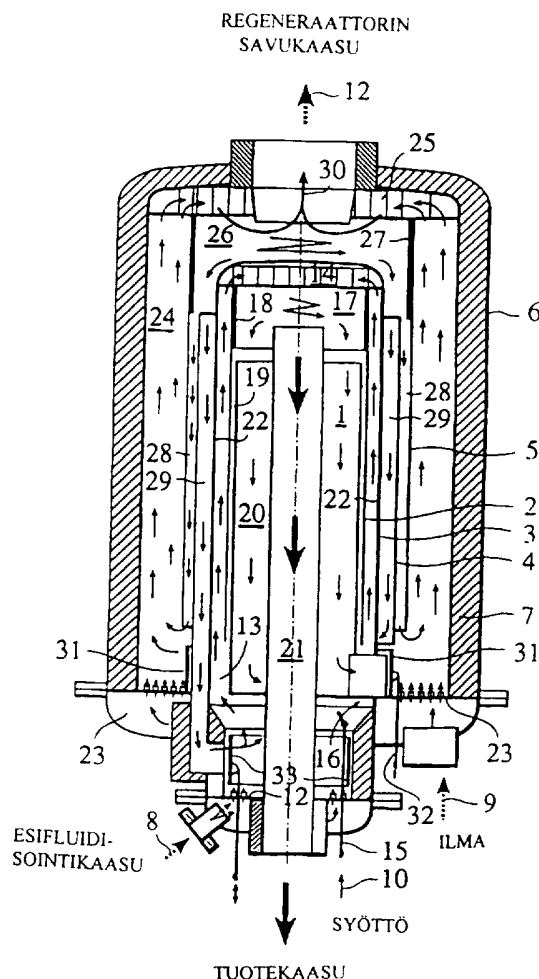
Laitteisto kemiallisiin ja fysikaalisiin prosesseihin
Anläggning för kemiska och fysikaliska processer

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

SE B 414373 (B 01J 8/26), US A 4152393 (B 01J 8/26)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksintö koskee laitteistoa kahdesta erillisestä yksikkö-prosessista koostuvan, kiintoainetta käyttävän fysikaalisen tai kemiallisen prosessin suorittamiseksi, jolloin toisessa yksikkö-prosessissa regeneroidaan ensimmäisessä yksikkö-prosessissa käytetty kiintoaine. Laitteisto käsittää ensimmäisen reaktorin (1-3) ensimmäisen yksikköprosessin suorittamiseksi, toisen reaktorin (4-6) toisen yksikköprosessiin suorittamiseksi, ensimmäisen (1-3) ja toisen reaktoriin (4-6) välille sovitettua ensimmäistä siirtokanavaa (20) käytetyn kiintoaineen siirtämiseksi ensimmäisestä reaktorista toiseen, ja toisen (4-6) ja ensimmäisen reaktorin (1-3) välille sovitettua toista siirtokanavaa (29) regeneroidun kiintoaineen palauttamiseksi toisesta reaktorista ensimmäiseen. Keksinnön mukaan ensimmäinen reaktori (1-3) koostuu kiertomassareaktorista, jolla on poikkileikkaukseltaan rengasmaisen reaktiotilan, ja toinen reaktori (4-6) koostuu ensimmäistä kiertomassareaktoria symmetrisesti ympäröivästä toisesta kiertomassareaktorista, jolla myös on poikkileikkaukseltaan rengasmaisen reaktiotilan. Keksinnön mukaisella rakenteella voidaan myös suuret laitteistot toteuttaa halkaisijaltaan matalina; ulkoinen tilantarve minimoituu ja lämpölaajenemisoongelmat vähenevät oleellisesti.



Uppfinningen avser en anordning för utförande av en fysikalisk eller kemisk process som består av två skilda enhetsprocesser och som utnyttjar fast ämne, varvid i den andra enhetsprocessen regenereras det fasta ämne som använts i den första enhetsprocessen. Anordningen omfattar en första reaktor (1-3) för utförande av den första enhetsprocessen, en andra reaktor (4-6) för utförande av den andra enhetsprocessen, en transportkanal (20) mellan den första (1-3) och den andra reaktorn (4-6) för överföring av det använda fasta ämnet från den första reaktorn till den andra, samt en transportkanal (29) mellan den andra (4-6) och den första reaktorn (1-3) för återföring av det regenererade fasta ämnet från den andra reaktorn till den första. Enligt uppfinningen består den första reaktorn (1-3) av en reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd, med ett till tvärsnittet ringformigt reaktionsutrymme, och den andra reaktorn (4-6) består av en andra reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd, som även uppvisar ett till tvärsnittet ringformigt reaktionsutrymme och som koncentriskt omger den första reaktorn med cirkulerande fluidiserad bädd. Konstruktionen enligt uppfinning gör det möjligt att bygga även stora anläggningar låga i förhållande till diametern; det yttre utrymmesbehovet minimeras och problemen med värmeutvidgning minskar väsentligen.

Laitteisto kemiallisiin ja fysikaalisiin prosesseihin

Esillä oleva keksintö koskee patenttivaatimuksen 1 johdannon mukaista laitteistoa kahdesta erillisestä, kiintoainetta käyttävästä yksikköprosessista koostuvien kemiallisten ja fysikaalisten prosessien suorittamiseksi.

