(19)

SUOMI - FINLAND
(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS
PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN
FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 940870 A7**

(12) **JULKISEKSI TULLUT PATENTTIHAKEMUS**
PATENTANSÖKAN SOM BLIVIT OFFENTLIG
PATENT APPLICATION MADE AVAILABLE TO THE PUBLIC

(21) Patenttihakemus - Patentansökan - Patent application 940870

(51) Kansainvälinen patenttiluokitus - Internationell patentklassifikation - International patent classification
B01D 53/04

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date **24.02.1994**

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date **24.02.1994**

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public **26.08.1994**

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date **13.06.2019**

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

25.02.1993 GB 9303844

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • **The BOC Group plc,** Chertsey Road, Windlesham Surrey GU20 6HJ, United Kingdom, ISO-BRITANNIA, (GB)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • **Acharya, Divyanshu Rasiklal,** United Kingdom, ISO-BRITANNIA, (GB)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Berggren Oy Ab, Antinkatu 3 C, 00100 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention
Puhdistusmenetelmä ja -laite
Rengöringsförfarande och -anordning

Puhdistusmenetelmä ja -laite - Rengöringsförfarande och -anordning

Tämä keksintö liittyy menetelmään ja laitteeseen kaasuvirtauksen puhdistamiseksi, joka sisältää epäpuhtauksia, joihin kuuluu vesihöyry ja hiilidioksidi.

Ensisijaisesti happea ja typpeä tuotetaan valmistetaan kaupallisesti ilmaa tislaamalla. On tarpeellista poistaa vesihöyry ja hiilidioksidi ilmasta ennen tislausta. Uudenaikaisissa laitoksissa ilman erottamiseksi tislaamalla tämä puhdistus toteutetaan adsorptiolla. Sisääntuleva paineilmavirtaus johdetaan adsorpentin ensimmäisen kerroksen läpi, joka edullisesti adsorpoi vesihöyryä, ja toisen kerroksen läpi, joka edullisesti adsorpoi hiilidioksidia. Tyypillisesti samalla kun yhtä tällaista kerrosparia käytetään sisääntulevan ilman puhdistamiseen toista paria regeneroidaan sen mahdollistamiseksi, että aina on käytettävissä ainakin yksi kerrosten pari sisääntulevan ilman puhdistamiseen.

Suuntauksena ilmanerotuslaitoksissa on pyrkiä vastaamaan alati kasvavaan hapen tarpeeseen. Seurauksena on, että esiadsorptiovaiheen vaatimukset tulevat yhä suuremmiksi.

Käytännössä, useista syistä pyritään rajoittamaan säiliöiden lukumäärää, jotka voivat sisältää adsorpenttikerroksia. Vastaavasti suuri ilmanerotuslaitos, joka tuottaa tyypillisesti päivässä vähintäin 1000 tonnia happea, vaatii useita adsorptiosäiliöitä. Siksi on olemassa tarvetta parantaa adsorptiomenetelmiä jotta mahdollistettaisiin täytetilavuutta kohti adsorptioprosessin tuottavuuden nostaminen.

Perinteisessä adsorptioprosessissa ilman puhdistamiseksi, jolloin ilma virtaa aksiaalisesti pohjasta huippuun ensimmäisen adsorpenttipartikkelien kerroksen läpi, joka edullisesti adsorpoi vesihöyryä, ja sitten toisen adsorpenttipartikkelien kerroksen läpi, joka edullisesti adsorpoi hiilidioksidia, liialliset ilman nopeudet fluidisoivat adsorpenttikerrokset.

Ilman nopeudella on siksi raja ja rajan vuoksi määrä, jolla ilmaa voidaan syöttää valitun kokoisen adsorpenttisäiliön läpi.

Kun adsorpenttikerrokset ovat täysin kuormittuneet adsorpoiduista epäpuhtauksista, kerrosten regenerointi suoritetaan perinteisesti johtamalla suhteellisen kuumaa regenerointi kaasua vastavirtaan täytteiden läpi. Koska hiilidioksidi pyrkii olemaan heikommin adsorpoituvaa kuin vesihöyry regenerointivaiheessa syntyy tehottomuutta sen seurauksena, että regenerointikaasu ei pääse vesihöyryn kuormittamaan adsorpenttikerrokseen ennen kuin se on läpäissyt hiilidioksidin kuormittaman kerroksen. Vastaavasti hukataan lämpöregenerointienergiaa ja yleinen regenerointiaika on pidempi kuin mitä se muutoin olisi.

