



(B) (11) **KUULUTUSJULKAISU
UTLAGGNINGSSKRIFT**

86964

C (45) Patentti myönnetty
Patent mallelagt 10 11 1990

(51) Kv.1k.5 - Int.cl.5

B 01D 45/12

SUOMI-FINLAND

(FI)

**Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen**

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	910809
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	20.02.91
(24) Alkupäivä - Löpdag	20.02.91
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	16.04.92
(44) Nähtäväsipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	31.07.92
(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet	
15.10.90 FI 905070 P	

(71) Hakija - Sökande

1. **A. Ahlstrom Corporation**, Noormarkku, FI; PL 18, 48601 Karhula, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. **Hyppänen, Timo**, Siikakoskenpolku 10, 48710 Karhula, (FI)
2. **Kuivalainen, Reijo**, Lähteenkatu 2-4 C, 48600 Karhula, (FI)
3. **Ollila, Harry**, Rantamajantie 3, 02700 Kauniainen, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: **A. Ahlström Oy Patenttiosasto**

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

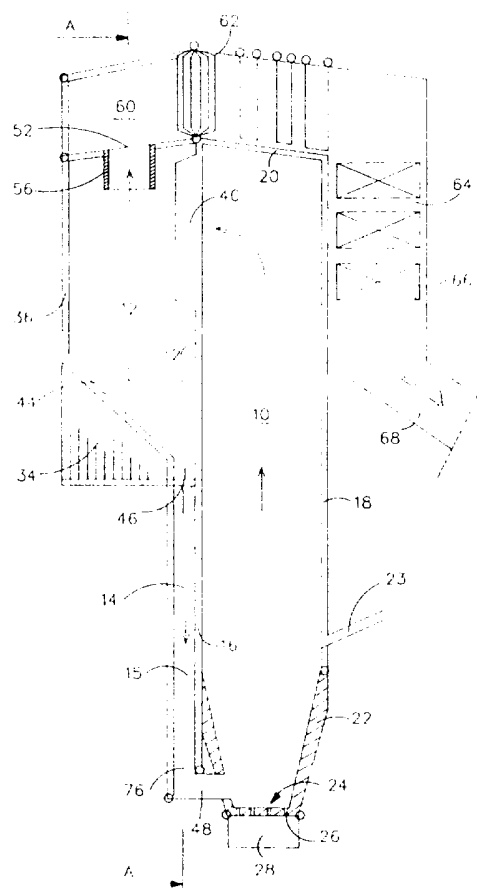
**Kiertoleijureaktori
Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd**

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

FI B 76004 (B 01D 53/06), DE A 3435214 (B 04C 5/081), DE A 2935279 (B 04C 5/08),
US A 4615715 (B 01D 53/24)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Kiertoleijureaktori, joka käsittää reaktorikammion, keskipakoerottimen kiintoaineen erottamiseksi reaktorin savukaasuista ja palautuskanavan erotetun kiintoaineen palauttamiseksi erottimesta reaktoriin. Keskipakoerotin käsittää pyörrekammion (12), joka on muodostettu pystysuorista tasomaisista tai loivasti kaarevista seinistä (32,34, 36,38) siten, että pyörrekammion seinien läpi otettu vaakasuora poikkileikkaus ei ole ympyrän muotoinen. Pyörrekamion kaasutilan pyöreys $X > 1$ edullisesti $X > 1,15$, jolloin kaasutilan vaakasuora poikkileikkaus ei ole ympyrän muotoinen.



86964

Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd omfattande en reaktorkammare, en centrifugal separator för avskiljning av fast material från reaktorns rökgaser och ett återföringsrör för återföring av det avskilda fasta materialet från separatorn till reaktorn. Centrifugalseparatorn omfattar en av plana eller lätt böjda vertikala väggar (32,34,36,38) bildad virvelkammare (12), där ett genom virvelkammarens väggar vågrätt taget tvärsnitt inte är cirkelformigt. Rundheten X för gasutrymmet i virvelkammaren är > 1 fördelaktigt $> 1,15$, varvid gasutrymmets vågräta tvärsnitt inte är cirkelformigt.

Esillä oleva keksintö kohdistuu kiertoleijureaktoriin, joka käsittää reaktorikammion, siihen yhdistetyn keskipakoerottimen kiintoainehiukkasten erottamiseksi reaktorikammioista poistuvista kaasusta ja palautuskanavan keskipakoerottimessa erotettujen hiukkasten palauttamiseksi reaktorikammioon. Kiertoleijureaktoriin on lisäksi keskipakoerottimeen sovitettu kaasunpoistoyhde sekä reaktorikammioon tai muuhun sopivaan kohtaan polttoaineen ja/tai muun kiintoainen syöttöyhde. Kiertoleijureaktorin reaktorikammio rajoittuu pääosin pystysuoriin tasomaisiin tai kaareviin seiniin tai on pystysuoran sylinterin muotoinen. Reaktorikammioon on sovitettu elimet leijutuskaasun syöttämiseksi reaktorikammioon.

15 Kiertoleijureaktorin keskipakoerotin käsittää pyörrekammion, jossa on kaasujen sisääntuloaukko edullisesti pyörrekammion yläosassa, puhdistettujen kaasujen kaasunpoistoyhde pyörrekammion ylä- tai alaosassa ja kaasusta erotettujen hiukkasten poistoaukko pyörrekammion alaosassa. 20 Pyörrekammioon muodostetaan ainakin yksi pääasiallisesti pystysuora kaasupyörre, jossa hiukkaset kerääntyvät pyörteen ulkokehälle ja kulkeutuvat sitä pitkin hiukkasten poistoaukoon.

25 Ennestään tunnetaan kiertoleijureaktoreita, joissa hiukaserottimina käytetään syklonierottimia, joissa on pystysuoran pääasiallisesti sylinterin muotoinen pyörrekammio, joka toimii erotuskammiona ja jonka alaosa on muotoiltu alaspäin kartiomaisesti supistuvaksi suppiloksi. Käsittel- 30 tävälle kaasuvirtaukselle on pyörrekammion yläosaan sovitet-

tu pyörrekammion seinään nähden tangentiaalinen kaasun sisääntulokanava. Syklonierottimessa puhdistetun kaasun poisto tapahtuu yleensä pyörrekammion yläpäätyyn keskeisesti sovitettun kaasunpoistoyhteen kautta. N.k. läpivirtausyhteisissä, joita myös on ehdotettu käytettäväksi kiertoleiju-reaktoreissa, kaasu poistetaan kuitenkin sylinterin muotoisen pyörrekammion pohjaan sovitettun keskusputken kautta.

Syklonierottimissa kiintoaineet erottuvat kaasuista keskipakovoiman vaikutuksesta erotuskammion seinämälle ja valuvat sitä pitkin alas syklonierottimen kartiomaiseen osaan, josta kiintoaines poistetaan. Erotus tavanomaisessa syklonierottimessa perustuu keskipakovoiman ja virtausnopeuden muutosten yhteisvaikutukseen. Tavanomaisen syklonin pyörrekammioon tuleva kaasususpensiovirtaus joutuu siinä pyörreliikkeeseen ja kulkee spiraalimaisesti alaspäin pyörrekammion ulkoseinämää pitkin. Pyörreliikkeen nopeus kiihtyy pyörrekammion alaosassa kartion läpimitan pienen-tyessä. Kaasut muuttavat syklonin alaosassa suuntaansa ja virtaavat pyörrekammion keskustaa pitkin takaisin ylöspäin erottimen yläosaan, johon on sovitettu kaasunpoistoyhte. Pyörrekammion alaosan seinämille keskipakovoiman vaikutuksesta rikastunut kiintoaines ei pysty seuraamaan kaasuja, vaan jatkaa virtausta alaspäin hiukkasten poistoyhteeseen.

25

Varsinkin huomavaikutusta omaava kiintoaines kuluttaa voimakkaasti syklonierottimen seinämiä. Kuluttava vaikutus on huomattavaissa erikoisesti siinä seinämän osassa, johon kiintoainevirta ensin törmää. Kulumishaittaa on yritetty vähentää suojaamalla pyörrekammion sisäpintoja kulutusta kestävillä massoilla tai valmistamalla pyörrekammiot kulutusta kestävästä materiaaleista. Korkea lämpötila lisää kiintoaineen kuluttavaa vaikutusta.

35 Poltto- ja kaasutustekniikassa yleistyneiden kiertoleiju-reaktoreiden yhdeksi tärkeäksi ongelmaksi on osoittautunut kuumen kaasun mukana kulkeutuvien kiintoaineshiukkasten erottaminen ja palauttaminen takaisin reaktoriin. Syk-

lonierottimien on näissä reaktoreissa pystyttävä jatkuvasti erottamaan suuria kiintoainemääriä kaasuista ja lisäksi niillä on oltava hyvä eroosioalttiiden olosuhteiden kesto, koska suuret määrät kuumia kaasuja ja kiintoainehiukkasia 5 virtaa jatkuvasti erottimen läpi.

Suuret kaasuvirrat yhä kasvavissa reaktoreissa ovat joh-
taneet siihen, että syklonierottimista on tänä päivänä
tullut erittäin suuria. Syklonit on lämpöeristettävä esim.
10 tiilivuorauksella, massauksella tai keraamisin lämmöneris-
tein erottimen ulkopinnan pitämiseksi suhteellisen kylmänä.
Tarpeellisen lämmöneristyksen aikaansaamiseksi vaaditaan
paksu kerros eristemateriaalia, mikä lisää erottimen hintaa,
painoa ja tilantarvetta. Lisäksi kuumien olosuhteiden
15 kestämiseksi syklonit on sisältä suojattava kulutusta
kestävillä massakerroksilla. Siten massausta koostuu kahdesta
erityyppisestä aineesta, jolloin muodostuvan rakenteen
kesto kärsii ja sen valmistus on monivaiheinen. Kaiken
kaikkiaan syklonierottimista on tullut hyvin paljon tilaa
20 vieviä laitteita, joissa paksu muuraus tai muu eriste on
altis vaurioille. Raskaana rakenteena ne lisäksi vaativat
vahvat tukirakenteet. Raskaat muuratut tai keraamiset
rakenteet vaativat puolestaan pitkän reaktorin ylösajoajan
normaalilämpötilasta prosessilämpötilaan, jotta välttytään
25 niiden rikkoontumisilta. Myös lämpötilavaihtelut prosesseis-
sa saattavat aiheuttaa halkeamia muuratuissa rakenneosissa,
joten äkillisiä lämpötilan vaihteluja on vältettävä.

Kiertoleijjureaktoreissa kiertävä petimateriaali saattaa
30 olla hyvin hienorakeista, esim. jos petissä käytetään
hienoa kalkkia rikkidioksidin sitomiseen tai jos polttoai-
neen tuhka on hienojakeista. Tämä asettaa suuret vaatimuk-
set syklonin erotuskyvyille. Kiertoleijjureaktorin hiuk-
kaserottimen erotuskykyä on siksi pyritty parantamaan
35 kytkemällä kaksi tai useampia sykloneja sarjaan. Tällaisten
kytkentöjen haittoja ovat suuret painehäviöt, kallis rakenne
ja suuri tilantarve.

Paremmen erotuskyvyn saavuttamiseksi on myös ehdotettu käytettäväksi rinnan kytketyistä sykloneista muodostettuja syklonipattereita, jolloin yksikkökoon pienentämisellä on pyritty parempaan erotusasteeseen. Nämä syklonipatterit ovat 5 kuitenkin kalliita ja monimutkaisia rakentaa. Syklonipatterit vaativat lisäksi määrätyn vähimmäispaine-eron, jotta kaasu aina jakaantuisi tasaisesti eri syklonien läpi.

