FI000104213B

(12) PATENTTIJULKAISU
PATENTSKRIFT

(10) FI 104213 B

(45) Patentti myönnetty - Patent beviljats 30.11.1999

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

F 23C 11/02

(21) Patenttihakemus - Patentansökning 952153

(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag 05.05.1995

(24) Alkupäivä - Löpdag 09.11.1993

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig 05.05.1995

(86) Kv. hakemus - Int. ansökan PCT/FI93/00463

(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet

10.11.1992 US 973396 US

SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(73) Haltija - Innehavare

1. **Foster Wheeler Energia Oy**, Sentnerinkuja 2, 00440 Helsinki, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. **Hyppänen, Timo**, Siikakoskenpolku 10, 48710 Karhula, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: **Turun Patenttitoimisto Oy**, PL 99, 20521 Turku

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Menetelmä ja laite kiertomassaperiaatteella toimivan leijukerrossysteemin käyttämiseksi
Förfarande och anordning vid drift av ett virvelbäddssystem enligt cirkulerande bädd principen

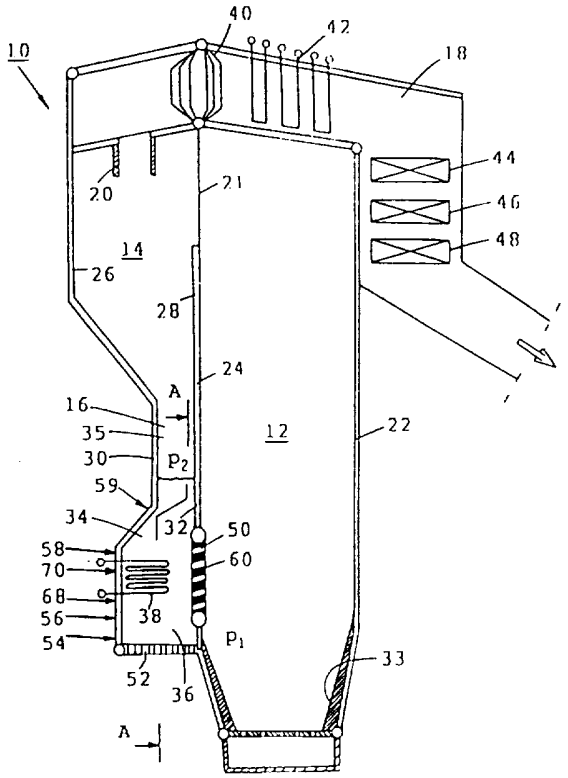
(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

---

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Kiertoleijureaktorin yhteydessä palautuskanavassa (34) sijaitsee hiukkasista muodostunut peti, josta hiukkaserottimesta (14) tulleita hiukkasia kierrätetään takaisin polttokammioon (12). Hiukkaspetistä johtaa syöttöaukkoja (50) polttokammioon, ja hiukkaspetin korkeutta ylläpidetään syöttöaukkojen yläpuolella riittävän etäällä niistä, niin että muodostuu kaasulukko. Petissä olevia hiukkasia leijutetaan, ja eri tasoille on myös sijoitettu siirtosuuttimia (52, 54, 56, 58, 59), jotka kuljettavat hiukkaset petistä syöttöaukkojen kautta polttokammioon. Petiin on mahdollista sijoittaa lämmönsiirtimiä (38), esim. tulistimia lämmön talteenottamiseksi hiukkasista.

I en återföringskanal (34) i en cirkulerande fluidiserad reaktor finns en av partiklar bildad bädd, via vilken partiklar från en partikelavskiljar (14) återcirkuleras till en förbränningskammare (12). Från partikelbädden leder inmatningsöppningar (50) till förbränningskammaren. Partikelbäddens höjd hålls på en nivå över inmatningsöppningarna och tillräckligt högt ovanom dessa för att ett gaslås bildas. Partiklarna i bädden fluidiseras och dessutom har på olika nivåer anordnats transportmunstycken (52, 54, 56, 58, 59), vilka transporterar partiklarna från bädden via inmatningsöppningarna till förbränningskammaren. Det är möjligt att anordna värmeöverförare (38), t.ex. överhettare, i bädden, för att återvinna värme från partiklarna.



MENETELMÄ JA LAITE KIERTOMASSAPERIAATTEELLA TOIMIVAN LEIJUKERROSSYSTEEMIN KÄYTTÄMISEKSI
FÖRFARANDE OCH ANORDNING VID DRIFT AV ETT VIRVELBÄDDS-SYSTEM ENLIGT CIRKULERANDE BÄDD PRINCIPEN

Tämä keksintö kohdistuu patenttivaatimusten 1 ja 17 johdanto-osien mukaiseen menetelmään ja kiertomassatyyppiseen leijukerrosreaktorisysteemiin.

Kiertomassaperiaatteella toimivissa leijukerros- (eli CFB-) systeemeissä kuten CFB-kattiloissa on polttokammio, jonka sisällä on kiintoaineshiukkasten muodostama nopea leijupeti. Polttokammion yläosassa olevaan poistoaukkoon on yhdistetty hiukkaserotin kiintoainehiukkasten erottamiseksi polttokammiosta tulevasta, savukaasujen ja niiden mukana kulkeutuneen kiintoaineen muodostamasta suspensiosta. Hiukkaserottimen ja polttokammion alaosan väliin on liitetty palautuskanava, jonka kautta erotetut kiintoainehiukkaset kierrätetään takaisin polttokammioon. Hiukkaserottimessa on kaasunpoistoaukko savukaasujen poistamiseksi.

Syklonierottimia käytetään yleisesti hiukkaserottimina. Palautuskanava kierrättää erotetut hiukkaset syklonista takaisin polttokammion alaosaan. Palautuskanava on varustettava kaasulukolla, esim. polvirakenteella, jotta kaasut eivät pääse virtaamaan polttokammiosta takaisin sykloniin palautuskanavan läpi. Polvirakenteiset kaasulukot ovat erittäin suuria ja monimutkaisia. Myös L-putkia on ehdotettu kaasulukoiksi. L-putkikin vaatii tilaa, koska palautuskanavan ja polttokammion väliin tarvitaan melko pitkä, petimateriaalilla täytetty yhdyskanava kaasulukon aikaansaamiseksi.

Kiertoleijureaktoreita käytetään monissa eri prosesseissa, kuten polttoprosesseissa, lämmönsiirrossa, kemiallisissa tai metallurgisissa prosesseissa. Prosessista riippuen eri petimateriaalit leijutetaan tai kierrätetään systeemissä. Polttoprosesseissa leijupeti voi muodostua hiukkasmaisesta polttoaineesta, kuten hiilestä, koksista, ligniitistä,

puusta, jätteestä tai turpeesta sekä muista hiukkasmaisista aineista kuten hiekasta, tuhkasta, rikkiabsorbentista, katalyytista tai metallioksideista. Polttokammiossa vallitseva kiertonopeus on yleensä 3,5 - 10 m/s, mutta se voi olla myös huomattavasti suurempi.

Tyypillisesti lämpöä otetaan talteen leijukerrospolttoprosesseissa lämmönsiirtopintojen avulla, jotka sijaitsevat polttokammiossa ja kaasukanavaan, hiukkaserottimen jälkeen sijoitetussa konvektio-osassa. Kiertoleiju-(CFB)-kattiloissa polttokammion ulkoseinät ovat yleensä membraaniseiniä, joissa pystysuorat putket on yhdistetty litteällä levymateriaalilla tai evillä toisiinsa, siten että ne muodostavat höyrystinpinnan. Lisälämmönsiirtopinnat, kuten tulistimet, voidaan asentaa polttokammion yläosaan höyryn tulistamiseksi.

Lisätulistimet sekä välitulistimet, esilämmittimet sekä ilman esilämmittimet sijoitetaan konvektio-osaan. On myös ehdotettu, että palautuskanava muodostettaisiin lämmönsiirtopinnoista.

Lämmönsiirtopinnat pitää normaalisti suunnitella siten, että ne tuottavat optimaalisen tulistetun höyryn myös matalilla kuormituksilla. Suuremmilla kuormituksilla höyryntuotantoa säädetään veden ruiskutuksella konvektio-osassa.

Matalalla kuormalla tapahtuva tulistus on usein ongelmallista. Polttokammion poistokaasun lämpötila alenee kuorman laskiessa, ja konvektio-osassa sijaitsevilla tulistimilla ei ole riittävästi kapasiteettia toivottuun tulokseen pääsemiseksi. Polttokammioon sijoitettavat lisätulistimet lisäisivät kustannuksia ja kattilan hallintaongelmia tarpeettomasti. Ylimääräiset lämmönsiirtopinnat polttokammiossa alentaisivat palamatonta polttoainetta vielä sisältävien savukaasujen lämpötilaa esim. 700 -750°C:seen, millä olisi kielteinen vaikutus NO_x:n ja N_2O:n päästöjen pienentämiseen.

Leijupetiin sijoitetut erilliset lisälämpöpinnat joutuisivat toisaalta myös kosketuksiin nopeasti virtaavan (3 - 10 m/s tai vieläkin nopeammin virtaavan) kaasun ja sen sisältämien hiukkasten kanssa. Korroosio ja eroosio aiheuttaisivat vakavia ongelmia. Kaikki leijupetiin sijoitettavat lämmönsiirtopinnat olisi tehtävä kuumankestävästä materiaalista ja mitä todennäköisimmin myös suojattava jollakin eroosionkestävällä aineella. Tällaisista lämmönsiirtopinnoista tulisi erittäin painavia ja kalliita. Korroosio on vakava ongelma polttokammion kaasuilmastossa, kun poltetaan kaasumaista klooria ja alkaliyhdisteitä sisältäviä aineita.

Varsinkin paineistetuissa sovellutuksissa lämpöpintojen lisääminen on vielä vähemmän toivottavaa, koska se suurentaa kattilan kokoa, minkä seurauksena paineastiaakin on suurennettava. Paineistetuissa sovellutuksissa polttokammio on pienempi ja lämmönsiirtopinnat ovat jo hyvin lähellä toisiaan. Sen vuoksi olisi hyvin vaikeaa lisätä ylimääräisiä lämpöpintoja polttokammioon. Lämpöpintojen kovin tiivis sijoittaminen estää myös petimateriaalin vaakasuuntaista sekoittumista polttokammion sisällä, mikä alentaa palamistehoa. Tilaongelmien lisäksi myös tukkeutuminen voi muodostua haitaksi, jos lämpöpinnat ovat kovin lähellä toisiaan.

