

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

PATENTTI- JA REKISTERIHALLITUS

PATENT- OCH REGISTERSTYRELSEN

FINNISH PATENT AND REGISTRATION OFFICE

(10) **FI 801623 A7**

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 801623

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

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 20.05.1980

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 20.05.1980

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 01.01.1981

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 12.06.2019

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

25.05.1979 US 42,397

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 •Pall Corporation, 30 Sea Cliff avenue, Glen Cove, NY 11542, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 •Verrando, Marcel G., United States, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

2 •White, Donald H., USA, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning - Title of the invention

Lämmöllä uudelleenaktivoitava adsorbenttiä käyttävä kaasunjakolaite ja prosessi.

Med värme på nytt aktiverbar adsorbentutnyttjande gasfraktionator och process.

Pall Corporation, 30 Sea Cliff Avenue, Glen Cove, New York 11542,
Yhdysvallat

Lämmöllä uudelleenaktivoitava adsorbenttiä käyttävä kaasunjakolaite
ja prosessi - Med värme på nytt aktiverbar adsorbentutnyttjande
gasfraktionator och process

Lisäpatenttihakemus patenttihakemukseen nro 800737

Sikkatiivikuivattimia on markkinoitu useita vuosia ja ne ovat laajalti käytössä kautta koko maailman. Vaikka yksi sikkatiivipatja on riittävä moniin käyttötarkoituksiin, se ei pysty syöttämään jatkuvaa ulosvirtausta. Tavallinen tyyppi on tehty kahdesta sikkatiivipatjasta, joista toinen on kuivatusjaksossa, kun toista regeneroidaan. Kuivattava kaasu johdetaan sikkatiivipatjan lävitse yhteen suuntaan kuivatusjakson aikana ja sitten, kun sikkatiivi on adsorboinut kosteutta siihen määrään, että ei enää ole varmuutta siitä, että ulosvirtauskaasun kosteustaso täyttää järjestelmälle asetetut vaatimukset, tulokaasu käännetään toiseen patjaan ja käytetty patja regeneroidaan johtamalla puhdistavaa poistokaasua vastavirtaan sen lävitse.

Puhdistuskaasu voidaan kuumentaa ennen sen tuloa patjaan, mutta tavallisessa järjestelmässä itse patja on varustettu kuumentimilla ja sikkatiivi tosiasiassa paistetaan adsorboidun kosteuden poistamiseksi. Kuivatus- ja regenerointijaksot ovat tavallisesti kestoiltaan yhtä pitkiä ja kuivatusjakso voidaan toteuttaa ja tavallisesti toteutetaan suuremmassa kaasunpaineessa kuin regenerointijakso. Puhdistavan kaasun vastavirtausta käytetään, jotta saataisiin adsorboitu kosteus poistetuksi puhdistuskaasun minimimäärällä.

Tällaiset kuivattimet ovat lähes aina epätehokkaita lämmön käytössä patjan regeneroimiseen, koska lämpöä viedään kautta koko sikkatiivipatjan, joka tämän mukaisesti kuumennetaan samaan lämpötilaan ja saman pituiseksi ajaksi, vaikka adsorboitu kosteuspitoisuus tavallisesti vähenee merkittävästi sisääntulokaasun tulokohdasta kuivatetun poistokaasun poistumiskohtaan. Lisäksi johtuen siitä korkeasta lämpötilasta, joka vaaditaan käytetyn sikkatiivin regeneroimiseksi, patja vaatii huomattavan määrän lämpöä regenerointijakson aikana ja tämä lämpö väistämättömästi menee hukkaan, kun patja pakostaa on jäädytettävä kuivatusjakson alussa lämpötilaan, jossa adsorptio voi tapahtua tehokkaasti. Kuten tunnettua liittyy prosessiin kosteuden adsorboimiseksi sikkatiivillä lämmön vapautumista ja tämän mukaisesti on adsorption tehokkuus käänteinen funktio lämpötilasta.

US-patentissa nro 3 513 631, 26.5.1970, Seibert ja Verrande Jr., käsitellään prosessia kosteuden poistamiseksi kaasusta, jossa prosessissa käytetään sikkatiivipatjaa, joka regeneraatiojaksossa kuumennetaan lämpötilaan vähintään 100°C adsorboidun kosteuden poistamiseksi, mutta lämmön käyttäminen tähän tarkoitukseen on rajoitettu patjan niihin osiin, joissa on suuri kosteuspitoisuus, niin että täten säästetään aikaa regeneroinnissa ja myös vältetään lämmön hukkakäyttäminen siellä, missä sitä ei tarvita.

Lämmöllä uudelleenaktivoitavien, tämantyyppisten kaasunjakolaitteiden probleemana on se, että suhteellisen korkeita lämpötiloja, suuruusluokkaa $600-650^{\circ}\text{F}$, tarvitaan sikkatiiviin adsorboituneen kosteushöyryn poistamiseen. Näissä lämpötiloissa lyhenee sikkatiivin elinikä suuresti ja voi myös olla mahdollista, että jakson kunkin lämpöregeneraatiovaiheen aikana poistetaan jonkin verran hydrataatiovettä, mikä luonnollisesti tuhoaa sikkatiivin.

Kirjoituksessa "The Effect of Regeneration Temperature and Pressure on the Adsorptive Capacity of Silica Gel in Hydrocarbon Environment", aikakauslehdessä FUEL, Volume 48 (3), Science and Technology Press, Guildford, Surrey, Englanti, 1969, Kotb ja Campbell osoittivat, että hiilivetysorberttien adsorptiokapasiteetti vähenee käytössä, aluksi nopeasti ja sitten hitaammin. Tämä huonontuminen johtuu adsorboitujen hiilivetyjen hajoamisesta, mikä johtaa hajoamisen sivutuotteiden asettumiseen saasteina sorbentille ja tällaiset saasteet luonnollisesti vähentävät patjan adsorptiokapasiteettia.

Lisäksi monet sikkatiivit, kuten silikageelit, muuttuvat kemiallisesti tai fysikaalisesti, kun niitä pidetään korotetuissa lämpötiloissa, mikä taas häiritsee adsorptiota. Täten esimerkiksi silikageeli, vaikka sitä yleensä pidetään amorfisena, korotetuissa lämpötiloissa, saa jossakin määrin rakenteellista järjestäytymistä, mitä nimitetään kiteytymiseksi. Nousut lämpötilassa ja paineessa aiheuttavat molekyylin järjestyneemmän järjestelyn, mikä vähentää pinnan alaa ja alanetaa adsorptiokykyä. Tuloksena voi olla patjan eliniän lyheneminen joistakin vuosista joihinkin kuukausiin.

Esillä olevan keksinnön mukaisesti olemme määrittäneet, että mikroaaltoenergian käyttäminen desorboimaan ensimmäinen kaasu ja muut kaasut, jotka on adsorboitu sorbenttipatjaan, merkittävästi vähentää ellei kokonaan poista sorbentin ja sorboidun kaasutuotteen huonontumisen, jota esiintyy tavanomaisissa lämpöregeneraatiojärjestelmissä. Lisäksi mikroaaltoenergian käyttäminen ei vahingoita sikkatiivin molekyyliarakennetta.

Mikroaaltoenergia määritellään energian säteilymuodoksi, joka siirretään sähkömagneettisilla aalloilla, joiden taajuus on alueella noin 3×10^7 - 3×10^{12} hertsiä. Katso US-patentti nro 3 555 693, 19.1.1971, Futer, palsta 1, rivi 51. Mikroaaltoenergia eroaa sähköenergiasta, jossa sähkövirta johdetaan suoraan sorbentti- tai sikkatiivipatjan lävitse, kuten on selitetty Lowterin US-patenteissa nro 3 038 050, 26.7.1977 ja 4 094 652, 13.6.1978, jotka eivät koske säteilyenergiaa.

Suhteellisen matalissa lämpötiloissa, tavallisesti ainakin alle 500°F , ovat useimmat sikkatiivit tai sorbentit transparentteja mikroaaltoenergialle ja tämän vuoksi eivät absorboi tätä energiaa eivätkä tule kuumennetuiksi tai aktivoituiksi sillä paitsi korote-

tuissa lämpötiloissa, suuruusluokaltaan 2 000 - 3 000[°]F. Tämän mukaisesti sikkatiivi tai sorbentti keksinnön mukaisesti sisältää mikroaaltoabsorbenttia, joka pystyy absorboimaan mikroaaltoenergiaa ja aktivoimaan sorbenttiin adsorboidut ensimmäisen ja muut kaasut näiden desorboimiseksi. Mikroaaltoabsorbentti voidaan sekoittaa sorbenttiin tai päällysteenä sijoittaa sorbentille tai olla adsorboituna sorbenttiin. Sen vuoksi mikroaaltoenergian ensisijaisesti absorboi mikroaaltoabsorbentti, mikä vastaavasti aktivoi sikkatiiville tai sorbentille sorboidun vapaan veden tai muun aineen ja täten aktivoitu sorboitu aine tulee desorboiduksi.

Täten absorboitu mikroaaltoenergia ei ole käytettävissä aktivoimaan sikkatiivin tai sorbentin hydrataatiovettä ennen kuin kaikki sorboitu aine on tullut desorboiduksi. Kemiallisesti sikkatiiviin tai sorbenttiin sidotun hydrataatioveden poistaminen on ei-toivottavaa, koska siitä voi olla seurauksena molekyylirakenteen romahtaminen, mikä luonnollisesti vähentää adsorptiokapasiteettia. Tämän johdosta pysäytetään mikroaaltoenergian käyttäminen ennen kuin hydrataatiovesi tulee poistetuksi, mistä on seurauksena, että sikkatiiviin tai sorbenttiin vain vähän vaikutetaan mikroaaltoenergian syöttämisellä.

Lisäksi tulee sorboitu vesi tai muu sorboitu aine desorboiduksi matalassa lämpötilassa, likimain 200[°]F:ssa. Koska se on riittävästi aktivoitu poistua sorbentista näin alhaisissa lämpötiloissa mikroaaltoenergiaa käytettäessä, ei sorbenttia tai sikkatiivia tarvitse kuumentaa. Tämän johdosta voidaan mikroaaltoenergiaa käyttää sikkatiiveihin tai sorbentteihin, joissa on voimakkaasti sidottu hydrataatiovesi, kuten molekyyliseuloihin ja alumiinioksidiin, joita ei voida kuumentaa tätä korkeampaan lämpötilaan ilman dehydratiovaaraa. Esimerkiksi natriumsilikaatissa $(\text{Na}_{12}/\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ hydrataatiovesi vapautuu noin 1 700[°]F:ssa. Alumiinihydroksidigeelissä $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ hydrataatiovesi vapautuu lämpötilassa 1 500 - 1 600[°]F. Kummassakaan tapauksessa ei hydrataatiovesi tule poistetuksi mikroaaltoenergiaa käytettäessä.

Tämän johdosta on mikroaaltoenergian käyttämisestä seurauksena itse sikkatiivin merkityksetön kuumeneminen, koska tämä hyvin todennäköisesti ei edes saavuta veden tasapainolämpötilaa likimain 190[°]F, jossa vapaa tai sorboitu vesi tulee poistetuksi.

