



SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU UTLAGGNINGSSKRIFT

81966

C (10) Patenttiyhteisö
Patent published 10 01 1991

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

B 01D 53/04

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	864524
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	06.11.86
(24) Alkupäivä - Löpdag	06.03.86
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	06.11.86
(44) Nähtäväsipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	28.09.90
(86) Kv. hakemus - Int. ansökan	US86/00454
(32) (33) (31) Etuoikeus - Prioritet	

07.03.85 US 709171 P

(71) Hakija - Sökande

1. Union Carbide Corporation, New York, US; Old Ridgebury Road, Danbury, Conn., USA, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Werner, Robert Gary, 18 Cushing Drive, Danbury, Conn., USA, (US)
2. Fay, Homer, 347 Brantwood Road, Snyder, N.Y., USA, (US)

(74) Asiamies - Ombud: Oy Borenius & Co Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

Parannettu paineen vaihtelua soveltava adsorptiomenetelmä
Förbättrat adsorptionsförfarande med trycksvängning

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Keksinnön kohteena on menetelmä, jossa syöttökaasua johdetaan paineen vaihtelua hyväksikäyttävään adsorbtiojärjestelmään, johon kuuluvassa jokaisessa petissä toteutetaan käsittelyjakso, joka käsittää 1) paineistamisen, 2) huuhtelun myötävirtaan suuremmassa adsorbtioaineessa, sekä 3) paineen alentamisen vastavirtaan, käsittäen eräissä suoritusmuodoissa paineen alentamisen imun avulla alhaisempaan, ilmakehän painetta pienempään desorptiopaineeseen. Kierättämällä huuhteluvaiheessa ja vastavirtaan toteutetussa paineen alennusvaiheessa vapautuvaa poistokaasua siten, että sitä voidaan käyttää paineistamisvaiheessa tai huuhteluvaiheessa, syöttökaasun helpommin adsorboituvaa komponenttia saadaan edullisesti talteen erittäin puhtaana ja suuria määriä. Rikastunutta, vaikeammin adsorboituvaa komponenttia saadaan myös talteen poistuvana oheistuotteena suhteellisen suuria määriä. Menetelmää voidaan käyttää edullisesti tuotteena toimivan tyypin erottamiseksi ja talteenottamiseksi ilmasta.

Uppfinningen avser ett förfarande, där inflödesgas matas till ett adsorptions-system som utnyttjar trycksvängningar, varvid varje bädd undergår en behandlingscykel som omfattar 1) tryckhöjning, 2) medströms spolning vid ett övre adsorptionstryck, 3) motströms trycksänkning, omfattande i några utföringsformer evakuering till ett underatmosfäriskt desorptionstryck. Genom att återcirkulera utloppsgas som frigörs vid medströmsspolningen och motströmstrycksänkningen för att användas i tryckhöjnings- eller medströmsspolningssteget, kan inflödets lättare adsorberbara komponent tas till vara med stor renhet och med högt utbyte. Som sidoprodukt kan man också ta till vara gas som är anrikad med inflödets mindre lätt adsorberbara komponent med relativt högt utbyte. Processen kan med fördel användas för separering och tillvara tagande av kväveprodukt ur luft.

Parannettu paineen vaihtelua soveltava
adsorptiomenetelmä
Förbättrat adsorptionsförfarande med
trycksvängning

Keksintö kohdistuu kaasuseoksen helpommin adsorboituvan komponentin talteenottoon. Erityisemmin, se kohdistuu typen talteenottoon ilmasta käyttäen paineen vaihtelua soveltavaa adsorptiomenetelmää.

Erittäin puhdasta typpeä tarvitaan lukuisissa kemiallisissa prosesseissa, jalostamoissa, metallien tuotannossa sekä muissa teollisissa sovellutuksissa kaasuhuuhtelun toteuttamiseksi, suojaavien kerrosten ja metalleja käsittelevien ilmakehien aikaansaamiseksi sekä muita tarkoituksia varten. Samoissa tuotantolaitoksissa tarvitaan samoin usein rikastettua happikaasua eri tarkoituksiin. Typpeä ja happea voidaan luonnollisestikin saada ilmasta erilaisilla tunnetuilla tekniikoilla erottamalla. Paineen vaihtelua soveltava adsorptiomenetelmä (PVA) (Pressure swing adsorption, PSA) soveltuu erityisen hyvin tällaiseen ilmasta erottamiseen lukuisissa erilaisissa sovellutuksissa, erityisesti suhteellisen pienikokoisissa operaatioissa, joissa ilman kryogeenisen erotuslaitoksen käyttö ei ehkä ole taloudellisesti kannattavaa.

PVA-menetelmässä helpommin adsorboituvan komponentin ja vaikeammin adsorboituvan komponentin sisältävä syöttökaasuseos johdetaan molempine komponentteineen adsorbenttipetiin, joka kykenee adsorboimaan selektiivisesti helpommin adsorboituvan komponentin korkeammassa adsorptiopaineessa. Tämän jälkeen petissä vallitseva paine lasketaan desorptiopaineeseen mainitun helpommin adsorboituvan komponentin desorboimiseksi sekä sen poistamiseksi petistä ennen syöttökaasuseoksen lisämäärien johtamista petiin, jotta jaksottaisia, adsorboivia ja desorboivia operaatioita voitaisiin jatkaa mainitussa petissä. Alan asiantuntijalle on selvää, että PVA-menetelmää käytetään ylei-

sesti monipetijärjestelmissä, joiden kussakin petissä PVA-menetelmää käytetään jaksottain siten, että yhdessä petissä toteutettu PVA-menetelmä saadaan liitetyksi järjestelmän muissa peteissä toteutettavaan PVA-menetelmiin.

Alalla on tehty lukuisia yrityksiä PVA-menetelmän parantamiseksi, erityisesti investointikustannuksia on yritetty pienentää, luotettavuutta suurentaa ja käyttökustannukset on pyritty saamaan mahdollisimman alhaisiksi siten, että tehon kulutus tuotettua tuoteyksikköä kohden saadaan suhteellisen pieneksi. Tällaisia yleisiä parannuksia tavoiteltaessa eräänä toivottavana tavoitteena on mahdollistaa suhteellisesti ottaen erittäin puhtaan oheistuotteen muodostuminen toivotun, erittäin puhtaan tuotteen ohella. Ilman erottamiseen sekä muihin kaasuja erottaviin operaatioihin soveltuvassa Battan US-patenttijulkaisussa 3 636 679 kuvataan kahdella tai useammalla petillä toteutettava PVA-jakso, jossa kunkin petin paine nostetaan osittain uudestaan alemmasta desorptiopaineesta johtamalla petiin sen vastakkaisista päistä samanaikaisesti syöttökaasua ja tuotekaasua, mitä seuraa paineen nostaminen edelleen korkeampaan adsorbtiopaineeseen pelkällä syöttökaasulla, jonka jälkeen petin painetta alennetaan myötävirtaan päästämällä petin ulostulopäästä ulos vaikeammin adsorboituvaa komponenttia, josta osa otetaan talteen tuotekaasuna, ja jonka loppuosaa käytetään paineen tasaamiseen sekä huuhtelevana kaasuna järjestelmän toisessa petissä tai toisissa peteissä. Tämän jälkeen petissä vallitsevaa painetta lasketaan vastavirtaan päästämällä kaasua ulos sen syöttöpäästä, ja huuhdellaan kaasulla ennen kuin painetta aletaan nostaa osittain uudestaan uutta syöttökaasua käyttäen siten, että jaksottaiset operatiot saadaan toteutetuiksi jatkuvina. Tässä patenttijulkaisussa esitettyä lähestymistapaa on käytetty menestyksellisesti ilmaa erottavissa operaatioissa, joilla tuotteen muodostava happi pyritään ottamaan talteen ilmasta vaikeammin adsorboituvana komponenttina. Tätä Batta-menetelmää ei voida kuitenkaan soveltaa ilman helpommin adsorboituvan komponentin, kuten typen, talteenottoon toivottuna, erittäin puhtaana tuotekaasuna.