Tulistustehon lisäämiseksi on ehdotettu erillisiä lämmönsiirtimiä (EHE = External Heat Exchanger). Tällaisissa tulistimissa, jotka sijoitetaan erilliseen, kuumasta kiintoaineesta muodostuvaan kiertoleijupetiin, kiintoaine tuodaan EHE-lämmönsiirtimiin hiukkaserottimelta. Ehdotetut erilliset lämmönsiirtimet olisivat suuria ja kalliita sekä vaikeita ohjata varsinaisesta polttoprosessista erillään. Eroosiosta aiheutuisi myös ongelma, kun lämpöpinnat joutuisivat kosketuksiin suurten kuumien partikkelien muodostaman leijupetin kanssa. Erittäin alhaisilla kuormituksilla polttokammiosta savukaasujen mukana poistuva ja EHE-lämmönsiirtimelle syötettävä kiintoainemäärä pienenisi myös

niin paljon, että tulistusta ei tapahtuisi. Tarvitaan siis yksinkertaisempi ja edullisempi ratkaisu.

Jäljempänä esitettyjen patenttivaatimusten 1 ja 17 johdanto-osien mukainen menetelmä ja laite ovat tunnettuja amerikkalaisesta patentista US-A-48 31 479. Tunnettu laite käsittää hiukkasjäähdyttimen jäähdytyksen säätämiseksi kiertomassatyyppisessä leijukerrosreaktorissa. Lämmönpoistoa hiukkasjäähdyttimestä säädetään säätämällä hiukkasmäärää jäähdyttimessä. Jäähdytin on sovitettu leijupetireaktoriin, jossa on hiukkasvirtausrajoitin, ja jossa on leijutuselimiä virtausrajoittimen ja pääreaktorin reaktiokammion välillä, ja jossa jäähdytin muodostaa ainoan virtaustien virtausrajoittimen ja reaktorikammion välillä. Lisäksi jäähdyttimessä on ylivuotoaukko, joka on yhteydessä reaktiokammioon ja joka muodostaa varoventtiilin, joka estää jäähdyttimen täyttymästä liikaa.

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on aikaansaada menetelmä ja laite kiertomassatyyppisten leijukerrossysteemien käyttämiseksi, joissa menetelmässä ja laitteessa yllä mainitut haitat on minimoitu.

Keksinnön tarkoituksena on erityisesti aikaansaada parannettu kaasulukkoratkaisu kiertomassatyyppisiin leijukerrossysteemeihin.

Keksinnön tarkoituksena on myös aikaansaada parannettu lämmöntalteenottomenetelmä kiertomassatyyppisiin leijukerrossysteemeihin.

Keksinnön tarkoituksena on edelleen aikaansaada parannettu menetelmä lämmöntalteenoton säätämiseksi kiertomassatyyppisessä leijukerrossysteemissä.

Keksinnön tarkoituksena on täten myös aikaansaada parannettu menetelmä höyryn tulistamiseksi kiertoleijukatti-

lasysteemissä eri kuormitusolosuhteissa.

Edellä mainittujen tarkoitusperien saavuttamiseksi on keksinnön mukainen menetelmä ja leijukerrosreaktorisysteemi tunnettuja siitä, mitä on määritelty jäljempänä esitettyjen patenttivaatimusten 1 ja 17 tunnusmerkkiosissa. Yksityiskohtaisempia sovellutuksia on mainittu alivaatimuksissa.

Esillä olevan keksinnön mukaan on aikaansaatu menetelmä CFB-systeemin käyttämiseksi, joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

- muodostetaan polttokammioon nopea, kiintoainehiukkasista koostuva leijupeti siten, että savukaasuista ja niiden mukana kulkeutuvista kiintoainehiukkasista muodostuva suspensio saatetaan virtaamaan ylöspäin polttokammiossa,
- kerätään suspensiosta erotettuja kiintoainehiukkasia,
- ohjataan kerätyt kiintoainehiukkaset kierrätysputkeen, jonka yläosassa on kiintoainepartikkeleiden syöttöaukko ja joka on liitetty syöttöelinten välityksellä polttokammion alaosaan,
- muodostetaan kierrätysputkeen kiintoainehiukkasista kerros, joka estää kaasuja virtaamasta polttokammiosta syöttöelinten kautta kierrätysputkeen,
- syötetään siirtokaasua kierrätysputkeen, hiukkasten uudelleen kierrättämiseksi kierrätysputkessa olevasta hiukkaskerroksesta syöttöelinten kautta polttokammioon, jolloin hiukkaset kiertävät kierrätysputkesta kahden tai useamman päällekkäin sijoitetun aukon kautta.

Keksinnön mukaan hiukkasia kerätään hiukkaserottimeen ja kierrätetään uudelleen polttokammioon palautuskanavan kautta, joka muodostaa keksinnön mukaisen kierrätysputken. Palautuskanavan alapäähän muodostuu hitaasti kupliva hiukkaspeti, josta hiukkasia syötetään jatkuvasti syöttöyhteiden kautta polttokammioon. Palautuskanavassa sijaitseva hiukkaspeti muodostaa kaasulukon, joka estää palamiskaasuja virtaamasta polttokammiosta syöttöyhteiden kautta takaisin

palautuskanavaan.

Palautuskanavassa sijaitseva hiukkaspeti muodostuu CFB-systeemissä kiertävistä hiukkasista. Systeemissä kiertävien hiukkasten kokojakautuma on pienempi kuin systeemin kokonaishiukkasmassan keskikokojakautuma. Hiukkaspeti liikkuu hitaasti alaspäin sitä mukaa kuin siitä syötetään kiintoainetta uudelleen polttokammioon ja uutta materiaalia lisätään jatkuvasti petin päälle. Petin korkeutta voidaan säätää säätämällä kiintoaineen uudelleensyöttöä siitä polttokammioon.

Kiintoainetta syötetään keksinnön mukaan uudelleen polttokammioon siirtokaasun avulla kahden tai useamman syöttöaukon tai -yhteen kautta, jotka yhdistävät palautuskanavan alaosat edullisesti suoraan polttokammioon. Näin kaksi tai edullisesti useampia vaakasuoria tai kaltevia rakomaisia aukkoja tai yhteitä, jotka on sijoitettu päällekkäin, muodostavat liitoksen palautuskanavan ja polttokammion välille. Rakomaiset aukot muodostavat myös kiintoainevirtauslukon sekä kaasulukon.

Siirtokaasua syötetään palautuskanavan kiintoainepetiin kohdista, joista se voi virrata pääasiassa syöttöyhteitä kohti, ei palautuskanavan yläosaan. Näin kaasuvirta kuljettaa hiukkasia hiukkaspetistä syöttöyhteiden kautta polttokammioon. Syöttöyhteet on edullisesti sijoitettu palautuskanavaan olennaisesti petin yläpintaa alemmalle tasolle niin, että syöttöyhteiden yläpuolella oleva petin osa riittää estämään kaasuja virtaamasta ylöspäin palautuskanavassa. Mitä korkeampi peti, sitä suurempi on paine-ero, joka muodostaa kaasulukon, joka puolestaan estää kaasuja virtaamasta takaisinpäin palautuskanavan kautta hiukkaserottimeen.

Siirtokaasua voidaan syöttää palautuskanavan pohjassa tai palautuskanavan sivuseinissä eri tasoilla sijaitsevien

suuttimien kautta. Hiukkasten uudelleenkierrättämistä polttokammioon on mahdollista säätää säätämällä eri kohdista syötettävän kaasun määrää. Palautuskanavan pohjassa sijaitsevien suuttimien kautta syötetty siirtokaasu kuljettaa hiukkasia pääasiassa alinten syöttöyhteiden läpi, kun taas ylempänä sijaitsevien suuttimien kautta syötetty siirtokaasu kuljettaa hiukkasia ylempänä palautuskanavassa sijaitsevien syöttöyhteiden läpi. Hiukkasia voi myös kuljettaa vaakatasossa haluttuihin suuntiin.

Siirtokaasuna voidaan käyttää tuulikaapista tai erillisestä puhaltimesta saatavaa ilmaa, jonka paine on hieman korkeampi, tai jotakin muuta halpaa kaasua, esim. uudelleenkierrätettyä savukaasua. Inertit kaasut ovat myös käyttökelpoisia varsinkin jos tarvitaan inerttejä, ei-hapettavia olosuhteita.

Keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaan syöttöyhteet käsittävät useita rakomaisia yhteitä tai aukkoja, jotka sijaitsevat päällekkäin kehysmäisenä rakenteena palautuskanavan ja polttokammion välisessä yhteisessä seinässä. Keksinnön mukaisia yhteitä palautuskanavan ja polttokammion välillä on kaksi tai useampia, ne ovat kapeita ja rakomaisia sekä sijaitsevat päällekkäin, ja ne voidaan tehdä erittäin lyhyiksi verrattuna niihin yhteisiin, jotka tarvitaan aiemmin tunnetuissa L-putken muodostamissa kaasulukoissa. Tämän vuoksi ne voidaan helposti sijoittaa tavanomaiseen membraaniseinärakenteeseen. Tunnettujen L-putkikaasulukkojen, jotka käsittävät vain yhden tavanomaisen yhteen, jonka poikkileikkaus on suuri, varsinkin pystymitta, on oltava hyvin pitkiä, jotta yhteeseen tulee riittävästi hiukkasia kiintoainevirtauslukon aikaansaamiseksi ja kaasujen virtauksen estämiseksi polttokammiosta palautuskanavaan.

L-putkityyppisen syöttöyhteen kiintoainevirtauslukon vaikutus riippuu yhteen pystymitan (h) ja yhteen pituuden (l)

välisestä suhteesta (h/l). Tämän suhteen pitäisi olla h/l < 0,5, jotta kiintoaineiden hallitsematon virtaus syöttöyhteen kautta estyisi ja kiintoaineen pinta yhteessä pysyisi kyllin korkealla niin, ettei kaasu pääse virtaamaan takaisinpäin yhteen läpi. Mitä suurempi yhteen poikkileikkaus on, sitä suurempi on aukon pystymitta (h), ts. sitä pitempi yhde tarvitaan. Kaltevissa yhteissä, joissa poistopää on korkeammalla kuin sisääntulopää, yhteen pituutta (l) voi lyhentää. Syöttöyhteen eritysrakenne antaa mahdollisuuden säätää palautuskanavassa olevan kiintoainepetin pintaa ja näin ollen ko. petin kaasulukkovaikutusta.