US patentissa 4 627 856 esitellään parannettu regenerointivaihe. US-A-4 627 865:ssa selitettyyn prosessiin kuuluu alempi täyte, jossa on alumiinioksidigeeliä olevasta alemmasta kerroksesta ja zeoliitti 13X:ää olevasta ylemmästä kerroksesta muodostuva molekyyliseulana ja ylempi täyte, jossa on zeoliitti 13X:stä muodostuva molekyyliseula. Adsorptiovaiheessa vesihöyry adsorpoituu alemman täytteen alempaan kerrokseen. Hiilidioksidin adsorpoituminen alkaa alemman täytteen ylemmässä kerroksessa ja täydentyy ylemmässä täytteessä. Regenerointi kuumalla kaasulla toteutetaan johtamalla tätä kaasua ylhäältä alas ensin läpi ylemmän täytteen ja sitten läpi alemman täytteen. Valinnaisen aikajakson jälkeen, kun ylemmän täytteen regeneraatio on saatettu loppuun, regeneraatiokaasu ohittaa tämän täytteen ja ohjataan suoraan alempaan täytteeseen. Saavutetaan lyhentynyt regenerointiaika ja lämpöenergiasäästöjä. US-A-4 627 856 ei kuitenkaan osoita ongelmaa parantaa puhdistusprosessin adsorptiovaihetta.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti on aikaansaatu menetelmä syöttökaasuvirtauksen puhdistamiseksi, joka sisältää epäpuhtauksia, joihin kuuluu vesihöyry ja hiilidioksidi, ja sisältää seuraavien peräkkäisten vaiheiden toistamista:

a) syöttökaasuvirtaus johdetaan peräkkäin ylöspäin läpi ensimmäisen partikuloidun täytteen, johon kuuluu ensimmäistä adsorpenttia, joka adsorpoi siitä ensisijassa vesihöyryä,

ja alaspäin läpi toisen partikuloidun täytteen, johon kuuluu toista adsorpenttia, joka adsorpoi siitä ensisijassa hiilidioksidia; ja

b) jokaisen täytteen läpi johdetaan regenerointikaasua suunnassa, joka on vastavirtaan syöttökaasun virtaussuunnan suhteen täytteiden regeneroimiseksi aiheuttamalla aikaisemmin adsorpoituneiden vesihöyryn ja hiilidioksidin desorpoituminen.

Tämä keksinnön mukaisesti on aikaansaatu myös laite syöttökaasuvirtauksen puhdistamiseksi, joka laite käsittää peräkkäin ensimmäisen partikuloidun täytteen, johon kuuluu ensimmäistä adsorpenttia, joka kykenee ensisijassa adsorpoimaan vesihöyryä syöttökaasuvirtauksesta, ja toisen partikuloidun täytteen, johon kuuluu toista adsorpentia, joka kykenee adsorpoimaan syöttökaasuvirrasta ensisijassa hiilidioksidia; ja joka laite käsittää välineet syöttökaasuvirran johtamiseksi ylöspäin läpi ensimmäisen täytteen ja alaspäin läpi toisen täytteen ja näin vesihöyryn ja hiilidioksidin adsorption tapahtumisen mahdollistamiseksi; ja joka laite käsittää välineet regenerointikaasun johtamiseksi alaspäin läpi ensimmäisen täytteen ja ylöspäin läpi toisen täytteen ja näin aiemmin adsorpoituneiden vesihöyryn ja hiilidioksidin desorpoitumisen mahdollistamiseksi.

Edullisesti ensimmäinen ja toinen täyte on mahdutettu samaan säiliöön. Haluttaessa säiliöön voidaan mahduttaa enemmän kuin yksi pari täytteitä, järjestelyn ollessa tällöin että kun yhtä täyteparia regeneroidaan toista käytetään syöttökaasun puhdistamiseen. Täytteet voivat olla säiliössä vertikaalisesti välin päässä toisistaan ja siksi säiliöllä on vertikaalinen pitkittäisakseli, tai vaihtoehtoisesti horisontaalisesti välin päässä toisistaan ja siksi säiliöllä on horisontaalinen pitkittäisakseli.

Syöttökaasu on edullisesti ilmaa.

Edullisesti ensimmäisen täytteen keskimääräinen partikkelikoko on suurempi kuin toisen täytteen. Kasvavalla partikkelikoolla voidaan sallia suuremmat kaasun nopeudet ensimmäisen kerroksen

läpi. Ensimmäisen täytteen tilavuusyksikköä kohti adsorpoituvan vesihöyryn määrä kasvaa kasvavan kaasun nopeuden myötä vakiona keskimääräiseen partikkelikokoon. Vaikka vesihöyryn adsorptiokapasiteetti ensimmäisen täytteen tilavuusyksikköä kohti laskee kasvavan partikkelikoon myötä, se ei ole erityisen merkitsevä seikka jos ensimmäinen adsorpentti muodostuu aktivoidusta alumiinioksidista. (Vaihtoehtoisesti ensimmäinen täyte voi muodostua esimerkiksi silikaatista). Edullisesti aktivoidun alumiinioksidin keskimääräinen partikkelikoko on alueella 0,10 - 0,15 tuumaa.

Edullisesti, olennaisesti yhtään hiilidioksidia ei adsorpoidu ensimmäisessä täytteessä. Vaikka aktivoitu alumiinioksidi tai silikaatti adsorpoi vesihöyryä mieluummin kuin hiilidioksidia kumpikin adsorpentti kykenee adsorpoimaan hiilidioksidia edellyttäen, että on olemassa riittävästi adsorpenttia.

On toivottavaa saattaa loppuun vesihöyryn adsorptio ensimmäisessä täytteessä.