Alalla on kuitenkin olemassa lukuisia muita menetelmiä, joissa helpommin adsorboituvan komponentin talteenotto tuotekaasuna on toivottua. Tällaisissa menetelmissä käytetään tavallisesti vakuumijaksoa, jolla kaasuseoksen helpommin adsorboituva komponentti desorboidaan petistä desorptiopaineessa, joka on ilmakehän painetta alhaisempi. Täten, nimellä Tamura myönnettyssä US-patenttijulkaisussa 3 797 201 kuvataan ilman erotusmenetelmä, joka käsittää ilman johtamisen ilmakehän paineen suuruudessa adsorbtiopaineessa adsorbenttipetiin, joka kykenee adsorboimaan selektiivisesti ilmasta sen helpommin adsorboituvan typpikomponentin, mitä seuraa vakuumissa toteutettu desorptio mainitun typen talteenottamiseksi toivottuna tuotekaasuna. Tuotteen muodostavan typen puhtauden parantamiseksi Tamura esittää, että ensimmäinen adsorbtiiovaihe toteutetaan happea runsaasti sisältävää kaasua petin ulostulopäästä ulos johtaen, kunnes adsorbtiiorintama on työntynyt petin mainittuun ulostulopäähän saakka, ja että peti huuhdotaan myötävirtaan kaasulla mainitussa korkeammassa adsorbtiopaineessa käyttäen huuhteluun tyypeä ennen vastavirtaan toteutettavaa desorptiota vakuumissa ja paineen nostamista uudestaan. Tämän menetelmän soveltamista pyrkii rajoittamaan se, ettei oheistuotteena toimivaa happea ole käytettävissä käyttökelpoisessa paineessa eikä energian kulutuksen kannalta tehokkaassa muodossa, vaikka tällä menetelmällä voidaankin tuottaa erittäin puhdasta typpiä tuotetta. Samankaltainen jaksollinen menetelmä kuvataan nimellä Sircar et al. myönnettyissä US-patenttijulkaisuissa 4 013 429 ja 4 264 340, jossa menetelmässä käytetään kahta adsorbtiyksikköä, joista kumpikin koostuu esikäsittelypetistä sekä varsinaisesti erottavasta petistä, sekä tilavuudeltaan vaihtelevista tasoitussäiliöistä epäjatkovien virtausnopeuksien sovittamiseksi menetelmän eri vaiheiden välillä.

Nimellä Miwa et al. myönnettyssä US-patenttijulkaisussa 4 070 164 kuvatussa menetelmässä käytetään samoin vakuumissa toteutettavaa desorptiota, johon menetelmään kuuluu esikäsittely ilman puhdistamiseksi ja kuivaamiseksi sekä varsinainen käsittelyjakso, joka käsittää 1) petin paineistamisen noin 4

ilmakehän paineeseen ilmaa syöttämällä, 2) myötävirtaan toteutetun kaasuhuuhtelun mainituissa suuressa paineessa typen avulla happea runsaasti sisältävän virran poistamiseksi petin ulostulopäästä, 3) paineen alentamisen vastavirtaan ilmakehän paineeseen johtamalla typpeä runsaasti sisältävää kaasua ulos petin syöttöpäästä, sekä 4) vakuuissa, noin 0,3 ilmakehän paineessa, toteutetun desorption, jonka aikana lisää typpeä runsaasti sisältävää kaasua johdetaan ulos petin mainitusta syöttöpäästä. Järjestelmästä saadaan talteen erittäin puhdasta typpeä tasaisella virtausnopeudella yhdistämällä kahden, vastavirtaan toteutetun paineenalennusvaiheen aikana vapautuva kaasu, vaikka toivotun typen talteensaadut määrät ovatkin sangen alhaisia tätä menetelmää käytettäessä. Nämä samat neljä käsittelyvaihetta kuvataan myös nimellä Armond myönnetyssä US-patenttijulkaisussa 4 129 424, jonka mukaan myötävirtaan tapahtuva kaasunhuuhteluvaihe toteutetaan paineessa, joka on olennaisesti yhtä suuri kuin typen osapaine syöttökaasussa, jolloin petin kyllästämiseen tarvittavan huuhtelukaasun määrä saadaan merkittävästi pienenemään verrattuna samankaltaisiin menetelmiin, joissa kaasuhuuhtelu toteutetaan korkeammassa paineessa. Tämä johtaa puolestaan siihen, että menetelmään on sisällytettävä myötävirtaan toteutettava tuuletusvaihe ilmasyötön johtamisen jälkeen, jotta petissä vallitseva paine saadaan lasketuksi käytettävän kaasun paineen tasolle.

Tällaisista alalla toteutetuista ponnisteluista huolimatta on olemassa edelleenkin tarve saada kehitetyksi PVA-menetelmä, jolla voidaan tuottaa typpeä ilmasta selektiivisesti adsorboituvana komponenttina, ja jossa menetelmässä toivottu tuote saadaan talteen hyvin puhtaana ja sitä saadaan talteen suuria määriä yhdessä muodostuvan arvokkaan, happea runsaasti sisältävän oheistuotteen kanssa. Alan asiantuntijoille on samoin selvää, että alalla on olemassa samanlainen tarve ja toivomus saada aikaan sellainen menetelmä, jolla voidaan helpottaa kaasuseoksen helpommin adsorboituvan komponentin talteenottoa erittäin puhtaana ja suurina määrinä yhdessä oheistuotteen muodostavasta, vaikeammin adsorboituvasta komponentista talteensaatuja, suhteellisen suurten määrien kanssa.

Näin ollen keksinnön tavoitteena on saada aikaan parannettu PVA-menetelmä.

Keksinnön toisena tavoitteena on saada aikaan menetelmä typen talteenottamiseksi ilmasta PVA-tekniikkaa käyttäen.

Keksinnön muuna tavoitteena on saada talteen suuria määriä hyvin puhdasta typpeä PVA-järjestelmään johdetun ilman helpommin adsorboituvana komponenttina.

Keksinnön muuna tavoitteena on saada aikaan PVA-menetelmä, jolla kyetään tuottamaan suuria määriä erittäin puhdasta, helpommin adsorboituvaa komponenttia kaasuseoksesta yhdessä oheistuotekaasun muodostavasta, vaikeammin adsorboituvasta komponentista talteensaatuja suhteellisen suurten määrien kanssa.

Keksintö kuvataan seuraavassa yksityiskohtaisesti sen mainitut ja muut tavoitteet mielessä pitäen, ja keksinnön uusia piirteitä erityisesti korostaen liitteinä olevissa patenttivaatimuksissa.

Yhteenveto keksinnöstä

PVA-menetelmään kuuluvat vaiheet: 1) paineistaminen, 2) kaasu-huuhtelu myötävirtaan sekä 3) vastavirtaan toteutettava paineen alentaminen alhaisempaan desorptiopaineeseen, toteutetaan tavalla, joka parantaa kaasuseoksen helpommin adsorboituvan komponentin talteenottoa ja puhtautta. Tätä tarkoitusta varten osa oheistuotteen muodostavasta, ulosjohdettavasta kaasusta, jota vapautuu petistä helpommin adsorboituvalla komponentilla korotetussa paineessa myötävirtaan huuhdottaessa, otetaan talteen vaikeammin adsorboituvan komponentin muodostamana oheistuotekaasuna, kun taas tämän kaasun toinen osa johdetaan ulostulopään kautta uudestaan paineistettavaan petiin, jota paineistetaan myös johtamalla syöttökaasua sen syöttöpäähän, ja tämän kaasun kolmas osa johdetaan petin syöttöpäähän sen

jälkeen, kun mainittu peti on paineistettu uudestaan vähintään osittain. Petin syöttöpäästä tämän jälkeen painetta vastavirtaan alennettaessa vapautuvaa kaasua käytetään mainittuna myötävirtaan huuhtelevana kaasuna, jolloin menetelmän eri suoritustavoissa saadaan talteen sekä suuria määriä erittäin puhdasta, helpommin adsorboituvan, komponentin muodostavaa tuotekaasua että suhteellisen suuria määriä vaikeammin adsorboituvaa komponenttia rikastuneena oheistuotekaasuna.