Tuloksena on, että regeneraation aikana ei todellisuudessa tapahdu sikkatiivin vahingoittumista. Lisäksi antaa mikroaaltoenergian käyttäminen paljon nopeamman regeneraation kuin tavanomaiset lämmöllä uudelleenaktivoitavat adsorbenttia käyttävät kaasunjakolaitteet ja, täten sorbenttipatjat voidaan tehdä pienemmiksi, vähemmän seisonta-aikaa tarvitaan regeneraatioon ja tuloksena on huomattava säästö tarvittavassa energiassa.

Koska ei ole mitään tarvetta kuumentaa sikkatiivipatjaa, ei ole olemassa tarvetta puhdistuskaasun kuumentamiseen. Tosiasiassa puhdistuskaasua tarvitaan vain huuhtomaan pois sorboitu kaasu, kuten vesi, joka on desorboitu sorbenttipatjasta, jolloin saavutetaan huomattava säästö puhdistamiseen tarvittavan poistokaasun määrässä. Tämän johdosta voidaan käyttää pienempiä sorbenttipatjoja, jotka toimivat nopeammin regeneraatiojaksoin, kun esillä olevan keksinnön mukaisesti mikroaaltoenergiaa käytetään regeneraatioon.

Keksinnön mukaisessa prosessissa pienennetään ensimmäisen kaasun konsentraatiota sen seoksessa toisen kaasun kanssa alle maksimaalisen rajakonsentraation johtamalla seos kosketuksessa sorbenttipatjaan tämän patjan yhdestä päästä toiseen, jolla sorbentilla on preferenssiaffiniteetti ensimmäiseen kaasuun ja joka sisältää mikroaaltoabsorbenttia, joka pystyy absorboimaan mikroaaltoenergiaa, adsorboiden ensimmäisen kaasun sorbentille muodostamaan kaasumainen poistovirtaus, jossa ensimmäisen kaasun konsentraatio on alle mainitun maksimin ja adsorptio jatkuu muodostaen ensimmäisen kaasun sellaisen konsentraatiogradientin patjaan, joka progressiivisesti alenee patjan yhdestä päästä sen toiseen päähän ja ensimmäisen kaasun lisääntyvän konsentraation toisessa kaasussa määrittäen konsentraatorintaman, joka progressiivisesti etenee patjassa tämän yhdestä päästä toiseen päähän, kun patjan sorbenttikapasiteetti pienenee; keskeytetään kaasuseoksen johtaminen kosketuksessa patjaan ennen kuin mainittu rintama voi jättää patjan ja ensimmäisen kaasun maksimaalinen rajakonsentraatio toisessa kaasussa voi tulla ylityksi; ja sitten desorboidaan sorbenttipatjaan adsorboitu ensimmäinen kaasu käyttämällä mikroaaltoenergiaa lämpötilassa, jossa mikroaaltoabsorbentti absorboi mainittua energiaa ja aktivoi sorbenttiin adsorboidun ensimmäisen kaasun samalla, kun sorbentti on transparentia tälle energialle, edullisesti lämpötilassa alle 500°F, samalla

kun patjan lävitse johdetaan puhdistuskaasuvirtaus huuhtomaan desorboitu ensimmäinen kaasu patjasta.

Mikroaaltoabsorbentti voi olla mitä tahansa ainetta, joka pystyy absorboimaan mikroaaltoenergiaa ja aktivoimaan sorboidun kaasun sorbentissa samalla, kun se muutoin on inertistä sorboidulle kaasulle. Grafiitti on edullinen absorbentti, mutta käyttökelpoisia ovat myös ferriitit, jauheet ruostumattomasta teräksestä, fosforipentoksidi ja muut aineet, joilla on suuri dielektrinen häviökerroin.

Mikroaaltoabsorbentti voi olla sekoitettuna sorbenttiin, päällysteenä sorbentilla tai adsorboituna sorbenttiin. Intiimi sekoitus absorbentista ja sorbentista voidaan muodostaa ja sitten tämä muodostetaan pelleteiksi, helmiksi, tangoiksi, renkaiksi tai puikoiksi täten yhdistäen molemmat aineet samoiksi osasiksi.

Tämäntyyppinen intiimi seos varmistaa mainittuja kahta laatua olevien aineiden kerrostumattomuuden ja jakaa absorbentin kautta koko sorbentin, niin että se on hyvin lähellä sorboitua kaasua tehokkaampaa aktivointia ja desorptiota varten. Absorbentti voi myös olla päällysteenä tai adsorboituna sorbenttiosasten pinnalle, mikä saadaan aikaan sekoittamalla hienojakoista jauheista absorbenttia yhdessä suurempien sorbenttiosasten kanssa absorbenttiliuokseen tai dispersioon.

Absorbentin määrä voi olla hyvin pieni. Niin vähän kuin 0,0001 paino-% sorbentin määrästä on tehokas. Suuremmat määrät antavat nopeamman energian absorption ja sorboidun kaasun desorption. Edullisia ovat määrät noin 0,01 - 1 %. Niin suuria määriä kuin 25 % voidaan käyttää, mutta niillä ei saada mitään kompensoivaa parannettua tehokkuutta. Taloudellisuuden ja tehokkuuden kannalta katsoen on käytännöllinen yläraja noin 10 %.

Prosessi on sovellettavissa minkä tahansa kaasun, polaarisien tai ei-polaarisen sorptioon ja desorptioon kaasun seoksista muiden kaasujen kanssa. Sellaiset kaasut kuin vesi(höyry), vety, happi, typpi, argoni, helium, krypton, hiilidoksidi, hiilimonoksidi, rikki-dioksidi, rikkitrioksidi, typpioksidit, booritrifluoridi, otsoni ja etanoli voidaan helposti aktivoida ja desorboida mikroaaltoenergialla.

Prosessissa käytetään edullisena puhdistuskaasuna kaasumaista poistovirtausta adsorptiojaksosta ja desorptiota kaasun paineessa,

joka on alempi kuin kaasun paine adsorption aikana, tavallisesti 15-350 psi ja edullisesti vähintään 50 psi alempi.

Kosteusrintaman eteneminen sikkatiivipatjassa, kun tämä as- teittain adsorboi kosteutta, on ennestään hyvin tunnettu ilmiö ja sitä on käsitelty lukuisissa patenteissa, esimerkiksi Skarstromin US-patentissa nro 2 944 627. Kuivatusjakson suurimman osan aikana sorboi sorbentti tehokkaasti kosteutta sen yli kulkevasta kaasusta. Kun sikkatiivin sorbenttikapasiteetti lähenee nollaa, nousee kuitenkin sen ylitse kulkevan kaasun kosteuspitoisuus terävästi. Jos mitataan kaasun kosteuspitoisuus, kastepiste tai suhteellinen kosteus ja merkitään tämä aikadiagrammaan, tämä tavallisesti nopea nousu kosteuspitoisuudessa huomataan diagrammakäyrän kaltevuuden muutoksena ja sitten lisääntyvä kosteuspitoisuus lähenee tulokaasun kosteuspitoisuutta. Tuloksena oleva tämän käyrän S-muotoinen osa tosiasias- sa edustaa kosteusrintamaa ja jos tämä havainnoidaan patjan pituu- tena, havaitaan sen etenevän patjan tulopäästä sen poistopäähän, kun adsorptiojakso etenee. Tarkoituksena on lopettaa tämä jakso ennen kuin rintama tai käyrän kaltevuuden muutos saavuttaa patjan pään, koska sen jälkeen nousu on niin nopeaa, että ei-toivottavan kostean poistovirtauksen tuottamista tuskin voidaan estää.

Keksinnön erään lisäpiirteen mukaan regeneraatiojakson pituu- den ei tarvitse olla ja useimmissa tapauksissa se ei ole yhtä suuri kuin kuivatusjakson pituus, niin että mikroaaltoenergian johtaminen voidaan keskeyttää, kun regeneraatio on tullut loppuun suoritetuksi ja loppuosa ajasta voidaan käyttää mahdollisesti tarvittavaan rege- neroidun patjan jäähdyttämiseen, niin että tämä on sopivassa ja te- hokkaassa lämpötilassa adsorptiota varten, kun uudelleen aloitetaan tulokaasun virtaus tähän patjaan.

Keksinnön mukaiseen kaasunjakolaitokseen kuuluu sorbenttipat- ja, jolla on preferenssiaffiniteetti ensimmäiseen kaasuun tämän seoksessa toisen kaasun kanssa ja joka patja sisältää mikroaalto- adsorbenttia, joka pystyy absorboimaan mikroaaltoenergiaa ja siten aktivoimaan ja desorboimaan sorbenttiin adsorboidun ensimmäisen kaa- sun, sorbentti/adsorbentin ollessa sovitettu jaksoittaiseen regene- raatioon adsorptiojakson lopussa poistamalla sorbentista ensimmäi- nen kaasu käyttämällä mikroaaltoenergiaa ja puhdistuskaasun huuhte- levaa virtausta desorboidun ensimmäisen kaasun poistamiseksi patjasta,

edullisesti vastavirtauksella adsorption aikaiseen virtaukseen nähden ja lisäksi kuuluu laitokseen välineet mikroaaltoenergian syöttämiseksi sorbenttipatjaan tämän regeneraation aikana.

Vaikka keksinnön mukainen laitteisto voi koostua yhdestä sorbenttipatjasta, käytetään edullisessa järjestelmässä kahta sorbenttipatjaa, jotka sijaitsevat sopivissa astioissa, jotka on kytketty johtoihin kuivattavan tulokaasun vastaanottamiseksi ja kuivatun poistokaasun tuottamiseksi.

Laitteistoon voi myös sisältyä kuristusventtiili tarkoituksella alentaa painetta regeneraation aikana ja monitieventtiili tulokaasun virtauksen jaksottamiseksi patjojen välillä ja poistokaasuvirtauksen vastaanottamiseksi niistä. Lisäksi voi laitteistoon sisältyä mittaus- tai kuristusventtiili kääntämään osan poistokaasuvirtauksesta puhdistavaksi vastavirtaukseksi regeneroitavan patjan lävitse.

Keksinnön mukaisesti on edullista johtaa puhdistuskaasu vastavirtaan kuivattavan tulokaasun virtaukseen nähden alalla normaalin käytännön mukaisesti, jotta aikaansaataisiin desorboituneen ensimmäisen kaasun tehokas poishuuhtelu minimikaasuhäviöillä. On kuitenkin ymmärrettävä, että haluttaessa voidaan puhdistuskaasuvirtaus johtaa patjan lävitse samaan suuntaan kuin tulokaasuvirtaus vastaavin tehokkuuden menetyksin.

Mikroaaltogeneraattori voi olla mikä tahansa sellainen, joka pystyy kehittämään sähkömagneettisia aaltoja, joiden taajuudet ovat alueella noin 0,03 - 3 000 gigahertsiä (noin 3×10^7 - 3×10^{12} Hz). Mikroaaltogeneraattoreita, joilla on tämä kyky, on kaupallisesti saatavissa eivätkä ne muodosta mitään osaa varsinaisesta keksinnöstä. Mikroaaltogeneraattorit, joissa käytetään amplitroni-, magnetroni-, mikrotroni- tai klystroniputkia, ovat sopivia, mutta luonnollisesti voidaan käyttää minkä tyyppistä tahansa mikroaaltoja kehittävää putkea. Esimerkkeihin mikroaaltogeneraattoreista kuuluvat Gerling Moore Model nro 4003, Cober nro S6, Toshiba nro TMG-490 ja Thomson nro TH3094.