Syöttöyhde tai -yhteet jakautuvat esillä olevan keksinnön erään edullisen suoritusmuodon mukaan useisiin päällekkäisiin, rakomaisiin pystymitaltaan pieniin aukkoihin tai yhteisiin. Näin ollen tarvittava kokonaispystymitta h_{tot} voidaan jakaa osiin h_1, h_2, h_3..., joista kukin on ainoastaan murto-osa tarvittavasta kokonaispystymitasta h_{tot}. Kunkin yhteen pituutta (l) voidaan katkaista samassa suhteessa kuin pystymittaa (h), ilman että syöttöyhteen kiintoainevirtauslukkovaikutus vähenee. Tällöin voidaan käyttää niin lyhyitä syöttöyhteitä, että ne ulottuvat ainoastaan yhteisen membraaniseinän läpi. Tämä yksinkertaistaa selvästi palautuskanavan rakennetta ja sen liitäntää polttokammioon samoin kuin koko kiertomassatyyppistä leijupetisysteemiä.

Palautuskanava voidaan esillä olevan keksinnön mukaan konstruoida hyvin yksinkertaisen kanavan muotoon, jolla on polttokammion kanssa yhteinen seinä. Palautuskanavan ja polttokammion välinen liitos, joka on aikaisemmissa rakenteissa ollut hyvin laaja ja monimutkainen, voi nyt olla yksinkertainen kehysmäinen rakenne, jossa on sarja rakomaisia syöttöaukkoja tai -yhteitä, joista käytetään nimitystä kidustyyppinen aukko tai kidusaukko, tavanomaisessa, kattiloissa käytetyssä putkipaneeliseinässä, materiaalin syöttämiseksi takaisin polttokammioon.

Lämmönsiirtopinnat voivat keksinnön erään tärkeän suoritusmuodon mukaan sijaita lämmönsiirtovyöhykkeellä kierrätys- tai palautuskanavassa, niin että lämpöä otetaan talteen hiukkasten kiertomassasta CFB-systeemissä, ja näin palautuskanavaan muodostuu sisäänrakennettu lämmönsiirrin (IHEX = Integral Heat Exchanger).

Lämmönsiirtopinnat on edullisesti sijoitettu kiintoainepetiin, mutta ne voivat ulottua petin yläpuolelle. Lämpöä voi myös ottaa talteen lämmönsiirtopinnoilla, jotka on sijoitettu palautuskanavan seinämiin. Polttokammiosta hiukkaserottimeen ja sieltä edelleen palautuskanavaan virtaavien hiukkasten keskikokojakauma on pienempi kuin polttokammiossa olevien hiukkasten keskikokojakauma, koska savukaasujen mukana kulkeutuu suurempi osa pikkupartikkeleita kuin karkeita. Palautuskanavassa olevat hienot hiukkaset, joiden keskikoko on alle 500μ, tyypillisesti 150 to 250 μ, muodostavat palautuskanavaan tiiviin petin, jonka lämmönsiirtokerroin hiukkaskonvektiolle on erittäin korkea, $k = 100 - 500\ W/m^2k$.

Jos lämmönsiirtopintoja käytetään, palautuskanava on edullisesti alaosastaan laajennettu, ja laajennusosan poikkileikkaus on suurempi kuin kanavan yläosan, jolloin lämmönsiirtopinnoille ja kiintoainehiukkasten muodostamalle kerrokselle jää enemmän tilaa.

Höyryä voi edullisesti tulistaa palautuskanavassa. CFB-systeemeissä tulistuslämpöä on helposti saatavissa kuumien hiukkasten kiertomassasta. Sijoittamalla tulistimet palautuskanavaan saavutetaan lisäetuna se, että savukaasuja ei tarvitse tarpeettomasti jäähdyttää polttokammiossa ja alentaa epäedullisesti lämpötiloja, ennen kuin palamaton polttoaine ja tuhka on erotettu savukaasuista. Näin keksintö saa aikaan hyvän NO_x- ja N_2O-päästöjen vähennyksen polttokammiossa.

Hiukkaspetin lämmönsiirtovyöhykkeen kaasuilmasto, joka on hyvin rajoittunut ja sisältää pääasiassa puhdasta kaasua, jossa ei ole alkalisia osia, klooria eikä muita syövyttäviä kaasumaisia aineosia, luo erittäin edulliset tulistusolosuhteet. Tulistimet voidaan kuumentaa paljon korkeampiin lämpötiloihin kuin normaalisti, kun polttokammiossa vallitsevat olosuhteet ovat syövyttävät. Lämpötilaltaan aina 500 - 550 °C-asteista höyryä voidaan tuottaa myös polttamalla kaasumaisia, syövyttäviä aineosia sisältäviä polttoaineita.

Jäte/RDF-polttokattiloissa on ollut erityisenä ongelmana lämmön käyttö tulistukseen, koska kaasut ovat epäpuhtaita ja sisältävät erilaisia korroosiota aiheuttavia aineosia. Tällä keksinnöllä aikaansaadaan järjestelmä, jossa kuuma kiertomateriaali tulee kosketuksiin tulistimen pintojen kanssa kaasuilmastossa, joka on turvallinen.

Myös eroosio minimoituu hitaasti kuplivassa petissä, jonka kaasun nopeudet ovat < 0,5 m/s, esim. 10 cm/s, jolloin lämmönsiirtopintoihin törmäävien hiukkasten iskeytymisnopeus on erittäin alhainen. Polttokammiossa, joissa on tavanomainen tai kiertoleijupeti, kaasun nopeus vaihtelee välillä 0,5 - 50 m/s, jolloin hiukkasvirtaus aiheuttaa voimakasta eroosiota lisäpinnoilla. Lisäksi eroosio esillä olevassa petissä on suhteellisen alhaista petimateriaalin pienen hiukkaskoon ansiosta.

Lämmönsiirtoa hiukkasista tulistinpinnoille kuplivan petin lämmönsiirtovyöhykkeellä voidaan edullisesti säätää syöttämällä leijuttava kaasuvirta ainakin osalle lämmönsiirtovyöhykettä, jolloin saadaan hiukkaset liikkumaan tulistinpintojen lähellä. Lisääntynyt kaasuvirtaus pintojen ympärillä lisää lämmönsiirtoa pinnoille. Kaasua, esim. ilmaa tai inerttiä kaasua voidaan syöttää lämmönsiirron säätöä varten useista eri suuttimista. Siirtokaasua voidaan myös käyttää lämmönsiirron säätöön.

Keksinnön mukaan lämmönsiirto on säädettävissä syöttämällä kaasua lämmönsiirtovyöhykkeiden eri osiin ja/tai kaasun virtausnopeudella.

Sopivan lämmönsiirron aikaansaamiseksi tarvitaan erittäin pieniä kaasuvirtoja. Tarvittava kaasu voidaan pääasiassa poistaa palautuskanavasta syöttöyhteiden kautta siirtokaasun mukana, mutta koska lämmönsiirtoon tarvittava kaasuvirta on hyvin pieni, tämän kaasun voidaan myös antaa virrata ylös palautuskanavaan. Varsinkin, jos lämmönsiirtopinnat on sijoitettu ylös hiukkaspetiin, voi olla edullisempaa antaa ainakin osan kaasusta virrata ylöspäin palautuskanavassa. Normaalisti petin korkeus estää lämmönsiirtotarkoitukseen syötetyn kaasun virtauksen ylöspäin hiukkaserottimeen.

Jossain määrin voi olla mahdollista säätää lämmönsiirtoa myös säätämällä petin kokonaiskorkeutta, varsinkin jos osa lämmönsiirtopinnoista ulottuu petin yläpuolelle.

Lämmönsiirtovyöhykkeet ja syöttöyhteet voidaan sijoittaa palautuskanavan samoihin tai vierekkäisiin osiin.

Esillä olevan keksinnön erään suoritusmuodon mukaan lämmönsiirtovyöhykkeet ja syöttöyhteiden vyöhykkeet sijaitsevat rinnakkain. Kaasuvirrat syötetään lämmönsiirtovyöhykkeille lämmönsiirron säätöä varten ja uudelleen kierrätettävien hiukkasten kuljettamiseksi syöttöyhteiden kautta polttokammioon. Siirtokaasua syötetään myös edullisesti lämmönsiirtovyöhykkeille hiukkasten kuljettamiseksi sieltä vaakatasossa viereisille syöttöyhteiden vyöhykkeille ja edelleen syöttöyhteisiin.

Kuplivan petin pintaa voidaan säätää mittaamalla palautuskanavassa paine-ero ensimmäisen, petin yläpinnan alapuolella olevan valitun pinnan tason ja toisen, petin yläpinnan yläpuolella olevan valitun pinnan tason välillä.

Pinnan tasot valitaan siten, että niiden välille asettuvat yläpinnan varsinainen sekä optimitaso. Siirtokaasun virtaus, jonka mukana hiukkaset poistuvat syöttöyhteiden kautta, on säädettävissä mitatun paine-eron mukaan, petin yläpinnan pitämiseksi optimitasolla.

Keksinnön mukaan aikaansaadaan erittäin yksinkertainen CFB-kattilarakenne. Palautuskanava on edullisesti kapea pystysuora kanava, jolla on yksi yhteinen seinä polttokammion kanssa. Tämä seinä on esim. tyypillinen CFB-kattiloissa käytetty membraaniseinä. Vastakkainen seinä voi olla samanlainen membraaniseinä. Palautuskanavan polttokammioon yhdistävä syöttöyhde voi olla esivalmisteinen kehysmäinen rakenne, jossa on useita päällekkäisiä syöttöyhteitä. Tällainen kehysrakenne on helppo liittää membraaniseinään paikan päällä. Tavanomaiset suuret ja monimutkaiset polvirakenteiset kaasulukot ovat tarpeettomia.