Tällainen laitteisto käsittää yleensä reaktorin ensimmäisen yksikköprosessin suorittamiseksi, regeneraattorin toisen yksikköprosessiin suorittamiseksi, reaktorin ja regeneraattorin välille sovitettun siirtokanavan käytetyn kiintoaineen siirtämiseksi reaktorista regeneraattoriin sekä regeneraattorin ja reaktorin välille sovitettun palautuskanavan regeneroidun kiintoaineen palauttamiseksi regeneraattorista takaisin reaktoriin uutta käyttöä varten.

Useat kemian- ja energiateollisuuden prosessit koostuvat kahdesta erillisestä katalyyttisestä, ei-katalyyttisestä tai fysikaalisesta yksikköprosessista. Kemiallisten prosessien ensimmäisessä yksikköprosessissa suoritetaan tällöin haluttu kemiallinen reaktio ja toisessa regeneroidaan prosessissa käytetyt inertit tai katalyyttiset kiintoainepartikkelit. Regenerointi voi tässä yhteydessä tarkoittaa vain kiintoaineen uudelleen kuumentamista tai, mikäli kiintoaine on katalyytti, sen uudelleen aktivoimista kuumennuksen avulla. Fysikaalisissa prosesseissa voidaan kiintoaineen avulla puolestaan siirtää lämpöenergiaa tai haluttuja tuotteita yksikköprosessista toiseen. Usein kemialliset ja fysikaaliset prosessit liittyvät yhteen: esimerkiksi katalyyttisessä krakkauksessa sekä reaktorissa että regeneraattorissa tapahtuu kemiallinen reaktio, minkä lisäksi tapahtuu fysikaalisia prosesseja (lämmön- ja aineensiirto yksiköiden välillä).

Lämmön siirtäminen kaasuvirrasta toiseen on eräs prosessi- ja energiatekniikan olennaimpia prosesseja. Lämmönsiirtoon käytetään nykyisin pääasiassa kahta siirrintyyppiä, joita toimintatapansa mukaan kutsutaan rekuperatiivisiksi tai regeneratiivisiksi.

Rekuperatiivisissa siirtimissä lämpöenergia siirtyy virtoja erottavan, ainetta läpäisemättömän seinän läpi. Rekuperaattorin perustyyppissä lämpöenergia siirtyy seinämän läpi suoraan virrasta toiseen. Oman rekuperaattoriryhmänsä muodostavat ns. välikiertorekuperattorit, joissa lämmönsiirtoaine kiertää kahden rekuperatiivisen lämmönsiirtimen välillä.

Tällaisia siirtimiä käytetään mm. ydinreaktoreissa, joissa halutaan varmistaa, ettei korkea-aktiivinen virta pääse onnettomuustilanteessa sekoittumaan sekundäärikierron kanssa.

5 Toisena esimerkkinä välikiertorekuperattoreista voidaan mainita polttokammion ulkopuo-
lisilla tulistimilla varustetut leijukerroskattilat, joissa polttokammiossa kuumennettua
hiekkaa jäähdytetään erillisessä leijukerrostulistimessa. Esimerkkinä tällaisista lämmön-
siirtimistä on esim. US-patentti 4 552 203. Rekuperatiivisten siirtimien olennaisimmat
rajoitukset liittyvät seinämämateriaalien eroosioon, korroosioon ja lämpötilaan. Mekaani-
sesti tai kemiallisesti vaativiin oloihin ei nykyisin ole olemassa käyttökelpoisia seinämä-
10 materiaaleja. Rekuperattoreilla saavutettavissa oleva suurin lämpötila rajoittuu usein
seinämämateriaalien lujuusominaisuuksiin. Lisäksi rekuperattorit ovat kalliita ja niiden
säätöominaisuudet ovat huonot. Välikiertorekuperattoreilla voidaan kylläkin saavuttaa
hyvä säädettävyys.

15 Regeneratiivisissa lämmönsiirtimissä lämpöenergia siirretään siten, että kuumennettu
lämmönsiirtoaine luovuttaa energiaa kylmempään virtaan suorassa kosketuksessa ja jääh-
tynyt lämmönsiirtoaine regeneroidaan uudelleen suorassa kosketuksessa kuumempaan
virtaan. Regeneratiiviset lämmönsiirtimet jaetaan edelleen toimintatapansa perusteella
jaksollisiin ja jatkuvatoimisiin.

20 Jaksollisissa regeneraattoreissa kuumempi ja kylmempi virta ajetaan jaksoittain saman,
kiinteään rakenteen läpi, joka täten vuoroin varastoi ja luovuttaa lämpöenergiaa. Epäilemät-
tä vanhin laajassa käytössä ollut jaksottainen regeneraattori on kertalämmitteinen kiuas.

25 Jatkuvatoimisissa regeneraattoreissa lämpöä varastoiva aine kiertää jatkuvasti virrasta
toiseen. Tunnetuin jatkuvatoiminen regeneraattori on ns. Ljungström-regeneraattori, missä
pyörivä, kiekon muotoinen, kennomainen lämmönsiirtolevy siirtää energiaa virrasta toi-
seen. Tästä regeneraattorista on kehitetty erilaisia sovellutuksia, kuten esim. ilmanvaihto-
tekniikassa käytetty, myös vesihöyryä siirtävä, litiumkloridimassalla päällystetty re-
30 generaattori.

Em. tyyppisten kiinteään, yhtenäiseen lämmönsiirtoelimeen perustuvien regeneraattorei-

den lisäksi tunnetaan erilaisia raemaisiin lämmönsiirtoaineisiin perustuvia regeneraattoreita.