Mikroaaltogeneraattorin koko ja kapasiteetti luonnollisesti valitaan järjestelmän regeneraatiovaatimusten mukaisesti. Kun regeneraatiovaatimukset ovat poikkeuksellisen suuret, voidaan generaattorin kokoa suurentaa taikka voi olla mahdollista yksinkertaisesti

moninkertaistaa generaattorien lukumäärä ja syöttää mikroaaltoenergiaa sorbenttipatjaan useissa kohdissa, yhdessä kohdassa kutakin käytettyä generaattoria kohden. On myös mahdollista käyttää ortogonaalista (suorakulmaista) transduktorimuotoa, syöttää teho kahdesta tai useammasta generaattorista yhteen sorbenttipatjaan käyttäen vain yhtä aukkoa.

Mikroaaltogeneraattori on kytketty eristimellä tarkoituksella suojata generaattoria käyttäjän virheen tai muun järjestelmävirheen tapahtuessa.

Sarjaan eristimen ja mikroaaltogeneraattorin kanssa on väliin sijoitettu eteenpäin/heijastus monitori, jonka tehtävänä on katkaista mikroaaltogeneraattorin toiminta, kun sorbenttipatja on tullut täysin regeneroiduksi. Kun sorbentissa tai sikkatiivissa on vapaata vettä tai sorboitua kaasua, tulee sorbenttipatjaan lähetetty mikroaaltoenergia absorboiduksi. Kun kuitenkin sorboitu aina on tullut desorboiduksi, putoaa mikroaaltoenergian absorptio huomattavasti ja mikroaallot, sen sijaan, että ne tulisivat absorboiduksi, heijastuvat takaisin mikroaaltosiirtojärjestelmän kautta kohti mikroaaltogeneraattoria. Eteenpäin/heijastus monitorin sijainti ennen generaattoria tekee mahdolliseksi todeta heijastuneet aallot ja ennaltamäärätyllä intensiteetillä, joka vastaa sorbentin regeneraatiota, katkaista mikroaaltogeneraattorin toiminta. Se heijastuneiden aaltojen intensiteetti, joka vastaa täydellistä regeneraatiota, luonnollisesti määrätään kokeilemalla asianomaista adsorptio/desorptiojärjestelmää varten.

Mitä tahansa eteenpäin/heijastus monitoria voidaan käyttää. Näitä on kaupallisesti saatavissa eivätkä ne muodosta mitään osaa esillä olevasta keksinnöstä. Esimerkkimonitoreihin kuuluu Gerling Moore nro 4009 ja Cober 6KW heijastuneen tehon mittari.

Yksi mikroaaltogeneraattori, eteenpäin/heijastus monitori ja eristin yhdistelmänä on riittävä adsorptio/desorptio järjestelmälle, jossa on mikä tahansa lukumäärä sorbenttipatjoja. Jos sorbenttipatjoja kuitenkin on useampia kuin yksi, on tarpeen käyttää erillisiä mikroaaltoja johtavia järjestelmiä siirtämään mikroaaltoenergia kuhunkin patjaan, varustettuna aaltojohdekytkimellä energian kääntämiseksi regeneraatioon kulloinkin valittuun patjaan. Siirtojärjestelmään kytkimen takana ja ennen sorbenttia sisältyy aaltojohdeseg-

menttejä, mikroaaltoikkunoita ja virittimiä, jotka kaikki ovat tavanomaista rakennetta eivätkä muodosta mitään osaa esillä olevasta keksinnöstä.

Mikroaaltoikkunoiden tulee luonnollisesti olla transparentteja käytetylle mikroaaltoenergialle, niiden tulee pystyä pitämään kaasun paineet sorbenttipatjassa ja ne tavallisesti sijaitsevat sen astian seinällä tai seinässä, jossa sorbenttipatja sijaitsee. Mitä tahansa mikroaaltoja läpäisevää (transparenttia) ainetta voidaan käyttää ikkunoiden rakenteessa.

Aaltojohdesegmentit ovat itse asiassa johteita, jotka pystyvät johtamaan mikroaaltoenergiaa ilman, että syntyy häviöitä ulkoilmaan. Sopiviin aaltojohdesegmentteihin kuuluvat Gerling Moore nro 4016 ja 4017 sekä Cober nro WR284.

Mikroaaltovirittimet, joita käytetään aaltojohdesegmenttien ja ikkunoiden yhteydessä, ovat impedanssisovituselimiä. Esimerkkinä on Gerling Moore nro 4027. Muita esimerkkejä ovat Microwave Fusion Model Tuner -S ja Waveline Model 4360.

Keksinnön mukainen kaasunjakojärjestelmä on kuvattu oheisissa piirustuksissa kuivattimien muodossa.

Kuvio 1 on kaaviollinen kuva keksinnön mukaisesta kaksipatja-kaksiastia-kuivattimesta.

Kuvio 2 on kaaviollinen kuva keksinnön mukaisesti kaksipatja-kuivattimesta, jossa patjat pidetään yhdessä astiassa.

Kuvion 1 kuivatin koostuu kahdesta astiasta 10 ja 11, joiden kummankin päässä on sisäänmenot 2 ja 3 ja toisessa päässä ulosmenot 4 ja 5. Molempien sisäänmenojen ja ulosmenojen poikki on sijoitettu tukisihdit 6, jotka on valmistettu lankaverkosta tai rei'itetystä teräslevystä ja joiden tarkoituksena on pitää sikkatiiviosaset astioissa kaasun virratessa kumpaan suuntaan tahansa ja estää mikroaaltoenergian siirto ylävirtaan tai alavirtaan.

Tässä tapauksessa astiat on täytetty sikkatiivillä, aktivoitulla alumiinioksidilla, mutta optionaalisesti voidaan käyttää molekyyliseulaa, kuten $\text{Na}_{12}(\text{AlO}_2)_{12}(\text{SiO}_2)_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ taikka silikageeliä. Sikkatiiviosaset on tasaisesti päällystetty grafiitilla, muutamia mikrometrejä paksulla ohuella kalvolla, kokonaismäärä on noin 0,01 paino-%.

Astiat 10 ja 11 on yhdistetty toisiinsa johtojärjestelmällä tarkoituksella varmistaa kuivattavan tulokaasun syöttö jommankumman patjan sisäänmenoon ja kuivatun kaasun poisjohtaminen jommankumman patjan ulostulosta, johdoilla puhdistusvirtauksen suuntaamiseksi johdettavaksi sivuvirtauksena poistokaasusta jommankumman patjan huippuun regenerointia varten ja sen päästämiseksi ulkoilmaan sen jälkeen, kun se on poistunut patjan pohjalta. Tämä järjestelmä koostuu kostean kaasun syöttöjohdosta 20, joka johtaa kostean kaasun nelitiekytkentäventtiiliin 21 ja sitten joko johdon 22 tai 23 kautta astioiden 10 ja vastaavasti 11 huippuun. Samanlaiset johtoyhdistykset 24 ja 25 ulottuvat astioiden ulostulojen välin poikki. Virtausta pitkin näitä johtoja ulostulojohtoon 26 säädetään takaiskuventtiileillä (kuristusventtiileillä) 27 ja 28. Toinen johto 29 yhdistää johdot 24 ja 25 puhdistuskanavan mittaus- ja paineenalennusaukon 30 kautta, joka säättää kuivasta poistoilmasta otetun puhdistuskaasuvirtauksen määrää regeneraatiojakson aikana. Johto 29 johtaa puhdistusvirtauksen aukon 30 kautta astioiden 10 ja 11 ulostuloihin 4 ja 5. Puhdistusvirtauksen poistojohto 36 yhdistää johdot 22 ja 23 ulostusvirtausventtiilien 34 ja 35 kautta puhdistusvirtauksen päästämiseksi ulkoilmaan poistojohdon 37 ja äänenvaimentimen 38 kautta.

Laitteisto mikroaaltoenergian kehittämiseksi ja viemiseksi kummankin astian sorbenttipatjaan regeneraatiota varten sijaitsee astioiden välissä ja koostuu mikroaaltogeneraattorista 40, eteenpäin/heijastus monitorista 41, mikroaaltoeristimestä 42 ja aaltojohdekytkimestä 43, joka suuntaa mikroaaltoenergian kahdesta aaltojohdesarjasta 44, 45 toisen kautta, mikroaaltovirittimistä 46, 47 ja mikroaaltopaineikkunoista 48, 49, joiden lävitse mikroaaltoenergia kulkee siirtymäosien 50, 51 kautta sorbenttiin yhdessä astioista 10, 11.

Kummassakin astiassa 10, 11 on myös lämpötilakytkin 52, 53.

Jos astia 10 on kuivatusjaksossa ja astia 11 regenerointijaksossa, on kuivattimen toiminta seuraava: märkä kaasu, joka johtopaineella 25-350 psig tulee johdon 20 kautta, suunnataan venttiilillä 21 johtoon 22 ja astiaan 10 ja kulkee tässä alaspäin patjan 9 lävitse ulostuloon, mistä se johdon 24 kautta johdetaan avoimen venttiiliin 27 ohitse poistojohtoon 26. Venttiilit 28 ja 34 ovat suljettuina estäen virtauksen johdosta 24 johtoon 25 paitsi johdon 29

ja aukon 30 kautta ja johtoon 36 johdosta 22, samalla kun venttiili 35 on avoinna sallien puhdistusvirtauksen astiasta 11 etenemisen ulospäästöjohtoon 37. Osa ulosvirtauskaasusta johdetaan sitten johdon 29 ja aukon 30 kautta, missä sen paine alennetaan ulkoilman paineeksi, johtuen avoimesta johdosta 37, johtoon 25 toisen astian 11 pohjalle 5, joka astia on regenerointijaksossa, ja kaasuvirtaus kulkee täältä ylöspäin läpi patjan 9 sisäänmenoon 3 ja täältä läpi johdon 36 ja päästetään ulkoilmaan puhdistuksen ulostulojohdon 37 ja äänenvaimentimen 38 kautta.

Samalla, kun edellä kuvattua tapahtuu, tuotetaan mikroaaltoenergiaa mikroaaltogeneraattorissa ja tämä energia suunnataan eteenpäin/heijastus monitorin 41 ja eristimen 42 kautta kytkinlaitteeseen 43, missä mikroaaltoenergia suunnataan astiaan 11 mikroaaltojohteen 45, mikroaaltovirittimen 47, paineikkunan 49 ja siirtymäosan 51 kautta. Mikroaaltoabsorbentti, grafiitti, absorboi mikroaaltoenergian ja siirtää sen sikkatiivin pitämään veteen ja vesi tulee ajetuksi ulos vesihöyrynä.

Puhdistuskaasuvirtaus mitataan (annostetaan) ja sen paine alennetaan aukon 30 kautta, mistä se johtojen 29 ja 25 kautta kulkee astiaan 11 ulostulosta 5 ja pyyhkii desorboidun vesihöyryn ulos astiasta 11 sisäänmenon 3 kautta ja ohi johdon 36 ulosvirtausventtiilin 35 ulospäästöjohtoon 37 ja äänenvaimentimeen 38, mistä se päästetään ulkoilmaan. Kun kaikki vesi on ajettu ulos astiasta 11, heijastuu suuri suhteellinen osuus mikro-altoenergiasta takaisin aaltojohteen 51 kautta kohti mikroaaltogeneraattoria 40. Sisäänmeno- ja ulostulosihdit 6 estävät energiaa poistumasta mihinkään muuhun suuntaan ja monitorissa 41 tunnetaan heijastuneen energian suuri suhteellinen määrä ja tämä pysäyttää mikroaaltogeneraattorin 40. Korkean lämpötilan kytkin 53 toimii varalaitteena mikroaaltogeneraattorin pysäyttämiseksi monitorin vikatoiminnan mahdollisesti tapahtuessa.