Esillä olevan keksinnön mukaan aikaansaadaan kattilajärjestelmä, jonka kuormitusskaala on laaja. Mutta äärimmäisen matalilla kuormilla, nopeuden ollessa noin 2 m/s polttokammiossa, savukaasujen mukana saattaa uudessakin systeemissä kulkeutua liian vähän hiukkasia palautuskanavassa tarvittavan lämmönsiirtokapasiteetin saavuttamiseksi. Näissä tapauksissa ja lisätulistusta tarvittaessa voi olla mahdollista käyttää hyväksi hiukkasia, jotka virtaavat polttokammion ulkoseiniä pitkin alaspäin.

Alaspäin suuntautuva hiukkasvirta voidaan ohjata pystysuoraan, kapeaan kierrätysputkeen tai taskuun, joka on sijoitettu polttokammion sivuseinään kammion sisäpuolelle. Tasku on yläpäästään avoin, niin että se kerää seinää pitkin valuvat hiukkaset. Tasku voidaan muodostaa siten, että tehdään sivuseinän viereen väliseinä, joka erottaa kierrätysputken tai taskun polttokammion pääosasta. Tasku voi olla kapea pystysuora rakomainen palautuskanava polttokammion sisällä. Taskuun kerääntyneiden hiukkasten anne-

taan muodostaa taskun alaosaan samankaltainen peti kuin palautuskanavassa. Petin annetaan valua kontrolloidusti hitaasti alaspäin taskussa ja kierrättää hiukkasia polttokammion pääosaan esim. kidustyyppisten syöttöyhteiden kautta, jotka on sijoitettu väliseinään kehysmäisenä rakenteena. Lämmönsiirtopinnat, edullisesti tulistinpinnat voidaan sijoittaa taskuun. Kaasusuuttimet voidaan sijoittaa taskun pohjalle sekä sen sivuille hiukkasten uudelleenkierrättämisen ja lämmönsiirron säätöä varten.

Tällainen taskurakenne pitäisi sijoittaa tarpeeksi alas polttokammioon, niin että tarpeeksi kiintoainehiukkasia voidaan vielä kerätä taskun yläpuolisesta, seiniä pitkin valuvasta hiukkasvirrasta kyseessä olevilla kuormituksilla lämmönsiirtoa varten. Petissä olevat tulistinpinnat on suojattu hyvin taskussa, koska siellä vallitseva kaasuilmasto on samankaltainen kuin palautuskanavassa ja sisältää erittäin vähän syövyttäviä kaasumaisia aineosia.

Lämmönsiirtoa on myös mahdollista säätää taskuun syötetyillä kontrolloiduilla kaasuvirroilla. Syöttöyhteen rakenne, joka on samanlainen kuin palautuskanavan syöttöyhteen, muodostaa kiintoainevirtaus- ja kaasulukon taskuun, ja estää kaasuja virtaamasta takaisin taskuun syöttöyhteiden kautta.

Lämmönsiirtoa voi säätää hyvin helposti tällä uudella järjestelmällä. Lämmönsiirtopinnat itse polttokammiossa voidaan suunnitella pienemmille kuormille kuin aikaisemmin. Lisälämpö esim. tulistusta varten voidaan ottaa taskussa sekä palautuskanavassa sijaitsevilta lämmönsiirtopinnoilta. Tämä tarvittava lisälämpö on säädettävissä kaasuvirtojen avulla vastaavilla lämmönsiirtovyöhykkeillä.

Suurilla kuormituksilla lisääntynyt hiukkasten kiertomassa lisää lämmönsiirtoa palautuskanavassa. Sen sijaan pienillä kuormituksilla, kun hiukkasten kiertomassa on pienempi ja

näin ollen lämmönsiirto on vähäisempää palautuskanavassa, lämmönsiirtoa voidaan lisätä taskussa.

Aikaisemmin tunnetuissa järjestelmissä polttokammioon sijoitetut lämmönsiirtopinnat on pitänyt suunnitella siten, että ne takaavat riittävän höyryntulistuksen myös alhaisilla kuormituksilla. Ylikuumenemisen estämiseksi suurilla kuormituksilla tällaisissa järjestelmissä ja lämpötilan säätämiseksi konvektio-osaan on täytynyt asentaa ruiskutussuuttimia. Nykyisessä uudessa järjestelmässä ruiskutussuuttimia tarvitaan ainoastaan höyryn lämpötilan säätämiseksi ajon aikana, ei höyryn tuoton säätämiseksi eri kuormituksilla.

Keksintöä selostetaan seuraavassa yksityiskohtaisemmin viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

KUVIO 1 on pystyleikkaus kiertomassatyyppisestä leijukerroslaitteistosta keksinnön erään esimerkinomaisen suoritusmuodon mukaan;
KUVIO 2 on osittainen poikkileikkaus kuvion 1 palautuskanavan alaosasta viivaa A-A pitkin;
KUVIOT 3 - 5 esittävät kuvion 1 kaltaisia yksityiskohtia kolmesta muusta keksinnön mukaisesta esimerkinomaisesta suoritusmuodosta.

Kuviossa 1 esitetään kiertoleijupetikattila 10, jossa on polttokammio 12 ja sen sisällä hiukkasista muodostunut nopea leijukerros. Polttokammion 12 yläosaan on liitetty hiukkaserotin 14 erottamaan polttokammiosta poistuvan, savukaasujen ja kiintoaineen muodostaman seoksen mukana kulkeutuneita hiukkasia. Erotettua kiintoainetta uudelleenkierrätetään palautuskanavan 16 kautta erottimesta polttokammion alaosaan. Erottimen 14 yläosassa sijaitsee kaasunpoistoaukko 20, joka on yhdistetty konvektio-osaan18.

Polttokammion 12 seinät, joista vain seinät 22 ja 24 on

esitetty kuviossa 1, hiukkaserottimen 14 seinät 26,28 sekä pystysuoran kanavatyyppisen palautuskanavan 16 seinät 30,32 on edullisesti muodostettu vesiputkipaneeleista tai membraanipaneeleista. Vettä höyrystetään membraaniseinissä. Polttokammion 12 pohjaosassa sijaitsevat paneelit on suojattu tulenkestävällä vuorauksella 33. Myös palautuskanavan 16 seinäpaneelit voivat olla joko osittain tai kokonaan tulenkestävällä vuorauksella (ei esitetty) suojatut. Kuviossa 1 esitetyssä suoritusmuodossa erottimen seinä 28 ja palautuskanavan seinä 32 muodostavat polttokammion seinän 24.

Palautuskanavan 16 alaosan 34 vaakatasoinen poikkileikkaus on suurempi kuin palautuskanavan yläosan 35. Uudelleenkierrätettävät hiukkaset muodostavat kuplivan petin palautuskanavan alaosaan 34.

Tulistin 38, edullisesti höyryjärjestelmän viimeinen tulistinpinta, on sijoitettu kuplivaan petiin polttokammion 12 ja palautuskanavan 16 seinäpaneeleissa 22, 24, 26 ja 30 tuotetun höyryn tulistamiseksi. Höyryä voidaan tulistaa myös tulistimessa 40, joka sijaitsee erottimen jälkeisessä konvektio-osassa 18. Lisäksi konvektio-osaan on sijoitettu lämmönsiirtopinnat 42, 44, 46, 48 välitulistusta, esilämmitystä ja ilman esilämmitystä varten.

Kuvioissa 1 ja 2 esitetyt, kehysmäisessä rakenteessa 60 olevat kidustyyppiset syöttöyhteet tai -aukot 50 yhdistävät palautuskanavan 16 alaosan polttokammion 12 alaosaan. Petin 36 korkeus (aukkojen 50 yläpuolella) ja kidustyyppisten syöttöyhteiden rakenne 50, 60 muodostavat kaasulukon, joka estää kaasuja polttokammiosta 12, jossa on korkea paine p1, virtaamasta syöttöyhteiden 50 läpi palautuskanavaan 16 ja edelleen ylöspäin kuplivan petin 36 yläpuoliseen kaasutilaan, jossa on matalampi paine p2. Syöttöyhteen 50 yläpuolelle ulottuvan petin 36 pitäisi edullisesti olla riittävän korkea muodostamaan suurempi paine (painekorkeus) kuin

paine-ero p1 - p2.

Siirtokaasua (esim. ilmaa, inerttiä kaasua, uudelleen kierrätettyä savukaasua tai vastaavaa) syötetään palautuskanavaan 16 pohjasuuttimien 52 kautta, jotka voivat olla tavanomaisia leijupeteissä käytettäviä suuttimia. Lisäsiirtokaasua syötetään syöttöaukkojen 54, 56, 58 ja 59 kautta. Pohjasuuttimien 52 kautta syötetty siirtokaasu kuljettaa hiukkasia petin alimmasta osasta syöttöaukoille 50. Syöttöaukkojen 54 ja 56 kautta syötetty siirtokaasu kuljettaa hiukkasia pääasiassa petin keskiosista syöttöyhteille 50. Suuttimien 58 ja 59 kautta syötetty siirtokaasu kuljettaa hiukkasia petin yläosasta syöttöyhteiden 50 yläaukoille.

Säätämällä siirtokaasun virtausta eri suuttimien 52, 54, 56, 58, 59 läpi palautuskanavan pohjalla ja sivuseinillä voidaan säätää niiden hiukkasten määrää, jotka syötetään uudelleen petistä 36 polttokammioon 12 ja siten myös kaasulukkovaikutusta. Lisäämällä pohjasuuttimien 52 läpi kulkevaa kaasuvirtausta ja vastaavasti vähentämällä sivuseinien suuttimien 54, 56, 58, 59 läpi kulkevaa kaasuvirtausta tuloksena on hiukkasvirtauksen kasvu ja petin 36 korkeuden aleneminen. Lisäämällä kaasuvirtausta ylinten suutinten 58, 59 läpi ja vähentämällä virtausta pohjasuutinten 52, 54 läpi tuloksena on hiukkasten uudelleenkierron väheneminen ja petin 36 korkeuden nousu.

Syöttöaukot 50 voidaan ryhmitellä kehysmäiseksi rakenteeksi 60 palautuskanavan syöttöyhteiden vyöhykkeelle 62. Tulistimet 38 on sijoitettu vierekkäisille lämmönsiirtovyöhykkeille 64. Muissa suoritusmuodoissa vyöhykkeet 62 ja 64 voivat olla limittäin.

