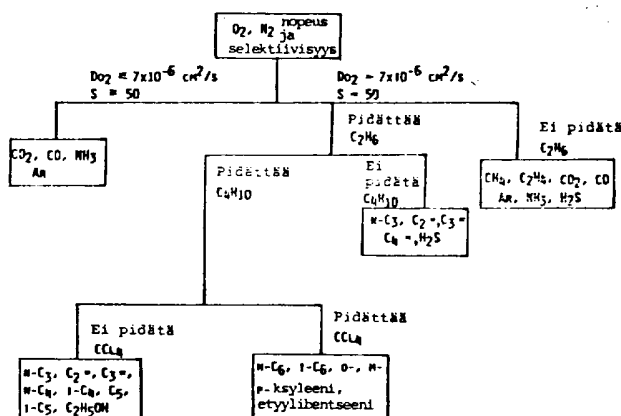




Uppfinningen hänför sig till en molekylsil som omfattar ett kolhaltigt substrat, vilket impregnerats med en organisk polymer med en molekylvikt av åtminstone 400 enligt bestämning genom osmometri i ångfas, eller med en oorganisk polymer i en mängd av åtminstone 0,001 vikt-% (baserat på substratvikten) upp till en maximimängd, vilken alltjämt tillåter den resulterande silen att separera gas- eller vätskeblandningskomponenter av åtminstone två olika molekyldiametrar, molekylvikter eller molekylformer.

Uppfinningen hänför sig även till ett förfarande för framställning av denna molekylsil, varvid ett kolhaltigt substrat impregneras med den nämnda organiska polymeren eller med den nämnda oorganiska polymeren. Dessutom hänför sig uppfinningen till ett förfarande för separering av gas- eller vätskeblandningar, vilka innehåller komponenter med åtminstone två olika molekyldiametrar, molekylvikter eller molekylformer, varvid gasen eller vätskan leds genom en molekylsil enligt uppfinningen.

Hiilimolekyylliseuloja ja menetelmä niiden valmistamiseksi ja käyttämiseksi

5 Tämä keksintö koskee molekyylliseuloja ja menetelmää niiden valmistamiseksi ja käyttämiseksi. Tarkemmin sanoen tämä keksintö koskee hiilipitoisia molekyylliseuloja, joilla on korkeat selektiivisyysuhteet ja korkeat kapasiteettiarvot. Tämän keksinnön molekyylliseulat valmistetaan kyl-
10 lästämällä hiilipitoisia alusta-aineita orgaanisella polymeerillä, jonka molekyyllipaino on vähintään 400 määritetynä höyryfaasiosmometrisesti, tai epäorgaanisella polymeerillä.

Munzner et al., kuvaavat US-patenttijulkaisussa n:o 3 962 129 hiilimolekyylliseulan, joka on valmistettu kyl-
15 lästämällä huokoista koksia alhaisen molekyyllipainon orgaanisella yhdisteellä, jonka kiehumispiste on 200-550°C mitattuna normaalipaineessa. (Ks. palsta 2, rivit 50-57). Tämä kyllästystekniikka pienentää tehokkaasti alusta-aineen mikrohuokoset välille 2-6 Å (0,2-0,6 mm), mutta tuottaa seulan, jolla on pienentynyt kapasiteetti.

Hiilimolekyylliseuloja on valmistettu päälylystämällä ulkoisesti raemaista aktiivihiiiltä n. 20-50 painoprosentilla osittain polymeroitua liuosta ja sen jälkeen kovet-
25 tamalla polymeeri ja karbonoimalla (hiiltämällä) polymeeripäälylyste. Ks. P.L. Walker Jr., et al., Conference on Industrial Carbon and Graphite, Proceedings (London) 1965, "The Preparation of 4 Å and 5 Å Carbon Molecular Sieves".

Addison kuvaa US-patenttijulkaisussa n:o 2 761 822 aktiivihiiilen viimeistelyprosessia. Tämä prosessi parantaa
30 adsorptioselektiivisyyttä, mutta pienentää hiilialustan sisäistä kapasiteettia.