Kun ennaltamäärätty jakson aika on kulunut, aktivoidaan sähkökytkin, joka ensin sulkee venttiilin 35 ja sallii astian 11 uudelleenpaineistamisen. Ennaltamäärätyn ajan kuluttua, joka on riittävä astian 11 uudelleenpaineistamiseen, käynnistetään moottori kääntämään nelitiekytkinventtiili 21 180° tulokaasuvirtauksen kääntämiseksi

johtoon 23 ja toisen astian 11 huippuun kuivatusjaksoksi samalla, kun samanaikaisesti venttiilit 27 ja 35 suljetaan ja venttiili 28 avataan. Nyt avataan venttiili 34 astian 10 paineen päästämiseksi ja puhdistusjärjestelmän avaamiseksi ulkoilmaan. Puhdistusvirtaus kulkee nyt läpi johdon 29, aukon 30 ja johdon 24 astian 10 pohjalle 4, joka astia nyt on regenerointijaksossa. Sinä ajankohtana, kun venttiili 21 avataan, käynnistetään mikroaaltogeneraattori 40 ja kehitetty mikroaaltoenergia suunnataan eteenpäin/heijastus monitorin 41 ja eristimen 42 kautta kytkinlaitteeseen 43, joka nyt suuntaa mikroaaltoenergian astiaan 10 mikroaaltojohteen 44, mikroaaltovirittimen 46, paineikkunan 48 ja siirtymäosan 50 kautta sorbenttipatjaan 9. Mikroaaltoabsorbentti, grafiitti, absorboi mikroaaltoenergian ja siirtää sen astian 10 sikkatiiviin 9 sorboituun vapaaseen veteen. Puhdistuskaasu, joka etenee aukon 30, johtojen 20 ja 24 kautta astian 10 pohjalle, pyyhkii desorboidun vesihöyryn ulos astiasta 10 sisäänmenon 2, ulosvirtausventtiilin 34, johtojen 36 ja 37 sekä äänenvaimentimen 38 kautta ulkoilmaan.

Kun kaikki vesi on ajettu ulos astiasta 10, heijastuu suuri suhteellinen osa energiasta takaisin aaltojohteen kautta kohti mikroaaltogeneraattoria. Sisäänmeno- ja ulostulosihdit 6 estävät energiaa poistumasta muuhun suuntaan. Monitori 41 tuntee heijastuneen energian suuren suhteellisen osuuden ja automaattisesti pysäyttää generaattorin toiminnan. Korkean lämpötilan kytkin 52 toimii varalaitteena generaattorin toiminnan pysäyttämiseksi siinä tapauksessa, että monitori toimii virheellisesti. Sitten vaihtokytketään venttiilit 21, 27, 28, 34 ja 35 jälleen ennaltamäärätyn kuivatusjakson loppussa ja toimintajakso toistetaan.

Aina kun astia 10 tai 11 on regenerointijaksossa, aktivoidaan mikroaaltogeneraattori 40 ja sikkatiivipatja desorboidaan samalla, kun se saatetaan puhdistavan virtauksen vaikutuksen alaiseksi ajaksi, joka on tarpeen sikkatiivin täydelliseen regeneraatioon. Tämä aika voi olla huomattavasti lyhyempi kuin kuivatusjakson aika, mitä luonnollisesti ei määrää kiinteän pituinen aikajakso, vaan patjassa olevan kaasun kosteustaso, kuten edellä jo mainittiin, minkä jälkeen mikroaaltogeneraattorin toiminta katkaistaan.

Puhdistavan kaasun virtausta jatketaan vain niin pitkän ajan, joka on riittävä jäädyttämään sikkatiivipatja huoneen lämpötilaan,

missä lämpötilassa adsorptio on tehokkaampaa ja sitten myös tämä virtaus katkaistaan sulkemalla puhdistavan virtauksen ulosvirtausventtiilit 34 ja 35, uudelleenpaineistetaan kulutettu patja ja valmistellaan se seuraavaa jaksoa varten. Normaalisti on aika puolesta tunnista yhteen tuntiin riittävä aikaansaamaan kulutetun patjan täydellinen regeneraatio ja aika puolesta tunnista yhteen tuntiin on riittävä jäädyttämään sen. Voidaan kuitenkin luonnollisesti käyttää muun pituisia aikoja riippuen käytettävästä sikkatiivista.

Kuviossa 2 esitetty yksiastiainen kuivatin koostuu yhdestä astiankuoresta 60, jonka sisällä sijaitsee keskeinen sulku 61, joka jakaa astian kahteen kammioon 62 ja 63, joissa kummassakin on toisessa päässä sisäänmeno 64 ja 65 ja toisessa päässä ulostulo 66 ja 67. Kummankin sisäänmenon ja ulostulon poikki on ruostumatonta terästä oleva tukisihti 66, joka on tehty lankaverkosta tai rei'itetyistä teräslevyistä ja jonka tarkoituksena on pitää sikkatiivioset astiassa ja estää mikroaaltoenergian siirtyminen ylävirtaan tai alavirtaan.

Kammiot on täytetty sikkatiivillä 68, kuten esimerkiksi aktiivoidulla alumiinioksidilla. Sikkatiiviosasiin on sekoitettu grafiittia 0,05 paino-%.

Kammiot 62, 63 on yhdistetty toisiinsa johtojärjestelmällä kuivattavan tulokaasun johtamiseksi jommankumman patjan sisäänmenoon ja kuivatun kaasun poisjohtamiseksi jommankumman patjan ulostulosta, johdoilla, jotka suuntaavat puhdistusvirtauksen poistokaasuvirtauksesta jommankumman patjan huippuun regenerointia varten ja päästävät tämän virtauksen ulkoilmaan sen jälkeen, kun se on jättänyt kunkin patjan pohjan. Tämä järjestelmä koostuu kostean kaasun syöttöjohdosta 80, joka johtaa kostean kaasun nelitie-kytkentäventtiiliin 81 ja sitten joko johdon 82 tai 83 kautta kammioiden 62 ja 63 huippuun. Samanlaiset johtoyhdisteet 84 ja 85 ulottuvat kammioiden ulostulojen välin poikki. Virtaus pitkin näitä johtoja ulostulojohtoon 86 säädetään kytkentäventtiileillä 87 ja 88. Toinen johto 89 johtaa johtojen 84 ja 85 liitäntäkohdasta puhdistuskaasun mittausventtiiliin 90, joka säättää kuivan kaasun poistovirtauksesta otetun puhdistusvirtauksen määrää kuivatuspatjan regeneroimiseksi regenerointijakson aikana. Johto 89 johtaa puhdistusvirtauksen paineenalennusaukon 72 kautta yhteen johdoista 73, 74 ja kuristusventtiileistä (takaisku-)

75 ja 76 ulostuloihin 66 ja 67 kammioista 62 ja 63. Puhdistuskaasun ulosvirtausjohto 92 johtaa nelitievventtiilistä 81 ohi puhdistuskaasun ulosvirtausventtiiliin 91 puhdistuskaasun päästämiseksi ulkoilmaan.

Astian 60 alaosassa sijaitsee mikroaaltoenergiaa kehittävä järjestelmä, joka koostuu mikroaaltogeneraattorista 100, josta mikroaaltoenergia suunnataan eteenpäin/heijastus monitorin 101 ja eristimen 102 kautta kytkentälaitteeseen 103. Kytkentälaitte suuntaa mikroaaltoenergian virrattomaan kammioon, joko kammioon 62 tai 63, mikroaaltojohteiden 104, 105, mikroaaltovirittimien 106, 107, paineikkunoiden 108, 109 ja siirtymäosien 110, 111 kautta. Mikroaaltoenergian absorboi mikroaaltoabsorbentti, grafiitti, joka siirtää sen sikkatiiviin sorboituun vapaaseen veteen ja vesi huuhdotaan pois vesihöyrynä puhdistuskaasulla ohi puhdistuskaasun poistoventtiiliin 91, mistä se päästetään ulkoilmaan. Sisäänmeno- ja ulostulosihdit 68 estävät energiaa poistumasta paitsi taaksepäin aaltojohteiden kautta kohti mikroaaltogeneraattoria. Eteenpäin/heijastus monitori 101 tuntee kammioista heijastuneen energian suuren suhteellisen määrän, kun kaikki vesi on ajettu ulos ja sulkee tällöin mikroaaltogeneraattorin 100. Korkean lämpötilan kytkimet 112, 113 toimivat varalaitteina generaattorin 100 toiminnan lopettamiseksi monitorin virhetoiminnan tapahtuessa.

Jos kammio 62 on kuivatusjaksossa ja kammio 63 regenerointijaksossa, on kuivattimen toiminta seuraava: märkä kaasu johtopaineessa 25-350 psig, joka tulee johdon 80 kautta, suunnataan venttiilillä 81 johtoon 82 ja kammioon 62 ja kulkee tässä kammiossa alaspäin kerroksen 78 lävitse ulostuloon, mistä se johdon 84 kautta johdetaan ohi avoimen venttiiliin 87 ulosvirtausjohtoon 86. Venttiilit 88 ja 75 ovat suljettuina estäen virtauksen johtoihin 85 ja 73. Osa ulostulovirtauksesta, säädettynä puhdistusvirtausventtiilillä 90, johdetaan sitten johdon 89, aukon 72 kautta, missä sen paine alennetaan ulko ilman paineeksi, johtuen avoimesta puhdistusvirtausventtiilistä 90, johtoon 74, ohi avoimen venttiiliin 76 (venttiili 75 on suljettu, estäen virtauksen johtoon 73) toisen kammion 63 pohjalle, joka kammio on regenerointivaiheessa ja puhdistuskaasu kulkee täältä ylöspäin läpi patjan sisäänmenoon 65 ja täältä johdon 83 kautta nelitievventtiiliin 81 ja päästetään ulkoilmaan puhdistuskaasun ulosvirtausjohdon 92 ja venttiiliin 91 kautta.

Samalla, kun edellä kuvattua tapahtuu, tuotetaan mikroaalto-energiaa mikroaaltogeneraattorilla 100 ja tämä energia suunnataan eteenpäin/heijastus monitorin 101 ja eristimen 102 kautta kytkentälaitteeseen 103, missä mikroaaltoenergia suunnataan kammioon 63 mikroaaltojohteen 105, mikroaaltovirittimen 107, paineikkunan 109 ja siirtymosan 111 kautta. Mikroaaltoenergian absorboi mikroaaltoabsorbentti, grafiitti, joka siirtää sen sikkatiivin pitämään veteen ja vesi tulee ajetuksi ulos vesihöyrynä.