Keksinnön yksityiskohtainen kuvaus

Ohessa kuvattu ja patenttivaatimuksissa täsmennetty keksintö mahdollistaa tavoitteidensa saavuttamisen edullisella tavalla, mieluummin siten, että syötetystä ilmasta saadaan erotetuksi ja talteenotetuksi suuria määriä erittäin puhdasta typpeä ilman helpommin adsorboituvana komponenttina. Keksinnön avulla saadaan myös talteen suhteellisen suuria määriä erittäin runsaasti happea sisältävää, oheistuotteen muodostavaa, ulostulevaa kaasuseosta, joka käsittää syötetyn ilman vaikeammin adsorboituvan komponentin, mikä parantaa edelleen keksinnön soveltamista PVA-menetelmässä. Kuten jäljempänä esitetään, keksintöä voidaan käyttää mainitun ilman erotuksen lisäksi monissa muissa kaasua erottavissa sovellutuksissa, joissa kaasuseoksen helpommin adsorboituva komponentti halutaan ottaa talteen PVA-menetelmän avulla toivottuna tuotteena. Kuitenkin yksinkertaisuuden vuoksi keksinnön mukaisessa menetelmässä esiintyvät eri vaiheet sekä niiden luvalliset muunnokset kuvaataan erityisesti ilman erottamiseen käytettävien operaatioiden sekä toivotun tuotteen muodostavan typen talteenoton avulla.

Ilman erottamiseen soveltuva PVA-jakso, johon keksintö liittyy, mainittujen tavoitteiden saavuttamisen mahdollistavine muunnoksineen käsittää: 1) kunkin adsorbenttipetin paineistamisen ilmakehän painetta alhaisemmasta desorptiopaineesta suurempaan adsorptiopaineeseen, 2) myötävirtaan toteutettavan huuhtomisen johtamalla helpommin adsorboituvan komponentin muodostavaa kaasua petiin sen syöttöpäästä, mainitussa suuremmassa adsorptiopaineessa, jolloin petin ulostulopäästä

poistuu rikastunutta, vaikeammin adsorboituvan komponentin muodostavaa kaasua, 3) petin paineen laskemisen vastavirtaan johtamalla petin syöttöpäästä ulos helpommin adsorboituvaa komponenttia runsaasti sisältävää kaasua, jolloin tämän vaiheen aikana petissä vallitseva paine laskee mainittuun alempaan, ilmakehän painetta alhaisempaan desorptiopaineeseen. Kun tämä PVA-jakso toteutetaan ohessa julkaistulla tavalla ja patenttivaatimusten mukaisesti muunnettuna, saadaan helpommin adsorboituvaa komponenttia eli tyypeä talteen erittäin puhdasta ja suuria määriä, kun taas happea, eli rikastuneen oheistuotteen muodostavaa kaasua, saadaan samoin talteen toivottuina, suhteellisen suuria määriä.

Kun adsorbenttipeti on alussa alhaisemmassa, ilmakehän painetta pienemmässä desorptiopaineessaan tuotekaasun muodostavan typen, joka on helpommin adsorboituva komponentti, talteenoton jälkeen, käytetään syöttöilmaa ja laitteistosta oheistuotteena saatua kaasua petin paineen nostamiseksi mainitusta alhaisesta desorptiopaineesta suurempaan adsorbtiopaineeseen. Kaasujen lisäämisellä yhdessä paineistettavaan petiin sen vastakkaisista päistä samanaikaisesti, tai muulla tavalla, pyritään nostamaan petissä vallitseva paine mainitusta alhaisemmasta, ilmakehän painetta pienemmästä desorptiopaineesta mainittuun suurempaan adsorbtiopaineeseen, jossa typen avulla myötävirtaan tapahtuva kaasuhuuhtelu toteutetaan. Eräässä suoritusmuodossa syöttöilmaa johdetaan petin syöttöpäähän, jolloin sen paine kasvaa, ja samanaikaisesti mainittua oheistuotteena poistettua kaasua johdetaan mainitun petin ulostulopäähän, mitä joskus kutsutaan "hapella takaisintäyttämiseksi". Toivottavassa suoritusmuodossa peti paineistetaan ensin osittain uudestaan toteuttamalla esimerkiksi ensimmäiset 20 % tai vähemmän paineen uudestaan nostamisesta johtamalla oheistuotteena poistettua kaasua petin ulostulopäähän, jonka jälkeen paineen nostamista uudestaan jatketaan samanaikaisesti petin molemmista päistä. Samoin on mahdollista, että peti paineistetaan uudelleen keskimääräiselle painetasolle käyttäen mainittua hapella takaisintäyttöä, jonka jälkeen petiin johdetaan syöttöilmaa sen paineen nostamiseksi edelleen toivottuun ylempään adsorb-

tiopaineeseen. Tämän lisäksi jäljempänä kuvatulla tavalla saatu, tyypeä runsaasti sisältävä kierrätettävä virta johdetaan adsorbtiopaineessa olevan petin syöttöpäähän paineessa, joka on keskimääräisen paineen ja suurimman adsorbtiopaineen välillä. Syöttöilman johtaminen petiin voidaan pysäyttää tämän kierrätettävän virran lisäyksen ajaksi.

Huuhtelevan tyypikaasun johtaminen myötävirtaan petin syöttöpäähän ylemmässä adsorbtiopaineessa saa aikaan oheistuotteena poistuvan kaasun syrjäytymisen ulos petistä ulostulopään kautta, ennen paineen alentamista vastavirtaan ja ennen typen poistamista petistä sen syöttöpään kautta. Osaa oheistuotteena poistetusta kaasusta ei kuitenkaan johdeta ulos järjestelmästä, vaan se johdetaan edellä esitetysti uudestaan paineistetavan petin ulostulopäähän. Huomattakoon, että kun huuhtelevaa tyypikaasua lisätään myötävirtaan petin syöttöpäähän mainituksa ylemmässä adsorbtiopaineessa, ja kun oheistuotteena poistettavaa kaasua johdetaan ulos petin ulostulopäästä, kasvaa tyypipitoisuus oheistuotteena poistettavassa kaasussa. Kun tyypellä myötävirtaan toteutettavaa huuhteluvaihetta jatketaan, saavuttaa tyypipitoisuus ennalta määrätyn tason oheistuotteena poistettavassa kaasuvirrassa. Huomattakoon, että tämä tyypipitoisuus voi olla millä tahansa tiettyyn sovellutukseen toivotulla tai sopivalla tasolla. Tämä taso on mielellään sellainen, että happipitoisuus oheistuotteena poistettavassa kaasussa on vähemmän kuin noin 30 % mainitusta oheistuotteen muodostavasta kaasusta, ja mieluummin pienempi tai yhtä suuri kuin hapen pitoisuus ilmassa.

Sen jälkeen, kun typen pitoisuus on saavuttanut tämän ennalta määrätyn tason oheistuotteena poistetussa virrassa, lisää myötävirtaan huuhtelevaa tyypikaasua johdetaan edelleen petin syöttöpäähän, jälleen olennaisesti mainituksa ylemmässä adsorbtiopaineessa. Petin ulostulopäästä syrjäytyvää, runsaammin tyypeä sisältävää poistokaasua ei käytetä aikaisemman, runsaammin happea sisältävän, oheistuotteena poistetun kaasun tavoin oheistuotteen talteenottoon eikä sitä johdeta petin ulostulopäähän paineen nostamista varten. Tätä vastoin tämä

eräässä suoritusmuodossa mainittu lisäkaasu, jossa typpipitoisuus on ennalta määrätyn tason yläpuolella, voidaan kierrättää lisäämistä varten petin syöttöpäähän yhdessä syöttöilman, jota käytetään petissä vallitsevan paineen nostamiseksi suurempaan adsorbtiopaineeseen, kanssa tai syöttöilman lisäämisen jälkeen. Toisessa suoritusmuodossa mainittu lisäkaasu voidaan kierrättää siten, että se voidaan johtaa petin syöttöpäähän suuremmassa adsorbtiopaineessa ennen myötävirtaan huuhtelevan typpikaasun alustavaa johtamista mainittuun petiin.