Kaasutus- ja polttoreaktoreiden seinämät tehdään yleensä 10 vesiputkipaneeleista reaktorissa muodostuvan lämmön osittaiseksi talteenottamiseksi. Syklonierottimet ja kiintoaineksen palautusputket on sitä vastoin yleensä rakennettu jäähdyttämättöminä, lämpöeristettyinä rakenteina. Tällaisten jäähdytettyjen ja jäähdyttämättömien, eri tavalla 15 lämpölaajenevien osien liittäminen toisiinsa on vaikeaa. Reaktorin ja erottimen välisiin liitoksiin tarvitaan kalliita, korkean lämpötilan kestäviä keraamisia tai muista erikoismateriaaleista valmistettuja vastaavia johtokanavia ja laajennusliitoksia. Myös syklonierottimen ja sen jälkeen 20 sovitetun konvektio-osan väliin tarvitaan erityiset laajennusliitokset.

Edellä mainittujen lämpölaajenemisesta sekä paksusta muurausrakenteesta johtuvien haittojen välttämiseksi onkin 25 esim. amerikkalaisessa patentissa US 4,746,337 ehdotettu syklonin muodostamista vesiputkirakenteisena. Ehdotettu syklonirakenne ei kuitenkaan ole helposti valmistettavissa putkirakenteista, koska sen valmistuksessa putkipintoja joudutaan taivuttamaan erittäin hankaliin muotoihin. 30 Syklonin halkaisijan muuttuessa syklonin ylä- ja alaosassa siellä joudutaan joko vähentämään vierekkäisten vesiputkien keskinäisiä etäisyyksiä tai vähentämään vierekkäisten putkien lukumäärää rakenteissa. Kumpikaan vaihtoehto ei ole tyydyttävä tai helppo toteuttaa.

35

Suomalaisessa patenttihakemuksessa FI 861224 on ehdotettu sylinterin muotoisen syklonierottimen muodostamista vesiputkirakenteisena, yhden vesiputkiseinän muodostaessa yhteisen

seinämän reaktorikammion ja hiukkaserottimen välissä. Tämän ehdotuksen haittana on kuten edellä vaikeasti tehtävät putkiseinämien taivutukset syklonin ylä- ja alaosassa.

5 Amerikkalaisessa patenttijulkaisussa US 4,615,715 on ehdotettu erottimen ulkokuoren muodostamista putkipaneeleista ja varsinaisen pyörrekammion muodostamista ulkokuoren sisään sovitetusta, kulutusta kestävästä, sylinterin muotoisesta osasta. Sylinterin muotoinen osa muodostaa erottimeen
10 sylinterin muotoisen kaasutilan, jossa kaasu virtaa kuten edellä mainituissa syklonierottimissa. Kaasusta erottuvat hiukkaset kerääntyvät kerrokseksi sylinterin muotoisen osan seinille ja valuvat niitä pitkin alaspäin. Erottimen ulkokuoren ja sylinterin muotoisen osan väliin jäävä tila
15 eristetään kaasusta ja täytetään jollakin sopivalla täytteellä. Erottimen sisään muodostettavasta sylinterin muotoisesta osasta ja täytteestä johtuen erottimesta tulee jäähdytyksestä huolimatta raskas ja suurikokoinen, vaikkakin osa lämmöneristeestä on voitu jättää pois. Tässä
20 ratkaisussa on pyörrekammion kaasutilaa rajaava sylinterin tai mahdollisesti suppilon muotoinen sisäosa, kuten edellisissä ratkaisuissa, altis kulumiselle erotetun hiukkasvirran virratessa alaspäin sen pintaa pitkin. Erillinen sisäosa, joka ei ole jäähdytetty, on lisäksi
25 altis sekä kemialliselle että mekaaniselle rasitukselle pyörrekammiossa vallitsevasta korkeasta lämpötilasta johtuen.

30 Tämän keksinnön tarkoitus on aikaansaada kiertoleijureaktori, jonka reaktorikammioon on yhdistetty keskipakoerotin, joka on edellä mainittuja erotinlaitteita rakenteellisesti yksinkertaisempi ja edullisempi valmistaa erityisesti jäähdytettynä rakenteena.

35

Tämän keksinnön tarkoitus on erikoisesti aikaansaada kiertoleijureaktori, jossa alttius massakerroksissa syntyville vaurioille on minimoitu.

Tämän keksinnön tarkoitus on myös aikaansaada kiertoileijureaktori, johon kuuluu yksinkertaisista elementeistä valmistettavissa oleva keskipakoerotin. Tarkoituksena on
5 siten aikaansaada kiertoileijureaktori, jossa sekä reaktorikammio että keskipakoerotin voidaan valmistaa pääasias-
sa tasomaisista tai kaarevista levymäisistä vesiputki-
paneeleista.

10 Tarkoituksena on lisäksi mahdollistaa kiertoileijureaktorira-
kenne, johon kuuluu helposti moduloitavissa oleva hiuk-
kaserotin, joka voidaan rakentaa kulloinkin tarvittavasta
määrästä erotinmoduuleja. Tarkoituksena on siten erottimen
moduulirakenteen avulla yksinkertaistaa erikoisesti suurten
15 kiertoileijureaktoreiden rakennetta.

Tämän keksinnön tarkoituksena on vielä aikaansaada kier-
toileijureaktori, jonka hiukkaserottimen kulutuskestävyys on
hyvä.

20

Keksinnön mukaiselle kiertoileijureaktorille on tunnusomais-
ta se, että

- kiertoileijureaktorin keskipakoerotin käsittää pyörre-
25 kammion, joka on muodostettu pystysuorista tasomaisista tai
kaarevista seinistä siten, että pyörrekammion seinien läpi
otettu vaakasuora poikkipinta-ala ei ole ympyrän muotoinen
ja että

- keskipakoerottimen pyörrekammion kaasutilan pyöreys X
30 > 1 edullisesti $> 1,15$, jolloin kaasutilan vaakasuora
poikkipinta-ala ei ole ympyrän muotoinen. Pyörrekammion ja
sen sisään muodostuvan kaasutilan vaakasuoran poikkileik-
kauksen muoto poikkeavat siis keksinnön mukaan pyöreästä.

35 Kiertoileijureaktorissa on erään edullisen sovellutuksen
mukaan keskipakoerottimen pyörrekammio muodostettu pää-
asiallisesti tasomaisista seinistä siten, että pyörrekammion
vaakasuora poikkipinta-ala on pääasiallisesti neliön,

suorakaiteen tai mahdollisesti monikulmion muotoinen. Tällöin myös pyörrekammion kaasutilan poikkileikkaus oleellisesti poikkeaa pyöreästä ja on pääasiallisesti saman muotoinen kuin pyörrekammion seinien muodostama poikkipinta-
5 ala.

Pyörrekammion kaasutilalla tarkoitetaan pyörrekammion sitä sisäistä tilaa, joka on reaktorikammioista pyörrekammioon tulevan kaasususpension vapaasti käytettävissä pyörrekam-
10 miossa. Kaasutila on siis pääasiallisesti pyörrekammion seinien ja seiniin kiinnitettyjen rakenteiden tai päällysteiden rajoittama, kaasun vapaasti täyttämä tila. Kaasutila on siis se tila, johon kaasunpääsyä ei oleellisesti estä mikään rakenne tai seiniä peittävä massa tai vastaava.

15

Pyörrekammion kaasutilan poikkileikkauksen muotoa voidaan kuvata pyöreydellä X , joka on kaasutilan piiri jaettu poikkileikkauksen sisään mahtuvan suurimman ympyrän piirillä. Sylinterin muotoisella erottimella kaasutilan piiri
20 on πa , kun sylinterin halkaisija on a , ja sylinterin sisään mahtuvan suurimman ympyrän piiri on niinkään πa , jolloin sylinterin pyöreys $X = \pi a / \pi a = 1$. Neliön kaasutilan piiri on $4a$, kun neliön sivun pituus on a , ja neliön sisään mahtuvan suurimman ympyrän piiri on πa , mistä
25 seuraa että neliön pyöreys $X = 4a / \pi a = 1,273$. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa kaasutilan pyöreys $X > 1$, edullisesti $X > 1,15$.

Pyörrekammio on sisäpuolelta hiukkasten kuluttavan vaikutuk-
30 sen vähentämiseksi ainakin osittain päällystetty ohuella kerroksella kulutusta kestävä ja/tai tulenkestävää massaa. Tämä massakerros ei oleellisesti muotoile kaasutilan poikkileikkausta pyöreäksi, vaan suojaa kulutukselle alttiita kohtia pyörrekammiossa. Massa ei liioin keksinnön
35 edullisessa sovellutusmuodossa oleellisesti toimi lämmöneristeenä pyörrekammiossa. Massauserroksen paksuus on edullisesti vain noin 40 - 150 mm. Tämä ohut, kulutusta kestävä, tulenkestävä massakerros voidaan kiinnittää

tapeilla tai muilla tartuntaelimillä pyörrekammion seinäpintaan, joka edullisesti on vesiputkipaneelia. Kiinnittämällä massakerros suoraan jäähdytettyyn seinään, ilman eristettä tai muita välikerroksia massan ja seinän välissä, mahdollis-
5 tetaan myös massan jäähtyminen. Jäähtyessään tästä massakerroksesta tulee sekä kemiallisesti että mekaanisesti kestävämpi. Kulutusta kestäväksi massaksi voidaan valita lämpöä johtava materiaali, jolloin se jäähtyy vielä nopeammin. Tapitus edistää myös jäähtymistä.

10

Pyörrekammioon sisäänvirtaavan kaasun ja hiukkasten kuluttavan vaikutuksen vähentämiseksi voidaan sisääntuloseinää vastapäätä oleva seinä ja muut erityisen herkästi kuluvat kohdat suojata erityisellä suojamassan lisäkerroksella
15 tai näissä kohdissa voidaan käyttää normaalia kestävämpää massaa.

Keksinnön yksi tärkeä etu on siinä, että keksinnön mukaisessa kiertoleijureaktorissa ei hiukkaserotinta tarvitse
20 suojata paksuilla, lämpöä eristävillä muurauksilla ja/tai muilla suojakerroksilla, jotka toisaalta ovat herkkiä lämmönvaihteluille ja alttiita halkeilemaan ja toisaalta ovat raskaita ja tilaa vieviä. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa pelkkä ohut, kulutusta kestävä suojakerros jäähdytyspaneelien pinnassa riittää, jolloin toisaalta vältetään
25 edellä mainitut ongelmat ja toisaalta lämpölaajenemisesta johtuvien ongelmien huomioonottaminen on yksinkertaisempaa esim. liikuntasumojen tekemisessä.

30 Keksinnön toinen tärkeä etu on siinä, että keksinnön mukaisessa kiertoleijureaktorissa sekä keskipakoerotin pyörrekammion että varsinaisen reaktorikammion seinät voidaan muodostaa levymäisistä rakenteista, kuten esim. jäähdyttävistä vesiputkipaneeleista. Pyörrekammio voidaan
35 valmistaa siten, että yksi, edullisesti ainakin kaksi tai kaikki sen sivuseinät on valmistettu jäähdytyspaneeleista. Kun pyörrekammio muodostetaan pääasiallisesti tasomaisista tai kaarevista seinistä, seinäelementteinä voidaan siis

käyttää tehdasvalmiita levymäisiä vesiputkipaneeleita. Keskipakoerotin voidaan näin, kuten varsinaisen reaktorin reaktorikammion, koota yksinkertaisesti ja nopeasti valmiita paneeleita yhteen hitsaamalla tulevalla käyttöpai-
5 kalla. Pyörrekammion ja reaktorikammion muodostavat vesiputkipaneeliseinät voidaan yhdistää samaan vesi/höyrysteemiin.

Keksinnön yhden edullisen suoritusmuodon mukaan kiertoaiju-
10 reaktorin keskipakoerotin käsittää vaakasuoralta poikkileikkaukseltaan pitkänmuotoisen pyörrekammion, johon muodostetaan vierekkäin kaksi tai useampia toisistaan erillään olevia pystysuoria kaasupyörteitä. Pyörrekammion seinät on muodostettu pääasiallisesti neljästä tasomaisesta
15 vesiputkipaneelista, siten että kaksi pitkää seinää on sovitettu vastakkain ja kaksi lyhyttä päätyseinää vastakkain. Pyörrekammion pitkät seinät ovat reaktorikammion suuntaiset siten, että ne ovat samansuuntaiset kuin se reaktorikammion seinä, johon keskipakoerotin on yhdistet-
20 ty. Pitkät seinät ovat edullisesti noin kaksi, kolme tai neljä kertaa pitempiä kuin päätyseinät. Silloin pyörrekammion sisään jäävän tilan poikkileikkaus vastaa kahden, kolmen tai neljän peräkkäisen neliön tilaa, joissa neliöiden sivun pituus on yhtä suuri kuin päätysenän pituus.
25 Pyörrekammioon muodostetaan peräkkäisten neliöiden määrää vastaava määrä kaasupyörteitä. Pyörrekammio voi tietenkin olla vielä pitempi kuin tässä esimerkkinä mainitut kahden, kolmen tai neljän pyörteen pyörrekammiot.