5 Tunnetaan useita erilaisia regeneraattoreita, joissa raemainen lämmönsiirtoaine on kiinteäkerroksilassa ja joissa lämmönsiirtoainetta kierrätetään mekaanisesti kerroksesta toiseen.

DE-hakemusjulkaisussa 3 225 838 käytetään raemaista lämmönsiirtoainetta (esim. posii-
inipellettejä) lämmön siirtämiseksi kaasuvirtojen välillä. Raemainen materiaali leijutetaan,
jolloin rakeet pysyvät puhtaina eikä lämmönsiirrin tukkeudu. US-patentissa 4 307 773 on
10 esitetty toinen prosessi ja laitteisto, jossa kupliviin leijukerroksiin perustuvan regeneraatto-
risysteemin avulla otetaan lämpöä talteen likaavista kaasuista. Em. patenttien lisäksi
tunnetaan useita regeneraattoreita, joissa raemainen materiaali vuoroin lämmitetään ja
jäähdytetään erillisissä, rinnakkaisissa, kuplivissa leijukerroksissa. GB-hakemusjulkaisus-
sa 2 118 702 on esitetty eräs valuviin kiintoainekerrokseen perustuva regeneraattori.

15

Kiinteään lämmönsiirtoelimeen ja raemaisten aineiden kiinteäkerrosvyöhykkeisiin perus-
tuvien regeneraattorien keskeinen ongelma on niiden puhtaanapito. Myös virtausten
sekoittumisen estäminen aiheuttaa näissä tiivistysongelmia. Lisäksi lämmönsiirtomateri-
aaliin muodostuvat lämpötilaerot aiheuttavat mekaanisia jännityksiä, jotka rajoittavat
20 lämmönsiirtoelimen tai materiaalin käyttöikää. Kiinteäkerrosregeneraattorin eräs epäkohta
on myös virtausten kanavoituminen kiinteäkerroksissa. On lisäksi selvää, että kiinteäker-
rokseen muodostuu aina virtauksen suuntaisia lämpötilagradientteja ja kerroksen lämpöti-
lanhallinta on huono.

25 Eräs eniten käytetyistä prosesseista, joissa käytetään kahden erillisen yksikköprosessin
muodostamaa leijutus-reaktorijärjestelmää on hiilivetyjen katalyyttiseen krakkaukseen
tarkoitettu FCC-laitteisto, jonka pääosat ovat nopean leijutusvirtauksen alueella toimiva
nousuputki (reaktori), laimeassa suspensiofaasissa toimivat katalyytin ja reaktiotuotteen
erotussyklonit sekä suuritulavuuksinen leijukerrosalueella toimiva regeneraattori. Eräs
30 FCC-laitteisto on esitetty US-patenttijulkaisussa 4 957 617.

Muita katalyyttisten leijutusreaktorien sovellutuksia ovat mm.:

- katalyyttinen reformointi,
- ftaalihapponhydridin tai maleiinihaponhydridin valmistus,
- metaanin hapettava dimerointi,
- Fischer-Tropsch synteesi,
- 5 - dehydraus,
- metaanin, etaanin ja vastaavien alkaanien klooraus ja bromaus sekä
- metanolin konvertointi olefiineiksi tai bensiiniksi

Ei-katalyyttisiä prosesseja, joissa käytetään leijutusreaktoreita, ovat mm.:

- 10 - terminen krakkaus,
- katalyytin regenerointi ja
- kaasutusprosessit

Fysikaalisia prosesseja ovat mm.:

- 15 - kuivatus,
- lämmönsiirto kahden kaasun välillä ja
- adsorptio

Leijukerrosregeneraattoreissa joudutaan virtausnopeudet sovittamaan käytetyn lämmön-
 20 siirtoaineen fysikaalisten ominaisuuksien mukaan ja regeneraattorin säätöalue rajoittuu
 minimileijutusnopeuden ja pneumaattisen kuljetusnopeuden väliin. Käytännössä tämä
 merkitsee sitä, että regeneraattorin lämmönsiirtoaineen on oltava raekooltaan karkeaa tai
 käytettyjen virtausnopeuksien pieniä. Lisäksi lämmönsiirtoaineen kierrätys leijukerrosten
 välillä siten, että virtojen liiallinen sekoittuminen estyy, on ongelmallista. Tämä ongelma
 25 korostuu, jos lämpöäsiirtävien virtojen paine-ero on suuri. Tällöin joudutaan yleensä
 käyttämään mekaanisia venttiilejä, joiden kulumisen ja lämpötilarajoitus vie olennaisen
 osan regeneraattorin eduista. Tunnetuissa leiju- ja kiinteäkerrosregeneraattoreissa joudu-
 taan käyttämään mekaanista tai pneumaattista kuljetinta lämmönsiirtomateriaalin palautta-
 miseksi alemmasta yksiköstä ylempään. Tällaiset kuljettimet ovat sekä laite- että prosessi-
 30 teknisesti lähes mahdottomia.

Edellä mainittuihin epäkohtiin saadaan ratkaisevat parannukset suomalaisessa patentissa

nro 924438 esitetyllä ratkaisulla, jossa laitteiston muodostaa kaksi tai useampi rinnakkainen kiertomassareaktori, josta seuraavassa myös käytetään lyhennystä "KM-reaktori".