Keksintöä voidaan soveltaa edullisesti adsorbtiojärjestelmissä typen selektiiviseksi adsorboimiseksi ilmasta tai muiden helposti adsorboituvien komponenttien selektiiviseksi adsorboimiseksi kaasuseoksista, joissa järjestelmissä käytetään vähintään kahta adsorbenttipetiä, joissa kummassakin toteutetaan ohessa kuvattu ja patenttivaatimuksissa täsmennetty käsittelyjakso sopivassa järjestyksessä järjestelmän käsittämiin muihin peteihin verrattuna siten, että tällaisissa järjestelmissä saadaan toteutetuksi jatkuvia, kaasuja erottavia operaatioita. Keksinnön yleisesti edullisina pidetyissä suoritusmuodoissa käytetään kolmea tai neljää adsorbenttipetiä. On selvää, että keksinnön mukainen menetelmä toteutetaan yleensä käyttäen muunnoksia, joilla pyritään parantamaan käytettävän erityisen järjestelmän toimintaa, sekä johtaen syöttökaasua useampaan kuin yhteen petiin tietyllä hetkellä sellaisissa suoritusmuodoissa, joissa käytettävien petien lukumäärä tekee tällaisen toiminnan mahdolliseksi.

Keksinnön mukainen käsittelyjakso ilman erottamiseksi ja tuotteena olevan typen talteenottamiseksi esitetään alla olevassa taulukossa käytettäessä kolme petiä käsittävää adsorbtiojärjestelmää, joka toimii keksintöä edustavan, erityisen suoritusmuodon mukaisesti:

Taulukko

Petin nro		Jakso	
1	PR	Co-p	BD/Evac
2	CO-p	BD/Evac	Pr
3	BD/Evac	Pr	Co-p

Tässä taulukossa, kunkin petin tapauksessa Pr tarkoittaa paineistusvaiheita, joissa syöttöilmaa johdetaan petin syöttöpäähän, kun taas osa happea runsaasti sisältävästä, oheistuotteen muodostavasta kaasusta johdetaan ulos järjestelmään kuuluvan toisen petin ulostulopäästä ja johdetaan edelleen petin ulostulopäähän petissä vallitsevan paineen nostamiseksi keskimääräiselle tasolle, jonka jälkeen lisää syöttöilmaa johdetaan petin mainittuun syöttöpäähän siinä vallitsevan paineen nostamiseksi edelleen, ja tässä vaiheessa mainitusta toisesta petistä saatava, kierrätettävä virta voi viedä loppuun petin paineistamisen suurempaan adsorbtiopaineeseen, tai se voidaan johtaa petiin suuremmassa adsorbtiopaineessa, jossa huuhteluvaihe toteutetaan. Co-p tarkoittaa mainittua suuremmassa adsorbtiopaineessa myötävirtaan toteutettavaa huuhteluvaihetta, jossa myötävirtaan toteutettavan paineen alentamisen aikana saatua typpeä käytetään vastavirtaan huuhtovana kaasuna, joka johdetaan petin syöttöpäähän runsaasti happea sisältävän, oheistuotteena poistettavan kaasun syrjäyttämiseksi petistään ulostulopään kautta. Osa mainitusta oheistuotteena poistettavasta kaasusta johdetaan paineistettavan petin ulostulopäähän, ja loppuosa tästä kaasusta otetaan talteen oheistuotteena tai saadaan jätevirtana, kunnes ennalta määrätty typpipitoisuus on saavutettu. Tämän jälkeen mainittua huuhteluvaihetta jatketaan lisäkaasulla, joka sisältää enemmän kuin mainitun, ennalta määrätyn tason verran typpeä, jota lisäkaasua syrjäytetään ja kierrätetään paineistettavan petin syöttöpäähän joko 1) sinä aikana, kun petiä paineistetaan suurempaan adsorbtiopaineeseen syöttöilmalla ja/tai 2) mainitun paineistamisen viemiseksi loppuun, jolloin ilmasyöttö keskeytetään, ja/tai 3) ennen mainittua huuhteluvaihetta tai sen alkaessa. BD/Evac tarkoittaa kahta vastavirtaan toteutettavaa paineen-

alennusvaihetta, joista ensimmäisessä petissä vallitseva paine lasketaan paineeseen, joka on alhaisempi kuin mainittu suurempi adsorptiopaine, ja toisessa vaiheessa petissä vallitseva paine lasketaan edelleen ilmakehän painetta pienempään paineeseen, jolloin petin syöttöpäästä saadaan ulos erittäin puhdasta, tuotteen muodostavaa tyyppiä ja huuhtelevaa kaasua. Todetaan, että keksinnön tällaisessa kolme petiä käsittävässä suoritustavassa yhdessä petissä toteutetaan paineistaminen johtamalla petiin edellä esitetysti syöttöilmaa ja sivutuotteena toimivaa kaasua, kun taas toisessa petissä toteutetaan myötävirtaan huuhteluvaihe ja kolmannessa petissä toteutetaan vastavirtaan paineen alentaminen, ensin paineen avulla alhaisempaan paineeseen ja sitten imemällä ilmakehän painetta alhaisempaan desorptiopaineeseen. Mikäli suurempi adsorptiopaine on ilmanpaine, on selvää, että paineen alentaminen sen jälkeen edellyttää imun käyttöä. Keksinnön samankaltaisissa, neljä petiä käsittävissä suoritustavoissa kussakin petissä toteutetaan samalla tavalla peräkkäin käsittelyvaiheet, jolloin esimerkiksi kolmannessa petissä toteutetaan vastavirtaan paineen alentaminen mainittua suurempaa adsorptiopainetta pienempään paineeseen, ja jolloin tämän petin syöttöpäästä saatavaa ulospuhallettua kaasua, joka käsittää tyypikaasua, käytetään mielellään huuhteluvaiheen toteuttamiseen, vaikka tämä kaasu tai sen osa voidaan myös ottaa talteen erittäin puhtaana, tuotteen muodostavana tyypikaasuna. Tällöin samanaikaisesti neljännessä petissä painetta lasketaan edelleen vastavirtaan imua käyttäen ilmakehän painetta alhaisempaan desorptiopaineeseen, tällöin petin syöttöpäästä vapautuvan lisäkaasun käsittäessä erittäin puhdasta tyyppiä, joka otetaan talteen tuotteen muodostavana tyyppinä, vaikka tätä kaasua tai sen osaa voidaankin myös käyttää myötävirtaan huuhtelevana kaasuna.

Tyyppiä runsaasti sisältävää kaasua, jota vapautuu alennettaessa painetta vastavirtaan suuremmasta adsorptiopaineesta alhaisempaan paineeseen, eli jota vapautuu petiä paineen avulla tyhjennettäessä, käytetään mielellään myötävirtaan huuhtelevana tyypikaasuna happea olevan oheistuotteen syrjäyttämiseksi petistä suuremmassa adsorptiopaineessa, sillä sitä on puris-

tettava vähemmän kokoon suuremman adsorbtiopaineen saavuttamiseksi kuin siinä tapauksessa, että käytettävän kaasun painetta olisi jälkeensä laskettu. Tässä tapauksessa erittäin puhdas tyyppi, jota vapautuu laskettaessa painetta edelleen vastavirtaan imun avulla ilmakehän painetta alhaisempaan desorptiopaineeseen, otetaan talteen toivottuna, tyypeä olevana tuotekaasuna. Kuten edellä kuitenkin mainittiin, viimeksi mainitun vaiheen aikana vapautuvaa tyypeä voidaan käyttää myös huuhteluun, ja mainittu tyyppi, jota saadaan talteen vastavirtaan toteutetun alustavan paineenalennusvaiheen aikana, voidaan ottaa talteen tuotekaasuna, tai osaa kummankin tällaisen vastavirtaan toteutetun paineenalennusvaiheen aikana vapautuvasta kaasusta voidaan ottaa talteen tuotekaasuna, kun taas toista osaa siitä käytetään huuhteluvaiheessa.