30 Usean kaasupyörteen aikaansaamiseksi pitkänmuotoiseen pyörrekammioon sen kattoon tai pohjaan sovitetaan haluttuja kaasupyörteitä vastaava määrä peräkkäisiä kaasunpoistoaukkoja tai kaasunpoistoyhteitä. Pyörrekammioon järjestetään lisäksi edullisesti sivuseinään esim. yksi kaasuntuloaukko
35 kutakin haluttua kaasupyörrettä kohti.

Kaasuntuloaukot sovitetaan sivuseinään siten, että kaasu ohjautuu tuloaukosta tangentialisesti kaasunpoistoaukon

kohdalle muodostuvaan kaasupyörteeseen. Tällä tavoin pyritään maksimoimaan sisääntulosuihkun synnyttämä "dralli" eli liikemäärän momentti, laskettuna kaasunpoistoputken keskipisteen mukaan. "Dralli" = $\dot{m} * v * r$, jossa \dot{m} =
 5 kaasun massavirta, v = kaasun nopeus tuloaukossa ja r = sisääntilosuihkun kohtisuora etäisyys kaasunpoistoaukon keskipisteestä. Pyörrekammiossa muodostetaan täten kaasupyörteitä, jotka ovat oleellisesti samankeskeisiä kaasunpoistoyhteiden tai -aukkojen kanssa. Samasta kaasuntulo-
 10 aukosta voidaan haluttaessa jakaa kaasua kahteen rinnakkaiseenkin pyörteeseen, jolloin tarvittava kaasuntuloaukkojen määrä on vastaavasti pienempi. Kaasua voidaan toisaalta myös ajatella syötettävän kahdesta tai useammasta aukosta yhteen pyörteeseen.

15

Erotetun kiintoaineen poistoaukkoja voidaan järjestää pyörrekammioon yksi jokaista pyörrettä kohti, jolloin kiertoleijureaktorissa on helppo järjestää tasainen kiintoaineen palautus useasta vierekkäisestä kohdasta kiertoleijureaktorin tulipesään. Haluttaessa voidaan eri pyörteissä erotetut kiintoaineet toisaalta myös yhdistää yhteen keräilykammioon tai keräilysuppilon palautuskanavassa ja sieltä ohjata hiukkaset yhtenä tai useampana virtana haluttuun kohteeseen tulipesään.

25

Pitkänmuotoinen pyörrekammio soveltuu hyvin sovitettavaksi suorakaiteen muotoisen kiertoleijureaktorin kylkeen siten, että yksi reaktorikammion seinistä tai ainakin osa niiden yläosasta muodostaa yhteisen seinän sekä reaktorikammion
 30 että pyörrekammion, mahdollisesti myös palautuskanavalle. Näin esim. reaktorin etu- tai takaseinää voidaan käyttää hyväksi muodostettaessa pyörrekammiota reaktorikammion viereen. Yhteinen seinä vähentää tietenkin erottimen materiaalikustannuksia ja aikaansaa kompaktin rakenteen.

35

Reaktorikammion ja erottimen yhdistämisessä voidaan lisäksi edullisesti käyttää hyväksi reaktorikammion kahta lyhyttä päätyseinää. Reaktorikammion ja pyörrekammion yhteistä

pitkää seinää vastaan kohtisuoraan olevien reaktorikammion
päätyseinien jatkeita voidaan käyttää hyväksi päätyseinien
muodostamiseen pyörrekammioon. Näin voidaan reaktorikammion
kolmea jäähdytettyä paneeliseinää tai niiden jatkeita
5 käyttää hyväksi erotinta rakennettaessa, mikä valmistuksessa
tuo huomattavia taloudellisia ja valmistusteknisiä etuja.
Tällä rakeenteella voidaan esim. kiertoleijureaktorin
reaktorikammio tai tulipesä ja keksinnön mukainen kes-
kipakoerotin yhdistää siten, että ne muodostavat yhden
10 ainoan suorakaiteen muotoisen rakenteen, mikä tuennan
kannalta on erittäin edullista.

Myös sylinterin muotoisen reaktorikammion viereen voidaan
rakentaa pitkänomainen mutta kaareva erotin, jolla on yksi
15 yhteinen seinä reaktorikammion kanssa. Pyörrekammion
muodostavat tässä tapauksessa osa reaktorikammion kaarevasta
seinästä ja toinen pääasiallisesti samankokoinen ja saman
kaarevuuden omaava paneeli sekä tarvittavat päätyseinäpaneel-
it. Pyörrekammion poikki-pinta-ala on tässä tapauksessa
20 kaareva.

Pitkänomaisessa pyörrekammiossa pitkät seinät saattavat
tarvita tukea seinäpaneelien jäykkyyden lisäämiseksi ja
taipumisen estämiseksi. Tällöin voidaan pyörrekammioon
25 kahden vastakkaisen pitkän seinän väliin sovittaa poikkitu-
kia tai poikkiseiniä, jotka jäykistävät kammiorakennetta.
Poikkituet/seinät sovitetaan kahden kaasupyörteen väliin
siten, että poikkituet/seinät eivät vaikuta haitallisesti
pyörteen muodostumiseen. Poikkituet/seinät voivat olla
30 jäähdytetyt tai valmistetut kulutusta ja kuumuutta kestä-
västä materiaalista. Poikkituki voi esim. muodostaa väli-
seinän pyörrekammioon siten, että se jakaa kammion osittain
tai kokonaan kahteen erilliseen kammio-osaan. Poikkituet
voivat ulottua pyörrekammion katosta sen pohjaan saakka,
35 jolloin kammioon muodostuu kaksi tai poikkiseinien luku-
määrästä riippuen useampia täysin erillisiä kaasutiloja.
Poikkituet voivat toisaalta olla pelkkiä lyhyitä tukiele-
menttejä, jotka eivät varsinaisesti jaa kammiota erilli-

siin kaasutiloihin.

Kiertoleijureaktoreissa, joissa erotin joudutaan syystä tai toisesta sovittamaan erillisenä rakenteena varsinaisen reaktorin viereen, voidaan erottimen lähinnä reaktoria olevaa seinää yksinkertaisesti tukea ja jäykistää käyttäen hyväksi reaktorikammion seinän tuentaan käytettyä tukipalkkia. Tämä on helposti järjestettävissä koska erottimen ja reaktorikammion vierekkäiset seinät ovat yhdensuuntaiset ja niiden väliin on helppo sovittaa tukipalkki.

Erottimesta reaktorikammioon johtava palautuskanava voidaan tukea ja jäykistää kanavan poikki yhdeltä seinältä vastakkaiselle seinälle kulkevilla rivoilla. Mikäli kanavan seinät on muodostettu jäähdytyspaneeleista, niiden jäähdyttävä vaikutus ulottuu myös ripoihin.

Kaasun sisääntuloaukot, jotka on muodostettu pyörrekammion sisääntuloseinään, ovat edullisesti pystysuorien, kapeiden, pitkänomaisten rakojen muotoiset. Raot voivat esim. olla pyörrekammion yläosan korkuiset eli yhtä korkeat kuin pyörrekammion se osa, jossa pyörrekammion vaakasuora poikkileikkauspinta-ala pysyy oleellisesti muuttumattomana. Pyörrekammion alaosassa poikkileikkauksen poikkipinta-ala edullisesti pienee yleensä alaspäin mentäessä kunnes se on oleellisesti sama kuin palautuskanavan poikkileikkauksen poikkipinta-ala. Kaasun sisääntuloaukkoihin voidaan edullisesti sovittaa ohjauslevyjä, jotka edesauttavat kaasun ohjaamista tangentiaalisesti kohti kaasupyörrettä. Ohjauslevyjen muodostamat kaasunsisääntulokanavat toimivat samalla sisääntuloseinän jäykistiminä.

Keskipakoerottimia, joissa on vain yksi pyörre ja jotka siten ovat poikkileikkaukseltaan lähinnä neliön muotoisia, voidaan helposti sovittaa useita rinnakkain kiertoleijureaktorin yhteyteen erotinpatterimoduuleina ja näin muodostaa vähän tilaa vievä, kompakti, yksinkertaisista elementeistä rakennettu kiertoleijureaktoriyhdistelmä. Keksinnön yh-

tenä tärkeänä lisäetuna voidaankin pitää sitä, että se mahdollistaa yksinkertaisen moduulirakenteen. Se mahdollistaa myös erotinpatterin rakentamisen yksinkertaisista levymäisistä osista, esim. vesiputkipaneeleista, jotka 5 voidaan etukäteen koneellisesti eli edullisesti valmistaa hitsaamalla työpajalla.

Järjestämällä useita kiintoaine-erotusta aikaansaavia kaasupyörteitä samaan pitkänomaiseen pyörrekammiotilaan 10 tarvitaan kuitenkin vähemmän erotinseinäpinta-alaa kuin erillisistä erottimista kootuissa syklonipattereissa.

Keksinnön mukainen kiertoleijureaktori soveltuu erotinrakenteensa ansiosta hyvin käytettäväksi esim. kaasuttimena 15 tai polttoreaktorina prosesseissa, joissa rakenne halutaan tehdä jäähdytetyksi. Jäähdytyksen ansiosta erottimen seinämärakenne on ohuempi ja kevyempi kuin kiertoleijureaktoreissa yleensä käytetyissä kuumakaasuerottimissa. Näin keksinnön mukaisessa ratkaisussa on myös erottimen kannatus 20 helpompi.

Keksintöä selostetaan seuraavassa lähemmin viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

25

Kuvio 1 esittää kaaviollisena kuvantona keksinnön mukaista kiertoleijureaktoria,

Kuvio 2 esittää kuvion 1 leikkausta viivaa A-A pitkin;

Kuvio 3 esittää kuvion 2 leikkausta hiukkaserottimen osalta 30 viivaa B-B pitkin;

Kuvio 4 esittää erästä toista keksinnön mukaista kiertoleijureaktoria;

Kuviot 5 - 10 esittävät kuviota 3 vastaavia leikkauksia keksinnön mukaisista toisista kiertoleijureaktoreista, ja

35 Kuviot 11 - 15 esittävät kaaviollisina kuvantoina muita keksinnön mukaisia kiertoleijureaktoreita.

Kuviossa 1 on esitetty keksinnön mukainen kiertoleijureak-

tori, joka käsittää reaktorikammion 10, keskipakoerottimen 12 ja erotettujen hiukkasten palautuskanavan 14. Reaktorikammio on poikkileikkaukseltaan suorakulmion muotoinen ja muodostettu vesiputkiseinämistä, joista pitkät seinät 5 16 ja 18 on esitetty kuviossa 1. Vesiputkiseinämät on edullisesti muodostettu evien välityksellä yhteenliitetyistä pystysuorista vesiputkista. Toinen seinämistä 18 on yläosastaan taivutettu niin, että se muodostaa reaktorikammion katon 20. Reaktorikammion alaosan seinät on suojattu 10 massauksella 22. Reaktorikammion alaosaan on sovitettu syöttöyhde 23 kiintoaineen, esim. polttoaineen syöttämiseksi reaktorikammioon. Reaktorikammion pohjan muodostaa suutinlevy 24, joka on varustettu suuttimilla tai aukoilla 26 leijutuskaasun syöttämiseksi ilmakaapista 28 reaktorikam- 15 mioon leijupetin ylläpitämiseksi kammiossa. Leijutuskaasua tai -ilmaa tuodaan reaktorikammioon nopeudella, joka saa jatkuvasti osan leijuvasta petimateriaalista virtaamaan kaasun mukana kammion yläosassa olevasta aukosta 30 keskipakoerottimeen 12. Kuviossa 2 on esitetty kuvion 1 20 leikkaus viivaa A-A pitkin ja kuviossa 3 kuvion 2 mukaisen erottimen poikkileikkaus viivaa B - B pitkin.