Järjestämällä kantokaasu virtaamaan alaspäin läpi toisen täytteen tämän täytteen fluidisoituminen vältetään vaikka keskimääräinen partikkelikoko toisessa täytteessä on sellainen, että kaasun nopeus sen läpi olisi riittävä fluidisoimaan toisen täytteen, jossa virtaussuunta on ylöspäin. On siksi edullista valita suhteellisen pieni keskimääräinen partikkelikoko toiseen täytteeseen. Tällainen pieni partikkelikoko helpottaa myös pitämään toisen adsorpentin massan pienenä, mitä tarvitaan annetun tehtävän hoitamiseksi.Suhteessa ensimmäiseen täytteeseen pienen keskimääräisen partikkelikoon valinta toiseksi adsorpentiksi on edullista myös siinä, että painehäviö täytteiden yli on pienempi kuin mitä se olisi jos kaikkialla käytettäisiin pienen keskimääräisen partikkelikoon omaavaa adsorpenttia. Lisäksi on edullista käyttää toisessa täytteessä olennaisesti samaa kaasunopeutta kuin ensimmäisessä täytteessä. Suhteellisen suuri kaasunopeus on edullista, koska adsorpoituvan hiilidioksidin määrä toisen täytteen tilavuusyksikköä kohti kasvaa kasvavan kaasunopeuden myötä vakiona keskimääräiseen partikkelikokoon. Edullisesti toinen täyte muodostuu zeoliitti 13X:ää

olevasta molekyyliseulasta, jonka keskimääräinen partikkelikoko on edullisesti alueella 0,050 - 0,075 tuumaa.

Koska toinen adsorpentti on yleisesti suhteellisen helposti regeneroitava verrattuna ensimmäiseen adsorpenttiin, on runsaasti mahdollisuuksia valita regenerointikaasin nopeus toisen täytteen läpi riittävän alhaiseksi sen fluidisoitumisen estämiseksi regenerointivaiheessa. Toisen täytteen suhteellisen pienen keskimääräisen partikkelikoon valinnan vuoksi on mahdollista pitää annetun adsorptiotehtävän hoitamiseksi toisen täytteen tilavuus pienenä.

Johtamalla syöttökaasu läpi ensimmäisen ja toisen täytteen suhteellisen suurella nopeudella (verrattuna perinteisiin menetelmiin) on mahdollista saavuttaa toinen tai molemmat seuraavista eduista: verrattuna perinteisiin adsorpenttitäytteisiin, ensinnäkin kummankin täytteen poikkileikkausalaa voidaan pienentää, jolloin tulee mahdolliseksi pienentää käytettävien säiliöiden kokoa tai lukumäärää; ja toiseksi adsorptiovaiheen kestoa voidaan lyhentää.

Edullisesti yhtään siitä regenerointikaasusta, joka virtaa toisen täytteen läpi, ei virtaa ensimmäisen täytteen läpi. Vastaavasti käytetään edullisesti erillisiä regenerointivirtauksia ensimmäisen ja toisen täytteen regeneroimiseksi, vaikkakin tällaiset virtaukset voidaan ottaa samasta regenerointikaasun lähteestä. Vastaavasti, verrattuna perinteisiin prosesseihin, tulee mahdolliseksi lyhentää regenerointivaiheen kestoa, koska ensimmäisen täytteen regenerointiin käytettävä kaasu ei luovuta lämpöä ennen ensimmäistä täytettä. Tämän vuoksi syklien, joihin kuhunkin sisältyy adsorptiovaihe ja sitä seuraava regenerointivaihe, määrää, joita voidaan toteuttaa sanokaamme 24 tai 48 tunnissa, voidaan lisätä verrattuna perinteisiin prosesseihin, joissa käytetään samankokoisia täytteitä.

Tyypillisesti syöttökaasua puhdistetaan lämpötila-alueella 5 - 40°C ja painealueella 2 - 20 bar ja regenerointikaasun lämpöti-

la-alue on 60 - 250°C. Regenerointipaine voi olla yhtä suuri tai pienempi kuin adsorptiopaine.

Keksinnön mukaista menetelmää ja laitetta selitetään nyt esimerkin avulla viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa:

Kuvio 1 on kaaviomainen virtauskaavio, joka havainnollistaa epäpuhtauksien adsorpointia ilmasta sylinterimäisessä adsorptiosäiliössä, jolla vertikaalinen akseli, ja jonka sisällä on kaksi erillistä adsorpenttitäytettä;

Kuvio 2 on kaaviomainen virtauskaavio, joka havainnollistaa kuviossa 1 esitettyjen adsorptiotäytteiden regenerointia;

Kuvio 3 on kaaviomainen virtauskaavio, joka havainnollistaa toimintaa sylinterimäisessä adsorptiosäiliössä, jolla on vertikaalinen akseli, ja jonka sisällä on neljä erillistä adsorpenttitäytettä;

Kuvio 4 on kaaviomainen virtauskaavio, joka havainnollistaa toimintaa sylinterimäisessä adsorpenttisäiliössä, jolla on horisontaalinen akseli, ja jonka sisällä on kaksi erillistä adsorpenttitäytettä epäpuhtauksien poistamiseksi syöttöilman virtauksesta.

Kuvio 5 on kaaviomainen virtauskaavio, joka havainnollistaa kuviossa 4 esitettyjen adsorpenttitäytteiden regenerointia; ja

Kuvio 6 on kaaviomainen virtauskaavio, joka havainnollistaa toimintaa sylinterimäisessä adsorpenttisäiliössä, jolla on horisontaalinen akseli, ja jonka sisällä on neljä erillistä adsorpenttitäytettä ilman puhdistamiseen.