On keksitty, että hiilipitoisten alusta-aineiden makrohuokosrakenne voidaan tukkia kyllästämällä orgaanisella tai epäorgaanisella polymeerillä. Tämä polymeerinen
35 este toimii rajoittaen sisäänpääsyä alusta-aineen mak-

rohuokosrakenteen läpi vaikuttamatta merkittävästi enempää alusta-aineen mikrohuokoskapasiteettiin kuin mikrohuokosten diffuusio-ominaisuuksiinkaan. Näin ollen alusta-aineen selektiivisyys paranee ilman huomattavaa alusta-aineen kapasiteetin menetystä.

Kuvio 1 on juoksukaavio, joka esittää pieni- ja keskikokoisten kaasujen erotusominaisuuksia perustuen molekyyliseulan hapen ja typen diffundoituvuuksiin (nopeus) ja happi/typpiselektiivisyysuhteisiin eri malliyhdisteiden adsorptiossa.

Keksinnön mukaiselle molekyyliseulalle on tunnusomaista, että se käsittää hiilipitoisen alustan, joka on kyllästetty orgaanisella polymeerilla, jonka molekyylipaino on vähintään 400 määritettynä höyryfaasiosmometrisesti, tai epäorgaanisella polymeerilla, joiden määrä on vähintään 0,001 p-%:sta (laskettuna alustan painosta) aina maksimimäärään asti, joka vielä tekee saadulle seulalle mahdolliseksi erottaa kaasu- tai nesteseoksia, jotka sisältävät komponentteja, joilla on vähintään kaksi eri molekyylihalkaisijaa, molekyylipainoa tai molekyylimuotoa.

Keksintö koskee myös menetelmää molekyyliseulan valmistamiseksi, jossa menetelmässä kyllästetään hiilipitoinen alusta orgaanisella polymeerilla, jonka molekyylipaino on vähintään 400 määritettynä höyryfaasiosmometrisesti, tai epäorgaanisella polymeerilla, joiden määrä on vähintään 0,001 p-%:sta (laskettuna alustan painosta) aina maksimiannokseen asti, joka vielä tekee saadulle seulalle mahdolliseksi erottaa kaasu- tai nesteseoksia, jotka sisältävät komponentteja, joilla on vähintään kaksi eri molekyylihalkaisijaa, molekyylipainoa tai molekyylimuotoa.

Keksintö koskee myös menetelmää kaasu- tai neste-seosten erottamiseksi, jotka sisältävät komponentteja, joilla on vähintään kaksi eri molekyylihalkaisijaa, molekyylipainoa tai molekyylimuotoa, jossa menetelmässä johdetaan neste tai kaasu molekyyliseulan läpi, joka käsittää

hiilipitoisen alustan, joka on kyllästetty orgaanisella polymeerilla, jonka molekyylipaino on vähintään 400 määritettynä höyryfaasiosmometrisesti, tai epäorgaanisella polymeerilla, joiden määrä on vähintään 0,001 p-%:sta (laskettuna alustan painosta) aina maksimiannokseen asti, joka vielä tekee saadulle seulalle mahdolliseksi erottaa kaasutai nesteseoksia, jotka sisältävät komponentteja, joilla on vähintään kaksi eri molekyylihalkaisijaa, molekyylipainoa tai molekyylimuotoa.

10 Tässä käytettynä sanonta "hiilipitoinen alusta-
(aine)" viittaa huokoiseen materiaaliin, joka koostuu pääasiassa hiilestä, jolla on keskisuuri tai suuri sisäinen pinta-ala ja joka johtuen sen sisäisistä pintaominaisuuksista adsorboi kaasumaisia ja/tai nestemäisiä yhdisteitä.
15 Hiilipitoisia alusta-aineita ovat aktiivihielet, hiilimolekyylihuulet, noet, kovet ja pehmeät kivihiielet, bitumipitoiset kivihiielet, antrasiittihielet, ligniittihielet, ruskohielet, turve, kookospähkinän kuoret, hieletyt persikankivet, pähkinänkuoret, babassupähkinän kuoret, hieletyt kirsikankivet, puu jne. Useita näistä hiilipitoisista alusta-aineista voidaan edullisesti esikäsittää ennen kyllästystä. Tyypillisiin esikäsittelyvaiheisiin alusta-
20 aineen huokoisen luonteen lisäämiseksi kuuluisi kalsinointi seulamaisen alusta-aineen muodostamiseksi tai aktivointi aktiivihiealustan muodostamiseksi.
25