Kuvioissa 1, 2 ja 3 on esitetty keskipakoerotin, jonka kaasutilaan muodostetaan reaktorikammioista tulevasta 25 kaasusta kaksi vierekkäistä, hiukkasia keskipakovoimalla kaasusta erottavaa pystysuoraa pyörrettä. Pyörrekammio on muodostettu tasomaisista, pääasiallisesti suorakaiteen muotoisista jäädytetyistä seinämistä 32, 34, 36 ja 38. Myös nämä seinämät on edullisesti muodostettu pystysuorista 30 yhteenliitetyistä vesiputkista. Pyörrekammiossa 12 reaktorikammiota lähinnä oleva pitkä seinä on yhteinen reaktorikammion kanssa eli pyörrekammion seinämä 32 on muodostettu osasta reaktorikammion jäädytettyä seinämää 16. Raon 30 kohdalla vesiputkiseinämää 32 on taivutettu pyörrekammion 35 sisään siten, että taivutetut osat 40 muodostavat kaasunvirtausta ohjaavan sisääntulokanavan 42 pyörrekammioon. Rako 30 on korkea ja kapea, korkeampi ja kapeampi kuin tavanomaisissa pystysykloneissa, edullisesti koko pyörrekammion

yläosan korkuinen. Seinämästä sisäänpäin taivutetut osat 40 on taivutettu siten, että sisääntulokanava suippenee sisäänpäin pyörrekammioon mentäessä.

5 Pyörrekammion seinämät ovat yläosastaan pystysuorat ja tasomaiset. Pitkä seinämä 36 on alaosastaan taivutettu vastakkaista pitkää seinää 32 kohti siten, että alaosaan muodostuu epäsymmetrinen, pitkä, kapeneva tila 44, jonka alaosaan muodostuu kiintoaineen poistoaukko 46.

10

Poistoaukko 46 muodostaa samalla sisääntuloaukon palautuskanavaan 14. Palautuskanavan pitkät seinät muodostuvat hiukkaserottimen jäähdytettyjen seinien 32 ja 36 alaspäin suuntautuvista jatkeista. Palautuskanavan päätyseinät on 15 vastaavasti muodostettu jäähdytettyjen seinien 34 ja 38 osien jatkeista. Päätyseinät 34 ja 38 jatkuvat vain palautuskanavan 14 leveyden osalta alaspäin muodostaen palautuskanavan. Muilta osin päätyseinät ulottuvat vain palautuskanavan yläosaan saakka, kuten kuviossa 1 on seinän 34 20 osalta esitetty. Palautuskanavan alaosa on L-mutkan 48 kautta yhteydessä reaktorikammion alaosaan erottimessa erotetun kiintoaineen palauttamiseksi leijupetiin.

Pyörrekammion yläosaan on aukkoihin 50 ja 52 sovitettu 25 kaksi peräkkäistä kaasunpoistoputkea 54 ja 56 puhdistetun kaasun poistamiseksi pyörrekammion kaasutilasta. Kaasunpoistoputket eli nk. keskusputket voivat tarvittaessa olla keraamisia tai jäähdytettyjä, jotta ne kestävät kuumat olosuhteet erottimessa. Keskusputket on edullisesti sovitettu 30 tu pyörrekammion kaasutilaan siten, että niiden keskiakselit ovat kaasupyörteen luonnollisella keskiakselilla. Kaasut johdetaan erottimesta sen päälle muodostettuun kanavaan 60, johon on sovitettu lämmöntalteenottoelimiä 62, ja siitä edelleen reaktorikammion viereen sovitettuun pystysuoraan konvektio-osaan 64, johon myös on sovitettu 35 lämmöntalteenottoelimiä 66. Kaasut poistetaan yhteen 68 kautta.

Pyörrekammion pitkät seinät on jäykistetty seinästä 32 seinään 36 kulkevalla väliseinällä 70, kuten kuviossa 2 on esitetty. Väliseinä ulottuu hieman kaasun sisääntuloaukon 30 alapuolelta pyörrekammion alaosaan saakka. Väliseinä 5 estää kaasunvirtauksesta johtuvat pitkien seinien taipumiset tai värähtelyt. Väliseinän sijasta voidaan ajatella myös kulutusta kestävien tukipalkkien käyttämistä pitkien seinien jäykistämiseen. Sisääntuloaukkoon 30 jäähdytetystä seinästä 32 taivutettu osa 40 jäykistää pyörrekammion yläosan osalta 10 seinää 32.

Pyörrekammioon ei ole oleellisesti sovitettu ympyrän muotoisia elementtejä pitämään kaasua pyörteen muotoisessa liikkeessä tai ohjaamaan kiintoainetta pyörteen muotoiseen 15 liikkeeseen. Pyörrekammion kaasutilan eli kaasun täyttämän tilan poikkileikkaus poikkeaa siten oleellisesti ympyrästä. Kaasupyörre muotoutuu kaasutilassa sisääntulevan kaasuvirran tangentiaalisen syötön ja kaasunpoistoaukon sekä tasomaisten seinien sijainnin mukaan. Yllättäen on nyt 20 huomattu, että erottimessa ei kaasutilassa tarvita sylinterin muotoisia tai muita oleellisesti kaarevia, ohjaavia seiniä pyörteen ylläpitämiseksi.

Pyörrekammion seinät voivat sisäpuolelta olla päällystetyt 25 ohuella kerroksella kulutusta kestävä ja/tai tulenkestävää massaa, mitä ei ole esitetty kuvioissa. Massauskerroksen paksuus on yleensä n. 40 - 100 mm. Tulenkestävä, kulutusta kestävä massa voidaan edullisesti kiinnittää suoraan pyörrekammion seiniin. Erityisen kulutusalttiisiin kohtiin 30 on massausta lisättävä enemmän tai näihin kohtiin voidaan käyttää tavanomaista kestävämpää massaa. Näin esim. kaasun sisääntuloaukkoa 30 vastapäätä olevaan seinään 36 voidaan muodostaa pystysuora, pituudeltaan sisääntuloaukon korkeutta vastaava suojamassaus, johon sisääntulevan kaasusuihkun 35 mukana pyörrekammioon virtaavat hiukkaset ainakin osittain törmäävät.

Erottimen pyörrekammioon tulevan kaasun sisältämät hiukkaset

pyrkivät kulkemaan suurempaa kulkurataa kuin kaasu. Esimerkiksi kaasun virratessa sisään pyörrekammioon ja kaasujen kääntyessä muodostamaan pyörrettä, osa hiukkasista jatkaa pääasiallisesti suoraa rataansa törmäten näin vastapäiseen 5 seinään 36. Tästä hiukkasten hitaudesta muuttaa kulkurataansa johtuu myös se, että pyörrekammion nurkka-alueet ovat kulutusaltiita kohtia ja ne on edullisesti suojattava paksummalla massakerroksella tai kestävämmällä massalla.

10 Nurkka-alueet toimivat hyvinä erotusalueina, koska niissä seinämä aiheuttaa kaasuvirtauksessa jyrkän suunnanmuutoksen ja hidastaa tai jopa pysäyttää seinän pinnan lähellä olevan kiintoainevirran, joka siten konsentroituu nurkka-alueelle. Konsentroituneet hiukkasvirrat tai -kasaantumet erottuvat 15 tällöin helpommin gravitaation vaikutuksesta ja valuvat nurkissa alas pyörrekammion alaosaan.

Kiertoleijureaktoreille tyypillisillä suurilla kiintoainevirroilla hiukkasten aiheuttama kulutus ei välttämättä 20 kuitenkaan ole suurin törmäyskohdassa, joka on kohtisuoraan sisääntuloaukkoa vastaan, vaan kriittiset alueet saattavat olla molemmin puolin tätä törmäyskohtaa. Tämä selittynee sillä, että hiukkaset itse valuessaan alaspäin muodostavat suojamuurin tai suojaavan kerroksen törmäyskohtaan. Tämä 25 on edullisesti otettava huomioon suojamassasta tehtäessä siten, että kestävä massa muodostetaan koko kriittiselle alueelle, eikä vain varsinaiseen törmäyskohtaan.

Myös palautuskanava 14 on jaettu väliseinällä 71, kuten 30 kuviossa 2 on esitetty, kahteen osaan 13 ja 15, joiden alaosat on muodostettu muuratuilla tai suojamassatuilla seinillä 72 suppilon muotoisiksi tiloiksi 74 ja 76, joihin erotettu kiintoaines valuu. Suppilon muotoisesta tilasta kiintoaines syötetään aukkojen 78 ja 80 kautta takaisin 35 reaktorikammion alaosaan.

Kuviossa 1 on esitetty keksinnön yksi edullinen suoritusmuoto, jonka mukaan palautuskanavassa 14 on yhtenä seinänä

32 käytetty hyväksi reaktorikammion jäähdytettyä seinää 16. Keksinnön erään toisen, kuviossa 4 esitetyn sovellutusmuodon mukaan palautuskanava on muodostettu erillisistä seinistä, eikä siinä ole käytetty hyväksi reaktorikammion seinää.

5 Kuviossa 4 on käytetty soveltuvien osien samoja viitenumeroita kuin kuvioissa 1, 2 ja 3. Pyörrekammion 12 alaosassa jäähdytetyt seinät 32 ja 36 on molemmat taivutettu toisiaan vasten, siten että pyörrekammion alaosaan muodostuu symmetrinen alaspäin kapeneva tila. Tasomaiset putkipaneeli-

10 seinät on helppo taivuttaa yhteen suuntaan, koska putkien väliä ei paneeleissa tarvitse muuttaa. Palautuskanava 14 sijoittuu pienen välimatkan päähän reaktorikammioista. Palautuskanavan alaosaan on järjestetty kaasulukko tai polvi 84, joka estää kaasun virtaamisen reaktorikammioista

15 palautuskanavaan.

Kuvion 4 esittämässä sovellutusmuodossa palautuskanavan 14 yläosa on pitkänomainen kapea kanava kuten kuvion 2 esittämässä sovellutusmuodossa. Pyörrekammion alin osa voidaan

20 väliseinien avulla muotoilla siten, että sen pohjaan muodostuu yksi tai useampi kiintoaineen poistoaukko joiden muoto on lähes neliön tai ympyrän muotoinen. Poistoaukkoon tai -aukkoihin voidaan tällöin yhdistää putken muotoiset palautuskanavat kuten tavanomaisissa pystysyklonierottimissa.

25

Kuvioissa 5 - 10 on esitetty vaakasuorasti otetut poikkileikkaukset reaktorikammioista ja pyörrekammioista keksinnön mukaisissa kiertoleijureaktoreissa. Kuvion 1, 2, 3 ja

30 4 esittämässä sovellutusmuodoissa pyörrekammioon on järjestetty yksi kaasun sisääntuloaukko 30. Kuvion 5 mukaisessa keskipakoerottimessa pyörrekammioon 12 on järjestetty kaksi sisääntuloaukkoa 86 ja 88 - yksi kutakin pyörrettä kohti. Pyörrekammion vaakasuora poikkileikkaus poikkeaa

35 tässä tapauksessa jonkin verran kuvion 3 esittämästä tapauksesta, suorakaiteen muotoisen kammion kulmien ollessa tyypistetyt vinoilla seinillä 35 ja 37. Kaasutilan pyörteisyys X on kuitenkin selvästi suurempi kuin 1, eli poikkeaa

ympyrän muodosta. Pyörrettä kohti kaasutilan poikkileikkaus on lähes neliön muotoinen.