Puhdistuskaasuvirtaus mitataan (annostetaan) venttiilin 70 lävitse ja sen paine alennetaan aukon 72 lävitse, mistä se johtojen 89, 74 kautta johdetaan kammioon 63 ulostulosta 67, pyyhkii desorboidun vesihöyryn pois kammioista 63 ja kulkee ulosvirtausjohdon 92, ulosvirtausventtiilin 91 ja äänenvaimentimen 98 kautta ja päästetään ulkoilmaan. Kun kaikki vesi on ajettu ulos kammioista 63, suuri suhteellinen osa mikroaaltoenergiasta heijastuu takaisin aaltojohteen 105 kautta kohti mikroaaltogeneraattoria 100. Sisääntulo- ja ulostulosihdit 68 estävät energiaa poistumasta muihin suuntiin. Monitori 101 tuntee heijastuneen energian suuren suhteellisen osuuden ja katkaisee mikroaaltogeneraattorin 100 toiminnan. Korkean lämpötilan kytkin 113 toimii varmistuksena mikroaaltogeneraattorin toiminnan katkaisemiseksi monitorin virhetoiminnan tapahtuessa.

Kun ennaltamäärätty jakson aika on kulunut, aktivoidaan sähkökytkin, joka ensin sulkee puhdistusvirtauksen ulosvirtausventtiilin 91 kammion 63 uudelleenpaineistamiseksi ja sitten noin 30 sekuntia myöhemmin kääntää nelitiekytkentäventtiiliä 81 180° sisääntulokaasun kääntämiseksi johtoon 83 ja toisen kammion 63 huippuun kuivatusjaksoksi samalla, kun samanaikaisesti venttiilit 87 ja 76 suljetaan ja venttiilit 75, 88 ja 91 avataan. Puhdistusvirtaus kulkee nyt johdon 89, aukon 72 ja johdon 73 kautta ohi venttiilin 75 kammion 62 pohjalle 66, joka viimeksi mainittu kammio nyt on regeneroitijaksossa. Sinä ajankohtana, kun venttiili 81 käännetään, tulee mikroaaltogeneraattori 100 käynnistetyksi ja kehitetty mikroaaltoenergia suunnataan eteenpäin/heijastin monitorin 101 ja eristimen 102 kautta kytkentälaitteeseen 103. Kytkentälaite suuntaa nyt mikroaallot kammioon 62 mikroaaltojohteen 104, mikroaaltovirittimen 106, paineikkunan 108 ja siirtymäosan 110 kautta sorbenttipatjaan 9. Mikroaaltoenergian absorboi mikroaaltoabsorbentti, grafiitti, joka

siirtää sen kammion 62 sikkatiiviin sorboituun vapaaseen veteen ja vesi tulee ajetuksi pois vesihöyrynä. Puhdistuskaasu, joka etenee venttiilin 90, aukon 72, johtojen 89, 73 kautta kammion 62 pohjalle, pyyhkii desorboidun vesihöyryn pois kammiosta johdon 82 ja venttiilin 81 kautta ja täältä ulkoilmaan johdon 91 ja venttiilin 92 kautta.

Kun kaikki vesi on tullut ajetuksi ulos kammiosta 62, heijastuu suuri suhteellinen määrä energiasta takaisin aaltojohteen kautta kohti mikroaaltogeneraattoria. Sisäänmeno- ja ulostulosihdit 68 estävät energiaa poistumasta mihinkään muuhun suuntaan. Monitori 101 tuntee heijastuneen energian suuren suhteellisen määrän ja automaattisesti katkaisee generaattorin 100. Korkean lämpötilan kytkimen 112 tehtävänä on toimia varalaitteena generaattorin katkaisemiseksi monitorin virhetoiminnan tapahtuessa. Ennaltamäärätyn kuivatusajan lopussa vaihtokytketään jälleen venttiilit 81, 87, 88, 75 ja 76 ja toimintajakso toistetaan.

Aina, kun kammio 72 tai 92 on regenerointijaksossa, aktivoidaan mikroaaltogeneraattori 100 ja sikkatiivipatja desorboidaan samalla, kun se saatetaan puhdistavan virtauksen vaikutuksen alaiseksi niin pitkäksi aikaa kuin tarvitaan sikkatiivin täydelliseen regenerointiin. Tämä aika voi olla huomattavasti lyhyempi kuin kuivatusjakson aika, jonka luonnollisesti määrää, ei tietty kiinteä ajanjakso, vaan patjaan johdettavan kaasun kosteustaso, kuten edellä jo mainittiin, minkä jälkeen mikroaaltogeneraattori katkaistaan.

Puhdistavaa kaasuvirtausta jatketaan vain niin pitkän ajan, joka on riittävä jäädyttämään sikkatiivipatjan huoneen lämpötilaan, missä lämpötilassa adsorptio on tehokkaampaa ja sitten myös puhdistava kaasuvirtaus automaattisesti katkaistaan puhdistus-ulosvirtausventtiilin 91 sulkemisella, käytetty patja uudelleenpaineistetaan ja se valmistellaan seuraavaa jaksoa varten. Normaalisti on aika puolesta tunnista yhteen tuntiin riittävä aikaansaamaan käytetyn patjan täydellinen regeneraatio ja aika puolesta tunnista yhteen tuntiin on riittävä patjan jäädyttämiseen. Muita aikapituuksia voidaan luonnollisesti käyttää riippuen käytettävästä sikkatiivista.

Keksinnön mukainen prosessi voidaan toteuttaa käyttämällä mitä tahansa sen tyyppistä sikkatiivia tai sorbenttia, joka on transparenttia mikroaaltoenergialle. Korotetuissa lämpötiloissa 2 000 -

3 000°F ja tämän yli eivät useimmat sikkatiivit tai sorbentit ole transparentteja mikroaaltoenergialle. Matalissa lämpötiloissa, alle 500°F, kaikki ovat transparentteja. Lämpötilojen 500°F ja 2 000°F välillä monet sikkatiivit tai sorbentit menettävät transparenttisuutensa. Tämän johdosta toteutetaan keksinnön mukainen prosessi lämpötilassa, jossa sorbentti tai sikkatiivi on transparenttia ja edullisesti alle 500°F lämpötilassa.

Sikkatiivi tai sorbentti on edullisesti sellaista, jossa on voimakkaasti sidottu hydrataatiovesi, kuten esimerkiksi molekyyliseulat tai alumiinioksidi. Esimerkkejä ovat myös silikageeli, Mobil Sorbeads, magnesiumsulfaatti, kalsiumsulfaatti, seoliitit, sekä luonnolliset että synteettiset, kuten kabasiitit, analsiitti ja synteettiset seoliitit, joita on kuvattu US-patenteissa nro 2 306 610, 2 442 191 ja 2 522 426.

Adsorptio voidaan toteuttaa normaalipaineessa. Koska kuitenkin adsorption nopeus ja määrä kasvaa paineen kasvaessa, on tavallisesti edullista, että prosessi toteutetaan ylipaineessa, yleensä noin 30 - 10 000 psig ylipaineessa. Toiselta puolen regeneraatio etenee tehokkaammin alennetussa paineessa ja täten useimmissa tapauksissa olisi edullista käyttää alennettua painetta toimintajakson tällä osalla. Jos adsorptio toteutetaan ylipaineessa, silloin toteutetaan regeneraatio mukavasti normaalipaineessa tai alipaineessa, esimerkiksi 0,0 - 10 psi, käyttämällä esimerkiksi tyhjäpumppua, vesipumppua tai höyryejektoria.

Virtausnopeus määrätään järjestelmän vaatimusten mukaan. Mitä nopeampi on virtaus, sitä taajempi on jaksotus ja/tai sitä suurempi on tarvittava sikkatiivivolyymi. Virtausnopeudet aina 8 000 scfm saakka ovat helposti toteutettavissa ilman tehokkuuden menetystä useimmilla sikkatiiveilla.

Käytetyn sikkatiivin täydellinen regenerointi toteutetaan keksinnön mukaisesti käyttämällä mikroaaltoenergiaa, jonka mikroaaltoabsorbentti absorboi. Käytetyn energian määrä on riittävä aktivoimaan ja poistamaan olennaisesti kaikki adsorboitu kosteus toiminnan maksimitehokkuuden saavuttamiseksi. Luonnollisesti, jos maksimaalinen tehokkuus ei ole tarpeen, ei regeneraatiota tarvitse toteuttaa niin pitkälle kuin olennaisesti täydelliseen regeneraatioon. Kuitenkin, koska adsorption tehokkuus alenee, kun adsorbentti ottaa

kosteutta, on ilmeisesti toivottavampaa lähes joka tapauksessa regeneroida täydellisesti, mikäli tämä on mahdollista.

On luonnollisesti ymmärrettävä, että sanontaa täydellinen regeneraatio käytetään tässä sen normaalissa merkityksessä. On luonnollisesti mahdotonta koskaan poistaa kaikkea kosteuspitoisuutta adsorbentista myöskään pitkään jatkuvaa mikroaaltoenergian syöttöä käyttämällä.

Kuivattimen koko ja toimintaolosuhteet, jotka tarvitaan tiettyä määrää kaasua varten, on alan ammattimiehen helppo määrätä. Säädeltäviin muuttujiin kuuluvat käytetyn mikroaaltoenergian taajuus ja intensiteetti, sikkatiivin määrä (tilavuus), mikroaaltoabsorbentin tilavuus ja määrä, regenerointijakson ajallinen pituus ja sikkatiivin kosteuspitoisuus, joka saavutetaan kuivatusjakson aikana. Seuraavassa annetaan laskelmaesimerkki.

Olettakaamme, että järjestelmässä on kaksi kammiota, joiden sisähalkaisija on 12 tuumaa ja tehokkaan patjan kokonaispituus 51 tuumaa, mistä tulee 3,34 kuutiojalkaa sikkatiivipatjaa kumpaankin astiaan. Olettakaamme edelleen, että käytetään patjaa aktivoitua alumiinioksidista, jossa on mikroaaltoabsorbenttina grafiittia 1 paino-% sikkatiivin painosta.

Sisäänvirtaus etenee kohti patjan pohjaa läpi alumiinioksidin ja puhdistava vastavirtaus etenee ulosvirtauspäästä alkaen.

On tavallista suunnitella lämmöllä regeneroitu kuivatin perustuen siihen, että tuloilman kokonaiskosteuspitoisuus kuivatusjakson aikana, olettaen kyllästetyn ilman virtaus, on alle 5 paino-% patjassa olevan sikkatiivin painosta. Tämä kriteeri toisin sanottuna oletetaan, että olennaisesti kaikki vesi adsorboidaan tuloilmasta patjan yhdessä kolmanneksessa ja patjan tämän osan keskimääräinen vesipitoisuus on alle 15 paino-%.

Tässä tapauksessa kolmannes patjasta on kolmannes 3,34 kuutiojalasta eli 1,11 kuutiojalkaa. Patjan tämän osan sikkatiivipaino on 54,5 lbs (naulaa) ja koottavan veden paino on 15 % 54,5 naulasta eli 8,2 naulaa.

Laskelmissa on edelleen tavallista olettaa, että ilman maksimaalinen tulolämpötila on 100°F, ellei tarkempia tietoja ole käytettävissä tietyssä sovellutuksessa. Tässä tapauksessa kyllästetty ilma lämpötilassa 100°F sisältää 0,00279 naulaa kosteutta kuutiojalkaa

kohden. Täten yhden tunnin kuivatusjaksossa patja pystyy käsittelemään virtauksen

$$\frac{8,2}{60 \times 0,00279} = 49 \text{ cfm}$$

Jos tulopaine on 100 psig, voi tulovirtausmäärä olla

$$49 \times \frac{114,7}{14,7} = 382 \text{ scfm}$$

Tästä laskelmasta on täten ilmeistä, että tällaisella patjalla on hyvin suuri virtauskapasiteetti.