Hiilimolekyylihuulojen valmistusta kuvataan esim. US-patenttijulkaisuissa n:ot 3 884 830, 3 222 412, 3 801 513, 2 556 859 ja 4 046 709.

30 Tyypillisiä menetelmiä aktiivihieilten valmistamiseksi on kuvattu J.W. Hassler'in teoksessa "Active Carbon", kappale 2, sivut 12-35, Chemical Publishing Co., Brooklyn, N.Y. (1951).

35 Molekyylihuuloja voidaan valmistaa käyttämällä suhteellisen suurta polymeeria hiilipitoisen alusta-aineen makrohuokosrakenteen tukkimiseksi osittain. Tämä "sulku"

rajoittaa molekulaaristen kaasujen ja nesteiden diffuusio-
nopeutta alustan makrohuokosiin ja pois niistä, mikä pa-
rantaa alustan luonnollista mikrohuukoista seulontakykyä
parantaen siten selektiivisyyttä vaikuttamatta merkittävän
5 haitallisesti kapasiteettiin.

Jotta hiilipitoiset alusta-aineet olisivat hyödyllisiä alusta-aineina tässä yhteydessä, niiden huokosraken-
teet koostuvat yleensä huokoskoalueesta, joka käsittää:

- a) makrohuukokset yleensä $> 100 \text{ \AA}$:n (10 mm) halkaisija
- 10 b) mikrohuukokset yleensä $< 100 \text{ \AA}$:n (10 mm) halkaisija

Käyttämällä polymeeria, jolla on riittävä molekyy-
lipaino ja sen vuoksi riittävä molekyylihalkaisija, vain
alusta-aineessa olevat makrohuukokset tukkeutuvat kylläs-
tettäessä alusta-aine polymeerillä. Tämän keksinnön olen-
nainen piirre on, että polymeeri ei vaikuta merkittävästi
15 alusta-aineen mikrohuokosiin. Tämä takaa sekä sisäisen ka-
pasiteetin että luonnollisen mikrohuukosten seulontakyvyn
säilymisen.

Alusta-aineen seulaluonnetta parannetaan kyllästä-
mällä orgaanisella tai epäorgaanisella polymeerillä. Alus-
20 ta-aineen makrohuukosten tukkimiseen käytetty polymeeri-
kyllästysaineen määrä vaihtelee haluttujen kaasun selek-
tiivisyyksien mukaan. Yleensä arvellaan, että vähintään
0,001 p-% polymeeria riittää. Jos käytetään liian suurta
25 annosta, mikrohuukokset voivat tukkeutua saaden kyllästetyn
alustan menettämään aiotut seulontaominaisuudet. Maksimi-
annos riippuu käytetystä alusta-aineesta. Optimiannos voi-
daan määrittää vaihtelemalla annosta ja identifioimalla
kyllästetty seula, jolla on optimiseulontaominaisuudet.
30 Yleensä yli 20 p-% aiheuttaa ylitukkeutumista; joillakin
alustoilla pienempikin määrä kyllästysainetta aiheuttaa
kuitenkin ylitukkeutumista.

Jotta valittu polymeeri olisi hyödyllinen kylläs-
tysaineena tässä yhteydessä, sen tulisi parantaa alustan
35 selektiivisyyssuhdetta vaikuttamatta merkittävän haitalli-

sesti alustan kapasiteettiin.