Keksinnön mukainen kiertoleijureaktori on erikoisen edullinen siitä syystä että siinä samaan keskipakoerotin-"kuoreen", voidaan muodostaa monta kaasupyörrettä tavanomaisen yhden sijasta. Näin yhteen keskipakoerotin-"kuoreen" voidaan järjestää esim. neljä kaasupyörrettä, kuten kuviossa 6 on esitetty, jolloin kullekin pyörteelle järjestetään 10 pyörrekammioon oma kaasunpoisto 50, 51, 52 ja 53. Kaasun sisääntuloaukkoja järjestetään erottimeen edullisesti kaksi 86 ja 88, yksi syöttöaukko kahta kaasupyörrettä kohti. Sisääntuloaukot on sovitettu erottimeen siten, että kaasu syötetään pääasiallisesti tangentialisesti 15 muodostettavia pyörteitä kohti. Jokaiselle kaasupyörteelle voidaan haluttaessa tietenkin järjestää oma kaasun sisääntuloaukko ja pyörteitä voidaan haluttaessa järjestää enemmänkin kuin neljä yhteen pyörrekammioon. Kuvion 6 esittämissä keksinnön suoritusmuodoissa keskipakoerottimeen on 20 sovitettu tukiseinä 70 tukemaan erottimen pitkiä seiniä. Seinä jakaa keskipakoerottimen kahteen yhtäsuureen osaan 12a ja 12b.

Toisaalta voidaan myös erillisiä yhden tai kahden pyörteen 25 erottimia yksinkertaisesti sovittaa vierekkäin siten, että saadaan yksi useamman pyörteen erotinpatteri. Kuviossa 7 on esitetty yhden kaasupyörteen erotinmoduuli, jossa on kaasunsisääntuloaukko 86 ja kaasunpoistoaukko 52 pyörrekammiossa 12. Tasomaisten seinien ansiosta erotinmoduuleja on 30 helppo sovittaa vierekkäin ilman ylimääräistä tilantarvetta. Pienempiä vakiokokoisia erottimia voidaan näin yksinkertaisesti yhdistää kiertoleijureaktoriin tarpeellinen määrä.

Tavanomaiseen kiertoleijureaktorin reaktorikammioon tarvitaan yleensä 4 paneeliseinä ja keskipakoerottimeen 35 sylinterin muotoinen rakenne. Keksinnön mukaisessa ratkaisussa voidaan reaktorikammio- ja pyörrekammioyhdistelmä valmistaa yksinkertaisimmillaan viidestä tasomaisesta

paneeliseinästä kuten kuviossa 5 on esitetty, jolloin kammioilla on yksi yhteinen seinä 16 ja reaktorikammion päätyseinien 15 ja 17 jatkeita 15a ja 17a käytetään pyörrekammion päätyseinien 34 ja 38 muodostamiseen. Jos erottimen 5 pyörrekammioon muodostetaan väliseiniä 70 kaasupyörteiden väliin, kuten kuviossa 6 on esitetty, tarvitaan yhdistelmässä lisäksi väliseinien lukumäärän verran seinäpaneeleita.

- 10 Pyörrekammioon muodostuva kaasupyörre voidaan muodostaa täysin ympyrästä poiketen myös pitkänomaisena esim. ellipsin muotoisena, kuten kuviossa 8 on esitetty, jolloin pyörrekammiot 12a ja 12b myös vastaavasti ovat pitkänomaisia. Keskipakoerottimessa pyörrekammiot 12a ja 12b on erotettu 15 toisistaan väliseinällä 70.

Kuvioissa 9 ja 10 on esitetty poikkileikkauksia erilaisista keksinnön mukaisista kiertoleijureaktoriratkaisuista. Kuviossa 9 on esitetty poikkileikkaus keksinnön mukaisesta 20 kiertoleijureaktorista, jonka reaktorikammion 110 ympärille on sovitettu kahden kaasupyörteen pyörrekammioita 112a, 112b, 112c j.n.e. Pyörrekammiot on muodostettu käyttäen hyväksi reaktorikammion jäähdytettyjä seinämiä 115, 116, 117 ja 118 ja pyörrekammion ympärille sovitettuja toisia 25 jäähdytettyjä seinäpaneeleita 132, 134, 136 ja 138. Pyörrekammiot 112a, 112b, 112c j.n.e. on erotettu toisistaan väliseinillä 170. Pyörrekammioissa on kaasunpoistoyhteitä 150, 151, 152, 153, yksi jokaisen kaasupyörteen kohdalla, ja kaasun sisääntulokanavia 186 ja 188.

30

Kuviossa 10 on esitetty poikkileikkaus keksinnön mukaisesta kiertoleijureaktorista, jossa on sylinterin muotoinen reaktorikammio 210. Reaktorikammion ympärille on muodostettu pitkänomaisia yhden kaasupyörteen pyörrekammioita 212a ja 35 212b sekä kahden kaasupyörteen pyörrekammioita 212c ja 212d, käyttäen hyväksi reaktorikammion jäähdytettyä kaarevaa seinää 216 yhtenä pyörrekammion seinänä. Pyörrekammioissa vastakkainen seinä on muodostettu pääasiallisesti saman

tai suuremman kaarevuuden omaavista seinäpaneeleista 232, 234, 236 ja 238. Yksi kaareva seinäpaneeli muodostaa edullisesti usean pyörrekammion ulkoseinän. Ääritapauksessa yksi kaareva seinä muodostaa koko reaktorikammion 210 ympäri 5 kulkevan ulkoseinän, jolloin reaktorikammion seinän 216 ja ulkoseinän väliin muodostuu rako, johon on muodostettu pyörrekammioita. Pyörrekammioissa on kaasunpoistoyhteitä 250, 251, 252, 253 ja kaasunsisääntulokanavia 286, 288. Toiset kaasunsisääntulokanavat 286 syöttävät kaasua kahteen 10 pyörteeseen, toiset 288 yhteen pyörteeseen.

Kuvioissa 11 - 14 on kaaviollisesti esitetty erilaisia tapoja yhdistää keskipakoerottimia keksinnön mukaiseen kiertoleijureaktoriin. Kuvion 11 mukaisessa ratkaisussa 15 keskipakoerottimia on sovitettu yksi tai useampia reaktorikammion kahdelle vastakkaiselle seinälle. Reaktorikammion 310 yläosaan on yhdistetty keskipakoerottimet 312a ja 312b, joissa on kaasunpoistoyhteet 350 ja 351. Pyörrekammioiden alaosiin on yhdistetty palautuskanavat 314a ja 20 314b, joilla kaasusta erotettua kiintoainetta palautetaan reaktorikammioon. Keskipakoerottimien pyörrekammiot 312a ja 312b sekä palautuskanavat 314a ja 314b on muodostettu käyttäen osittain hyväksi reaktorikammion seiniä 316 ja 318. Seinät 316 ja 318 on yläosastaan taivutettu osittain 25 sisäänpäin toisiaan vasten, siten että reaktorikammion vaakasuora poikkipinta-ala kammion yläosassa on pienempi kuin sen alaosassa. Reaktorikammion sisäänpäin taivutetut osat muodostavat yhden seinän 332a ja 332b pyörrekammioissa ja taivuttamattomat osat yhden seinän palautuskanavassa. 30 Pyörrekammion seinien 332a ja 332b vastakkaiset seinät 336a ja 336b on muodostettu vastaavasti ulospäin taivutetuista seinäpaneeleista. Keskipakoerottimien pyörrekammiot tulevat näin osittain sijaitsemaan reaktorikammion sisällä, osittain sen ulkopuolella.

35

Kuviossa 12 on esitetty keksinnön toinen sovellutusmuoto, jonka mukaan reaktorikammion 410 yhteen seinään 416 on yhdistetty yksi kuvion 1 mukainen pyörrekammio 412a ja

reaktorikammion toiseen seinään 418 pyörrekammio 412b, joka kokonaisuudessaan on sovitettu reaktorikammion sisään. Pyörrekammion 412b yksi ulkoseinä 436b on muodostettu reaktorikammion seinän 418 yläosasta. Pyörrekammion ulkoseinää 5 436b ei ole yläosastaan taivutettu ulospäin kuten kuvion 11 mukaisessa ratkaisussa. Pyörrekammion 412b toinen vastakkainen seinä 432b on muodostettu reaktorikammion sisään sovitetusta seinästä, joka reaktorikammion yläosassa on taivutettu sisäänpäin reaktorikammioon ja reaktorikammion 10 alaosassa muodostaa reaktorikammion seinän kanssa kapean kiintoaineen palautuskanavan 414b. Varsinaisen reaktorikammion 410 seiniä 416 ja 418 ei tässä ratkaisussa ole taivutettu, vaan ne muodostuvat pystysuorista paneeleista.

15 Kuviossa 13 on esitetty keksinnön mukainen kiertoleijureaktori, jonka yhdelle puolelle on sovitettu pyörrekammio 512 käyttämättä suoraan hyväksi reaktorikammion 510 seiniä 516, 518. Pyörrekammio 512 on kanavalla 540 yhdistetty reaktorikammioon siten, että reaktorikammion ja pyörrekammion 20 sekä palautuskanavan 514 väliin muodostuu rako 515. Reaktorikammion seinällä 516 ja palautuskanavalla 514 voi kuitenkin olla yhteinen tuki. Tätä ratkaisua voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi sellaisissa sovellutuksissa, joissa on edullista valmistaa reaktorikammion ja pyörrekammion seinät 25 erilaisista levyistä.

Kuviossa 14 on esitetty keksinnön mukainen kiertoleijureaktori, jossa on kaksi kuvion 1 mukaista pyörrekammiota 612a, 612b sovitettuna reaktorikammion 610 vastakkaisille 30 seinille 616 ja 618. Lisäksi reaktorikammion sisään on sovitettu kaksi vierekkäistä pyörrekammiota 612c ja 612d, joiden seiniä 632, 634 ja 636 valmistettaessa ei ole käytetty hyväksi reaktorikammion seiniä. Pyörrekammiot on muodostettu kolmesta pitkästä seinäpaneelistä, joista seinä 35 634 on pyörrekammioille yhteinen. Seinät 632 ja 636 sekä pyörrekammioiden päätyseinät, joita ei ole esitetty kuviossa ja jotka voivat olla yhteiset reaktorikammion päätyseinien kanssa, muodostavat poikkileikkaukseltaan suorakaiteen

muotoiset pyörrekammiot reaktorikammion sisään. Pyörrekammioiden alaosassa seinät 632 ja 636 on taivutettu keskimäistä seinää 634 kohti siten, että seinät reaktorikammion alaosassa muodostavat palautuskanavan 614.

5

Kuviossa 15 on esitetty keksinnön mukainen kiertoleijureaktori, jossa kuvion 1 mukaisessa pyörrekammiossa 712 kaasunpoistoyhde 750 on sovitettu pyörrekammion pohjaan siten, että erotin toimii läpivirtaussyklonina. Erotetut hiukkaset 10 valuvat pyörrekammion pohjan 713 kautta palautuskanavaan 714 kuten kuvion 1 esittämässä ratkaisussa.

Keksintöä ei ole tarkoitus rajoittaa esimerkkeinä esitettyihin suoritusmuotoihin, vaan sitä voidaan muunnella ja 15 soveltaa patenttivaatimusten määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa. Siten pyörrekammio voi joissakin tapauksissa olla monikulmion, kuten kuusikulmion tai jopa kahdeksankulmion, muotoinen kammio, joka myös voidaan yksinkertaisesti valmistaa tasomaisista paneeleista. 20 Keksinnön mukaisessa erottimessa ei pyörrekammion kaasutilaan järjestetä oleellisesti kaarevia ohjaavia seiniä esim. lämmöneristysmassoilla, kulutusta kestävillä massoilla tai ohjainlevyillä siten, että pyörrekammion kaasutilan poikkileikkaus lähentelisi ympyrää.