Piirustuksissa samoja osia on osoitettu samoilla viitenumeroilla.

Viitataan kuvioon 1, yleisesti sylinterimäisen adsorptiosäiliön 2 sisällä on ensimmäinen, alempi täyte 4, joka muodostuu aktivoiduista alumiinioksidipartikkeleista 4, ja toinen, ylempi

täyte 6, joka on zeoliitti 13X partikkelien muodostama molekyyliseula. Täytteessä 4 keskimääräinen partikkelikoko on 0,125 tuumaa ja täytteessä 6 keskimääräinen partikkelikoko on 0,0625 tuumaa. Horisontaalinen väliseinä 8 säiliön sisuksen poikki estää kaasua virtaamasta säiliön läpi täytteestä 4 täytteeseen 6 tai päin vastoin.

Käytettäessä kuviossa 1 esitettyä laitetta, syöttöilma virtaa tyypillisesti (absoluuttisessa) 4 - 15 bar paineessa ja noin ympäristön lämpötilassa täytteeseen 4 sen pohjasta. Ilma virtaa ylöspäin täytteen 4 läpi. Kun se virtaa ylöspäin vesihöyry adsorpoituu siitä ennen hiilidioksidia ja ilman pääaineita (happi, typpi ja argon). Kuivattu ilma poistuu täyteen päältä ulos säiliöstä 2 palaa säiliöön sen yläpäästä. Vastaavasti kuivattu ilma virtaa täytteen 6 läpi ylhäältä alas. Molekyyliseulan partikkelit adssorboivat ilmasta hiilidioksidia. Vastaavasti puhdistetun ilman virtaus, josta on poistettu olennaisesti koko siinä alunperin ollut vesihöyry- ja hiilidioksidisisältö, poistuu täytteen 6 pohjasta ja virtaa ulos säiliöstä 2 paineessa, joka on hieman alle sisääntulopaineen, ja lämpötilassa, joka on olennaisesti sama kuin sisäänmenolämpötila. Jos halutaan erottaa ilmaa, puhdistettu ilma virtaa läpi ainakin yhden lämmönvaihtimen (ei esitetty) sen jäähdyttämiseksi suurin piirtein sen kyllästymislämpötilaan ja näin jäähdytetty ilma tislataan runsashappisen kaasun ja runsastyppisen kaasun muodostamiseksi.

Ajan myötä täyte lähes kyllästyy (so. kuormittuu täysin) adsorpoituneesta vesihöyrystä ja täyte 6 lähes kyllästyy (so. kuormittuu täysin) adsorpoituneesta hiilidioksidista. Täytteiden 4 ja 6 suhteelliset syvyydet järjestetään niin, että nämä tapahtuvat olennaisesti samanaikaisesti. Juuri ennen kyllästymistä, yhteys säiliön 2 ja syöttöilman väliltä katkaistaan. (Niin kutsuttu "adsorptiorintama" kulkee kummassakin täytteessä asteittain ylävirta päästä kohti alavirtapäätä. Adsorptio pysäytetään ennenkuin adsorptiorintama saavuttaa alavirtapään; muutoin tapahtuu epäpuhtauksien purkautumista täytteestä).

Sitten täytteet 4 ja 6 regeneroidaan kuviossa 2 havainnollistetulla tavalla. Tyypillisesti käytetään regenerointikaasun virtausta, jonka (absoluuttinen) paine on alueella 1,5 - 5 bar ja lämpötila on alueella 80 - 250°C. Regenerointikaasu muodostetaan edullisesti ottamalla osa tislauksen runsastyppisestä kaasutuotteesta ja kuumentamalla se haluttuun lämpötilaan. Regenerointikaasun virtaus jaetaan. Yksi osa regenerointikaasusta johdetaan säiliön 2 tilaan, joka on täytteen 4 yläosan ja väliseinän 8 välissä, ja se virtaa alaspäin täytteen 4 läpi. Regenerointikaasu aikaansaa sen, että vesihöyry desorpoituu täytteen 4 adsorpenttipartikkeleista ja venytetty ajanjakso kykenee poistamaan olennaisesti kaiken aiemmin adsorpoituneen vesihöyryn. Ensimmäisen täytteen alaspäin virtaava regenerointi varmistaa ettei yhtään desorpoitunutta vesihöyryä kondensoidu, kulkeudu toiseen täytteeseen seuraavan adsorption aikana.

Toinen osa regenerointikaasua johdetaan säiliöön 2 vyöhykkeeseen, joka on täytteen 6 pohjan ja väliseinän 8 välissä. Regenerointikaasun toinen osa virtaa siksi ylöspäin täytteen 6 läpi sen yläosaan ja puhalletaan ulos säiliöstä 2. Täytteen 6 läpi virtaava regenerointikaasu desorpoi tehokkaasti hiilidioksidia zeoliitti molekyyliseulasta ja venytetyn ajanjakson aikana kaikki aiemmassa adsorptiovaiheessa adsorpoitunut hiilidioksidi desorpoituu.