Kehysrakenne 60 voidaan asentaa helposti tavanomaiseen seinäpaneeliin 32 ja kidustyyppiset syöttöyhteet 50 voidaan esivalmistaa seinään samalla kun sitä päällystetään tulenkestävällä vuorauksella. Seinäpaneelin 32 putket taivute-

taan normaalisti (ei esitetty piirustuksissa) rakennusvaiheessa, siten että ne muodostavat syöttöyhteiden kehysrakenteen 60 tarvitseman aukon. Ennen seinäpaneelin 32 päällystämistä tulenkestävällä vuorauksella putkien väliin jäävään aukkoon asetetaan rakomaisia aukkoja 50 varten muotti, joka on tehty esim. styroxista tai muusta palavasta aineesta. Muotti poltetaan pois tulenkestävää vuorausta kuumennettaessa, jolloin seinään jäävät ainoastaan rakomaiset syöttöyhteet tai -aukot 50.

Syöttöyhteistä 50 muodostuu vaakasuorat tai ylöspäin kaltevat kidustyyppiset kanaalit. Siirtokaasun virtaussuuttimet 52 on edullisesti sijoitettu välimatkan päähän syöttöyhteistä jotta kaasu ei pääse virtaamaan suoraan yhteisiin ilman että sen mukana kulkeutuu hiukkasia. Välimatka on edullisesti vähintään kaksinkertainen kahden syöttöaukon väliseen etäisyyteen verrattuna.

Myös lämmönsiirtovyöhykkeiden 64 pohjaan on sijoitettu kaasusuuttimet 66 (ks. kuvio 2), niin että lämmönsiirtopintojen 38 ympärille syntyy kaasuvirta ja hiukkaset siirtyvät lämmönsiirtovyöhykkeellä 64 syöttöyhteiden vyöhykettä kohti. Lämmönsiirtovyöhykkeelle voi olla sijoitettu lisäkaasusuuttimet 68, 70, kuten kuviossa 1, eri tasoille palautuskanavan seinämään lämmönsiirron säätämiseksi lämmönsiirtovyöhykkeiden 64 eri kohdissa.

Lämmönsiirtoa voidaan säätää muuttamalla suuttimien 68 ja 70 kautta syötetyn kaasun suhdetta, pitämällä kuitenkin kokonaiskaasuvirta vakiona. Lämmönsiirto lisääntyy kun lämmönsiirtopintojen 38 alapuolelle sijoitettujen suuttimien 68 läpi kulkevaa kaasuvirtaa lisätään, ja vastaavasti lämmönsiirto vähenee, kun korkeammalle tasolle, alimpien lämmönsiirtopintojen 38 yläpuolelle sijoitettujen suuttimien 70 läpi kulkevaa kaasuvirtaa lisätään.

Joissakin suoritusmuodoissa voi olla välttämätöntä sijoit-

taa lämmönsiirtovyöhykkeet ja syöttöyhdevyöhykkeet palautuskanavan 16 samaan osaan, jolloin lämmönsiirtopinnat 38 ovat suoraan syöttöyhteiden 50 edessä. Siirtokaasu, joka virtaa suuttimien 52, 54, 56, 58 ja 70 läpi, toimisi tällöin lämmönsiirtäjänä sekä hiukkasten kuljettajana.

Hiukkasten kuljettamista ja lämmönsiirtoa voidaan kuitenkin säätää erikseen siten, että sijoitetaan pääasiallisesti pystysuora väliseinä 31 syöttöyhteiden 50 eteen. Väliseinä erottaa petin 36 lämmönsiirto-osaan 61 ja kuljetusosaan 71 kuten kuviossa 3 on esitetty. Väliseinä 31 ulottuu palautuskanavan seinästä 32 alaspäin syöttöyhteiden 50 alapuolelle, ja se sijaitsee lämmönsiirtopintojen 38 ja syöttöyhteiden 50 välissä. Siirtokaasua syötetään tällöin edullisesti suuttimien 53 kautta suoraan kuljetusvyöhykkeen alapuolelle tai väliseinään 31 sijoitettujen (ei esitettyjen) suuttimien kautta. Suuttimien 54, 56, 68 ja 70 kautta syötetty kaasu hoitaa lämmönsiirron, mutta sillä on vain vähän tai ei lainkaan vaikutusta hiukkasten kuljettamiseen. Suuttimien 56, 58, 68 ja 70 kautta syötetty kaasu virtaa palautuskanavassa ylöspäin, ellei kanavaan ole sijoitettu kaasulukkoa.

Kuviossa 4 on esitetty tämän keksinnön mukainen suoritusmuoto, jonka mukaan polttokammion 12 sivuseiniä 22 pitkin alaspäin valuvista hiukkasista otetaan lämpöä talteen. Kuviossa 4 on soveltuvin osin käytetty samoja viitenumeroita kuin kuviossa 3.

Kuvion 4 palautuskanavaan 16 joko on tai ei ole sijoitettu lämmönsiirtopintoja, tai lämpöä voidaan ottaa talteen ainoastaan palautuskanavan 16 membraaniseinien 30 ja 32 välityksellä. Väliseinä 124 on sijoitettu polttokammion 12 sisään lähelle seinää 22, jolloin muodostuu taskurakenne 135 (tai palautuskanava) seinän 22 lähelle. Tässä tapauksessa palautuskanava 35 on toinen palautuskanava. Seinän 22 yläosaa pitkin alaspäin virtaavat hiukkaset putoavat tas-

kuun 135 ja muodostavat sinne hiukkaspetin 136. Hiukkasia kierrätetään taskusta takaisin polttokammioon 12 syöttöyhteiden 150 kautta, jotka ovat samanlaisia kuin syöttöyhteet 50. Siirtokaasua syötetään suuttimien 152, 156 ja 158 kautta.

Lämmönsiirtopinta 138, esim. tulistin, on sijoitettu taskuun 135. Lämmönsiirtopinnat 138 voidaan sijoittaa lämmönsiirtovyöhykkeille kuljetusvyöhykkeiden viereen, jotka kuljetusvyöhykkeet ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin kuviossa 2. Sivuseinä 22 voi olla kuvion 4 mukainen, taivutettu ulospäin, jotta taskun 135 alaosan poikkileikkaus suurenee. Suuttimet 152,168,170 lämmönsiirron säätöä varten voidaan sijoittaa taskun 135 pohjaan tai sivuseinään 22.

Kuvio 5 esittää erästä keksinnön mukaista suoritusmuotoa, jossa palautuskanavaan 16 ja lisäksi kierrätysputkeen 135' (joka on toinen palautuskanava) kerätyt hiukkaset ja kasautuvat yhteiseen petiin 34'. Suurilla kuormituksilla hiukkasten kierrätys putken 135' kautta petiin 34' saattaa estyä, ja pääasiassa palautuskanavan kautta kierrätettyjä hiukkasia käytetään petin 34' muodostamiseen. Sisäisen kierrätysputken 135' kautta kulkevaa hiukkasvirtaa voidaan säätää venttiilillä, joka estää hiukkasia virtaamasta putkesta petiin, tai säätämällä polttokammiossa 12 tapahtuvaa leijutusta väliseinän 124 läheisyydessä. Matalalla kuormituksella hiukkaset voivat virrata pääasiassa kierrätysputken 135' läpi, jolloin lämmönsiirtovyöhykkeille petiin 34' tulee riittävästi hiukkasia.

Vaikka keksintöä on kuvattu tällä hetkellä käytännöllisimpinä ja edullisimpina pidettyjen keksinnön suoritusmuotojen yhteydessä, on selvää, että keksintöä ei ole tarkoitus rajata esitettyihin suoritusmuotoihin, vaan päinvastoin, tarkoitus on kattaa oheisten patenttivaatimusten suojapiiriin kuuluvat eri muunnelmat ja vastaavat sovellutukset.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä kiertomassatyyppisen leijukerrosreaktorisysteemin käyttämiseksi, jossa systeemissä on polttokammio (12) ja sen sisällä hiukkasista muodostunut leijukerros, hiukkaserotin (14), joka on liitetty polttokammion yläosassa olevaan poistoaukkoon, palautuskanava (16), joka on liitetty yläosastaan hiukkaserottimeen ja alaosastaan polttokammioon, ja hiukkaserottimessa sijaitseva kaasunpoistoaukko (20),
joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet
(a) muodostetaan polttokammioon kiintoainehiukkasista nopea leijupeti siten, että savukaasuista ja niiden mukana kulkeutuneista kiintoainehiukkasista muodostunut hiukkassuspensio saatetaan virtaamaan ylöspäin polttokammiossa,
(b) kerätään kaasu- ja hiukkassuspensiosta erotettuja kiintoainehiukkasia,
(c) ohjataan kerätyt kiintoainehiukkaset palautuskanavaan, ja
(d) muodostetaan palautuskanavaan kiintoainehiukkasista peti,
tunnettu siitä, että
(e) syötetään palautuskanavaan siirtokaasua ja kierrätetään hiukkasia palautuskanavassa sijaitsevasta petistä kahden tai useamman päällekkäisen, syöttöaukkoina (50) toimivien aukkojen kautta polttokammioon ja
(f) pidetään kiintoainehiukkasista muodostetun petin yläpinta palautuskanavassa sanottujen syöttöaukkojen yläpuolella.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että syöttöaukot käsittävät kaksi tai useampia päällekkäisiä aukkoja, jotka johtavat suoraan palautuskanavasta polttokammioon, ja että vaihe (e) toteutetaan siten, että syötetään hiukkasia suoraan petistä polttokammioon.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu**

siitä, että hiukkaspeti jaetaan kuljetus- ja lämmönsiirto-osiin ja että vaihe (e) toteutetaan siten, että hiukkasia kuljetetaan kuljetusosasta lämmönsiirto-osaan ja sieltä edelleen syöttöaukkojen kautta polttokammioon.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaihe (e) toteutetaan syöttämällä siirtokaasua nopeudella < 0,5 m/s palautuskanavassa, jolloin syntyy hitaasti kupliva leijukerros ainakin osaan palautuskanavaa.

5. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että vaihe (e) toteutetaan syöttämällä ainakin osa siirtokaasusta petiin vaakasuunnassa, jolloin hiukkaspeti liikkuu syöttöaukkoja kohti.