Patenttivaatimukset

1. Kiertoleijureaktori, joka käsittää
- reaktorikammion, joka sivusuunnassa rajoittuu pääosin
- 5 pystysuoriin tasomaisiin tai kaareviin seiniin tai joka on pystysuoran sylinterin muotoinen,
- elimet leijutuskaasun syöttämiseksi reaktorikammioon,
 - kiintoaineen syöttöyhteen polttoaineen tai vastaavan kiintoaineen syöttämiseksi reaktorikammioon,
- 10 - reaktorikammioon yhteydessä olevan keskipakoerottimeen, joka käsittää pyörrekammion, kiintoainehiukkasten erottamiseksi reaktorikammioista poistuvista kaasuista,
- palautuskanavan keskipakoerottimesta erotettujen kiintoainehiukkasten palauttamiseksi reaktorikammioon,
- 15 - kaasunpoistoyhteen kaasun poistamiseksi keskipakoerottimesta,

tunnettu siitä, että

- keskipakoerotin käsittää pyörrekammion (12), joka on muodostettu pystysuorista tasomaisista tai kaarevista
- 20 seinistä (32,34,36,38,70) siten, että pyörrekammion seinien läpi otettu vaakasuora poikkileikkaus ei ole ympyrän muotoinen ja että
- keskipakoerottimeen pyörrekammion kaasutilan pyöreys $X > 1$ edullisesti $> 1,15$, jolloin kaasutilan vaakasuora
- 25 poikkileikkaus ei ole ympyrän muotoinen.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kiertoleijureaktori, tunnettu siitä, että yksi tai kaksi tasomaista tai kaarevaa
- 30 seinää (32,36;232,234,236,238) pyörrekammiossa on pääasiallisesti yhdensuuntaista ja/tai samaansuuntaan kaarevaa keskipakoerotinta lähinnä olevan reaktorikammion seinän (16;216) kanssa.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kiertoleijureaktori, tunnettu siitä, että yksi seinä (32) pyörrekammiossa on
- 35 ainakin osittain yhteinen reaktorikammion yhden seinän (16) kanssa.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että reaktorikammion seinän jatketta (15a,17a) on käytetty muodostamaan pyörrekammion sivuseinää (34,38).
- 5
5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että ainakin yksi pyörrekammion seinistä on muodostettu jäähdytyspaneeleista.
- 10 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että ainakin kaksi vastakkaista seinää pyörrekammiossa on muodostettu jäähdytyspaneeleista.
7. Patenttivaatimuksen 5 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että pyörrekammion ja reaktorikammion seinät on muodostettu samaan vesi/höyrysteemiin yhdistetyistä vesiputkipaneeleista.
- 15
8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että pyörrekammion pystysuorat seinät on muodostettu neljästä tai useammasta tasomaisesta levystä.
- 20
9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että pyörrekammion vaakasuora poikkipinta on neliön, suorakaiteen tai monikulmion muotoinen.
- 25
10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että pyörrekammion vaakasuora poikkipinta on suorakaiteen muotoinen ja että sen pitkät seinät (32,36) ovat kaksi, kolme tai useampia kertoja niin pitkät kuin lyhyet seinät (34,38).
- 30
11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että reaktorikammioon (110,210) on yhdistetty keskipakoerotin, jossa on kaksi tai useampia pyörrekammioita (112a,112b,112c,112d;212a,212b,212c,212d).
- 35
12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kiertoileijureaktori,

tunnettu siitä, että ainakin yksi pyörrekammio (312a, 312b) on sovitettu reaktorikammion kummallekin puolelle.

13. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kiertoileijureaktori, 5 tunnettu siitä, että pyörrekammio (412b;612c,612d) on sovitettu reaktorikammion sisään.

14. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että pyörrekammiossa (12) on kaksi tai 10 useampia kaasunpoistoyhteitä (50,52) ja että pyörrekammioon on muodostettu kaksi tai useampia kaasupyörteitä.

15. Patenttivaatimuksen 14 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että pyörrekammioon on järjestetty yksi 15 kaasun sisääntuloaukko (86,88) kutakin kaasupyörrettä kohti.

16. Patenttivaatimuksen 14 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että pyörrekammioon (112b,112c) on järjestetty yksi yhteinen kaasun sisääntuloaukko (186,188) kahta 20 vierekkäistä kaasupyörrettä kohti.

17. Patenttivaatimuksen 1 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että pyörrekammion alaosan (44) kaasutilan poikkileikkauksen pinta-ala pienenee alaspäin mentäessä. 25

18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että ainakin yksi seinä (36) pyörrekammion alaosassa on kalteva siten, että kaasutila alaspäin mentäessä pienenee. 30

19. Patenttivaatimuksen 18 mukainen kiertoileijureaktori, tunnettu siitä, että kaksi vastakkaista seinää (32,36) pyörrekammion alaosassa lähestyvät toisiaan alaspäin mentäessä siten, että alaosa 35 muodostaa raon (14).

Patentkrav

1. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd, omfattande
- en reaktorkammare, som i sidled huvudsakligen begränsas
- 5 av vertikala plana eller böjda väggar eller som har formen av en cylinder,
- ett organ för inmatning av fluidiseringsgas i reaktorkammaren,
 - ett inlopp för fast material för inmatning av bränsle
- 10 eller motsvarande fast material i reaktorkammaren,
- en till reaktorkammaren förenad centrifugalseparator, som omfattar en virvelkammare, för avskiljning av fasta partiklar ur de från reaktorkammaren utströmmande gaserna,
 - en återföringskanal för återföring av i centrifugal-
- 15 separatorn avskiljda fasta partiklar till reaktorkammaren,
- ett gasutlopp för utmatning av gas ur centrifugalseparatorn,

kännetecknad därav, att

- centrifugalseparatorn omfattar en virvelkammare (12),
- 20 som bildats av vertikala plana eller böjda väggar (32,34,-36,38,70) så att ett horisontalt snitt genom virvelkammarens väggar inte har formen av en cirkel och att
- centrifugalseparatorns virvelkammarens gasutrymmes cirkularitet $X > 1$ företrädesvis $> 1,15$, varvid gasut-
- 25 rymmens horisontala tvärsnitt inte har formen av en cirkel.

2. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 1, kännetecknad därav, att en eller två plana eller böjda väggar (32,36;232,234,236,238) i virvelkammaren är

30 huvudsakligen parallella med och/eller i samma riktning böjda som den reaktorvägg (16;216), som befinner sig närmast centrifugalseparatorn.

3. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 1, kännetecknad därav, att en vägg (32) i virvelkammaren åtminstone delvis sammanfaller med en vägg (16) i reaktorkammaren.

35

4. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 3, kännetecknad därav, att en fortsättning (15a,17a) på reaktorkammarens vägg har använts till att bilda virvelkammarens vägg (34,38).

5

5. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 1, kännetecknad därav, att åtminstone en av virvelkammarens väggar har bildats av kylpaneler.

10 6. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 5, kännetecknad därav, att åtminstone två motstående väggar i virvelkammaren har bildats av kylpaneler.

15 7. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 5, kännetecknad därav, att virvelkammarens och reaktorkammarens väggar har bildats av till samma vatten/ångsystem hörande vattentubpaneler.

20 8. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 1, kännetecknad därav, att virvelkammarens vertikala väggar har bildats av fyra eller flere plana skivor.

25 9. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 8, kännetecknad därav, att virvelkammarens horisontala tvärsnitt har formen av en kvadrat, rektangel eller månghörning.

30 10. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 9, kännetecknad därav, att virvelkammarens horisontala tvärsnitt är rektangelformat och att dess långa väggar (32,36) är två, tre eller flera gånger längre än de korta väggarna (34,38).

35 11. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 1, kännetecknad därav, att till reaktorkammaren (110, 210) kopplats en centrifugalseparator, vilken omfattar två eller flera virvelkamrar (112a,112b,112c,112d;212a,212b,-212c,212d).

12. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 1, kännetecknad därav, att åtminstone en virvelkammare (312a,312b) har anordnats på vardera sidan av reaktorkammaren.

13. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 1, kännetecknad därav, att virvelkammaren (412b;612c,-612d) har anordnats inne i reaktorkammaren.

10

14. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 1, kännetecknad därav, att virvelkammaren (12) innehåller två eller flera gasutlopp (50,52) och att i virvelkammaren anordnas två eller flera gasvirvlar.

15

15. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 14, kännetecknad därav, att i virvelkammaren anordnats ett gasinlopp (86,88) för varje gasvirvel.

20 16. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 14, kännetecknad därav, att i virvelkammaren (112b,-112c) anordnats en gemensam gasinloppsöppning (186,188) för två närliggande gasvirvlar.

25 17. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 1, kännetecknad därav, att virvelkammarens nedre dels (44) gasutrymmes tvärsnitts yta minskar nedåt.

18. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 17, kännetecknad därav, att åtminstone en vägg (36) i virvelkammarens nedre del är sluttande så att gasutrymmet minskar nedåt.

19. Reaktor med cirkulerande fluidiserad bädd enligt patentkrav 18, kännetecknad därav, att två motstående väggar (32, 36) i virvelkammarens nedre del närmar sig varandra nedåt så att nedre delen bildar en springa (14).