Vaikka keksinnön mukaisen PVA-menetelmän eri vaiheissa käytetyt painetasot voivatkin vaihdella riippuen toivotusta erotusasteesta, erityisestä käytetystä adsorbentista sekä muista, kyseiseen kaasujen erotusoperaatioon liittyvistä olosuhteista, käsittää kuitenkin vastavirtaan toteutettu paineen alentaminen imuvaiheen avulla luonnollisestikin petin paineen alentamisen ilmakehän painetta alemmalle painetasolle erittäin puhtaan typen tai syötettävän kaasuseoksen sisältämän muun, helpommin adsorboituvan komponentin tehokkaaksi desorboimiseksi ja talteensaamiseksi. Vaikka suurempi adsorbtiopaine onkin tyypillisesti ilmakehän painetta suurempi keksinnön lukuisissa käytännön suoritusmuodoissa, huomattakoon kuitenkin, että keksinnön piiriin kuuluvat myös mainitun menetelmän sellaiset suoritusmuodot, joissa suurempi adsorbtiopaine on suurin piirtein ilmakehän paine. Tällaisissa tapauksissa alhaisempi paine, johon kussakin petissä vallitseva paine alennetaan alunperin vastavirtaan huuhteluvaiheen jälkeen, on luonnollisestikin ilmakehän painetta pienempi, mutta kuitenkin suurempi kuin se ilmakehän painetta pienempi desorptiovaiheen painetaso, joka saavutetaan painetta edelleen vastavirtaan alennettaessa. Keskimääräinen painetaso, jolle peti tietyissä suoritusmuodoissa painestetaan alustavasti käyttäen syöttöilmaa ja/tai kierrätettyä, happea runsaasti sisältävää, oheistuotteen muo-

dostavaa kaasua, on samoin tyypillisesti suurempi tai yhtä suuri kuin ilmakehän paine, vaikka se eräissä suoritustavoissa voikin olla myös ilmakehän painetta pienempi, kun itse suurempi adsorbtioaine on noin ilmakehän paine. Lukuisissa käytännön suoritustavoissa käytetty suurempi adsorbtioaine on noin 32 psi absoluuttista painetta (psia) (n. 220 kPa), mielellään noin 30 psia (n. 206 kPa), vaikka suurempiakin paineita, esimerkiksi 60 psia (n. 414 kPa) tai sitä korkeampia paineita voidaan myös käyttää. Ilmakehän painetta pienempi desorptioaine voi olla niinkin alhainen kuin noin 2 psia (n. 13,8 kPa) tai sen alle, sen ollessa tyypillisesti suurin piirtein alueella 2...3,5 psia (n. 13 - 24 kPa), kuitenkin siten, että vastavirtaan toteutetun, paineen alustavan laskeamisen aikana saavutettu alhaisempi paine on mielellään noin ilmakehän paine, ja alustavan paineistamisen aikana saavutettu keskimääräinen painetaso on tyypillisesti ilmakehän painetta suurempi.

Seuraava esimerkki havainnollistaa niitä etuja, jotka ovat saavutettavissa, kun keksintöä sovelletaan käytäntöön, kuvatus esimerkin kuitenkin rajoittamatta millään tavalla liitteessä olevissa patenttivaatimuksissa määritellyn keksinnön tavoitteita. Esimerkissä käytetään kolme petiä käsittävää järjestelmää, kuten edellä olevassa taulukossa esitetään, jossa järjestelmässä petien pituus oli 8 jalkaa (n. 2,4 m) ja halkaisija 2 tuumaa (n. 5,1 cm), kunkin petin sisältäessä 8 paunaa (n. 3,6 kg) molekyyliseulaa 13X, joka kykenee adsorboimaan typen selektiivisesti ilmasta. Yhden jakson kokonaisaikana käytettiin 6 minuuttia, jolloin kukin vaihe, eli paineistaminen, huuhtelu ja paineen alentaminen vastavirtaan, eli tyhjentäminen paineen avulla ja vetäminen vakuumiin, kesti 2 minuuttia. Paineistamisen aikana syöttöilman johtamista petiin sekä samanaikaisesti hapella takaisintäyttöä, eli oheistuotteen poistetun kaasun johtamista petin ulostulopäähän, jatkettiin 100 sekuntia, jonka jälkeen syöttöilman johtamista jatkettiin edelleen 20 sekuntia, joiden aikana huuhteluvaiheessa syrjäytynyttä kaasua, jossa typpipitoisuus oli ennalta määrätyn tasoa suurempi, kierrätettiin myös petiin johtami-

seksi yhdessä syöttöilman kanssa. Paineen alentamisen aikana, alustava, vastavirtaan toteutettava paineen alentaminen, eli tyhjentäminen paineen avulla, suoritettiin 15 sekunnissa, jolloin osaa petin syöttöpäästä ulos saatavasta, typpeä runsaasti sisältävästä kaasusta käytettiin myötävirtaan huuhtelevana kaasuna, ja jolloin mainitun kaasun loppuosa otettiin talteen tuotekaasuna. Paineen alentaminen imun avulla ilma-kehän painetta pienempään desorptiopaineeseen kesti 105 sekunnin ajan. Käytetty painealue oli sellainen, että mainittu desorptiopaine oli 3,2 psia (32 kPa) ja suurempi adsorbtio-paine oli 32 psia (n. 220 kPa), jossa huuhteluvaihe toteutettiin, ja tällöin paineen avulla toteutetun tyhjennysvaiheen aikana saavutettiin ilmakehän paine. Käytetty syöttöilma oli laboratorioilmaa, eli puhtaan hapen ja puhtaan typen muodostama seos. Tätä menetelmää käyttäen tuotteena saadun typen puhtaus oli 99,9 %, ja typen talteensaantiaste oli enemmän kuin 98 % syöttökaasun sisältämästä typestä. Poisteena saatu oheistuote oli rikastunutta happea, jonka puhtaus on 90 %. Eräässä toisessa esimerkissä, jossa käytettiin samaa kolme petiä käsittävää järjestelmää, ja jossa toimittiin sasmankaltaisissa olosuhteissa, tuotteena saadun typen puhtaus oli 99,8 % typen talteensaantiasteen ollessa suurempi kuin 99 %, jolloin oheistuotteena saatiin 93,6-prosenttisen puhdasta happea.

Alan asiantuntijalle on selvää, että keksintöä käytäntöön sovellettaessa voidaan käyttää mitä tahansa sellaista kaupallisesti saatavaa adsorbenttia, joka kykenee adsorboimaan selektiivisesti helpommin adsorboituvan komponentin mainitun komponentin ja vaikeammin adsorboituvan komponentin sisältävästä seoksesta. Hyvin tunnetut molekyylliseulat, kuten 13X, 5A, 10X ja mordeniitti, voidaan mainita esimerkkeinä niistä adsorbenteista, joita voidaan käyttää vaivattomasti keksinnön käytännön sovellutuksissa, toivottuja kaasunerotuksia varten. Samoin on selvää, että sen lisäksi, että keksintöä voidaan käyttää edellä kuvatulla tavalla erittäin puhtaan typen tuottamiseen ilmasta suurina talteensaatuina määrinä, sitä voidaan käyttää edullisesti monissa muissakin kaasuja erottavissa

toimenpiteissä adsorbtiójärjestelmillä, joiden sisältämä adsorbenttimateriaali kykenee adsorboimaan selektiivisesti yhtä helpommin adsorboituvaa komponenttia toisesta, vaikeammin adsorboituvasta komponentista. Havainnollistavina esimerkkeinä muista sellaisista käyttökelpoisista erotustoimenpiteistä, joihin keksintöä voidaan soveltaa siten, että päästään erittäin puhtaan, helpommin haihtuvan komponentin tuotantoon suu- rina talteensaatuina määrinä, mainittakoon hiilimonoksidi ja typpi; hiilidioksidi ja metaani; metaani ja typpi; sekä etaani ja etyleeni. Ilman erotukseen liittyen tulee huomata, että keksintöä käytäntöön sovellettaessa saatava, hapella rikastu- neen oheistuotteen virta käsittää yli 90-prosenttisesti puh- dasta happea, mihin päästään vaihtamatta adsorbenttia hapelle selektiiviseen adsorbenttiin, ja tätä tulosta voidaan verrata keksinnölle edullisesti tavanomaisilla PVA-happimenetelmillä saataviin tuloksiin, sen ollessa keksintöä käytäntöön sovel- lettaessa saavutettava lisäetu.