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, se käsittää vaiheen, jossa kiintoainehiukkaspetin yläpinnan tasoa palautuskanavassa säädetään säätämällä palautuskanavaan syötetyn siirtokaasun määrää vaiheessa (e).

7. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa kiintoainehiukkaspetin yläpinnan tasoa säädetään mittaamalla paine-ero palautuskanavassa ensimmäisen, petin yläpinnan alapuolella olevan pinnan tason ja toisen, petin yläpinnan yläpuolella olevan pinnan tason välillä, jotka molemmat pinnan tasot valitaan siten, että niiden välillä on yläpinnan varsinainen taso sekä sen optimitaso, ja säätämällä siirtokaasun syöttöä vaiheessa (e) vastaamaan ensimmäisen ja toisen tason välistä paine-eroa.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa lämpöä otetaan talteen systeemistä kierrättämällä lämmönsiirtoainetta niin, että se tulee lämmönsiirtoyhteyteen kiintoainekerroksen kanssa palautuskanavan lämmönsiirtovyöhykkeellä.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa palautuskanavassa tuotetaan tai tulistetaan höyryä palautuskanavaan asennetuilla höyrystimillä tai tulistimilla.

10. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa lämmönsiirtovyöhykkeellä säädetään lämmöntalteenottoa syöttämällä leijutuskaasuvirta ainakin lämmönsiirtovyöhykkeen yhden osan läpi.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa lämmöntalteenottoa säädetään säätämällä lämmönsiirtovyöhykkeelle syötetyn leijutuskaasun sijaintia tai säätämällä lämmönsiirtovyöhykkeelle syötetyn leijutuskaasun virtausnopeutta tai säätämällä leijutuskaasun sijaintia sekä virtausnopeutta.

12. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa ainakin osa leijutuskaasusta syötetään ainakin kahdelta tasolta lämmönsiirtovyöhykkeelle ja säädetään lämmöntalteenottoa lämmönsiirtovyöhykkeellä säätämällä eri tasoille syötettyjen kaasujen osuuksia.

13. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa ainakin osa leijutuskaasuvirrasta syötetään lämmönsiirtovyöhykkeelle ja toinen osa syöttöaukkojen läheisyyteen ja jossa lämmönsiirtovyöhykkeellä tapahtuvaa lämmöntalteenottoa säädetään säätämällä lämmönsiirtovyöhykkeelle syötetyn kaasun osuutta.

14. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa kiintoainehiukkaspetin korkeutta säädetään, jotta pääosa palautuskanavaan syötetystä leijutuskaasusta ei pääse virtaamaan petin

pinnan yläpuolella olevaan palautuskanavan yläosaan.

15. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa hiukkaserottimessa erotettuja kiintoainehiukkasia kierrätetään uudelleen toisen palautuskanavan kautta polttokammioon.

16. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää vaiheen, jossa kerätään kiintoainehiukkasia, jotka kasaantuvat alaspäin valuvana hiukkasvirtana polttokammion seinille, syötetään kerätyt hiukkaset palautuskanavaan ja kierrätetään hiukkaset uudelleen palautuskanavasta polttokammioon.

17. Kiertomassatyyppinen leijukerrosreaktorisysteemi, joka käsittää seuraavat osat:
- polttokammion (12), jossa on nopea hiukkasista muodostunut leijupeti ja kammion yläosassa poistoaukko,
- hiukkaserotin (14), joka on liitetty polttokammion (12) yläosassa olevaan poistoaukkoon,
- palautuskanava (16, 135, 135'), jonka yläosa (35) on liitetty hiukkaserottimeen (14) ja alaosa (34, 34') polttokammioon (12),
- kaasunpoistoaukko (20) hiukkaserottimessa (14),
- elimet polttokammiossa (12) ylöspäin virtaavasta hiukkassuspensiosta erotettujen kiintoainehiukkasten keräämiseksi palautuskanavassa (16, 135, 135'), siten että palautuskanavaan (16, 135, 135') syntyy kiintoainehiukkasten muodostama peti (36, 136), **tunnettu** siitä, että
järjestelmä käsittää
- ainakin kaksi seinässä (32, 124, 124') olevaa päällekkäistä syöttöaukkoa (50, 150), jotka yhdistävät palautuskanavan (16, 135, 135') alaosan (34, 34') polttokammioon (12), sovitettuna palautuskanavaan (16, 135, 135') muodostetun petin (36, 136) yläpinnan alapuolelle, ja
- kaasusuuttimet (52, 53, 54, 56, 58, 59, 66, 68, 70, 152, 156, 158, 168, 170) palautuskanavan alaosassa, kiinto-

ainehiukkasten syöttämiseksi petistä (36, 136) syöttöaukkojen (50, 150) kautta polttokammioon (12).

18. Patenttivaatimuksen 17 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainitut ainakin kaksi päällekkäistä syöttöaukkoa (50, 150) on sovitettu yhteiseen seinään (32, 124, 124') palautuskanavan (16, 135, 135') ja polttokammion (12) väliin.

19. Patenttivaatimuksen 17 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainitut ainakin kaksi päällekkäistä syöttöaukkoa (50, 150) käsittävät ainakin kaksi vaakasuoraa tai kaltevaa rakomaista syöttöyhdettä, jotka on sovitettu polttokammion (12) ja palautuskanavan (16, 135, 135') väliseen yhteiseen seinään (32, 124, 124').

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että mainitut vaakasuorat tai kaltevat rakomaiset syöttöyhteet (50, 150) ovat rakenteeltaan kidustyyppisiä.

21. Patenttivaatimuksen 19 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että syöttöyhteet on valmistettu tulenkestävästä materiaalista.

22. Patenttivaatimuksen 19 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että syöttöyhteet (50, 150) on sijoitettu aukkoon, joka on muodostettu taivuttamalla polttokammion (12) ja palautuskanavan (16, 135, 135') välisen membraaniseinän (32, 124, 124') vesiputkia toisistaan poispäin.

23. Patenttivaatimuksen 17 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se lisäksi käsittää palautuskanavassa (16, 135, 135') olevaan petiin (36, 136) sijoitettuja lämmönsiirtopintoja (38, 40, 42, 44, 46, 48, 138).

24. Patenttivaatimuksen 23 mukainen leijukerrosjärjestelmä,

tunnettu siitä, että se lisäksi käsittää palautuskanavassa (16, 135, 135') olevaan petiin (36, 136) sijoitetun tulistimen (38, 40, 138) ja/tai höyrystimen.

25. Patenttivaatimuksen 23 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se lisäksi käsittää kaasusuuttimia, jotka on sijoitettu palautuskanavaan (16, 35, 135) kiintoainehiukkaspetin (36, 136) leijuttamiseksi.

26. Patenttivaatimuksen 25 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että siirtokaasun syöttösuuttimet (52, 53, 54, 56, 58, 59, 66, 68, 70, 152, 156, 158, 168, 170) on sijoitettu kahteen tai useampaan tasoon palautuskanavassa (16, 135, 135') lämmönsiirron säätämiseksi.

27. Patenttivaatimuksen 25 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää

- yhden tai useamman syöttöyhteen (50, 150), kuten syöttöaukkoja, jotka on sovitettu yhteiseen seinään (32, 124, 124') polttokammion (12) ja palautuskanavan (16, 35, 135) välillä syöttöyhteiden vyöhykkeillä (62) palautuskanavassa (16, 35, 135),
- lämmönsiirtopintoja (38), jotka on sijoitettu lämmönsiirtovyöhykkeille (64) välimatkan päähän syöttöyhteiden vyöhykkeiltä (62), ja
- kaasunsyöttösuuttimia (52, 66), jotka on sijoitettu sekä syöttöyhteiden vyöhykkeille (62) että lämmönsiirtovyöhykkeille (64) lämmönsiirron säätämistä varten.

28. Patenttivaatimuksen 17 mukainen leijukerrosjärjestelmä, **tunnettu** siitä, että se käsittää toisen palautuskanavan (135), joka on sijoitettu polttokammion seinän (22) viereen kammion (12) sisäpuolelle, alaspäin seinää (22) pitkin valuvien, ylöspäin virtaavasta kaasu- ja hiukkassuspensiosta erotettujen hiukkasten keräämiseksi.

Patentkrav

1. Förfarande vid drift av ett system med virvelbäddsreaktor enligt cirkulerande bädd principen, varvid systemet omfattar en förbränningskammare (12) och i denna en av partiklar bildad fluidiserad bädd, en partikelavskiljare (14), som kopplats till en i förbränningskammarens övre del befintlig utloppsöppning, en återföringskanal (16), som i sin övre del kopplats till partikelavskiljaren och i sin nedre del till förbränningskammaren, och en i partikelavskiljaren befintlig utloppsöppning (20) för gas, vilket förfarande omfattar följande steg

(a) i förbränningskammaren bildas av fasta partiklar en snabb fluidiserad bädd så, att en av rökgaser och av dem förda fasta partiklar bildad suspension fås att strömma uppåt i förbränningskammaren,

(b) ur gas- och partikelsuspensionen avskilda fasta partiklar uppsamlas,

(c) uppsamlade fasta partiklar leds till återföringskammaren, och

(d) i återföringskammaren bildas en bädd av fasta partiklar,

kännetecknat därav, att

(e) transportgas inmatas i återföringskanalen och partiklar förs ur bädden i återföringskanalen via två eller flere på varandra anordnade, som inmatningsöppningar (50) fungerande, öppningar till förbränningskammaren, och

(f) den av fasta partiklar bildade bäddens övre yta hålls i återföringskanalen ovanom inmatningsöppningarna.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att inmatningsöppningarna omfattar två eller flere på varandra anordnade öppningar, som leder direkt från återföringskanalen till förbränningskammaren, och att steg (e) förverkligas så, att partiklar inmatas direkt från bädden till förbränningskammaren.

3. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att partikelbädden delas i transport- och värmeöverförings-zoner och att steg (e) förverkligas så, att partiklar förs från transportzonen till värmeöverföringszonen och därifrån vidare via inmatningsöppningar till förbränningskammaren.

4. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att steg (e) förverkligas genom att i återföringskanalen inmata transportgas med en hastighet < 0,5 m/s, varvid en långsamt bubblande fluidiserad bädd bildas i minst en del av återföringskanalen.

5. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att steg (e) förverkligas genom att minst en del av trans-portgasen inmatas i bädden i horisontell riktning, varvid partikelbädden rör sig mot inmatningsöppningarna.

6. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket nivån för den övre ytan av bädden av fasta partiklar i återföringskanalen regleras genom att reglera mängden av den i steg (e) in i återföringskanalen inmatade transportgasen.

7. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket nivån för den övre ytan av bädden av fasta partiklar regleras genom att i återföringskanalen mäta tryckskillnaden mellan en första nivå, som är belägen nedanom bäddens övre yta, och en andra nivå, som är belägen ovanom bäddens övre yta, varvid ni-våerna väljs så att både den övre ytans nivå och optiminivån är belägna mellan dessa nivåer, och genom att reglera inmatningen av transportgas i steg (e) enligt tryckskillnaden mellan den första och den andra nivån.

8. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket värme återvinns ur systemet genom att cirkulera värmeöverföringsmedel i

värmeöverföringskontakt med bädden av fasta partiklar i värmeöverföringszonen i återföringskanalen.

9. Förfarande enligt patentkravet 8, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket i återföringskanalen genereras eller överhettas ånga medelst i återföringskanalen anordnade evaporatorer eller överhettare.

10. Förfarande enligt patentkravet 8, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket värmeåtervinningen i värmeöverföringszonen regleras genom inmatning av fluidiseringsgas genom minst en del av värmeöverföringszonen.

11. Förfarande enligt patentkravet 10, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket värmeåtervinningen regleras genom att reglera platsen för inmatning av fluidiseringsgas till värmeöverföringszonen eller genom att reglera strömningshastigheten för fluidiseringsgasen, som inmatas till värmeöverföringszonen, eller genom att reglera både platsen för inmatning av och strömningshastigheten för fluidiseringsgasen.

12. Förfarande enligt patentkravet 10, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket minst en del av fluidiseringsgasen inmatas i värmeöverföringszonen från minst två olika nivåer och i vilket värmeåtervinningen regleras i värmeöverföringszonen genom att reglera andelen gas, som inmatas i de olika nivåerna.

13. Förfarande enligt patentkravet 10, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket minst en del av den fluidiserande gasströmmen inmatas i värmeöverföringszonen och en annan del i närheten av inmatningsöppningarna och i vilken värmeåtervinningen i värmeåtervinningszonen regleras genom att reglera andelen gas, som inmatas i

värmeåtervinningszonen.

14. Förfarande enligt patentkravet 10, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket höjden av bädden av fasta partiklar regleras, för att hindra att huvuddelen av fluidiseringsgasen, som inmatas i återföringskanalen, strömmar till återföringskanalens övre del ovanom bäddytan.

15. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket i partikelavskiljaren separerade fasta partiklar återförs via återföringskanalen till förbränningskammaren.

16. Förfarande enligt patentkravet 1, **kännetecknat** därav, att förfarandet omfattar ett steg, i vilket fasta partiklar, som ackumuleras som en nedåt flytande partikelström på förbränningskammarens väggar, uppsamlas, uppsamlade partiklar inmatas i återföringskanalen och återförs från återföringskanalen till förbränningskammaren.

17. Ett system med virvelbäddsreaktor enligt cirkulerande bädd principen, vilket system omfattar följande delar:
- en förbränningskammare (12), som har en snabb fluidiserad bädd av fasta partiklar och i kammarens övre del en utloppsöppning,
- en partikelavskiljare (14), som kopplats till utloppsöppningen i förbränningskammarens (12) övre del,
- en återföringskanal (16, 135, 135'), vars övre del (35) kopplats till partikelavskiljaren (14) och nedre del till förbränningskammaren (12),
- utloppsöppning (20) för gas i partikelavskiljaren (14),
- organ i återföringskanalen (16, 135, 135') för uppsamling av de ur den i förbränningskammaren uppåt strömmande partikelsuspensionen separerade fasta partiklarna, så att i återföringskanalen (16, 135, 135') uppstår en bädd (36, 136) av fasta partiklar, **kännetecknat** därav, att

systemet omfattar
- i en vägg (32, 124, 124') minst två inmatningsöppningar (50, 150), som förenar återföringskanalens (16, 135, 135') nedre del (34, 34') med förbränningskammaren (12) och som anordnats så, att de befinner sig nedanom den övre ytan av den bädd (36, 136), som bildats i återföringskanalen (16, 136, 136'), och
- gasmunstycken (52, 53, 54, 56, 58, 59, 66, 68, 70, 152, 156, 158, 168, 170) i nedre delen av återföringskanalen, för överföring av fasta partiklar från bädden (36, 136) via inmatningsöppningarna (50, 150) till förbränningskammaren (12).

18. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 17, **kännetecknat** därav, att nämnda minst två på varandra anordnade inmatningsöppningar (50, 150) anordnats i en gemensam vägg (32, 124, 124') mellan återföringskanalen (16, 135, 135') och förbränningskammaren (12).

19. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 17, **kännetecknat** därav, att nämnda minst två på varandra anordnade inmatningsöppningar (50, 150) omfattar minst två horisontella eller sluttande inmatningskanaler, som anordnats i den gemensamma väggen (32, 124, 124') mellan förbränningskammaren (12) och återföringskanalen (16, 135, 135').

20. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 19, **kännetecknat** därav, att nämnda horisontella eller sluttande spaltformade inmatningskanaler (50, 150) är till sin konstruktion av gäl-typ.

21. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 19, **kännetecknat** därav, att inmatningskanalerna är gjorda av eldfast material.

22. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 19,

kännetecknat därav, att inmatningskanalerna (50, 150) anordnats i en öppning, som gjorts genom att böja ut från varandra vattentuber i en membranvägg (32, 124, 124') mellan förbränningskammaren (12) och återföringskanalen (16, 135, 135').

23. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 17, **kännetecknat** därav, att det dessutom omfattar värmeöverföringsytor (38, 40, 42, 44, 46, 48, 138) anordnade i bädden (36, 136) i återföringskanalen (16, 135, 135').

24. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 23, **kännetecknat** därav, att det dessutom omfattar en överhettare (38, 40, 138') och/eller evaporator anordnad i bädden (36, 136) i återföringskanalen (16, 135, 135').

25. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 23, **kännetecknat** därav, att det dessutom omfattar gas munstycken, som anordnats i återföringskanalen (16, 135, 135') för fluidisering av bädden (36, 136) med fasta partiklar.

26. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 25, **kännetecknat** därav, att transportgasinmatningsmunstyckena (52, 53, 54, 56, 58, 59, 66, 68, 70, 152, 156, 158, 168, 170) anordnats på två eller flera nivåer i återföringskanalen (16, 135, 135') för reglering av värmeöverföringen.

27. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 25, **kännetecknat** därav, att det omfattar

- en eller flera inmatningskanaler (50, 150), såsom inmatningsöppningar, som anordnats i den gemensamma väggen (32, 124, 124') mellan förbränningskammaren (12) och återföringskanalen (16, 35, 135) i inmatningskanalzonerna (62) i återföringskanalen (16, 35, 135),
- värmeöverföringsytor (38), som anordnats i värmeöverföringszoner (64) på ett avstånd från inmatningskanalzonerna

(62), och

- gasinmatningsmunstycken (52, 66), som anordnats både i inmatningskanalzonerna (62) och värmeöverföringszonerna (64) för reglering av värmeöverföringen.

28. Ett system med fluidiserad bädd enligt patentkravet 17, **kännetecknat** därav, att det omfattar en andra återföringskanal (135), som anordnats vid förbränningskammarväggen (22) på insidan av kammaren (12), för uppsamling av partiklar, som avskilts ur den uppåt strömmande suspensionen av gas och fasta partiklar och som flyter nedåt längs väggen (22).