Tyypillisesti, regenerointikaasun nopeus toisen täytteen 6 läpi on järjestetty pienemmäksi kuin ensimmäisen täytteen 4 läpi sen varmistamiseksi, ettei tapahdu lainkaan täytteen 6 suhteellisen pienten partikkelien fluidisoitumista.

Tyypillisessä asennuksessa ilman puhdistamiseksi on ainakin yksi pari säiliöitä 2 jotta olisi mahdollista puhdistaa ilmaa jatkuvasti. Osan siitä ajasta, jossa yhtä säiliötä käytetään adsorpoimaan vesihöyryä ja hiilidioksidia ilmasta, toista säiliötä regeneroidaan. Siten, kun täytteet lähestyvät kyllästymistä yhdessä säiliössä, syöttöilma voidaan kytkeä regeneroituun säiliöön.

Viitataan kuvioon 3, jossa on esitetty vaihtoehtoinen järjestely, jossa samaan yleisesti sylinterimäiseen säiliöön 12 on sovitettu kaksi paria adsorpenttitäytteitä 14 ja 16. Täytteiden ensimmäinen pari 14 käsittää alemman täytteen 4, joka muodostuu alumiinioksidipartikkeleista, ja ylemmän täytteen 6, joka muodostuu zeoliitti 13X molekyyliseulapartikkeleista. Säiliön 12 poikki kulkee väliseinä 18, joka estää kaasuvirtauksen sen läpi tällaisten täytteiden alemman parin täytteiden 4 ja 6 välillä. Kuviossa 3 täytteiden alemman parin 14 on esitetty puhdistavan syöttöilmaa. Täytteiden alemman parin 14 toiminta ilman puhdistamiseksi on analoginen edellä kuvion 1 yhteydessä selitetyn täytteiden 4 ja 6 toiminnan kanssa.

Täytteiden ylempi pari 16 käsittää ensimmäisen, alemman täytteen 4, joka aktivoitua alumiinioksidia, ja toisen, ylemmän täytteen 6, joka on zeoliitti 13X:stä muodostuva molekyyliseula. Väliseinä 20 estää kaasun virtaamisen astian läpi täytteiden alemman parin 14 täytteestä 4 ylemmän parin 16 täytteeseen 2 ja päinvastoin. Väliseinä 22 estää kaasun virtaamisen säiliön läpi ylemmän parin ensimmäisestä täytteestä 4 toiseen täytteeseen 6 ja päinvastoin. Kuten kuviossa 3 on esitetty täytteiden ylempi pari 16 on järjestetty regenerointia varten. Regenerointi suoritetaan tavalla, joka on analoginen edellä kuvion 2 yhteydessä selitettyyn. Kun täytteiden alempi pari 14 lähestyy kyllästymistä, ylempää paria voidaan käyttää vesihöyryn ja hiilidioksidin adsorpointiin syöttöilmasta ja alempi pari 14 regeneroidaan. Vastaavasti jatkuva syöttöilman puhdistaminen on mahdollista.

Viitataan piirustuksien kuvioon 4, jossa on esitetty yleisesti sylinterimäinen säiliö 30, joka on sovitettu niin, että sen pituusakseli on horisontaalisesti. Säiliön 30 sisällä on ensimmäinen täyte 4, joka aktivoitua alumiinioksidia, ja toinen täyte 6, joka on zeoliitti 13X:stä muodostuva molekyyliseula. Täytteitä 4 ja 6 erottaa toisistaan väliseinä 32. Täytteet on esitetty kuviossa 4 tilassa, jossa syöttöilmaa puhdistetaan adsorpoimalla vesihöyryä, kun ilma virtaa ylöspäin läpi täytteen 4, ja adsorpoimalla hiilidioksidia, kun ilma virtaa alaspäin läpi täytteen 6. Täytteiden toiminta on analoginen piirus-

tusten kuvion 1 yhteydessä selitetyn täytteiden 4 ja 6 toiminnan kanssa.

Kuvio 5 havainnollistaa kuviossa 4 esitettyjen täytteiden regenerointia. Yksi regenerointikaasuvirtaus virtaa alaspäin läpi täytteen vesihöyryn poistamiseksi; toinen regenerointikaasuvirtaus virtaa ylöspäin läpi täytteen 6 hiilidioksidin poistamiseksi täytteestä 6. Tämäm regenerointivaiheen toiminta on analoginen edellä piirustusten kuvion 2 yhteydessä selitetyn regeneroinnin kanssa.

Viitataan nyt kuvioon 6, jossa on esitetty yleisesti sylinterimäinen säiliö 40, joka on sovitettu siten, että sen pituusakseli on horisontaalinen. Säiliön sisällä on adsorpenttitäytteiden 4 ja 6 ensimmäinen pari 14 ja samanlaisten adsorpenttitäytteiden toinen pari 16. Täytteet on sijoitettu horisontaalisesti riviin ja väliseinä 42 on kunkin pedin ja viereisen pedin välillä. Säiliö 40 on esitetty kuviossa 6 niin että täytteiden ensimmäinen pari 14 adsorpoi vesihöyry- ja hiilidioksidiepäpuhtauksia syöttöilmasta ja toista paria 16 regeneroidaan. Kuviossa 6 esitetyn laitteen toiminta on analoginen kuvion 3 yhteydessä esitetyn laitteen toiminnan kanssa.