Lukuisia muitakin muutoksia ja muunnoksia voidaan tehdä mene- telmän yksityiskohtiin patenttivaatimuksissa täsmennetyn kek- sinnön piiristä kuitenkin poikkeamatta. Kun hapella takaisin- täyttöön tähtäävä vaihe on saatu toteutetuksi, voidaan poisto- kaasun kierrättämistä petin syöttöpäähän lykätä, kunnes typpi- pitoisuus mainituissa poisteissa saavuttaa tietyn, keksinnön tässä erityisessä sovellutuksessa toivotun tason. Tällöin ulos saatava poistokaasu voidaan johtaa tilapäisesti pois järjes- telmästä, esimerkiksi jätteisiin, tai poistaa toivottaessa muulla tavalla käytöstä. Eräässä toisessa suoritusmuodossa, joka ei ole välttämättä edellä esitetyn vaihtoehto, syöttöil- man johtaminen uudestaan paineistettavaan petiin voidaan kes- keyttää tilapäisesti sillä aikaa, kun kierrätettävää virtaa syötetään mainittuun petiin, kunnes olennaisesti kaikki jään- nöshappi on saatu syrjäytetyksi petistä. Keksinnön piiriin kuuluu samoin suoritusmuoto, jossa järjestelmään sisällytetään kuivuri kuivan typen tai muun toivotun tuotteen ssaamiseksi. Täten tuotteena oleva typpi voidaan puristaa kokoon toivottuun lopulliseen paineeseen ja se voidaan kuivata tavanomaisin keinoin. Samoin huomattakoon, että vaihtoehtona tuotteena

olevan typen kuivaamiselle järjestelmään johdettava syöttöilma voidaan kuivata tätä ennen, ja että mitä tahansa virtaa, kuten tuotteen muodostavaa typpeä, ilmasyöttöä tai huuhtelun poistetta voidaan käyttää kuivurin huuhtelukaasuna. Kun kuivaaminen toteutetaan kaasujen erottamisen jälkeen, on tällöin adsorbenttipetin syöttö tyypillisesti märkää. Tällöin petin etupää toimii kuivausvyöhykkeenä, eikä myötävaikuta sinänsä pääasialliseen kaasujen erotukseen. Näissä oloissa tehokas erotusvyöhyke on tästä syystä jonkin verran kapeampi kuin koko peti. Petin kuivausvyöhyke käsittää ylensä alle 50 % koko petistä. Painetta alennettaessa aikaisemmin adsorboitunut vesi desorboituu ja poistuu petistä tuotteen muodostavan typen mukana.

Keksintöä voidaan pitää toivottuna ja merkittävänä edistysaskeleena PVA-teknologian kehittämisessä, jota PVA-teknologiaa käytetään typen erottamiseen ilmasta ja muissa kaasuerotuksissa, joissa tavoitteena on erittäin puhtaan, kaasuseoksen helpommin adsorboituvan komponentin tuotanto suurina talteensaatuina määrinä. Keksinnön käytäntöön soveltamista tekee edullisemmaksi edelleen se, että rikastunutta oheistuotetta, kuten happea, saadaan samoin talteen suhteellisen suurina talteensaatuina määrinä. Sekä tuotteen puhtaus että sen talteensaadut määrät saadaan paremmiksi käyttämällä ohessa kuvattujen ja patenttivaatimuksissa täsmennettyjen käsittelyvaiheiden uutta yhdistelmää, mukaanlukien mainittu hapella takaisintäyttö yhdessä huuhteleavan poistokaasun kierrätyksen kanssa. Täten keksintö myötävaikuttaa erittäin edullisella tavalla toivottavan PVA-teknologian kehittämiseen, tärkeitä teollisuudessa esiintyviä, kaasujen erotukseen liittyviä tarpeita, kuten esimerkiksi tarpeen tuottaa erittäin puhdasta typpeä lukuisiin erilaisiin sovellutuksiin.

Patenttivaatimukset

1. Adiabaattinen, paineen vaihtelua soveltava adsorptiojärjestelmä typen selektiiviseksi adsorboimiseksi ilmasta sekä tuotteen muodostavan erittäin puhtaan typen talteenottamiseksi adsorptiojärjestelmällä, joka käsittää vähintään kaksi adsorbenttipetiä, joissa kummassakin toteutetaan jaksottain käsittelysarja, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet, joissa:

- a) järjestelmään kuuluvan toisen petin ulostulopäästä saatavaa, oheistuotteena poistettavaa kaasua johdetaan mainitun petin ulostulopäähän ennen syötön johtamista petin syöttöpäähän tai samanaikaisesti syöttöpäähän johdettavan syötön kanssa, jolloin petissä vallitseva paine saadaan nousemaan ilmakehän painetta pienemmästä desorptiopaineesta keskimääräiselle painetasolle;
- b) syötettävää ilmaa johdetaan mainitun petin syöttöpäähän, joko johtaen tai johtamatta oheistuotteena poistettua kaasua petin ulostulopäähän, petissä vallitsevan paineen nostamiseksi mainitulta keskimääräiseltä painetasolta suurempaan adsorptiopaineeseen;
- c) myötävirtaan huuhtelevaa typpikaasua johdetaan petin syöttöpäähän mainitussa suuremmassa adsorptiopaineessa oheistuotteena poistettavan kaasun syrjäyttämiseksi ulos petistä sen ulostulopään kautta, jonka jälkeen osa mainitusta oheistuotteena poistetusta kaasusta johdetaan mainitulta desorptiopaineen tasolta alkaen paineistettavan petin ulostulopäähän, typpipitoisuuden kasvaessa mainitun huuhteluvaiheen aikana mainitussa oheistuotteena poistetussa kaasussa, jota huuhteluvaihetta jatketaan niin kauan, kunnes typpipitoisuus saavuttaa ennalta määrätyn tason mainitussa oheistuotteena poistetussa kaasuvirrassa;
- d) lisää huuhtelevaa typpikaasua johdetaan petin syöttöpäähän mainitussa suuremmassa adsorptiopaineessa sen jälkeen, kun typpipitoisuus on saavuttanut mainitun ennalta määrätyn tason mainitussa poistettavassa kaasuvirrassa, jolloin lisäksi syrjäytyvä poistokaasu, jossa typpipitoisuus on

ennalta määrättyä tasoa suurempi, kierrätetään sellaisen järjestelmään kuuluvan petin syöttöpäähän, jossa petissä vallitsevaa painetta nostetaan uudestaan mainitulta keskimääräiseltä painetasolta mainittuun suurempaan adsorptiopaineeseen ja/tai petiin, jossa vallitseva paine on mainitulla korkeammalla tasolla;

- e) mainituksa petissä vallitseva paine lasketaan vastavirtaan mainitusta suuremmasta adsorptiopaineesta alhaisempaan paineeseen, jolloin petin syöttöpäästä saadaan ulos tyyppä runsaasti sisältävää kaasua, joka käsittää huuhtelevan tyyppikaasun ja/tai tuotteen muodostavan tyyppikaasun;
- f) mainituksa petissä vallitsevaa painetta lasketaan edelleen vastavirtaan imemällä mainitusta alhaisemmasta paineesta ilmakehän painetta pienempään desorptiopaineeseen, jolloin petin syöttöpäästä saadaan ulos desorboitunutta, erittäin puhdasta kaasua, joka käsittää tuotteen muodostavan tyyppikaasun ja/tai huuhtelevan kaasun;
- g) vaiheet a)...f) toistetaan jaksottain johtaen lisää syöttöilmaa vaiheen b) tai vaiheiden a) ja b) aikana uudestaan paineistettavaan petiin, jolloin tuotteen muodostavaa tyyppä voidaan saada helposti talteen erittäin puhtaana ja suuria määriä, ja jolloin samalla hapella rikastunutta oheistuotetta voidaan myös saada talteen suhteellisen suuria määriä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu suurempi adsorptiopaine on arviolta suuruusluokkaa 30 psia (n. 206,8 kPa), ja mainittu ilmakehän painetta pienempi desorptiopaine on arviolta suuruusluokkaa 2 psia (n. 13,8 kPa).

3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu alhaisempi paine on suurin piirtein ilmakehän paine.

4. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu oheistuotteena poistettu lisäkaasu, jossa tyyppipitoisuus on ennalta määrättyä tasoa suu-

remppi, kierrätetään lisäämistä varten petin syöttöpäähän yhdessä syöttöilman kanssa, jota syöttöilmaa käytetään petissä vallitsevan paineen nostamiseen mainitulta keskimääräiseltä painetasolta suurempaan adsorptiopaineeseen.

5. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu oheistuotteena poistettu lisäkaasu, jossa typpipitoisuus on ennalta määrättyä tasoa suurempi, kierrätetään petin, jossa vallitsee mainittu suurempi adsorptiopaine, syöttöpäähän johtamiseksi ennen huuhtelevan typpikaasun mainittua johtamista tähän petiin.