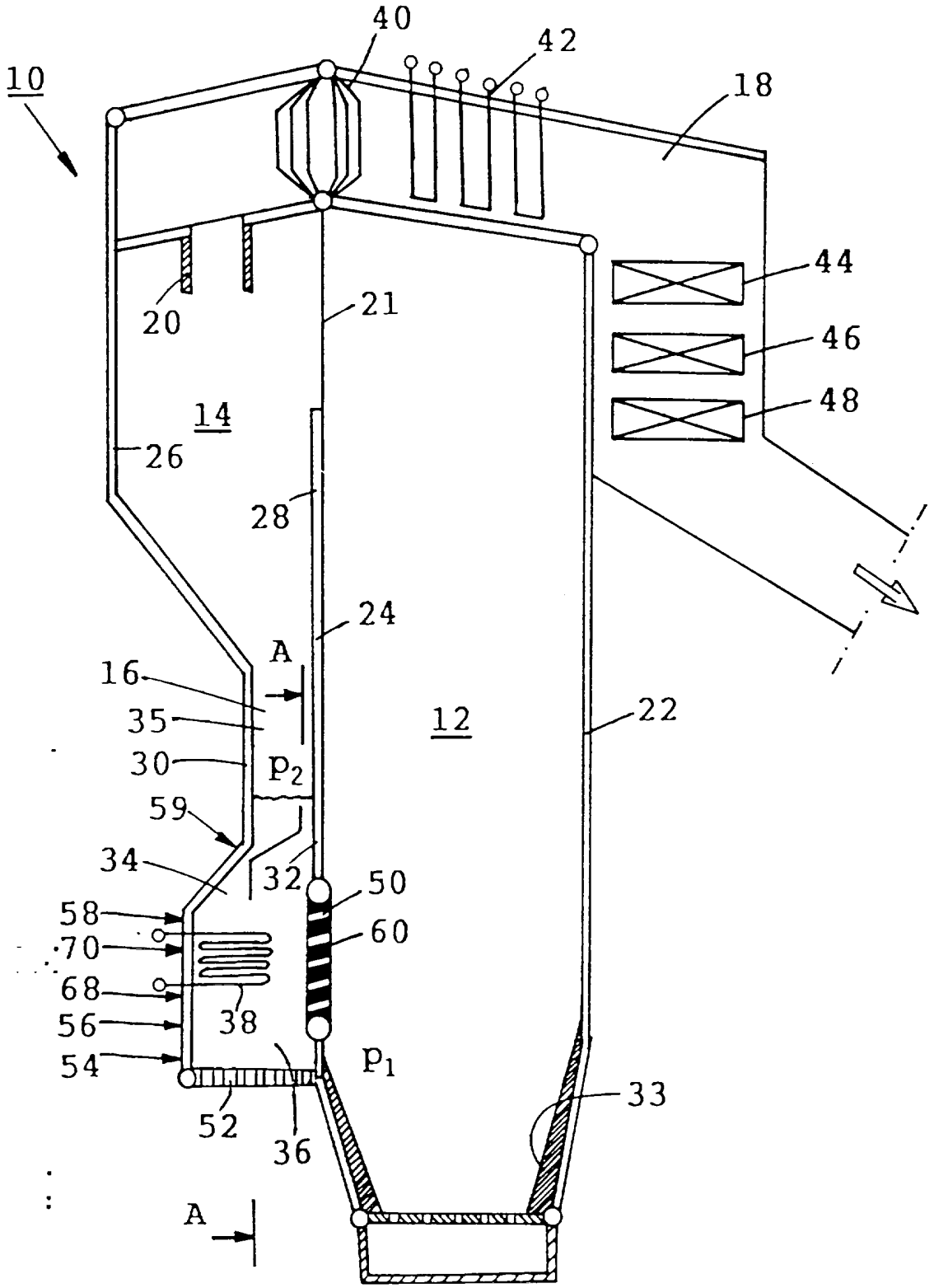

10
40
42
18
44
46
48
20
21
14
26
28
24
A
16
35
30
P_2
59
34
32
50
60
58
70
68
56
54
38
P_1
52
36
33
12
22
A

FIG. 1

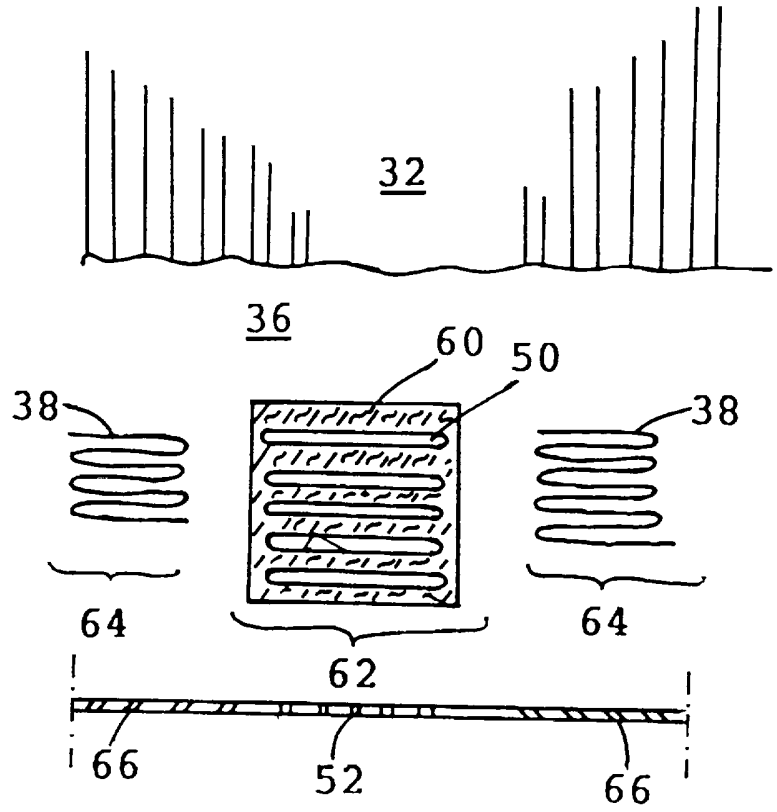

32
36
60
50
38
38
64
64
62
66
52
66

FIG. 2

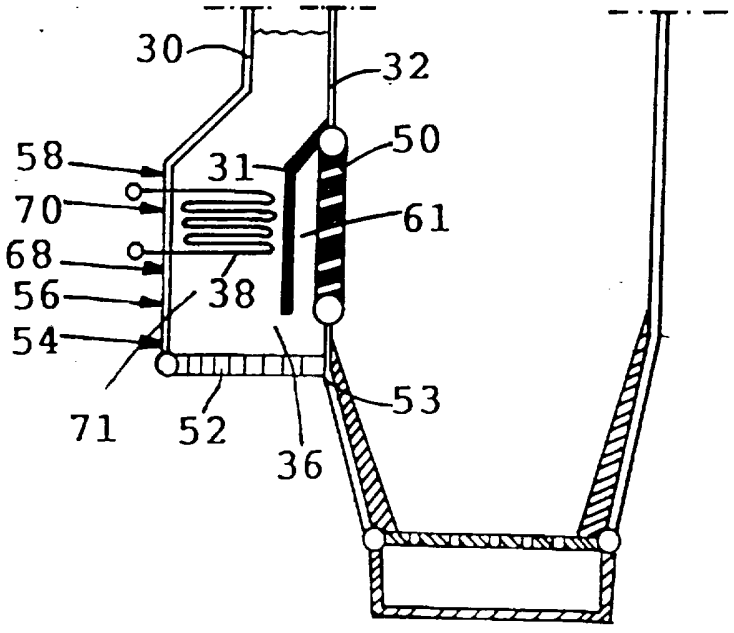

30
32
58
31
50
70
61
68
56
38
54
71
52
36
53

FIG. 3

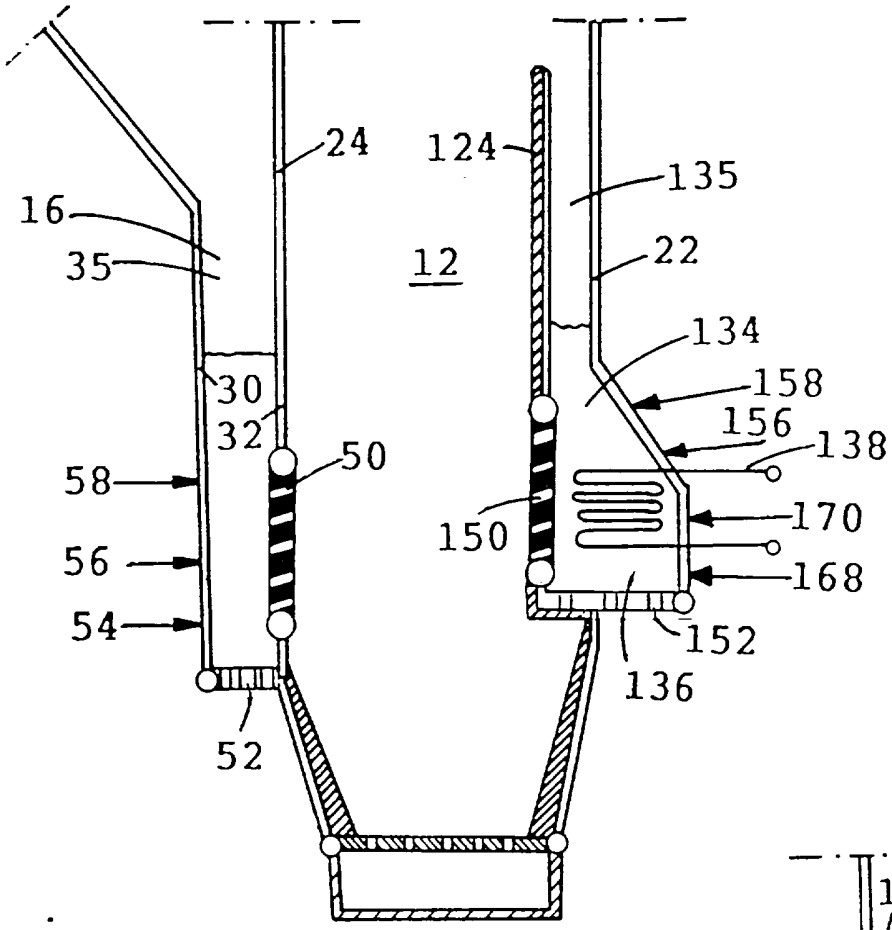

24
124
135
16
12
22
35
134
158
30
156
32
138
50
58
150
170
56
168
54
152
136
52

FIG. 4

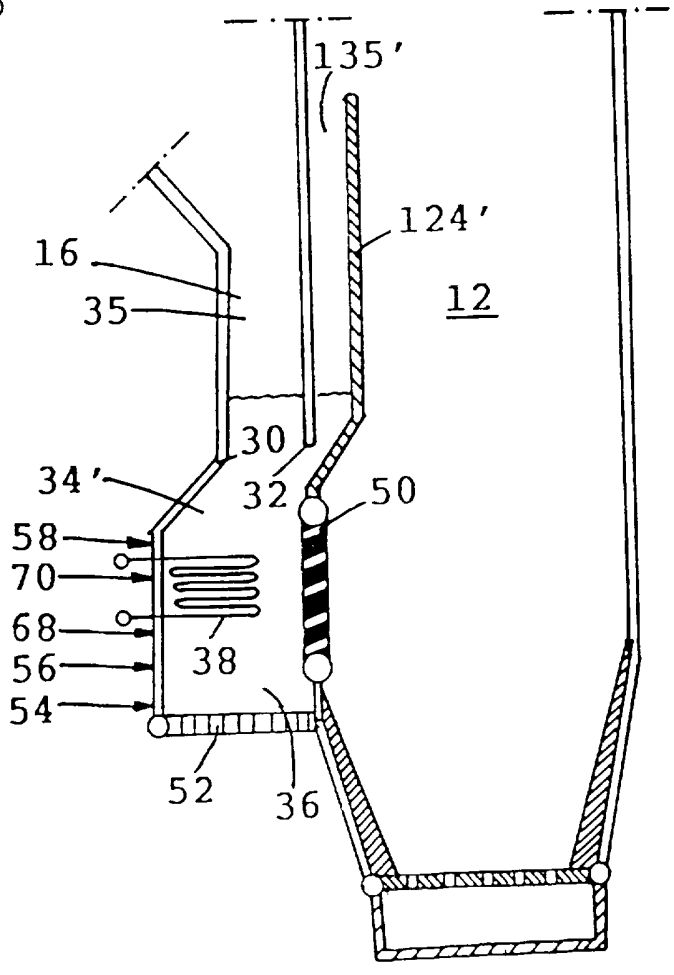

135'
124'
16
12
35
30
34'
32
50
58
70
68
38
56
54
52
36

FIG. 5