Puhdistusvirtauksen laskelma tällaiselle patjalla olisi seuraava: yhden tunnin regenerointiajalla, kun sallitaan kaksi minuuttia paineen päästämiseen, neljä minuuttia uudelleen paineistukseen ja neljän minuutin viivästys ennen patjojen vaihtoa, olisi menetetty regeneraatioaika 10 minuuttia koko jakson ajasta 60 minuuttia. Mikroaaltogeneraattori voi toimia paineen päästämisen aikana, niin että tätä aikaa ei menetetä ja todellinen menetetty aika (häviöaika) on vain kahdeksan minuuttia.

Jakson jäljellä olevien 52 minuutin aikana patja kuumennetaan ja sitten jäädytetään. Vain noin puolet ajasta on tehokasta regenerointiin, niin että puhdistusvirtauksen tulee pystyä siirtämään pois 8,2 naulaa kosteutta 26 minuutissa ulostulokaasun lämpötilan ollessa 204°F, olettaen, että kaasu on vain 80 % tehokas ottaessaan kosteutta sikkatiivista ja sen vuoksi sen suhteellinen kosteus on 80 %. Näissä olosuhteissa puhdistuskaasun kukin kuutiojalka sisältää:
 $0,80 \times 0,213 = 0,170$ naulaa kosteutta
 puhdistusvirtauksen tulee siten olla

$$\frac{8,2}{0,170 \times 26} = 1,9 \text{ scfm}$$

Laskettuna sisääntulovirtauksesta 380 scfm on puhdistusvirtaus noin 1/2 % tulovirtauksesta.

Lämpövaatimukset lasketaan seuraavasti:

Sikkatiivin paino patjan kuumennetussa osassa on 64 naulaa.

Sikkatiivin tämän painon kuumentamiseen lämpötilaan 200°F lämpötilasta 100°F tarvittava lämpö on:

$$64 \times 10^5 \times 0,25 = 1\,600 \text{ B.t.u.}$$

Lämpö, joka tarvitaan desorboimaan 8,2 naulaa vettä, on

$$8,2 \times 1\,450 = 11\,890 \text{ B.t.u.}$$

Patja voidaan riittävästi jäähdyttää 26 minuutissa, mikä jättää kuumennusajaksi 26 minuuttia.

Tarpeellinen lämpömäärä puhdistuskaasun lämmittämiseen 100°F:sta 204°F:seen kuumennusjakson aikana on:

$$1,9 \times 0,075 \times 0,25 \times 104 \times 26 = 96 \text{ B.T.u.}$$

Kokonaislämpövaatimus, kun sallitaan noin 5 %:n lämpöhäviä, on silloin 14 265 B.t.u. Jotta tämä lämpömäärä saataisiin 26 minuutissa, tarvitaan kokonaisuudessaan kuumennuskapasiteetti

$$\frac{14\,265}{3\,414} \times \frac{60}{26} = 9,64 \text{ kilowattia.}$$

Jos koko patja kuumennettaisiin lämpötilaan 300°F, kuten tavomaisessa yksikössä ja pidettäisiin aikajaksotus edellisenä, olisi lämpömäärä, joka tarvitaan koko sikkatiivipatjan (192 naulaa) kuumentamiseen lämpötilasta 100°F lämpötilaan 300°F, 9 600 B.t.u. Tätä lämpömäärää ei pystyittäisi siirtämään pois 26 minuutissa 1,9 scfm:llä puhdistuskaasua, joten puhdistusvirtaus olisi nostettava määrään noin 60 scfm. Kuumennusaika on 26 minuuttia ja lämpömääräksi, joka tarvitaan puhdistuskaasun kuumentamiseen, tulee

$$60 \times 0,075 \times 0,25 \times 200 \times 26 = 5\,850 \text{ B.t.u.}$$

Kokonaislämpövaatimus, kun oletetaan 10 % lämpöhäviö johtuen korkeammasta lämpötilasta, on nyt noin 30 100 B.t.u., eli lisäys on 111%. Lisäksi tulisi kuumentimilla nyt olla kuumennuskapasiteetti

$$\frac{30\,100}{3\,414} \times \frac{60}{26} = 20,4 \text{ kilowattia}$$

eli lisäys 111 %.

Nämä suuremmat kuumentimet lisäävät suuresti valmistuskustannuksia ja regenerointiin tarvittava lisäteho lisää suuresti käyttö-kustannuksia.

On luonnollisesti mahdollista varustaa täysin kuumennettava kuivatin, joka sisältää 192 naulaa sikkatiivia kummassakin astiassa, pienemmillä kuumentimilla, esimerkiksi 10,4 kilowatin kuumentimilla. Näissä olosuhteissa täytyy jakson aikaa pidentää pitemmän kuumennus- ja jäähdytysajan aikaansaamiseksi ja tulovirtausta pitäisi pienentää vastaavasti, jotta vältettäisiin patjan ylikyllästymisen. Täten samankokoinen kuivatin käytettynä kahden tunnin kuivatusjaksolla voisi käyttää 10,4 kilowatin kuumentimia, mutta sen virtaus olisi vain 190 scfm, eli kapasiteetin pieneminen olisi 50 %.

Keksinnön mukaisia kuivattimia voidaan käyttää kuivattamaan kaiken tyyppisiä kaasuja, kuten kuivattamaan pieniä puristetun kaasun virtauksia instrumentti-ilmassa, inerttiä kaasua ja puhdistusjärjestelminä kuivattamaan suhteellisen suuria määriä puristettua ilmaa tai kaasua teollisiin ja laboratoriotarkoituksiin ja myös suhteellisen suurikapasiteettisina tuottamaan ilmaa tai kaasuja, joilla on nollan alapuolella olevat kastepisteet.

Tarvittavan sikkatiivipatjan tilavuus on riittävä aikaansaamaan patjan kuumennetulle osalle kapasiteetti, joka tarvitaan normaalia toimintaa varten. On myös varustettava riittävä reservipatjatilavuus ilman kuumennusyksiköitä mahdollisia poikkeuksellisia vaatimuksia varten, jotka voivat johtua laitteiston hetkellisestä ylikuormituksesta seurauksena syöttökaasun epätavallisen korkeasta kosteuspitoisuudesta taikka seurauksena kaasun syöttämisestä suuremmalla virtausnopeudella.

Keksinnön mukaiset kuivatusjärjestelmät voivat sisältää kosteusindikaattoreita ja eri tyyppisiä kosteuden valvontajärjestelmiä ulosvirtauksen mittaamiseksi ja jaksotuksen säätelämiseksi käytettyjen ja regeneroitujen patjojen kesken. Laitteisto voi olla varustettu sikkatiivin poispäästämis- ja täyttöaukoilla ja ulostulosuodattimia voidaan käyttää estämään sikkatiiviosasten kuljetusta patjasta järjestelmän muihin osiin.

Toiminnassa keksinnön mukaiset kuivattimet tuottavat pienen kosteuspitoisuuden omaavaa kaasua huomattavasti pienemmin käyttökustannuksin kuin tavanomaiset lämmöllä uudelleenaktivoidut kuivattimet. Kuumennuskapasiteetin pienentäminen pienentää myös aikaa, joka tarvitaan patjan jäähdyttämiseen ja myös puhdistuskaasuvaatimuksia voidaan alentaa verrattuna tavanomaiseen kuivattimeen.

Vaikka keksintöä edellä on kuvattu pääasiallisesti korostaen sikkiiivikuivatinta ja prosessia kaasujen kuivattamiseksi, on alan ammattimiehille ilmeistä, että tätä laitteistoa, sopivasti valiten adsorbenttin, voidaan käyttää yhden tai useamman polaarisen kaasumaisen komponentin adsorptioon sen seoksista muiden polaaristen ja/tai ei-polaaristen kaasujen kanssa. Tällaisessa tapauksessa adsorboitu polaarinen komponentti voidaan myös poistaa sorbentista käyttämällä mikroaaltoenergiaa ja optionaalisesti lisäksi paineen alentamista regeneraation aikana. Täten prosessia voidaan käyttää kosteuden ja/tai otsonin ja/tai hiilidioksidin tai hiilimonoksidin erottamiseen kiviöljyhiilivetyvirtauksista ja muista kaasuseoksista, jotka sisältävät näitä, kosteuden ja/tai otsonin ja/tai hiilidioksidin tai hiilimonoksidin erottamiseen tyydytetyistä hiilivedyistä ja senkaltaisiin tarkoituksiin. Alan ammattimiehille ovat tunnettuja sorbentit, joita voidaan käyttää tähän tarkoitukseen.

Monissa tapauksissa sorbentteja, jotka ovat käyttökelpoisia kosteuden poistamiseen ilmasta, voidaan myös edullisesti käyttää adsorboimaan yhtä tai useampaa polaarista kaasukomponenttia näiden seoksesta, kuten aktivoitua hiiltä, lasivillaa, adsorbenttia puuvillaa, metallioksideja ja savia, kuten attapulgiittia ja bentoniittia, kuohusavea, luuhiiltä ja luonnollisia ja synteettisiä seoliitteja. Seoliitin selektiivisyys on riippuvainen aineen huokoskoosta. Käytettävissä oleva kirjallisuus esittää käytettävissä olevien seoliittien selektiivisen adsorptiokyvyn, niin että aineen valitseminen tiettyyn tarkoitukseen on varsin yksinkertaista eikä muodosta mitään osaa esillä olevasta keksinnöstä.

Joissakin tapauksissa adsorbenttia voidaan käyttää erottamaan useita aineita yhdessä läpikulussa. Aktivoitu alumiinioksidi esimerkiksi adsorboi polaarisia kaasuja, kuten vesihöyryä, hiilidioksidia ja etanolihöyryä toisin kuin Mobil Sorbeads, joka adsorboi vain vesihöyryä sellaisessa seoksessa.

Tähän tarkoitukseen käytetty laitteisto on sama kuin mitä selitettiin kuvioihin 1 ja 2 liittyen ja myös prosessi on sellainen kuin selitettiin, sopivasti modifioimalla erotettavien komponenttien suhteiden mukaan käyttöpainetta ja lämpötilaa sekä käytettävissä olevan sorbentin tilavuutta.

On kuitenkin ymmärrettävä, että prosessi on erityisesti sovellettavissa kaasujen kuivattamiseen ja että tämä on keksinnön edullinen suoritusmuoto.

Käsityksemme mukaan edustaa seuraava esimerkki kuivatusjärjestelmän toiminnan edullista keksinnön mukaista menetelmää.

Esimerkki 1

Kaksipatjaista mikroaaltoenergialla uudelleen aktivoitavaa kuivatinta, joka on kuviossa 1 kuvattua tyyppiä, jossa on kaksi 48 tuuman pituista sikkatiivipatjaa, jotka sisälsivät 150 naulaa aktivoitua alumiinioksidia ja 1 % grafiittia, käytettiin kuivattamaan atmosfääristä ilmaa, jonka suhteellinen kosteus oli 90-100 % lämpötilassa 100-70°F 90 psig tulopaineella. Ilman virtauksen pinnanopeus oli 47 kuutiojalkaa minuutissa ja sisäänvirtaus oli 380 scfm ja kuivatusjakson pituus oli yksi tunti, josta kaksi minuuttia paineen päästämiseen, neljä minuuttia uudelleen paineistukseen ja neljän minuutin viivästys vaihtoon patjojen välillä. Mikroaaltogeneraattori on toiminnassa paineen päästämisen aikana ja regeneraation aikana on ulostulevan puhdistuskaasun lämpötila 204°F ja suhteellinen kosteus 80 %. Puhdistusvirtaus on 1,9 scfm, regeneraatioaika 26 minuuttia ja jäähdytysaika 26 minuuttia.