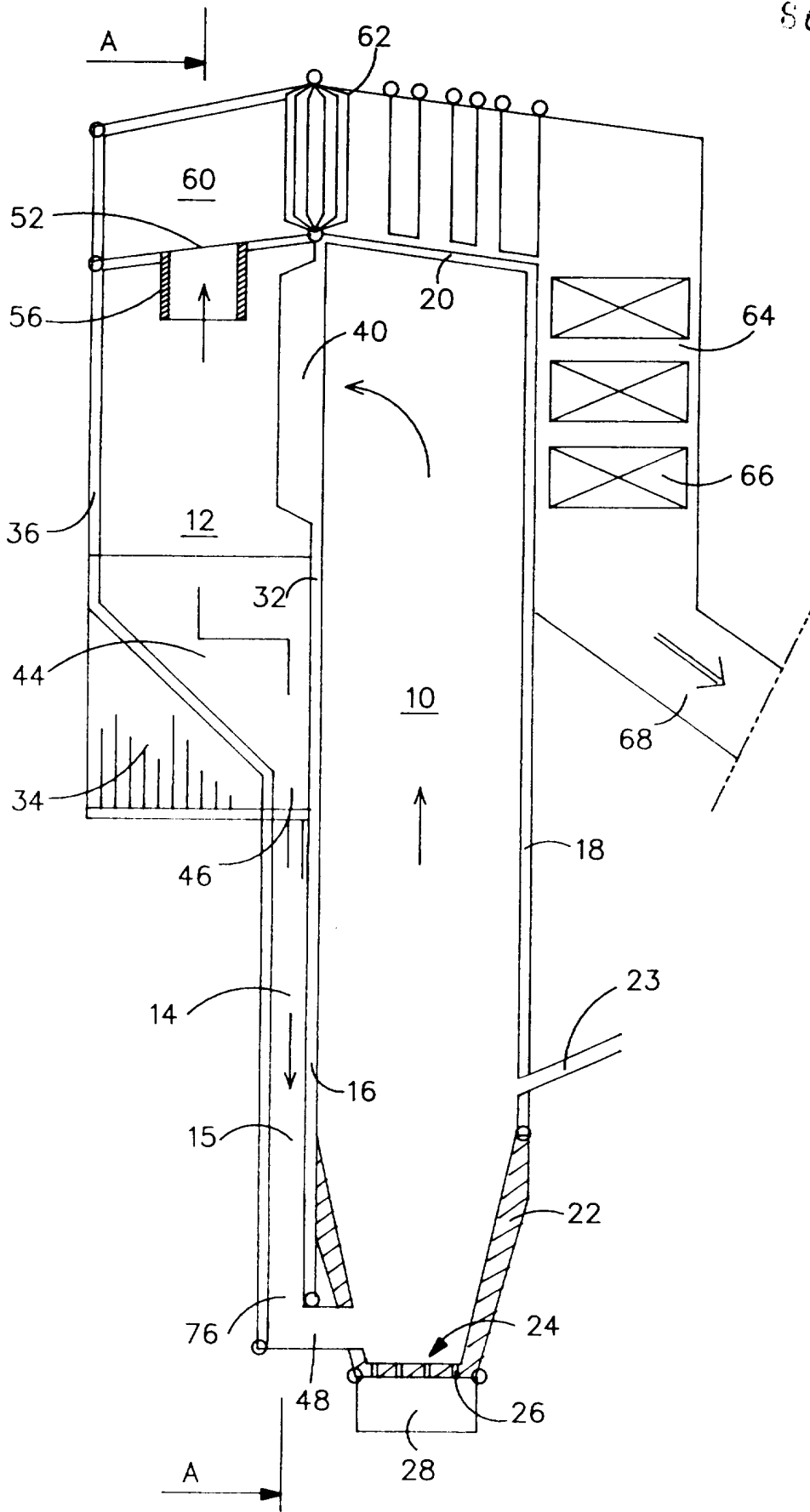


Fig. 1

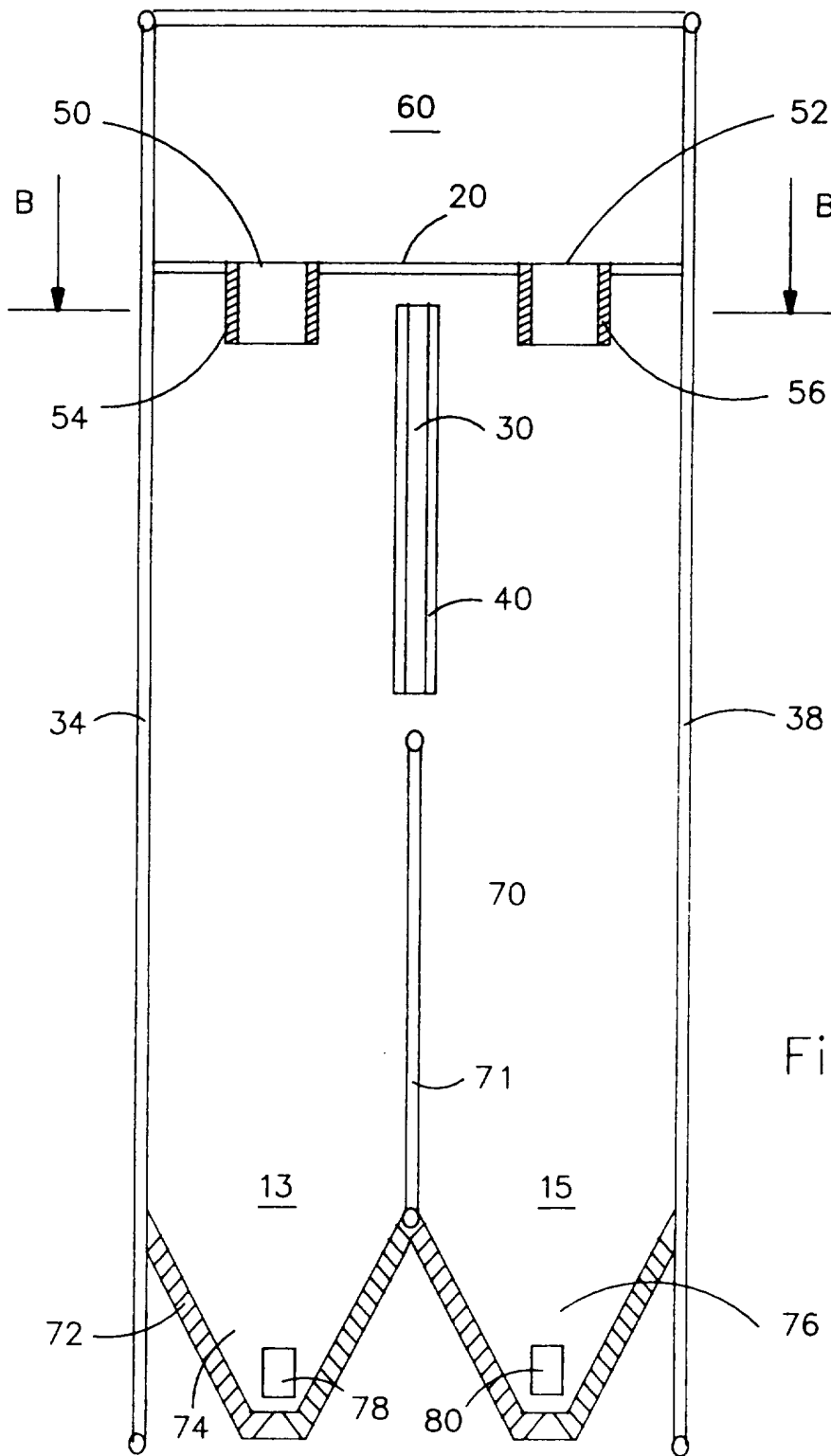


Fig. 2

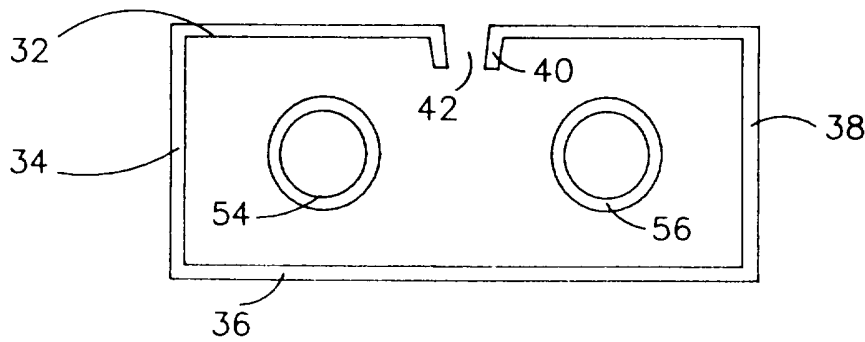


Fig. 3

86964

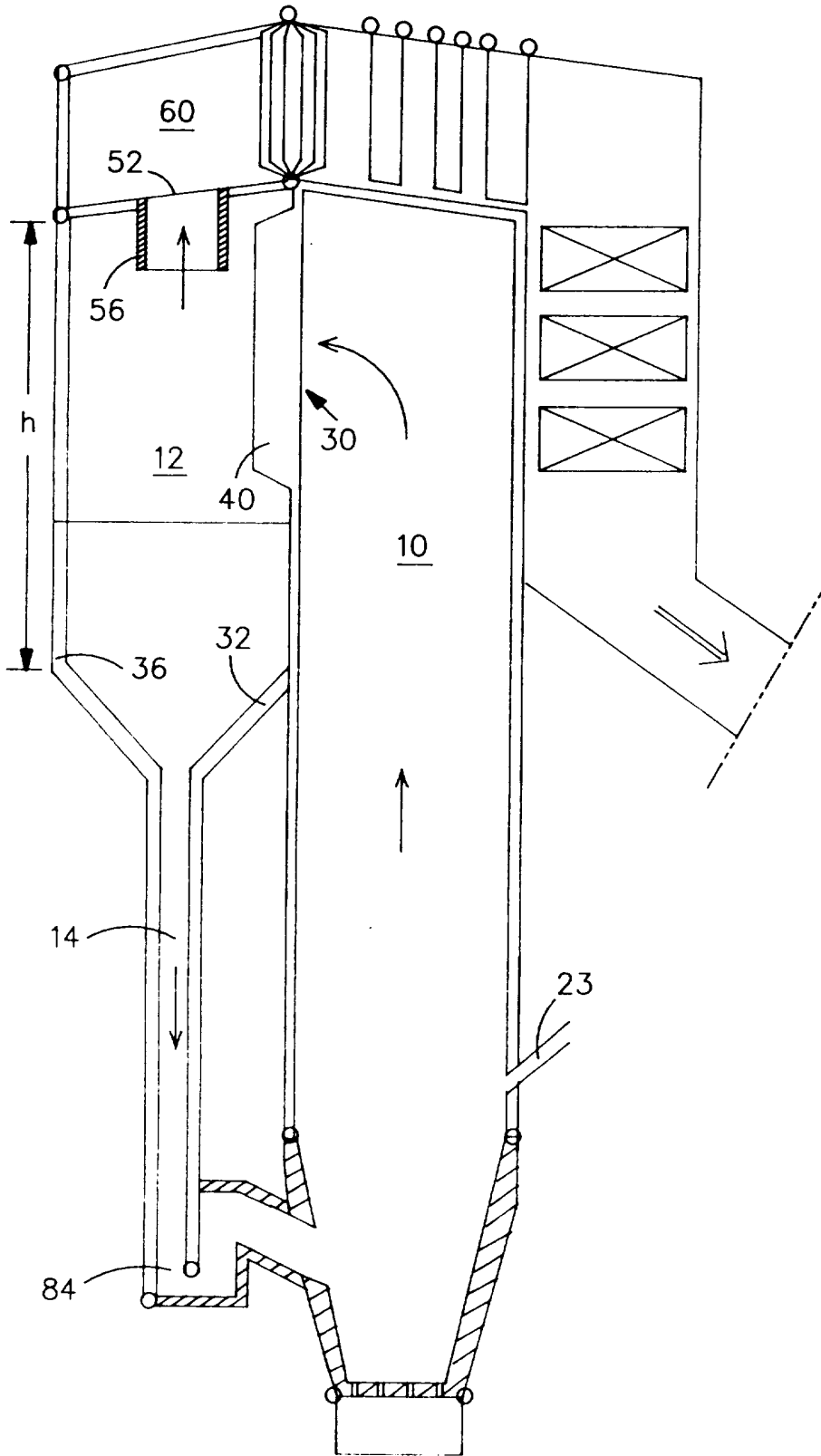


Fig. 4

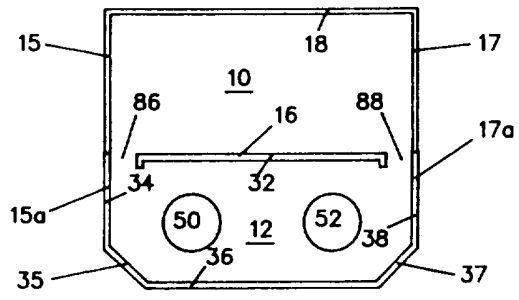


Fig. 5

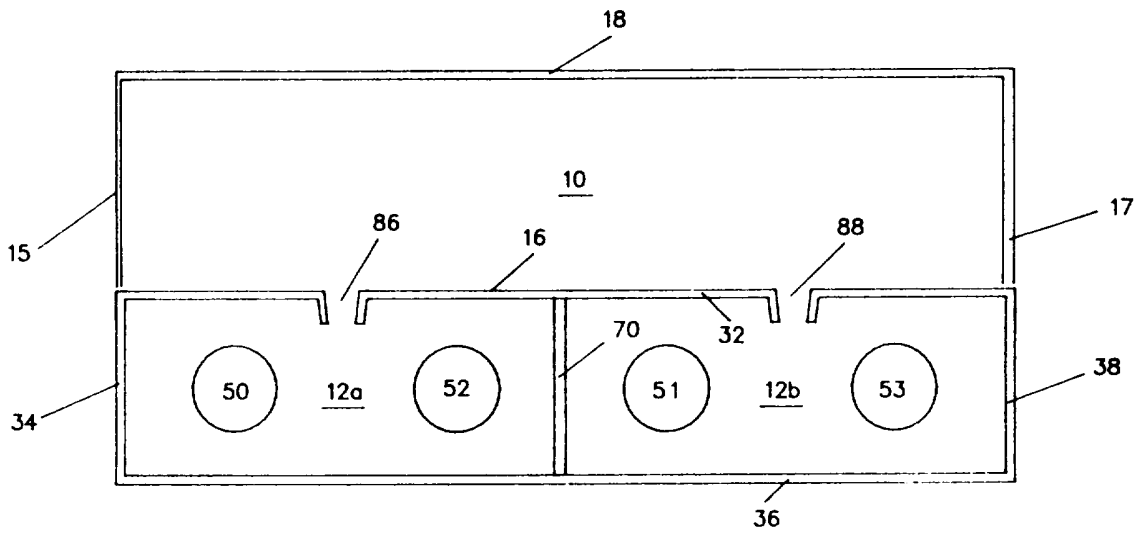


Fig. 6

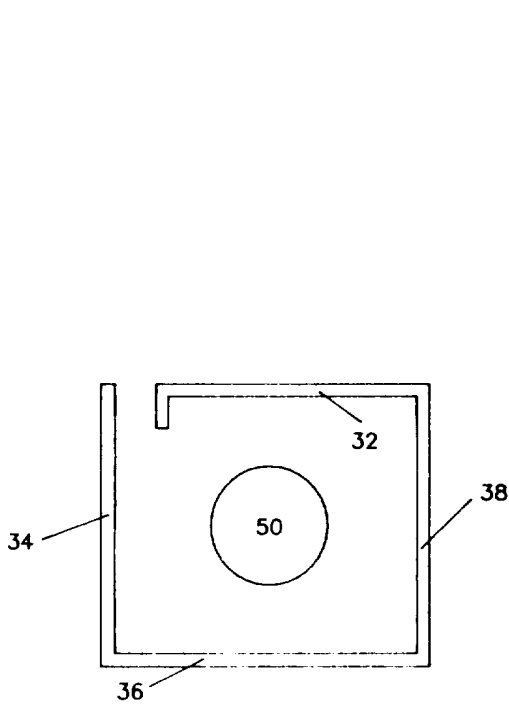


Fig. 7

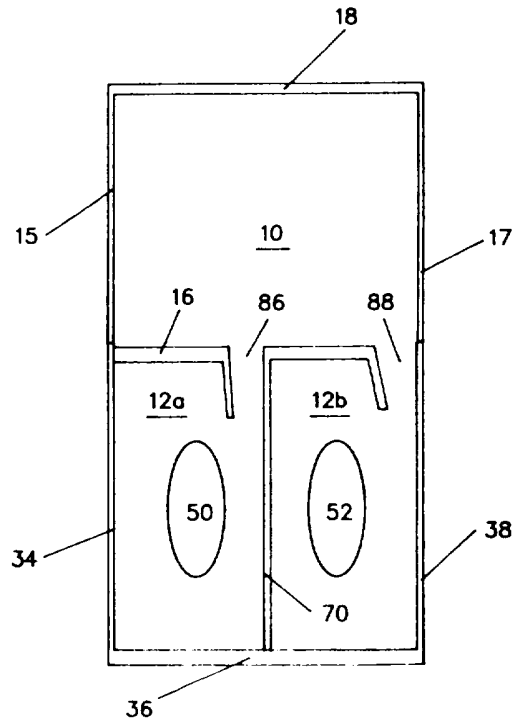