6. Patenttivaatimuksen 1, 2 tai 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hapella rikastuneen, oheistuotteen muodostavan kaasun mainittu johtaminen petin, jossa vallitsee alunperin mainittu desorptiopaine, ulostulopäähän toteutetaan ennen syöttöilman johtamista mainitun petin syöttöpäähän ja samanaikaisesti tämän petin syöttöpäähän johdettavan syöttöilman kanssa.

7. Jonkin patenttivaatimuksen 1...4 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että yhdessä petissä toteutetaan paineistaminen johtamalla siihen syöttöilmaa ja oheistuotteen muodostavaa kaasua vaiheiden a) ja b) mukaisesti, kun taas toisessa petissä toteutetaan myötävirtaan huuhteluvaihe vaiheiden c) ja d) mukaisesti, ja kolmannessa petissä toteutetaan vastavirtaan paineen alentaminen vaiheiden e) ja f) mukaisesti, menetelmän jaksollisen toiminnan jatkuessa mainituissa kolme petiä käsittävässä järjestelmässä vaiheen g) mukaisesti.

8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että se käsittää mainitun oheistuotteen muodostavan lisäkaasun johtamisen pois järjestelmästä niin kauan, kunnes toivottu typpitaso on saavutettu, ennen kuin mainittu kierrätys petin syöttöpäähän aloitetaan.

9. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että syöttöilman johtaminen petiin

keskeytetään tilapäisesti sillä aikaa, kun mainittua oheistuotteena saatua lisäkaasua kierrätetään petin syöttöpäähän.

10. Adiabaattinen, paineen vaihtelua soveltava adsorptiojärjestelmä kaasuseoksesta helpommin adsorboituvan komponentin selektiiviseksi adsorboimiseksi sekä mainitun komponentin talteenottamiseksi erittäin puhtaana tuotteena adsorptiojärjestelmällä, joka käsittää vähintään kaksi adsorbenttipetiä, joissa kummassakin toteutetaan jaksottain käsittelysarja, t u n n e t t u siitä, että se käsittää vaiheet, joissa:

- a) järjestelmään kuuluvan toisen petin ulostulopäästä saatavaa, rikastunutta, vaikeammin adsorboituvaa komponenttia, joka muodostaa oheistuotteena poistetun kaasun, johdetaan mainitun petin ulostulopäähän, yksinään, ennen syötettävän kaasuseoksen johtamista petin syöttöpäähän tai samanaikaisesti, kun syötettävää kaasuseosta johdetaan petin syöttöpäähän, jolloin petissä vallitseva paine saadaan nousemaan desorptiopaineesta keskimääräiselle painetasolle;
- b) syötettävää kaasuseosta johdetaan mainitun petin syöttöpäähän, joko johtaen tai johtamatta oheistuotteena poistettua kaasua petin ulostulopäähän, petissä vallitsevan paineen nostamiseksi mainitulta keskimääräiseltä painetasolta suurempaan adsorptiopaineeseen;
- c) myötävirtaan huuhtelevaa, helpommin adsorboituvaa komponenttikaasua johdetaan petin syöttöpäähän mainituissa suuremmissa adsorptiopaineissa oheistuotteen muodostavan rikastuneen, vaikeammin adsorboituvan komponenttikaasun syrjäyttämiseksi ulos petistä sen ulostulopään kautta, jonka jälkeen osa mainitusta oheistuotteen muodostavasta, vaikeammin adsorboituvasta kaasukomponentista johdetaan mainitulta desorptiopaineen tasolta alkaen paineistettavan petin ulostulopäähän, jolloin mainituissa oheistuotteen muodostavassa, vaikeammin adsorboituvassa kaasukomponentissa läsnäolevan, helpommin adsorboituvan komponentin pitoisuus kasvaa mainitun huuhteluvaiheen aikana, jota huuhteluvaihetta jatketaan niin kauan, kunnes helpommin adsorboituvan komponentin pitoisuus saavuttaa ennalta määrätyn tason mainituissa oheistuotteena poistettavassa

kaasuvirrassa;

- d) lisää huuhtelevaa kaasua johdetaan petin syöttöpäähän mainitussa suuremmassa adsorptiopaineessa sen jälkeen, kun helpommin adsorboituvan komponentin pitoisuus on saavuttanut mainitun ennalta määrätyn tason mainitussa poistettavassa kaasuvirrassa, jolloin lisäksi syrjäytyvä poistokaasu, jossa helpommin adsorboituvan komponentin pitoisuus on ennalta määrättyä tasoa suurempi, kierrätetään sellaisen järjestelmään kuuluvan petin syöttöpäähän, jossa petissä vallitseva paine on mainitun keskimääräisen painetason ja mainitun suuremman adsorptiopaineen välillä;
- e) mainitussa petissä vallitseva paine lasketaan vastavirtaan mainitusta suuremmasta adsorptiopaineesta alhaisempaan paineeseen, jolloin petin syöttöpäästä saadaan ulos erittäin puhdasta helpommin adsorboituvaa komponenttikaasua, joka käsittää helpommin adsorboituvan komponentin muodostavan huuhtelevan kaasun ja/tai helpommin adsorboituvan komponentin muodostavan tuotekaasun;
- f) mainitussa petissä vallitsevaa painetta lasketaan edelleen vastavirtaan mainitusta alhaisesta paineesta edelleen pienempään desorptiopaineeseen, jolloin petin syöttöpäästä saadaan ulos desorboitunutta, erittäin puhdasta, tuotekaasun muodostavaa ja/tai huuhtelukaasun muodostavaa, helpommin adsorboituvaa komponenttia, sekä
- g) vaiheet a)...f) toistetaan jaksottain johtaen lisää syötettävää kaasuseosta vaiheen b) tai vaiheiden a) ja b) aikana uudestaan paineistettavaan petiin, jolloin tuotekaasun muodostavaa, helposti adsorboituvaa komponenttia voidaan saada helposti talteen erittäin puhtaana ja suuria määriä, ja jolloin mainittua rikastunutta, vaikeammin adsorboituvaa komponenttia voidaan myös samalla saada talteen suhteellisen suurina määrinä.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu suurempi adsorptiopaine on ilmakehän painetta suurempi.

12. Patenttivaatimuksen 10 tai 11 mukainen menetelmä, t u n -
n e t t u siitä, että mainittu oheistuotteena poistettu lisä-
kaasu, jossa helpommin adsorboituvan komponentin pitoisuus on
ennalta määrättyä tasoa suurempi, kierrätetään lisäämistä
varten petin syöttöpäähän yhdessä syötettävän kaasuseoksen
kanssa, jota syötettävää kaasuseosta käytetään petissä vallit-
sevan paineen nostamiseen mainitulta keskimääräiseltä paine-
tasolta suurempaan adsorptiopaineeseen.

13. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, t u n n e t -
t u siitä, että mainittu vielä alhaisempi desorptiopaine on
ilmakehän painetta alhaisempi desorptiopaine.