Jokaisessa ajossa oli mikroaaltogeneraatiojärjestelmä olennaisesti täysin regeneroinut patjan sinä ajankohtana, kun jakso päätettiin ulosvirtauskaasun varmallalla kosteustasolla. On myös mahdollista säätää jakson pituutta sen sovittamiseksi vaihteluihin tulo-kaasun kosteustasossa ja täten on mahdollista säästää sikkatiivin elinikää vähentämällä huomattavasti regenerointien lukumäärää merkittävästi vaikuttamatta regeneroinnin täydellisyyteen.

Patenttivaatimukset:

1. Menetelmä ensimmäisen kaasun poistamiseksi sen seoksesta toisen kaasun kanssa saattamalla kaasuseos jatkuvasti virtaamaan läpi sorbenttipatjan, jolla on preferenssiaffiniteetti ensimmäiselle kaasulle, jossa menetelmässä kaasuseos johdetaan kosketuksessa ensimmäiseen sorbenttipatjaan tämän patjan yhdestä päästä toiseen päähän; sorboidaan ensimmäinen kaasu tähän patjaan ja kun ensimmäisen kaasun sorptio jatkuu, muodostetaan ensimmäisen kaasun konsentraatiografientti ensimmäiseen patjaan, joka konsentraatio progressiivisesti alenee patjan yhdestä päästä toiseen ollen olennaisesti suhteellinen ensimmäisen patjan sorbenttikapasiteettiin patjan yhdessä päässä ja alle 20 % sen sorbenttikapasiteetista toisessa päässä, niin että tuotetaan kaasumainen ulosvirtaus, jossa ensimmäisen kaasun konsentraatio on alle ennalta määrätyn maksimin; poistetaan toiseen sorbenttipatjaan sorboitu ensimmäinen kaasu johtamalla puhdistava virtaus ulosvirtauskaasusta kosketuksessa sorbenttiin, keskeytetään puhdistusvirtaus ja sitten uudelleen aloitetaan kaasuseoksen johtaminen kosketuksessa sorbenttipatjaan, t u n n e t t u siitä, että yhdistetään sorbenttiin mikroaaltoabsorbenttia, joka pystyy absorboimaan mikroaaltoenergiaa riittävän määrän aktivoimaan ja desorboimaan sorboitu ensimmäinen kaasu sorbentilta ja sitten desorboidaan ensimmäinen kaasu käyttämällä puhdistusvirtauksen aikana mikroaaltoenergiaa, jonka taajuus on alueella noin 0,03 - 3 000 gigahertsiä, lämpötilassa, jossa sorbentti on transparenttia mikroaaltoenergialle, jolloin mikroaaltoenergian ensi sijaisesti absorboi mikroaaltoabsorbentti, ja sitten sillä aktivoidaan sorbentille sorboitu ensimmäinen kaasu ja siten desorboidaan tämä kaasu ja pysäytetään mikroaaltoenergian käyttäminen, kun ensimmäisen kaasun desorptio on olennaisesti täydellinen ja ennen kuin sorbentin hydrataatiovesi tulee poistetuksi.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mikroaaltoenergiaa käytetään alle noin 500^oF lämpötilassa.

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että sorbenttina on sikkatiivi.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että sorboitu aine on vesi.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että sorbenttina on molekyyliseula.

6. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että sorbenttina on alumiinioksidi.

7. Patenttivaatimuksen 4 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että sorbenttina on silikageeli.

8. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mikroaaltoabsorbenttina on grafiitti.

9. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että puhdistuskaasu on ulosvirtauskaasun lämpötilassa
eikä sitä ole lämmitetty.

10. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mikroaaltoabsorbentti on sekoitettu sorbentin kans-
sa.

11. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mikroaaltoabsorbentti on päällystetty sorbentille.

12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mikroaaltoabsorbentti on adsorboitu sorbentille.

13. Menetelmä ensimmäisen kaasun konsentraation alentamiseksi sen seoksessa toisen kaasun kanssa alle sen rajoittavan maksimikonsentraation toisessa, kaasussa, t u n n e t t u siitä, että johdetaan seos kosketuksessa sorbenttipatjaan tämän patjan yhdestä päästä sen toiseen päähän, jonka patjan sorbentilla on preferentiaallinen affiniteetti ensimmäiseen kaasuun ja joka sisältää mikroaaltoabsorbenttia; adsorboidaan ensimmäinen kaasu sorbentille sellaisen kaasumaisen ulosvirtauksen muodostamiseksi, jossa ensimmäisen kaasun konsentraatio on alle mainitun maksimin ja kun adsorptio jatkuu, muodostuu ensimmäisen kaasun konsentraatiogradientti patjaan, joka konsentraatio progressiivisesti alenee patjan yhdestä päästä toiseen ja ensimmäisen kaasun kasvava konsentraatio toisessa kaasussa määrittää konsentraatorintaman, joka progressiivisesti etenee patjassa yhdestä päästä toiseen, kun patjan sorbenttikapasiteetti alenee, keskeytetään kaasuseoksen johtaminen kosketuksessa patjaan ennen kuin rintama voi jättää patjan ja ensimmäisen kaasun rajoittava maksimikonsentraati toisessa kaasussa voi tulla ylitetyksi; ja sitten de-

sorboidaan sorbenttipatjaan adsorboitu ensimmäinen kaasu käyttämällä mikroaaltoenergiaa, jonka taajuus on alueella noin 0,03 - 3 000 gigahertsiä lämpötilassa, jossa mikroaaltoabsorbentti absorboi mainittua energiaa ja aktivoi ja siten desorboi sorbenttipatjaan adsorboidun ensimmäisen kaasun, samalla kun johdetaan patjan lävitse puhdistuskaasuvirtaus huuhtomaan desorboitu ensimmäinen kaasu patjasta.

14. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että mikroaaltoenergian käyttäminen tapahtuu lämpötilassa alle noin 500°F.

15. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että puhdistuskaasuna on kaasumainen ulosvirtaus adsorptiossa.

16. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että desorptio tapahtuu alemmassa kaasun paineessa kuin adsorptio.

17. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että desorption kesto aika on lyhyempi kuin sorption ja että mikroaaltoenergian käyttäminen keskeytetään, kun desorptio on olennaisesti täydellinen.

18. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että käytetään vähintään kahta sorbenttipatjaa ja adsorptiota toteutetaan yhdessä sorbenttipatjassa samalla, kun toista sorbenttipatjaa desorboidaan, niin että adsorptio on jatkuvaa ja käynnissä aina ainakin yhdessä sorbenttipatjassa.

19. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että ensimmäisenä kaasuna on vesihöyry.

20. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että sorbenttina on silikageeli.

21. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että mikroaaltoabsorbenttina on grafiitti.

22. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että puhdistuskaasuvirtauksena on ulosvirtauskaasu patjasta, joka sorboi ensimmäistä kaasua.

23. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n n e t - t u siitä, että sorboitu ensimmäinen kaasu poistetaan alemmassa paineessa kuin mitä käytetään adsorptiossa.

24. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että mikroaaltoabsorbentti on sekoitettu sorbent-
tiin.

25. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että mikroaaltoabsorbentti on päällystetty sor-
bentille.

26. Patenttivaatimuksen 13 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että mikroaaltoabsorbentti on adsorboitu sorbent-
tiin.

27. Laitteisto ensimmäisen kaasun konsentraation alentami-
seksi sen seoksessa toisen kaasun kanssa alle sen rajoittavan maksi-
mikonsentraation, t u n n e t t u siitä, että laitteistoon yhdis-
telmän kuuluu sorbenttipatja, jonka sorbentilla on preferentiaali-
nen affiniteetti ensimmäiseen kaasuun ja joka sisältää mikroaalto-
absorbenttia; sisäänmenojohto sisäänvirtauskaasun syöttämiseksi pat-
jan sisääntulopäähän; ulostulojohto ulostulovirtauksen johtamiseksi
patjan ulostulopäästä; välineet, joilla sorbenttipatjaan syötetään
mikroaaltoenergiaa, jonka taajuus on alueella noin 0,03 - 3 000
gigahertsiä, ensimmäisen kaasun desorboimiseksi patjasta adsorp-
tiojakson loputtua; ja välineet huuhtelevan puhdistusvirtauksen syöt-
tämiseksi mikroaaltoenergian käyttämisen aikana desorboidun ensim-
mäisen kaasun poistamiseksi patjasta.

28. Patenttivaatimuksen 27 mukainen laitteisto, t u n -
n e t t u siitä, että siihen kuuluu vähintään kaksi sorbenttipat-
jaa, jotka sijaitsevat erillisissä kammioissa ja ovat yhdistetyt
johtoihin kuivattavan tulokaasun vastaanottamiseksi ja ulosvirtaus-
kaasun poisjohtamiseksi; ja ainakin yksi venttiili tulokaasuvirtauk-
sen jaksottamiseksi yhteen patjaan kerrallaan ja ulosvirtauskaasun
vastaanottamiseksi yhdestä patjasta kerrallaan.

29. Patenttivaatimuksen 28 mukainen laitteisto, t u n -
n e t t u siitä, että siihen kuuluu paineenalennusventtiili paineen
alentamiseksi desorption aikana.

30. Patenttivaatimuksen 28 mukainen laitteisto, t u n -
n e t t u siitä, että siihen kuuluu venttiili osan kuivasta ulos-
virtauskaasusta kääntämiseksi virtaamaan puhdistuskaasuna desorboi-
tavan patjan lävitse.

21. Patenttivaatimuksen 28 mukainen laitteisto, t u n -
n e t t u siitä, että siihen kuuluu venttiili osan kuivasta ulos-
virtauskaasusta kääntämiseksi puhdistuskaasuna virtaamaan vastavir-
taan desorboitavan patjan lävitse.

32. Patenttivaatimuksen 27 mukainen laitteisto, t u n -
n e t t u siitä, että mikroaaltogeneraattori mikroaaltoenergian
lähteenä sisältää magnetroniputken.

33. Patenttivaatimuksen 27 mukainen laitteisto, t u n -
n e t t u siitä, että mikroaaltogeneraattori mikroaaltoenergian
lähteenä sisältää amplitroniputken.

Patentkrav:

1. Förfarande för avlägsnande av en första gas från en blandning därav med en andra gas genom strömmande av gasblandningen kontinuerligt genom en adsorberande bädd med en preferentiell affinitet för första gasen, vilket inkluderar stegen för ledande av gasblandningen i kontakt med och från ena ändan till andra ändan av en första bädd av adsorbentmedlet; adsorberande av gas på denna och, medan adsorptionen av första gasen fortskrider, bildande av en koncentrationsgradient av första gas i första bädden, vilken gradient progressivt avtager från ena ändan till andra ändan av bädden från en väsentlig proportion av första adsorbentkapaciteten för gasen i ena ändan till mindre än 20 % av kapaciteten i andra ändan så att det alstras ett gasutflöde, som har en koncentration av första gasen som understiger ett i förväg bestämt maximum; avlägsnande av första gas som adsorberats på andra adsorbenta bädden genom ledande av en renande ström av utflödesgas i kontakt med adsorbenta bädden, avbrytande av reningsströmmen och sedan återigen ledande av gasblandning i kontakt med adsorbenta bädden, k ä n n e t e c k n a t därav, att med adsorbentmedlet kombineras ett mikrovåg-absorbentmedel som är kapabelt att absorbera mikrovågenergi i en mängd som är tillräcklig att aktivera och desorbera adsorberad första gas från adsorbentmedlet, och sedan desorberas första gas genom att under reningsflödet anbringas mikrovågenergi med en frekvens i området från ca. 0,03 till ca. 3 000 giga-Hertz vid en temperatur, vid vilken adsorbentmedlet är genomträngbart för mikrovågenergi, varvid mikrovågenergin preferentiellt absorberas av mikrovåg-absorbentmedlet och sedan aktiverar första gas som adsorberats på adsorbentmedlet och därvid desorberar första gas, varefter anbringandet av mikrovågenergi avbryts då desorptionen av första gas är väsentligen total och före adsorbentmedlets hydrationsvatten avlägsnas.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att anbringandet av mikrovågenergi sker vid en temperatur som understiger ca. 500°F.