Fig. 8

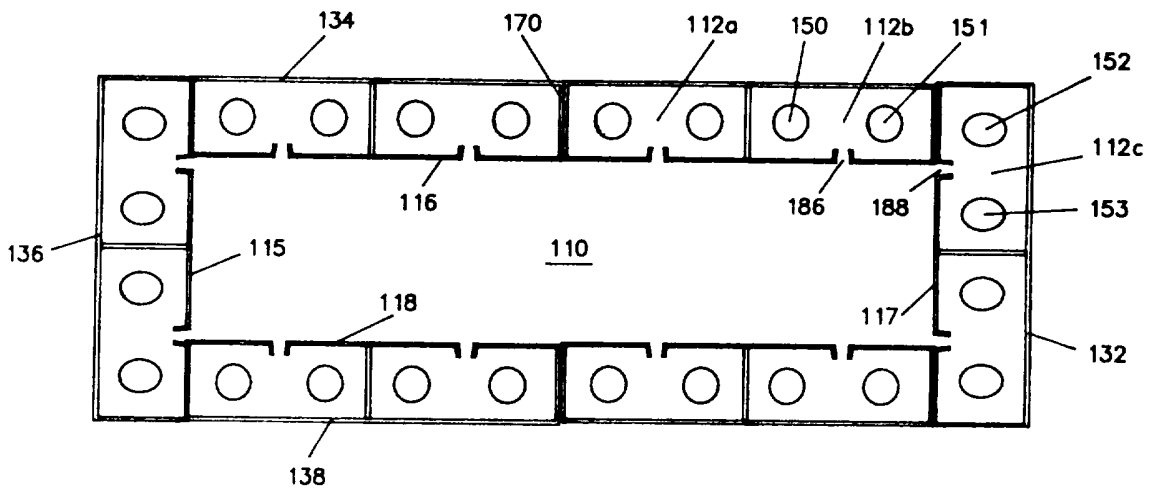


Fig. 9

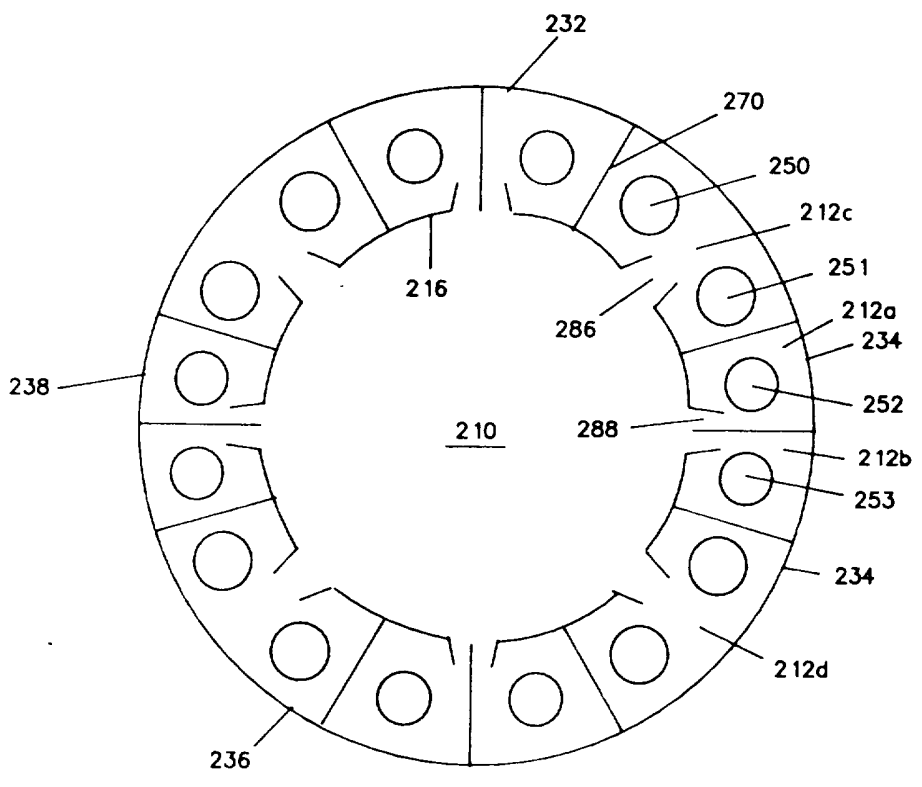


Fig. 10

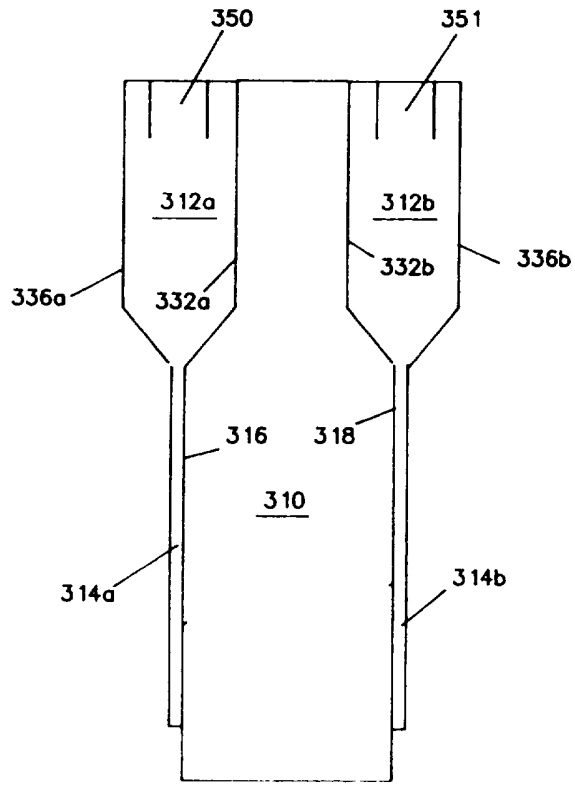


Fig. 11

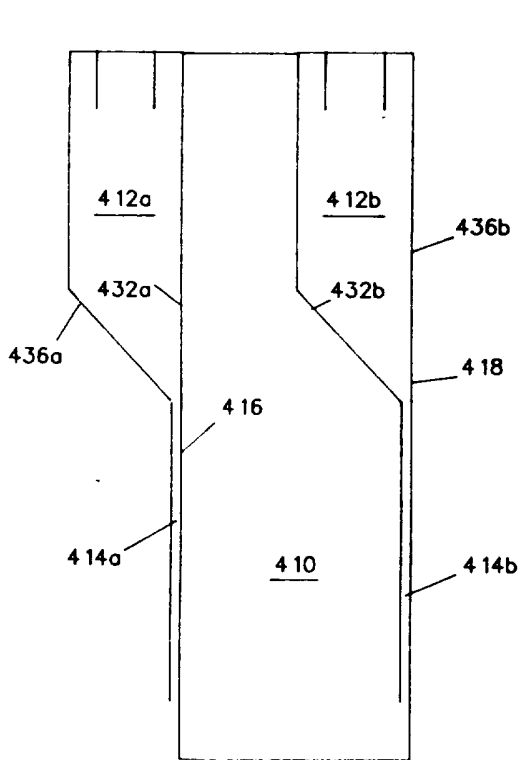


Fig. 12

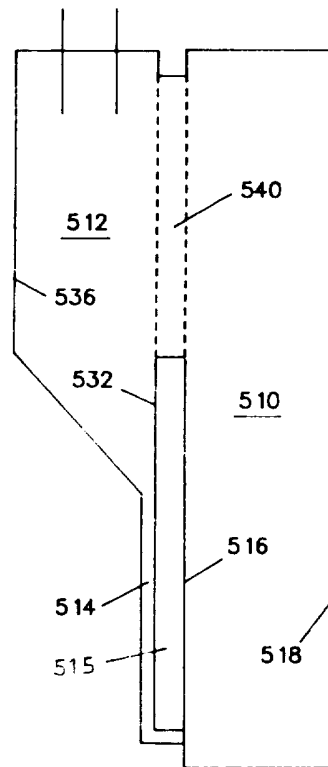


Fig. 13

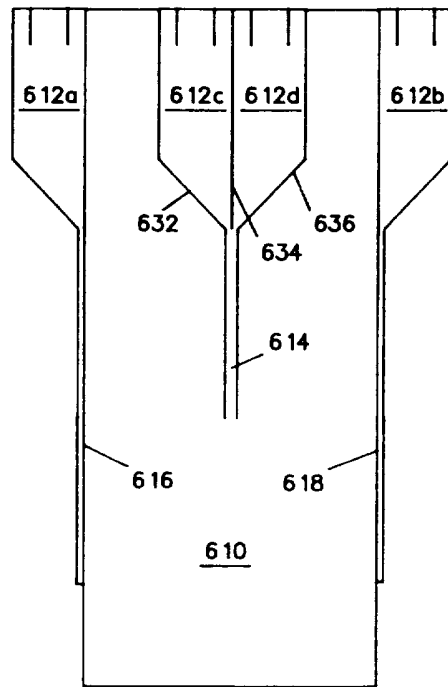


Fig. 14

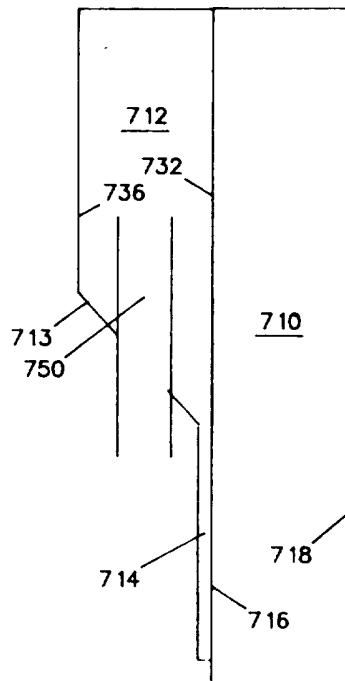


Fig. 15