Patentkrav

1. Adiabatiskt trycksvängnings-adsorptionssystem för selektiv adsorption av kväve ur luft samt för tillvaratagande av kväve med hög renhetsgrad som produkt i ett adsorptionssystem med minst två adsorbentbäddar, vilka vardera på cyklisk bas genomgår en processerie k ä n n e t e c k n a d av att den omfattar:

- a) införande av en samproducerad effluentgas, som erhållits från utloppsänden av en annan bädd i systemet, till utloppsänden för nämnda bädd innan och/eller samtidigt med införande av inmatningsgas till bäddens inloppsände för att sålunda höja trycket i bädden från ett subatmosfäriskt desorptionstryck till en mellanliggande trycknivå;
- b) förande av inmatningsluft till bäddens inloppsände med eller utan passage av samproducerad effluent till bäddens utloppsände för att höja dess tryck från den mellanliggande trycknivån till ett högre adsorptionstryck;
- c) införande av samspolande kvävgas till bäddens inloppsände vid nämnda högre adsorptionstryck för att undantränga samproducerad effluentgas från bäddens utloppsände, varvid en del av nämnda samproducerade effluentgas införs till utloppsänden för en bädd vars tryck håller på att höjas från nämnda desorptionstrycknivå, varvid kvävekoncentrationen i nämnda samproducerade effluentgas stiger under nämnda samspolningssteg, som fortsätter tills kvävekoncentrationen uppnår en på förhand bestämd nivå i den samproducerade effluentgasströmmen;
- d) införande av ytterligare samspolande kvävgas till inloppsänden för bädden vid nämnda högre adsorptionstryck efter det att kvävgaskoncentrationen har uppnått nämnda på förhand bestämda nivå i effluentgasströmmen, varvid den ytterligare undanträngda effluentgasen som innehåller mera än den nämnda på förhand bestämda koncentrationen av kväve återcirkuleras till inloppsänden för den bädd i systemet som befinner sig i stadiet för återhöjning av trycket från den mellanliggande trycknivån till nämnda övre adsorptionstryck och/eller till nämnda bädd vid den övre trycknivån;

- e) motströms sänkande av bäddens tryck från det övre adsorptionstrycket till ett lägre tryck med utlopp av kväverik gas från bäddens inloppsände, varvid den utkommande kväverika gasen omfattar samspolningskvävgas och/eller kväveproduktgas;
- f) ytterligare motströms sänkning av bäddens tryck genom att evakuera från nämnda lägre tryck till ett subatmosfäriskt desorptionstryck genom att mata ut desorberad, ytterst ren gas som omfattar kväveproduktgas och/eller samspolningskvävgas från bäddens inloppsände; och
- g) upprepande av stegen a)...f) på cyklisk bas, varvid ytterligare luft inmatas till den bädd som genomgår återhöjning av trycket under steg b) eller under stegen a) och b), varvid en kväveprodukt lätt kan erhållas med hög renhetsgrad och med högt utbyte, och en med syre anrikad samprodukt likaså kan erhållas med relativt högt utbyte.

2. Förfarande enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a t av att det övre adsorptionstrycket är av storleksordningen ca 30 psia (ca 206,8 kPa) och att det subatmosfäriska desorptionstrycket är av storleksordningen ca 2 psia (ca 13,8 kPa).

3. Förfarande enligt patentkravet 2, k ä n n e t e c k n a t av att det lägre trycket är ungefär atmosfäriskt tryck.

4. Förfarande enligt patentkravet 1, 2 eller 3, k ä n n e t e c k n a t av att den ytterligare samproducerade effluentgasen, som innehåller mera än den på förhand bestämda nivån av kvävekoncentration återcirkuleras för att föras till inloppsändan av bädden tillsammans med inmatad luft för att höja bäddens tryck från den mellanliggande trycknivån till det övre adsorptionstrycket.

5. Förfarande enligt patentkravet 1, 2 eller 3, k ä n n e t e c k n a t av att den ytterligare samproducerade gasen, som innehåller mera än den på förhand bestämda nivån av kvävekoncentration återcirkuleras för att föras till inloppsändan av en bädd vid övre adsorptionstryck innan samspolande kvävgas

införs däri.

6. Förfarande enligt patentkravet 1, 2 eller 3, k ä n n e - t e c k n a t av att införande av den syrerika samproducerade gasen i utloppsänden för den bädd som ursprungligen hade nämnda desorptionstryck utförs innan och samtidigt med införandet av luft till inloppsänden för nämnda bädd.

7. Förfarande enligt något av patentkraven 1...4, k ä n n e - t e c k n a t av att en bädd genomgår tryckförhöjning genom inmatning av luft och samproducerad gas i enlighet med stegen a) och b), medan en andra bädd genomgår samspolning enligt stegen c) och d), och en tredje bädd genomgår motströms trycksänkning i enlighet med stegen e) och f) medan ett cykliskt genomförande av processen i de tre bäddarna fortsätter i enlighet med steg g).

8. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t av att det omfattar utmatning av ytterligare samproducerad gas från systemet tills en önskad kvävenivå uppnås innan man börjar återcirkulerandet till inloppsänden för bädden.

9. Förfarande enligt något av de föregående patentkraven, k ä n n e t e c k n a t av att man temporärt upphör med införande av luft till bädden medan den ytterligare samproducerade gasen återcirkuleras till bäddens inloppsände.

10. Adiabatiskt trycksvängnings-adsorptionssystem för selektiv adsorption av en lättare adsorberbar komponent ur en gasblandning samt för tillvaratagande av nämnda komponent med hög renhetsgrad som produkt i ett adsorptionssystem med minst två adsorbentbäddar, vilka vardera på cyklisk bas genomgår en processerie k ä n n e t e c k n a d av att den omfattar:

a) införande av en anrikad mindre lätt adsorberbar samproducerad effluentgaskomponent, som erhållits från utloppsänden av en annan bädd i systemet, till utloppsänden för nämnda bädd, ensam, innan och/eller samtidigt med införan-

de av en inmatningsgasblandning till bäddens inloppsände för att sålunda höja trycket i bädden från ett desorptionstryck till en mellanliggande trycknivå:

- b) förande av inmatningsgasblandningen till bäddens inloppsände med eller utan passage av samproducerad effluent till bäddens utloppsände för att höja dess tryck från den mellanliggande trycknivån till ett högre adsorptionstryck;
- c) införande av samspolande gas av den lättare adsorberbara komponenten till bäddens inloppsände vid nämnda högre adsorptionstryck för att undantränga effluentgas av anrikad mindre lätt adsorberbar komponent från bäddens utloppsände, varvid en del av nämnda samproducerade effluentgas av den mindre lätt adsorberbara komponenten införs till utloppsändan för en bädd vars tryck håller på att höjas från nämnda desorptionstrycknivå, varvid koncentrationen av den lättare adsorberbara komponenten som finns närvarande med effluentgasen av den mindre lätt adsorberbara komponenten stiger under nämnda samspolningssteg, som fortsätter tills koncentrationen av den lättare adsorberbara komponenten uppnår en på förhand bestämd nivå i den samproducerade effluentströmmen;
- d) införande av ytterligare samspolande gas till inloppsändan för bädden vid nämnda högre adsorptionstryck efter det att koncentrationen av den lättare adsorberbara komponenten har uppnått nämnda på förhand bestämda nivå i effluentgasströmmen, varvid den ytterligare undanträngda effluentgasen som innehåller mera än den nämnda på förhand bestämda koncentrationen av den lättare adsorberbara komponenten återcirkuleras till inloppsändan för den bädd i systemet som har ett tryck mellan nämnda mellanliggande trycknivå och nämnda övre adsorptionstryck;
- e) motströms sänkande av bäddens tryck från det övre adsorptionstrycket till ett lägre tryck med utmatning av ytterst ren gas av den lättare adsorberbara komponenten från bäddens inloppsände, varvid den utkommande gasen av den lättare adsorberbara komponenten omfattar samspolningsgas av den lättare adsorberbara komponenten och/eller produktgas av den lättare adsorberbara komponenten;

- f) ytterligare motströms sänkning av bäddens tryck från det låga trycket till ett ännu lägre desorptionstryck genom utmatning av desorberad, ytterst ren produktgas av den lättare adsorberbara komponenten och/eller samspolande gas från bäddens inloppsände; och
- g) upprepande av stegen a)...f) på cyklisk bas, varvid ytterligare gasblandning inmatas till den bädd som genomgår återhöjning av trycket under steg b) eller under stegen a) och b),
varvid en produktgas av den lättare adsorberbara komponenten lätt kan erhållas med hög renhetsgrad och med högt utbyte, och en anrikad mindre lätt adsorberbar komponent likaså kan erhållas med relativt högt utbyte.

11. Förfarande enligt patentkravet 10, k ä n n e t e c k - n a t av att det övre adsorptionstrycket är högre än det atmosfäriska trycket.

12. Förfarande enligt patentkravet 10 eller 11, k ä n n e - t e c k n a t av att den ytterligare samproducerade effluentgasen som innehåller mera än en på förhand bestämd halt av den lättare adsorberbara komponenten återcirkuleras för att läggas till bäddens inloppsände tillsammans med den inmatade gasblandningen som används för att höja trycket från den mellanliggande trycknivån till det övre adsorptionstrycket.

13. Förfarande enligt patentkravet 10, k ä n n e t e c k - n a t av att det nämnda ännu lägre desorptionstrycket är ett desorptionstryck under det atmosfäriska trycket.