Selektiivisyys määritellään kahden diffundoituvuus-
arvon (esim. hapen diffundoituvuus/typen diffundoituvuus
DO₂/DN₂) suhteeksi ja kapasiteetti määritellään adsorboi-
tuneen aineen tilavuudeksi, joka on jäänyt annettuun
tilavuuteen hiilimolekyylliseulaa. Korkea selektiivisyys-
suhde tarkoittaa, että seula erottaa helposti seoksen kom-
ponentit molekyylihalkaisijan, molekyylimuodon, molekyylino-
peuden ja/tai sen vuorovaikutuksen perusteella kiinteään
pinnan kanssa. Korkea kapasiteettiarvo merkitsee, että
pieni määrä seulaa adsorboi suuren tilavuusmäärän kaasua.

Yleisesti on havaittu, että hiilimolekyylliseulat
adsorboivat nopeammin pienempiä, kevyempiä molekyylejä
kuin suurempia, raskaampia molekyylejä. Tyypillinen mole-
kyylien luettelo pienenevän diffundoituvuuden järjestyk-
sessä hiilimolekyylliseuloihin on seuraava: vety, helium,
happi, hiilimonoksidi, hiilidioksidi, ammoniakki, typpi,
argon, metaani, rikkivety, eteeni, etaani, propeenä, eta-
noli, propaani, n-butaani, isobutaani, n-pentaani, isopen-
taani, o-ksyleeni, m-ksyleeni, p-ksyleeni, n-heksaani, 2-
metyylipentaani, n-heptaani. Tämä luettelo ei ole täydellinen,
vaan on tarkoitettu pelkästään peukalosäännöksi.
Jonkin verran vaihtelua diffundoituvuuksien järjestyksessä
olisi odotettavissa riippuen kulloinkin käytetystä adsorp-
tioaineesta. Kuitenkin adsorptionopeuserot, jotka johtuvat
molekyylihalkaisijasta, molekyylimuodosta, molekyylino-
peudesta ja/tai adsorboituneen aineen ja adsorboivan aineen
vuorovaikutuksista, toimivat perustana kaasumaisten tai
nestemäisten seosten erottamiselle. Mitä suurempi on seok-
sen komponenttien adsorptionopeuksien välinen ero, sitä
helpompi ne on erottaa seoksesta. Siirtoilmiöihin ja ad-
sorptioteoriaan perehtyneet ymmärtävät hyvin sanonnat "mo-
lekyylihalkaisija", "molekyylinopeus" ja "adsorboituneen/
adsorboivan aineen vuorovaikutukset". Joka tapauksessa
seuraavat tutkimukset otetaan täten mukaan viitteeksi:

1) R.B. Bird, W.E. Steward ja E.N. Lightfoot, Transport Phenomena, J. Wiley & Sons, New York (1960).

2) J.O. Hirshfelder, C.F. Crentis ja R.B. Bird, Molecular Theory of Gases and Liquids, J. Wiley & Sons, New York (1954).

3) W.A. Steele, "The Interaction of Gases with Solid Surfaces", The International Encyclopedia of Physical Chemistry and Chemical Physics, Topic 14, Volume 3, Pergamon Press, Oxford (1974).

4) A.W. Andersson, Physical Chemistry of Surfaces, John Wiley & Sons, New York (1976).

On todettu, että kaasujen tai nesteiden absoluuttinen diffundoituvuus kiinteisiin adsorptioaineisiin on vaikea määrittää kokeellisesti. Tämä pätee erityisesti hiilipitoisiin adsorptioaineisiin, jotka ovat rakenteellisesti epähomogeenisia. Vertailutarkoituksiin on kuitenkin mahdollista valita tunnetun kokoinen vertailuadsorptioaine, joka vasten muita adsorptioaineita suhteellisesti arvostellaan. Näin saadut diffundoituvuusarvot ovat hyödyllisiä kuvattaessa kaasujen tai nesteiden adsorboitumista joukkoon adsorptioaineita. Tässä kuvatut hiilimolekyyli-seulat testattiin toteamalla eri kaasujen adsorptio etukäteen tyhjöön imettyihin näytteisiin oleellisesti yhden atmosfäärin paineessa ja oleellisesti 25°C:ssa. Diffundoituvuusarvot laskettiin sitten käyttäen yksinkertaista yhtälöä, joka kuvaa diffuusiota palloon.

$$L_t/L_e = 6 (Dt/\pi R_0^2)^{1/2} - 3Dt/R_0^2$$

jossa

L_t = koekaasun täyttömäärä hetkellä $t = 30$ s.