3. Förfarande enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att adsorbentmedlet är ett torkmedel.

4. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att adsorberade materialet är vatten.

5. Förfarande enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att adsorbentmedlet är en molekylär sil.

6. Förfarande enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att adsorbentmedlet är aluminiumoxid.

7. Förfarande enligt patentkravet 4, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att adsorbentmedlet är silicagel.

8. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att mikrovågabsorbentmedlet är grafit.

9. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att reningsgasen är vid utflödesgastemperatur och
uppvärms ej.

10. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att mikrovåg-absorbentmedlet blandas med adsorbent-
medlet.

11. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att mikrovåg-absorbentmedlet anbringats på adsorbent-
medlet som överdrag.

12. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att mikrovågabsorbentmedlet adsorberats på adsorbent-
medlet.

13. Förfarande för reducering av koncentrationen hos en
första gas i en blandning därav med en andra gas till under en
maximal gränskoncentration i andra gasen, k ä n n e t e c k n a t
därav, att man leder blandningen i kontakt med och från ena ändan
till andra ändan av en bädd som innehåller ett adsorbentmedel med
preferentiell affinitet för första gasen och som även omfattar ett
mikrovåg-absorbentmedel; adsorberar första gas på adsorbentmedlet
för bildande av ett gasutflöde med en koncentration av första gasen
under ett maximum, och medan adsorptionen fortgår, bildar en kon-
centrationsgradient av första gas på bädden, vilken gradient prog-
ressivt avtager från ena ändan till andra ändan, och en ökande
koncentration av första gas i andra gasen definierar en koncentra-
tionsfron som progressivt går framåt i bädden från ena ändan till
den andra medan adsorbentkapaciteten för densamma avtager; avbryter
ledandet av gasblandning i kontakt med bädden före fronten kan lämna

bädden och begränsande maximikoncentrationen av första gas i andra gasen kan överskridas; och sedan desorberar den på adsorbentbädden adsorberade första gasen genom anbringande av mikrovågenergi med en frekvens inom området ca. 0,03 - 3 000 giga-Hertz vid en temperatur, vid vilken mikrovågabsorbentmedlet absorberar sådan energi och aktiverar och därigenom desorberar första gas som adsorberats på adsorbentbädden medan en reningsgasström leds igenom för sköljande av desorberad första gas från bädden.

14. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att anbringandet av mikrovågenergi sker vid en temperatur under ca. 500°F.

15. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att reningsgasen är gasutflöde från adsorptionen.

16. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att desorptionen sker vid ett gastryck som är lägre än vid adsorptionen.

17. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att desorptionen varar kortare tid än adsorptionen, och att anbringandet av mikrovågenergi upphör då desorptionen är väsentligen total.

18. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att åtminstone två adsorbenta bäddar använde, och att adsorptionen utföres i ena adsorbentbädden då den andra desorberas, varigenom adsorptionen är kontinuerlig och alltid pågår i åtminstone någondera adsorbentbädden.

19. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att första gasen är vattenånga.

20. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att adsorbentmedlet är silicagel.

21. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att mikrovåg-adsorbentmedlet är grafit.

22. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att reningsflödet är utflödesgas från bädden som adsorberar första gasen.

23. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k - n a t därav, att adsorberad första gas avlägsnas vid reducerat tryck i förhållande till trycket vid adsorptionen.

24. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att mikrovåg-absorbentmedlet blandats med adsorbent-
medlet.

25. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att mikrovåg-absorbentmedlet anbringats på adsorbent-
medlet som överdrag.

26. Förfarande enligt patentkravet 13, k ä n n e t e c k -
n a t därav, att mikrovåg-absorbentmedlet adsorberats på adsorbent-
medlet.

27. Apparat för reducering av koncentrationen av första gas
i en blandning därav med en andra gas till en begränsande maximi-
koncentration, k ä n n e t e c k n a d därav, att den i kombina-
tion omfattar en bädd av adsorbentmedel som har preferentiell affini-
tet för första gasen och innehåller mikrovåg-absorbentmedel; en
inloppslinje för leverans av inkommande gas vid en inloppsända av
bädden; och en utloppslinje för leverans av utflödesgas från en ut-
loppsända i bädden; medel för anbringande av mikrovågenergi med en
frekvens i området från ca. 0,03 - 3 000 giga-Hertz på adsorbent-
bädden för desorbering av första gas från bädden vid slutet av en
adsorptionscykel; och medel för matande av en sköljande ström av
reningsgas under anbringandet av mikrovågenergi för avlägsnande av
desorberad första gas från bädden.

28. Apparat enligt patentkravet 27, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att den omfattar åtminstone två adsorbenta bäddar,
vilka placerats i separata kamrar och förenats med linjerna för
mottagning av inkommande gas som skall torkas, och för leverans av
utflödesgas; och åtminstone en ventil för ledande av inkommande gas-
strömmen till en bädd i gången och för mottagande av utflödesgas-
ström från en bädd i gången.

29. Apparat enligt patentkravet 28, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att den omfattar en tryckreduceringsventil för redu-
cering av trycket under desorptionen.

30. Apparat enligt patentkravet 28, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att den omfattar en ventil för avledande av en del av
den torkade utflödesgasen som reningsgas genom bädden som desorberas.

31. Apparat enligt patentkravet 28, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att den omfattar en ventil för avledande av en del av

torkade utflödesgasen som reningsgas i motström genom bädden som desorberas.

32. Apparat enligt patentkravet 27, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att mikrovåggeneratoren om fattar ett magnetronrör som
källa för mikrovågenergi.

33. Apparat enligt patentkravet 27, k ä n n e t e c k -
n a d därav, att mikrovåggeneratoren omfattar ett amplitronrör som
källa för mikrovågenergi.

The diagram illustrates a closed-loop fluid circulation system for a two-chambered organism, such as a mollusk. The system consists of two main chambers, 10 and 11, which are vertically oriented and contain fluid. Each chamber has a central vertical tube, 42, extending from the bottom to the top, with a pump or motor, 40, at the base. The chambers are connected to a common horizontal pipe, 29, which runs along the bottom. This pipe has two main branches, 24 and 25, leading to the bottom of each chamber. The top of each chamber is connected to a common horizontal pipe, 22 and 23, which runs along the top. This pipe has two main branches, 34 and 35, leading to the top of each chamber. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 37, which has a pump or motor, 38, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 43, which has a pump or motor, 41, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 44, which has a pump or motor, 42, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 45, which has a pump or motor, 43, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 46, which has a pump or motor, 44, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 47, which has a pump or motor, 45, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 48, which has a pump or motor, 46, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 49, which has a pump or motor, 47, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 50, which has a pump or motor, 48, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 51, which has a pump or motor, 49, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 52, which has a pump or motor, 50, at the top. The chambers are also connected to a central vertical pipe, 53, which has a pump or motor, 51, at the top.

FIG. 2

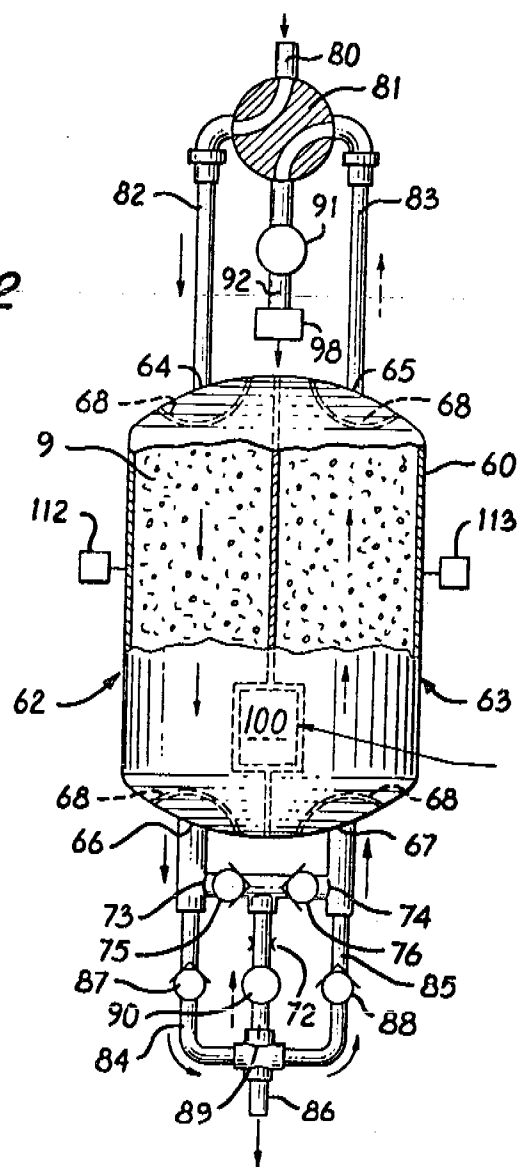


FIG 2A

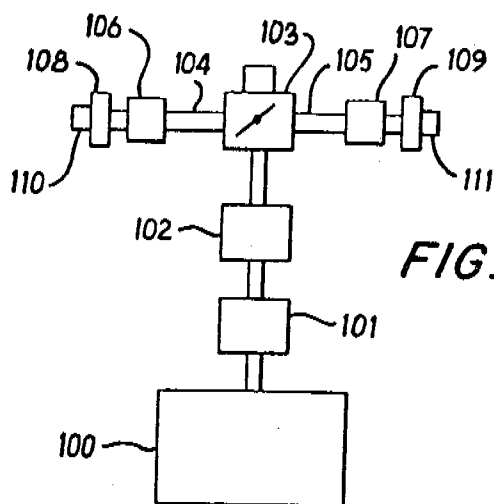


FIG. 2A

Viitejulkaisuja - Anförda publikationer

Julkisia suomalaisia patenttihakemuksia: - Offentliga finska patentansökningar:

Hakemus-, kuulutus- ja patenttijulkaisuja: - Ansökningspublikationer,
utläggnings- och patentskrifter:

FI _____

CH _____

DE P 890'042 (12 0 1/01) , H 2'107'717 (BOLD 53/16)

DK _____

FR _____

GB P 1'543'160 (COI B 33/28)

NO _____

SE _____

US _____

Merkitse hakemusjulkaisun (esim. saksal. Offenlegungsschrift) numeron eteen H ja vastaavasti kuulutus- ja patenttijulkaisun numeron eteen K ja P.

EP

WO

Muita julkaisuja: - Andra publikationer:

7/1-87 (PP)

Allekirjoitus