Kemiallisista prosesseista mm. katalyyttinen krakkaus- tai dehydrausprosessi voivat perustua sanotun patentin mukaiseen laitteistokytkeyntään. Tällaisten laitteistojen tekniseen toteutukseen liittyy kuitenkin eräitä jäljempänä selitettäviä ongelmia, jotka johtavat siihen, ettei laitteistojen tarjoamia etuja voida täysin hyödyntää näitä ongelmia ratkaisematta. Vaikein näistä ongelmista liittyy rinnakkaisten KM-reaktorien välisiin vaakasuoriin kiinto-aineen siirtoetäisyyksiin, joiden vuoksi suuret laitteistot joudutaan tekemään tarpeettoman korkeiksi.

Jos KM-reaktorit sovitetaan vierekkäin, on käytännössä mahdotonta aikaansaada stabiilia kiintoaineen vaihtoa lisäämättä KM-reaktorien korkeutta tarpeettomasti. Tähän liittyy myös lämmönsiirtomateriaalin siirtokanavistojen laiteteknisiä ongelmia. Vierekkäin sijoitettujen KM-reaktorien muodostaman laitteiston tilantarve muodostuu myös tarpeettoman suureksi.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on poistaa tunnettuun tekniikkaan liittyvät ongelmat ja saada aikaan aivan uudenlainen laitteisto fysikaalisten ja kemiallisten reaktioiden suorittamiseksi.

Keksintö perustuu siihen ajatukseen, että laitteisto rakennetaan kahdesta sisäkkäin sovitetusta reaktorista, joista sisempi muodostaa reaktorin ja ulompi regeneraattorin. Molempien reaktoreiden reaktiotilat koostuvat tällöin kahden lieriömäisen tai osin kartiomaisen verho-pinnan välisestä tilasta, jolla siten on ainakin oleellisesti rengasmaisen poikkileikkaus.

Täsmällisemmin sanottuna keksinnön mukaiselle laitteistolle on pääasiallisesti tunnusomaista se, mikä on esitetty patenttivaatimuksen 1 tunnusmerkkiosassa.

Keksinnön tärkeimpinä etuina voidaan pitää seuraavia asioita.

1. Sovittamalla laitteiston muodostavat KM-reaktorit symmetrisesti sisäkkäin, saadaan lämmönsiirtomateriaalin vaakasuorat siirtomatkat pieniksi myös suurissa

laitteistoissa.

2. Keksinnön mukaisella rakenteella voidaan myös suuret laitteistot toteuttaa hal-
kaisijaan nähden matalina.
3. Laitteiston ulkoinen tilantarve minimoituu.
4. Laitteiston lämpölaajenemisongelmat vähenevät oleellisesti.
5. Laitteisto muodostaa kompaktin, tukevan ja helposti asennettavan kokonaisuuden.
6. Laitteistoon voidaan helposti järjestää useita lämmönsiirtoaineen vaihtoyhteitä,
jolloin horisontaalinen sekoittuminen regeneraattorin KM-reaktorissa voidaan
paremmin hallita. Tällä seikalla on suuri merkitys sellaisissa sovellutuksissa, joissa
joissakin laitteiston KM-reaktoreista tapahtuu fysikaalisia tai kemiallisia reaktioita.

Keksinnössämme kaksi kiertomassareaktoria on järjestetty symmetrisesti sisäkkäin, jolloin
ylöspäin kulkevan katalyyttisuspension virtauskanavista muodostuu poikkileikkaukseltaan
olennaisesti rengasmaisia. Virtauskanavat voivat olla jaettu välilevyillä segmentteihin.
Koska reaktoreilla on ainakin olennaisesti pystysuora pituusakseli rengaskanavien poikki-
leikkauksella tarkoitetaan tässä lähinnä vaakatason poikkileikkausta. Ylöspäin virtaavat
kanavat toimivat laitteiston kemiallisina tai fysikaalisina reaktoreina. Olennaista on ja
seurausta symmetrisestä muodosta on se, että virtauskanavaan liittyvä sykloni on
symmetrinen akselinsa suhteen.

Keksintöä ja sen etuja ryhdytään seuraavassa lähemmin kuvaamaan yksityiskohtaisen
selityksen avulla, jossa viitataan oheiseen piirustukseen, jossa on sivukuvantona esitetty
katalyyttiseen krakkaukseen ja lämmönsiirtoprosesseihin erityisen hyvin soveltuvan lait-
teen edullisen sovellutusmuodon periaatteellinen rakenne.

Lähtökohtana on pidetty käyttöä öljynjalostuksen ja petrokemian teollisuuden
kemiallisissa prosesseissa, mutta suuri osa eduista voidaan hyödyntää myös monissa

muissa kemiallisissa ja fysikaalisissa prosesseissa, kuten kuivausprosesseissa elintarviketeollisuudessa ja lämmönsiirtoprosesseissa metalli- tai keraamisessa teollisuudessa.

5 Rakenne

Keksinnön suurin etu on se, että laitteisto on kompaktimpi kuin erillisiä laitteita käytettäessä, jolloin sen tilantarve on huomattavasti pienempi ja kokonaisuus on helpommin asennettavissa. Kompaktiudesta seuraa edelleen, että laitteen tuenta ja
10 perustukset tulevat yksinkertaisemmiksi ja edullisemmiksi.