Koska piirustukset ovat kaaviomaisia, ja havainnollistavat kaasuvirtausten suuntia, säiliöiden, joiden sisällä ovat adsorpenttitäytteet, todellista fyysistä rakennetta ei ole havainnollistettu. Säiliöiden rakenne voi olla kuitenkin perinteinen, käyttää perinteisiä venttiilijärjestelyjä, perinteisiä täytteen kannutusvälineitä ja perinteisiä kaasunjakelulevälineitä. Kunkin adsorpenttitäytteen dimensiot voidaan valita perinteisten, alalla ennestään hyvin tunnettujen suunnitteluproseduurien mukaan, ja tyypillisesti ensimmäisen adsorpenttitäytteen syvyys on pienempi kuin toisen adsorpenttitäytteen syvyys.

Kussakin edellä selitetyssä keksinnön mukaisessa adsorptiolaitteen toteutusmuodossa, täytteellä tai täytteillä 4 on kullakin 0,7 m:n syvyys, 12 tonnin massa, ja kukin muodostuu adsorpenttipartikkeleista, jotka ovat täytteiden muodossa, jotka muodos-

tuvat aktivoidusta alumiinioksidista, jonka keskimääräinen koko on 0,125 tuumaa (3,157 mm); ja täytteellä tai täytteillä 6 on kullakin 1,7 m:n syvyys, 22 tonnin massa, ja kukin muodostuu adsorpenttipartikkeleista, jotka ovat zeoliitti 13X olevien molekyyliseulojen muodostamien täytteiden muodossa, joiden keksimääräinen koko on 8x12 mesh, se on 1,59 mm.Eräs sopiva kaupallinen aktiivisen alumiinioksidin muoto käytettäväksi täytteeseen tai täytteisiin 4 on ALCOA F200 aktivoitu alumiinioksidi. Eräs sopiva kaupallinen zeoliitti 13X molekyyliseulan muoto täytteen tai täytteiden 6 muodostamiseksi on UOP zeolite 13X APG molekyyliseula. Kuvioissa 1 ja 2 esitetyn säiliön 2 halkaisija voi olla 5m, kuten voi olla myös kuvion 3 säiliö 2. Kuvioissa 4 ja 5 esitetyn säiliön pituus voi olla 9,24 m mitattuna sylinteriseinämä päästä päähän (so. etäisyys AB, joka on esitetty kuvioissa 4 ja 5) ja sisähalkaisija voi olla 5m. Kuviossa 6 esitetyn säiliön 40 pituus voi olla 18,5 m mitattuna sen sylinteriseinämän päästä päähän (so. etäisyys CD, joka on esitetty kuviossa 6) ja sisähalkaisija voi olla 5m.

Juuri edellä olleessa kappaleessa kuvattujen adsorptiosäiliöiden missä tahansa toiminnan esimerkissä voidaan puhdistaa tunnissa 200,000 normaali-m^3 ilmaa, jonka absoluuttinen paine on 15bar, lämpötila 25°C ja sisältää 400 miljoonasosaa hiilidioksidia, kuivan kaasun tuottamiseksi, joka sisältää 1 miljoonasosan hiilidioksidia. Tyypillisessä toimintojen syklissä adsorption aika on 4 tuntia. Sitten 30 minuutin pituisen "vaihtokytkennän" jakson aikana täytteiden paine alennetaan valittuun regenerointipaineeseen. Regenerointi suoritetaan käyttämällä kuivaa, olennaisesti hiilidioksiditonta kaasua, jonka lämpötila on 150°C, 1,5 tunnin pituisessa alkuvaiheessa. Tämän vaiheen aikana regenerointikaasun virtaus on 15-20% sisääntuloilman virtausmäärästä. Tyypillisesti 67% regenerointikaasun virtauksesta johdetaan aktivoidun alumiinioksiditäytteen läpi ja 33% tällaisesta virtauksesta zeoliittitäytteen läpi. Regenerointikaasu voi olla typpeä tai puhdistettua ilmaa. Jos se on viimeksi mainittua regenerointikaasun virtaus on edullisesti 15% (so. 30,000 nm^3/h) syöttöilmasta. Regeneroinnin alkuvaiheen lopussa regenerointikaasun virtaus jatkuu määrältään muuttumattomana mutta ohittaa välineet, joita

aikaisemmin käytettiin sen kuumentamiseen. Tämä regenerointikaasun virtaus menee siten adsorptiosäiliöön noin ympäristön lämpötilassa ja vähentää siten täytteiden lämpötilaa. Ympäristön lämpöisen regenerointikaasun virtaus jatkuu kaksi tuntia. Sitten seuraa toinen 30 minuutin mittainen vaihtokytkennän jakso, jonka aikana täytteet paineistetaan uudelleen kuivalla ilmalla absoluuttisen 15bar adsorptiopaineeseen.