L_e = tasapainotäyttömäärä (tavallisesti hetkellä $t = 1$ tunti)

D = diffundoituvuusarvo

t = 30 sekuntia

$R_0 = 0,05125$ cm (vertailuadsorptioaineen keskihiukkassäde).

On ymmärrettävä, että vaihtoehtoisten parametrien (esim. toisen vertailusäteen, lämpötilan, paineen tai ajan t) valinta muuttaisi näin saatujen diffundoituvuusarvojen absoluuttista ja suhteellista suuruutta. Tämän ei ole kuitenkaan katsottava rajoittavan tässä kuvatun keksinnön laajuutta tai pätevyyttä.

Kuvio 1 esittää juoksukaaviota molekyyliseulojen valitsemiseksi määrättyihin kaasuerotuksiin. Tässä juoksukaaviossa seulanäyte analysoidaan ensin hapen ja typen diffundoituvuuksien (nopeuden) suhteen yllä kuvatulla tavalla. Näistä kahdesta arvosta lasketaan happi/typpiselektiivisyysuhde.

Kevyille kaasuille, esim. hapelle, typelle, hiili-monoksidille, hiilidioksidille yms. yleensä hyödyllisiä arvoja ovat diffundoituvuudet vähintään $n. 10 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ ainakin yhdelle kaasuista, edullisesti vähintään $200 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ ja edullisimmin vähintään $500 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ yhdessä selektiivisyysuhdeiden kanssa, jotka ovat vähintään 1,1, edullisesti vähintään 10, edullisemmin vähintään 25 ja edullisimmin vähintään 50. (Selektiivisyys vähintään 1,1 on sama kuin 0,9 tai pienempi. Suhde voi olla päinvastainen).

Raskaille kaasuille, esim. etaanille, propaanille butaaneille jne. diffundoituvuusarvojen tulee olla vähintään $0,1 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ ainakin yhdelle kaasuista, edullisesti vähintään $25 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$, edullisimmin vähintään $100 \times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ ja selektiivisyysuhdeiden tulee olla luokkaa vähintään 1,1, edullisesti vähintään 5, edullisemmin vähintään 20 ja edullisimmin vähintään 50. (Selektiivisyys vähintään 1,1 on sama kuin 0,9 tai pienempi. Suhde voi olla päinvastainen).

Nesteiden diffundoituvuudet voivat olla pienemmät kuin kaasujen minimiarvot.

Kun happi/typpiselektiivisyysuhde on laskettu ja happinopeus varmistettu, juoksukaavio on hyödyllinen mää-

ritettäessä, mikä nimenomainen kaasuerotus on tehokkain kyseessä olevalle seulalle.

Seuraten kuvan 1 vasenta haaraa jos happinopeus (DO_2) on pienempi tai yhtä suuri kuin $7 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ happi/typpiselektiivisyyssuhteella DO_2/DN_2 (S), joka on suurempi tai yhtä suuri kuin 50, seula voi olla hyödyllinen hiilimonoksidin, hiilidioksidin, ammoniakkin tai argonin erottamiseen.

Seuraten kuvion 1 oikeata haaraa, jos hapen nopeus on yli $7 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{s}$ tai happi/typpiselektiivisyyssuhde on alle 50, vaaditaan lisäkokeita. Jos kyseessä oleva seula ei adsorboi etaania, saattaa olla hyödyllistä erottaa metaani, eteeni, hiilimonoksidi, hiilidioksidi, argon, ammoniakki tai rikkivety. Jos näyte todella adsorboi etaania, vaaditaan lisäkokeita tehokkaimman kaasuseostilanteen löytämiseen, johon seulaa voidaan käyttää.