Kemianteollisuuden reaktoreissa tarvitaan eristemassauksia pääasiassa siitä syystä, että painekuoren tulee olla tietyn rakennemateriaalin asettaman lämpötilarajan alapuolella. Massauksia käytettäessä päädytään yleensä ns. suuruuden ekonomiaan: massausta
15 tarvitaan vähemmän tuotemäärää kohden, kun laitteiston kokoa suurennetaan. Tämä johtaa siihen, että rakennetaan paikalla yksi mahdollisimman suuri yksikkö, jonka häiriöttömästä toiminnasta riippuu usein koko muun laitoksen käyttö. Keksinnön mukaisessa laitteistossa erillisiä laitteita pienempi ulkopinta merkitsee sitä, että massaustarve on pienempi. Pienemmän eristemassamäärän johdosta rakenne on
20 kevyempi; jopa niin, että laitteista voidaan tehdä siirrettäviä, konepajalla valmistettavia ja kunnostettavia modularityypisiä, sarjatyönä valmistettavia yksiköitä, joita sijoitetaan tarvittava määrä (esim. 2...6 kpl) prosessivirran suhteen rinnan. Jonkin yksikön tarvitessa korjausta se voidaan kytkeä pois käytöstä ja siirtää kunnostusta varten konepajalle. Tämä merkitsee olennaista parannusta nykytilanteeseen vaikkapa FCC-yksiköissä, jossa
25 laitteiston korjaukset joudutaan ajoittamaan tuotantolaitoksen ennalta määrättyihin seisokkeihin, jolloin tuotanto on pysähdyksissä.

Prosessiyksiköissä lämpöhäviöiden suuruuden määrää laitteen ulkopinnan pinta-ala, koska taloudellisista ja rakenteellisista seikoista johtuen eristyksen paksuutta ei kannata lisätä
30 tiettyä rajaa suuremmaksi. Keksinnön mukaisessa rakenteessa lämpöhäviöt ovat kompaktista rakenteesta johtuen konventrionaalisen laitteiston lämpöhäviöitä merkittävästi pienemmät.

Erillisten laitteiden yhdysputkien ja eri lämpötiloissa toimivien osien lämpöliikkeet aiheuttavat rakenteellisia ongelmia, joita usein joudutaan ratkaisemaan kalliita palkeita yms. asentamalla. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa lämpöliikkeet on helpompi ottaa huomioon: suurin osa laitteen komponenteista pääsee vapaasti laajenemaan niin aksiaali-
5 kuin radiaalisuunnassakin.

Virtaustekniikka

Erillisten laitteiden sijoituksen ja dimensiot määrää usein kiintoainepartikkelien siirto
10 laitteesta toiseen. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa etuna on se, että reaktorin ja regeneraattorin väliset vaakasuorat siirtomatkat ovat lyhyet, jolloin laitteiden korkeus voidaan pitää matalana, eikä tarvita erillisiä monimutkaisia mekaanisia ja pneumaattisia siirtojärjestelmiä. Lisäksi kiintoainepartikkelit on yksinkertaista tuoda tasaisesti koko rengasmaisen poikkipinnan alalle, kun laitteet sijaitsevat symmetrisesti toisiinsa nähden,
15 kuten keksinnön mukaisessa rakenteessa on asian laita.

Esimerkki

Kemiallisten reaktioiden ollessa katalyyttinen krakkaus tai dehydraus, voivat reaktori ja
20 regeneraattori perustua rinnakkaisessa patenttihakemuksessamme kuvattaviin rengasmaisiin risereihin ja prosessi perustua patenttihakemuksen 941528 mukaiseen laitteistokytkentään ja sisältää kaikki siinä mainitut olennaiset komponentit. Kun yksiköt järjestetään tämän keksinnön mukaisesti sisäkkäin saavutetaan huomattavia etuja rakenteen ja virtaustekniikan kannalta: ratkaisulla päästään entistä paremmin
25 kontrolloituun kontaktiaikaan katalyytin ja kaasun välillä, syötetty öljy tai kaasuvirta saadaan jaettua tasaisesti koko poikittaispinnalle ja yksiköiden väliset lämpöliikkeet eivät muodosta merkittäviä ongelmia, koska yksiköt voivat toistensa sisällä liikkua vapaasti. Siinä keksinnön edullisessa sovellutusmuodossa, jossa reaktoria käytetään katalyyttiseen krakkaukseen käytetään sisäkkäin sijoitettua reaktoria ja regeneraattoria, kiintoainetta eli
30 katalyyttiä kierrätetään ensimmäisestä reaktiotilasta toiseen poikkileikkaukseltaan rengasmaisen kanavan kautta. Rengasmaisen kanava on tällöin yhdistetty reaktiotilaa samankeskisesti ympäröivään toiseen reaktiotilaan (regeneraattoriin), jolla on niin ikään

rengasmaisen poikkileikkaus. Paluukanava toisesta reaktiotilasta ensimmäiseen reaktiotilaan koostuu myös edullisesti rengasmaisesta kanavasta. Kiintoaine valuu reaktiotilaan kiintoaineen tuloaukon kautta ja sekoittuu reaktorin rengaskanavassa alhaalta ylöspäin virtaavaan esifluidisointikaasuun, jonka mukana kiintoaine virtaa ylöspäin syöttösuutinten tasolle. Suuttimista kaasu tai pieniksi pisaroiksi sumutettu nestemäinen syöttö höyrystyy kohdatessaan kuumen kiintoainepartikkelivirran. Höyrystymisen vaikutuksesta kiintoainepartikkelien virtausnopeus kasvaa. Koska virtausnopeus on huomattavasti minimileijutusnopeutta suurempi, kiintoaine virtaa kaasun mukana, tosin hieman kaasun nopeutta pienemmällä nopeudella. Reaktiotilan yläpäähän on sijoitettu erotuselin, moniaukkoinen sykloni, kiintoaineen erottamiseksi suspensiosta. Syklonissa erottuva kiintoaine palautetaan regeneroinnin kautta poikkileikkaukseltaan rengasmaiseen laskujalkaan ja sen kautta reaktoriin. Kaasut poistuvat syklonin keskusputken kautta.