Tyypillisesti, samalla kun yksi täytteiden pari adsorpoi epäpuhtauksia, toista täytteiden paria regeneroidaan. Täytteiden yhden parin adsorption lopun vaihtokytkennän jakso järjestetään sattumaan yhteen täytteiden toisen parin regeneroinnin lopun vaihtokytkennän kanssa. Yhteen sattuvat vaihtokytkentöjen jaksot järjestetään siten, että puhdistetun ilman tuotan jatkuu koko ajan. Eräässä järjestelyssä puhdistetun ilman tuotanto jatkuu toisessa täytteiden parissa saman aikaisesti kun toista täytteiden paria paineistetaan uudelleen. Sitten syöttöilma jaetaan kummankin täytteiden parin kesken ja sitten puhdistettua ilmaa tuotetaan molemmista täytteiden parista. Uudelleen paineistettu paria kytketään seuraavaksi täyteen puhdistetun ilman tuotantoon ja samanaikaisesti suoritetaan toisen parin paineen alennus, jotka suoritetaan loppuun vaihtokytkennän vaiheen lopussa.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä syöttökaasuvirtauksen puhdistamiseksi, joka sisältää epäpuhtauksia, joihin kuuluu vesihöyry ja hiilidioksidi, t u n n e t t u seuraavien peräkkäisten vaiheiden toistamisesta:

a) syöttökaasuvirtaus johdetaan peräkkäin ylöspäin läpi ensimmäisen partikuloidun täytteen, johon kuuluu ensimmäistä adsorpenttia, joka adsorpoi siitä ensisijassa vesihöyryä, ja alaspäin läpi toisen partikuloidun täytteen, johon kuuluu toista adsorpenttia, joka adsorpoi siitä ensisijassa hiilidioksidia; ja

b) jokaisen täytteen läpi johdetaan regenerointikaasua suunnassa, joka on vastavirtaan syöttökaasun virtaussuunnan suhteen täytteiden regeneroimiseksi aiheuttamalla aikaisemmin adsorpoituneiden vesihöyryn ja hiilidioksidin desorpoituminen.

2. patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen täytteen keskimääräinen partikkelikoko on suurempi kuin toisen täytteen.

3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ei yhtään tai vähemmän kuin 10% hiilidioksidin kokonaismäärästä adsorpoidaan ensimmäiseen täytteeseen.

4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että vesohöyryn adsorptio saatetaan loppuun ensimmäisessä täytteessä.

5. Jonkun edeltävän patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, ettei yhtään toisen täytteen läpi virtaavasta regenerointikaasusta virtaa ensimmäisen täytteen läpi.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että käytetään erillisiä regenerointikaasuvirtauksia ensimmäisen ja toisen täytteen regeneroimiseksi.

7. Jonkun edeltävän patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että syöttökaasu on ilmaa.

8. Laite syöttökaasuvirtauksen puhdistamiseksi, t u n n e t t u siitä, että laite käsittää peräkkäin ensimmäisen partikuloidun täytteen, johon kuuluu ensimmäistä adsorpenttia, joka kykenee ensisijassa adsorpoimaan vesihöyryä syöttökaasuvirtauksesta, ja toisen partikuloidun täytteen, johon kuuluu toista adsorpentia, joka kykenee adsorpoimaan syöttökaasuvirrasta ensisijassa hiilidioksidia, ja että laite käsittää välineet syöttökaasuvirran johtamiseksi ylöspäin läpi ensimmäisen täytteen ja alaspäin läpi toisen täytteen ja näin vesihöyryn ja hiilidioksidin adsorption tapahtumisen mahdollistamiseksi, ja että laite käsittää välineet regenerointikaasun johtamiseksi alaspäin läpi ensimmäisen täytteen ja ylöspäin läpi toisen täytteen ja näin aiemmin adsorpoituneiden vesihöyryn ja hiilidioksidin desorpoitumisen mahdollistamiseksi.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että ensimmäinen ja toinen täyte on mahdutettu samaan säiliöön.

10. Patenttivaatimuksen 8 tai 9 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että samaan säiliöön on mahdutettu enemmän kuin yksi pari ensimmäisiä ja toisiua täytteitä.

11. Patenttivaatimuksen 9 tai 10 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että täytteet ovat vertikaalisesti tai horisontaalisesti välin päässä toisistaan.

12. Jonkun patenttivaatimuksen 8-11 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että keskimääräinen partikkelikoko on suurempi ensimmäisessä täytteessä kuin toisessa täytteessä.

13. Jonkun patenttivaatimuksen 8-12 mukainen laite, t u n n e t t u siitä, että väline regenerointikaasun johtamiseksi alaspäin läpi ensimmäisen täytteen ja ylöspäin läpi toisen täytteen on käytännössä sellainen, joka aikaansaa erilliset virtaukset täytteiden läpi siten, ettei yhtään regenerointikaa-

susta, joka kulkee toisen täytteen läpi, virtaa ensimmäisen täytteen läpi.

03.03.94 94087

FIG. 1.