On huomattava, että kuvion 1 juoksukaavio on vain ehdotettu suuntaviiva. Tämän keksinnön molekyylliseulat ovat kaikki hyödyllisiä moniin eri kaasuerotuksiin. Kuvion 1 tarkoituksena on määrittää edulliset erotuskaaviot.

Vähintään 0,001 p-%, edullisesti 0,001-10,0, edullisemmin n. 0,001-5,0 ja edullisimmin 0,01-1,0 ja joissakin erotuksissa 0,001-0,5 p-% polymeeria (laskettuna seulan painosta) on riittävä tukkimaan makrohuokokset siinä määrin kuin tarvitaan parantamaan happi/typpiselektiivisyyttä vaikuttamatta sisäisiin mikrohuokosiin ja tämän vuoksi kapasiteettiin. Suurempia tai pienempiä määriä polymeeria voidaan käyttää muihin kaasuerotuksiin.

Tässä keksinnössä hyödyllisiä orgaanisia ja epäorgaanisia polymeereja on kuvattu Sorensonin ja Campbell'in teoksessa "Preparative Methods of Polymer Chemistry", Interscience Publishers, Inc., New York, New York (1961).

Yleensä tässä hyödylliset polymeerit kuuluvat yhteen tai useampiin seuraavista luokista: polyamidit, polyureat, polyuretaanit, polyesterit, muut kondensaatiopoly-

meerit, tyydyttämättömien monomeerien muodostamat additio-
polymeerit, dieeni- ja trieenipolymeerit ja -kopolymeerit,
sykliset polyamidit, sykliset polyesterit, sykliset poly-
eetterit, silikonipolymeerit, polymeroitu fosfonitriili-
5 kloridi, rikkipolymeerit, polymeroitu rikkinitridi, poly-
fenyleenieetterit, silloitetut polyesterit, fenoliformal-
dehydihartsit, epoksihartsit yms. Katso esim. "Inorganic
Polymers", F.O.A. Stone ja W.A.G. Graham, toimittajat,
Academic Press, New York (1962) ja "Principles of Polymer
10 Chemistry", P.J. Flory, Cornell University Press, Ithica,
New York (1963).

Esimerkkejä sopivista monomeereista, joita voidaan
käyttää valmistettaessa yllä kuvattuja polymeereja, ovat:
akryyli- ja metakryylihapon esterit, kuten metyyli-, etyy-
15 li-, 2-kloorietyyli-, propyyli-, isobutyyli-, isopropyyli,
butyyli-, tert.-butyyli-, sek.-butyyli-, etyyliheksyyli-,
amyyli-, heksyyli-, oktyyli-, dekyyli-, dodekyyli-, syklo-
heksyyli-, isobornyyli-, bentsyyli-, fenyyli-, alkyylife-
nyyli-, etoksimetyyli-, etoksietyyli-, etoksipropyyli-,
20 propoksimetyyli-, propoksietyyli-, propoksipropyyli-,
etoksifenyyli-, etoksibentsyyli-, etoksisykloheksyyli-,
hydroksietyyli-, hydroksipropyyliesterit, eteeni, propee-
ni, isobuteeni, di-isobuteeni, styreeni, etyylivinyyli-
bentseeni, vinyylitolueeni, vinyylibentsyylikloridi, vi-
25 nyylidikloridi, vinyyliasetaatti, vinylideenidikloridi, disyk-
lopentadieeni, akryylinitriili, metakryylinitriili, ak-
ryyliamidi, metakryyliamidi, diasetoniakryyliamidi, funk-
tionaaliset monomeerit, kuten vinyylibentseeni, sulfoni-
happo, vinyyliesterit, kuten vinyyliasetaatti, vinyylipro-
30 pionaatti, vinyylibutyyraatti, vinyylilauraatti, vinyylike-
tonit, kuten vinyylimetyyliketoni, vinyylietyyliketoni,
vinyyli-isopropyyliketoni, vinyylin-butyyliketoni, vinyy-
liheksyyliketoni, vinyylioktyyliketoni, metyyli-isoprope-
nyyliketoni, vinyylialdehydit, kuten akroleiini, meakro-
35 leiini, krotonaldehydi, vinyylieetterit, kuten vinyylim-