Keksintöä ryhdytään seuraavassa lähemmin tarkastelemaan oheisen piirustuksen avulla.

Tällaisessa laitteessa on sisempi reaktori, jossa on poikkileikkaukseltaan rengasmaisen nousutila, ja ulompi regeneraattori, jolla käytetyt katalyyttipartikkelit tai jäähtyneet lämmönsiirtopartikkelit voidaan regeneroida ja palauttaa prosessiin.

Seuraavassa selostuksessa käytetään kiertomassasta lyhennettä "KM" ja prosessina katalyyttistä krakkausta syöttöaineena nestemäinen hiilivety.

Kuvion esittämä keksinnön mukaisen laitteen perusmuoto käsittää kaksi, sama-akselisesti sisäkkäin sovitettua, sylinterimäistä, väliseinän 22 toisistaan erottamaa KM-reaktoria, joista sisempää kutsutaan tässä "reaktoriksi" ja ulompaa "regeneraattoriksi".

Reaktoriyksikön muodostaa kolme sisäkkäin asennettua, pääasiallisesti lieriömäistä putkea 1, 2 ja 3, joiden välille muodostuu rengasmaiset tilat 20, 19 ja 13. Putket voivat olla terästä tai sentapaista metallia. Tilassa 13 tapahtuu haluttu reaktio. Putket on asennettu siten, että niiden pituusakselit ovat pystysuorat. Rengasmaisen tilan 13 päälle, putkien 2 ja 3 jatkeeksi on asennettu moniaukkoinen sykloni 14, 17, jonka ulkoseinämäänsä on muodostettu syklonin johtosiivistö 14. Syklonissa on keskusputki 21 tuotekaasun poistamiseksi, kun

taas sisemmän putken 3 sisätilaan on muodostettu syklonissa kaasuista erotettavan kiinteän aineen (eli katalyytin) siirtokanavat 19 ja 20.

Regeneraattoriyksikön muodostaa reaktorin ulkovaipan 3 lisäksi kolme sisäkkäin
5 asennettua, pääasiallisesti lieriömäistä putkea, 4, 5 ja 6, joiden välille muodostuu
rengasmaiset tilat 29, 28 ja 24. Näistä tilassa 24 tapahtuu katalyytin regenerointi.
Painekuori 6 on sisäpuolelta vuorattu eristemassakerroksella 7, jotta kuoren lämpötila olisi
tarvittavan lujuuden kannalta edullisempi. Rengasmaisen tilan 24 päälle on reaktorin
tapaan asennettu moniaukkoinen sykloni 25, 26, jonka johtosiivistö on kiinnitetty joko
10 lieriöön 5 tai painekuoreen 6. Syklonissa on keskusputki 30, regeneraattorissa syntyvän
savukaasun poistamiseksi, kun taas putkien 5 ja 6 avulla on muodostettu syklonissa
kaasuista erotettavan katalyytin siirtokanavat 28 ja 29.

Reaktorin leijutuskaasu on kuviossa merkitty numerolla 8. Virta 8 tulee reaktoriin
15 fluidisaatiopohjan 12 kautta, jonka yläpuolella siihen sekoittuu ensin katalyytti
palautuskanavasta 20 venttiilin 31 kautta ja sitten syöttöputkien 16 suuttimien 17 kautta
ruiskutettu, reaktiotilassa höyrystyvä syöttövirta 10. Sekoittuneet kaasuvirrat 8 ja 10
kulkevat kaasumaisessa muodossa poikkileikkaukseltaan rengasmaista nousuputkea 13
pitkin kuljettaen mukanaan katalyyttiä syklonin johtosiivistöön 14. Katalyytti luovuttaa
20 lämpöä nousuputkessa 13 tapahtuvaan syötön höyrytykseen ja reaktioon, jolloin sen
lämpötila laskee. Johtosiivistöstä 14 kaasu ja katalyyttihiukkaset saapuvat tangentiaalisesti
sisemmän reaktorin syklonin kammioon 17, jossa katalyyttihiukkaset erottuvat kammion
seinämälle 18 ja putoavat siirtokanaviin 19 ja 20. Tarvittaessa osa katalyytistä voidaan
palauttaa ylijuoksuna takaisin reaktorin alaosaan poikkileikkaukseltaan rengasmaisen
25 kanavan 19 kautta. Kanava 19 ei ole välttämätön laitteen toiminnalle, mutta tuo joissain
tapauksissa etua reaktion kannalta. Kanavassa 20 katalyytti valuu alaspäin kiinteäkerros-
tilassa, jolloin kaasuvirtojen sekoittuminen reaktorin ja regeneraattorin välillä katalyytin
siirtokanavan 20 kautta estyy. Reaktorin sykloniin tullut kaasuvirta 11 poistuu reaktorista
sisemmän syklonin keskusputken 21 kautta. Katalyyttivirtaa reaktorista regeneraattoriin
30 säädetään venttiilillä 31, jolla on sylinterin muotoinen, mekaanisesti tankojen 22
välityksellä liikuteltava säätöelin.