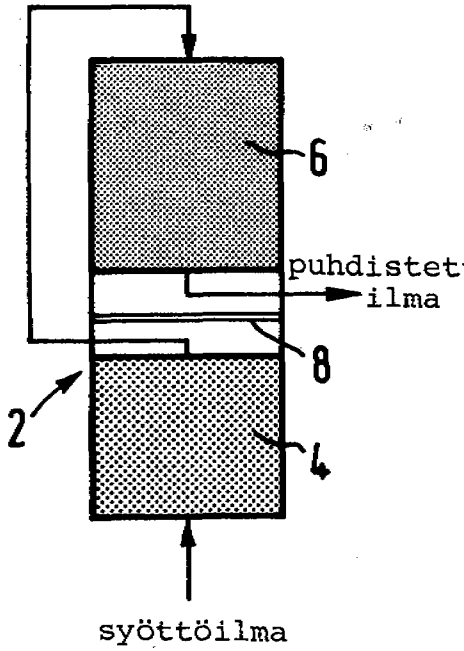

FIG. 2.

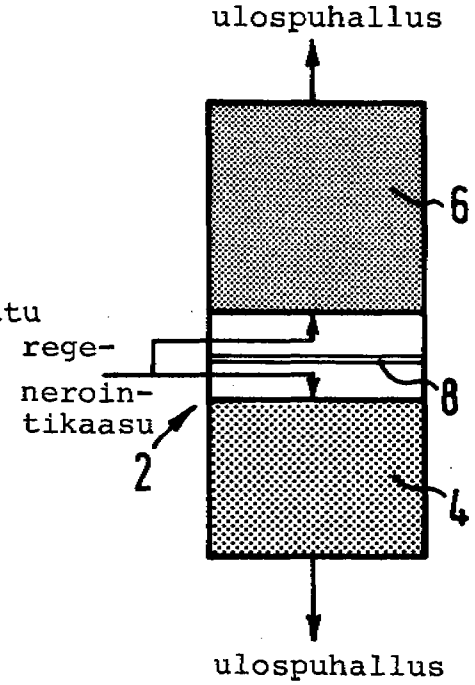

FIG. 3.

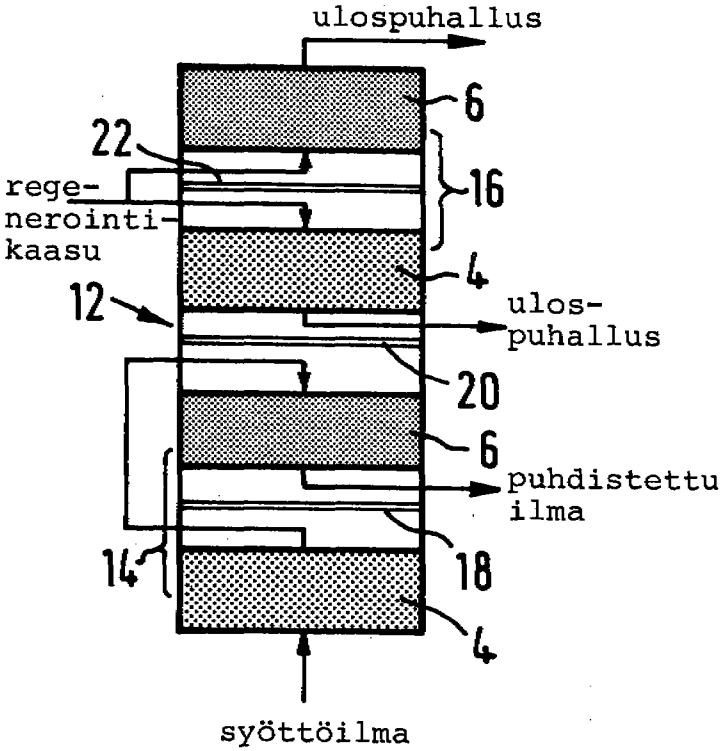

FIG.4.

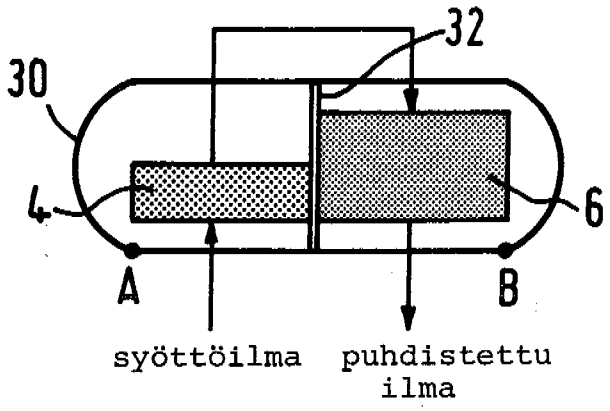

FIG.5.

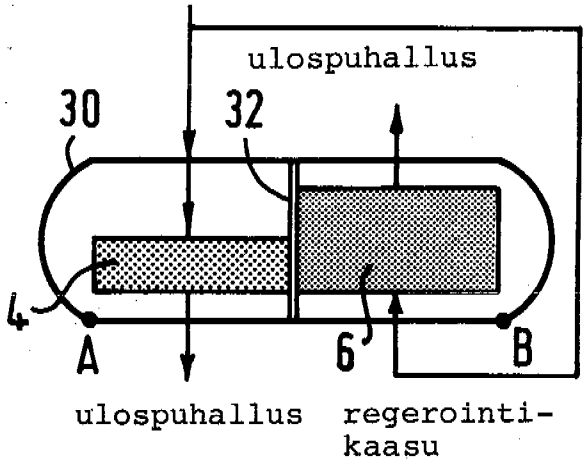

FIG.6.