Regeneraattori on sijoitettu reaktorin ympärille siten, että ne erottaa toisistaan sylinterimäinen, katalyyttiä täynnä oleva siirtokanava 29. Regeneraattori koostuu reaktorin lailla kahden sylinterimäisen verhopinnan välisestä välitilasta, jota rajoittaa laitteiston kuori ja kuoren sisäpuolelle asennettu reaktoriputki. Sanotun reaktoriputken ja reaktorin ulomman
5 lieriörakenteen välille on vielä asennettu sylinterimäinen seinämä, jotta saataisiin aikaan yllä mainittu siirtokanava 29. Regeneraattoriin tulee sisään happea sisältävä kaasuvirta 9 fluidisaatiopohjan 23 kautta ja nousee rengasmaisessa nousukanavassa 24 kuljettaen mukanaan katalyyttiä regeneraattorin syklonin johtosiivistöön 25. Regeneraattorissa katalyytin pinnalle mahdollisesti kerrostunut koksi ja katalyytin sisässä olevat orgaaniset
10 aineet hapettuvat eli palavat nousukanavassa 24, mikä nostaa katalyytin lämpötilaa. Regeneraattorin syklonin kammio 26 on sijoitettu reaktorin yläpuolelle. Syklonikammiossa 26 hiukkaset erottuvat syklonin seinälle 27 ja valuvat kanaviin 28 ja 29. Paluukanava 29 johtaa katalyytin takaisin reaktoriin. Se osuu katalyytistä, joka ei mahdu paluukanavaan putoaa ylijooksuna takaisin regeneraattorin alaosaan kanavan 28 kautta. Katalyytti tai
15 vastaava kiintoaine sisäisen kierron kanavassa on edullisesti fluidisoidussa tilassa, jolloin säätöventtiiliä ei tarvita. Regeneraattorin savukaasuvirta 12 poistuu syklonin keskusputken 30 kautta. Paluu-kanavassa 29 hitaasti alaspäin kiinteäkerrostilassa virtaava kiintoaine estää reaktorin ja regeneraattorin kaasutilojen sekoittumisen. Kiintoainevirtaa regeneraattorista reaktoriin säädetään liikuttamalla venttiilin 33 sylinterinmuotoista
20 säätöelintä mekaanisesti tankojen 34 välityksellä.

Patenttihakemuksen 941528 mukaisen katalyyttistä krakkausprosessia varten on rakennettu virtausten tutkimista varten ns. kylmämalli, jossa kaksi kiertomassareaktoria on sovitettu kuvion mukaisesti sama-akselisesti sisäkkäin. Regeneraattorin ulkohalkaisija oli
25 465 mm ja sisähalkaisija 365 mm sekä reaktorin 360 mm ja 300 mm. Laitetta on operoitu katalyyttivaihtoon 2 kg/s asti, mikä on riittävä määrä pilot-prosessiin, jossa öljyn syöttömäärä on 500 kg/h ja katalyytti/öljysuhde 15. Operointiarvossaan regeneraattorin syklonin sisään tulonopeus oli 5,6 m/s ja katalyytin massavirta poikittaispinnalle yli 200 kg/m², s. Näillä operointiarvoilla ei katalyyttiä poistunut syklonien poistoputkesta
30 havaittavaa määrää ja yhteiskäyttö onnistui ongelmitta.

Keksinnön puitteissa voidaan poiketa edellä esitetyn esimerkin yksityiskohdistakin. Niinpä

sisemmän reaktorin ympärille voidaan sovittaa useita päällekkäisiä ulompia reaktoreita, jotka rakenteeltaan vastaavat edellä selostettua regeneraattoria.

Patenttivaatimukset:

1. Laitteisto kahdesta erillisestä yksikköprosessista koostuvan, kiintoainetta käyttävän fysikaalisen tai kemiallisen prosessin suorittamiseksi, jolloin toisessa yksikköprosessissa regeneroidaan ensimmäisessä yksikköprosessissa käytetty kiintoaine, joka laite käsittää
- ensimmäisen reaktorin (1-3) ensimmäisen yksikköprosessin suorittamiseksi,
 - toisen reaktorin (4-6) toisen yksikköprosessin suorittamiseksi,
 - ensimmäisen (1-3) ja toisen reaktorin (4-6) välille sovitetun ensimmäisen siirtokanavan (20) käytetyn kiintoaineen siirtämiseksi ensimmäisestä reaktorista toiseen, ja
 - toisen (4-6) ja ensimmäisen reaktorin (1-3) välille sovitetun toisen siirtokanavan (29) regeneroidun kiintoaineen palauttamiseksi toisesta reaktorista ensimmäiseen,
- t u n n e t t u siitä, että
- ensimmäinen reaktori (1-3) koostuu kiertomassareaktorista, jolla on poikkileikkaukseltaan rengasmainen reaktiotila,
 - toinen reaktori (4-6) koostuu ensimmäistä kiertomassareaktoria symmetrisesti ympäröivästä toisesta kiertomassareaktorista, jolla myös on poikkileikkaukseltaan rengasmainen reaktiotila, ja
 - kumpikin reaktori on varustettu elimellä kaasun ja kiintoaineen erottamiseksi toisistaan, joka erotuselin on moniaukkoinen sykloni (14, 17; 25, 26).
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen (1-3) ja/tai toisen reaktorin (4-6) reaktiotila on muodostunut kahden sisäkkäisen lieriömäisen tai osin kartiomaisen verhopinnan välille.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että reaktiotila on jaettu aksiaalisuunnassa väliseinämillä rinnakkaisiksi segmenteiksi.
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että rinnakkaiset segmentit on muodostettu järjestämällä kahden sisäkkäisen lieriömäisen verhopinnan välille reaktiotilan pituusakselin suuntaiset välilevyt.

5. Patenttivaatimuksen 3 mukainen laitteisto, t u n n e t t u siitä, että oleellisesti poikkileikkaukseltaan rengasmaisen reaktiotila muodostuu ympyrän kehälle järjestetyistä rinnakkaisista reaktoriputkista.
- 5 6. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen reaktori, t u n n e t t u siitä, että kahden sisäkkäisen lieriömäisen verhopinnan välille on järjestetty reaktiotilan pituusakselin suunnassa spiraalimaisesti kulkevat välilevyt.
- 10 7. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen reaktori, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisellä (1-3) ja toisella reaktorilla (4-6) on ainakin oleellisesti pystysuora pituusakseli.
- 15 8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen reaktori, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen (1-3) ja/tai toisen reaktorin (4-6) reaktiotilalla on korkeuden funktiona muuttuva virtauspoikkipinta-ala.
- 20 9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen reaktori, t u n n e t t u siitä, että syklonin johtosiivet (14; 25) on sovitettu rengasmaisesti syklonin kammion (17; 26) kehälle, osittain tai kokonaan virtauskanavaan johtosiivistöksi siten, että tämä muodostaa useita rinnakkaisia kaasun sisäänvirtauskanavia.
10. Jonkin patenttivaatimuksen 1 - 9 mukainen reaktori, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen siirtokanava (20) käsittää kahden lieriömäisen tai osin kartiomaisen verhopinnan (1, 21) välisen, poikkileikkaukseltaan rengasmaisen kanavan.

Patentkrav:

1. Anordning för utförande av en fysikalisk eller kemisk process, som består av två skilda enhetsprocesser och som utnyttjar ett fast ämne, varvid i den andra enhetsprocessen det i
- 5 den första enhetsprocessen använda fasta ämnet regenereras, vilken anordning omfattar
- en första reaktor (1-3) för utförande av den första enhetsprocessen,
 - en andra reaktor (4-6) för utförande av den andra enhetsprocessen,
 - en första transportkanal (20) anordnad mellan den första (1-3) och den andra reaktorn (4-6) för överföring av det använda fasta ämnet från den första reaktorn till den

10 andra, och

 - en andra transportkanal (29) anordnad mellan den andra (4-6) och den första reaktorn (1-3) för återföring av det regenererade fasta ämnet från den andra reaktorn till den första,
- k ä n n e t e c k n a d av att
- 15 – den första reaktorn (1-3) består av en reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd med ett till tvärsnittet ringformigt reaktionsutrymme,
- den andra reaktorn (4-6) består av en andra reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd, som också uppvisar ett till tvärsnittet ringformigt reaktionsutrymme och som koncentriskt omger den första reaktorn med cirkulerande fluidiserad bädd, och
- 20 – bägge reaktorerna är försedda med ett organ för separation of gas och fast ämne, vilket utgörs av en cyklon med flera öppningar (14, 17; 25, 26).
2. Anordning enligt krav 1, k ä n n e t e c k n a d av att reaktionsutrymmet hos den första (1-3) och/eller den andra reaktorn (4-6) är bildat mellan två innanför varandra liggande,
- 25 cylindriska eller delvis koniska enveloppytor.
3. Anordning enligt krav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a d av att reaktionsutrymmet i axialriktningen är uppdelat i parallella segment medelst mellanväggar.
- 30 4. Anordning enligt krav 3, k ä n n e t e c k n a d av att de parallella segmenten är bildade genom mellan de två innanför varandra liggande cylindriska enveloppyterna anordnade

mellanplattor, som är parallella med reaktionsutrymmets längdaxel.

5. Anordning enligt krav 3, k ä n n e t e c k n a d av att det till tvärsnittet väsentligen ringformiga reaktionsutrymmet bildas av parallella reaktorrör anordnade utmed periferin av en cirkel.

6. Reaktor enligt krav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a d av att mellanplattor är anordnade mellan de två innanför varandra liggande cylindriska envelopytorna, vilka plattor löper spiralformigt parallella med reaktionsutrymmets längdaxel.

7. Reaktor enligt något av de föregående kraven, k ä n n e t e c k n a d av att den första (1-3) och den andra reaktorn (4-6) uppvisar en åtminstone väsentligen vertikal längdaxel.

8. Reaktor enligt något av de föregående kraven, k ä n n e t e c k n a d av att reaktionsutrymmet i den första (1-3) och/eller den andra reaktorn (4-6) uppvisar ett tvärsnitt för flödet vars yta ändras som en funktion av höjden.

9. Reaktor enligt krav 1, k ä n n e t e c k n a d av att cyklonens ledskovlar (14; 25) är ringformigt anordnade utmed cyklonkammarens (17; 26) periferi, delvis eller helt som ett ledskovelsystem till en strömningskanal på så sätt, att detta bildar flera parallella gasinströmningskanaler.

10. Reaktor enligt något av kraven 1 - 9, k ä n n e t e c k n a d av att den första transportkanalen (20) omfattar en till tvärsnittet ringformig kanal mellan två cylindriska eller delvis koniska envelopytor (1, 21).

REGENERAATTORIN SAVUKAASU