tyyllieetteri, vinyylietyyllieetteri, vinyylipropyylieetteri, vinyyli-isobutyylieetteri, vinylideeniyhdisteet, kuten vinylideenikloridi, -bromidi tai -bromikloridi, samoin tyydyttämättömien dikarboksyylihappojen, kuten itakoni-,
5 sitrakoni-, akoniitti-, fumaari- ja maleiinihappojen vastaavat neutraalit tai puolihiappamat puoliesterit tai vapaat dihapot, kuten N-monoalkyyli-, N,N-dialkyyli- ja N-dialkyyliaminoalkyyliakryyliamidit tai metakryyliamidit, joiden alkyyli-ryhmissä voi olla 1-18 hiiliatomia, kuten
10 akryyli- tai metakryylihapon metyyli-, etyyli-, isopropyyli-, butyyli-, heksyyli-, sykloheksyyli-, oktyyli-, dodekyyli-, heksadesyyli- ja oktadesyyliaminoalkyyliesterit, kuten β-dimetyyliaminoetyyli-, β-dietyyliaminoetyyli- tai 6-dimetyyliaminoheksyyliakrylaattit ja -metakrylaattit, alkyyli-
15 tioetyyli- tai metakrylaattit ja -akrylaattit, kuten etyyli- tioetyyli- tai metakrylaatti, vinyylipyridiinit, kuten 2-vinyylipyridiini, 4-vinyylipyridiini, 2-metyyli-5 vinyylipyridiini; tioeettereiden ja tiofenolien polymeerit ja kopolymeerit; yms.

20 Kun kyseessä ovat kopolymeerit, jotka sisältävät etyyli- tioetyyli- tai metakrylaattia, tiofunktionaali-ryhmä voidaan hapettaa haluttaessa vastaavaksi sulfoksidiksi tai sulfoniksi.

Polyetyleenisesti tyydyttämättömät monomeerit, jotka toimivat tavallisesti ikäänkuin niissä olisi vain yksi
25 tällainen tyydyttämätön ryhmä, kuten isopreeni, butadieeni ja kloropreeni, voidaan liittää mukaan osana monoetyleenisesti tyydyttämätöntä ryhmää.

Esimerkkejä polyetyleenisesti tyydyttämättömistä
30 monomeereista ovat: divinyylibentseeni, divinyylipyridiini, divinyylinaftaleeni, diallyylitaalaatti, etyleeniglykolidiakrylaatti, etyleeniglykolidimetakrylaatti, trimetylolipropaanitrimetakrylaatti, divinyylisulfoni, glykolin, glyserolin, pentaerytritolin, dietyleeniglykolin, glykolin
35 lien monotiojohdannaisien ja resorsinolin polyvinyyli- tai

polyallyylietterit, divinyyliketoni, divinyylisulfidi, allyyliakrylaatti, diallyylimaleaatti, diallyylifumaraatti, diallyylisukkinaatti, diallyylikarbonaatti, diallyylimalonaatti, diallyylioksalaatti, diallyyliadipaatti, diallyylisebasaatti, divinyylisebasaatti, diallyylitartraatti, diallyylisilikaatti, triallyylitrikarballylaatti, triallyyliakonitaatti, triallyylisitraatti ja triallyylifosfaatti, N,N'-metyleenidiakryyliamidi-, N,N'-metyleenidimetakryyliamidi, N,N'-etyleenidiakryyliamidi, trivinyylibentseeni, trivinyylinaftaleenit ja polyvinyylisantraseenit.

Edullinen tämän tyyppisten monomeerien luokka ovat aromaattiset, etyleenisesti tyydyttämättömät molekyylit, kuten styreeni, vinyylipyridiini, vinyylinaftaleeni, vinyylitolueeni, fenyyliakrylaatti, vinyyliksyleenit ja etyylivinyylibentseeni.

Esimerkkejä edullisista polyetyleenisesti tyydyttämättömistä monomeereista ovat divinyylipyridiini, divinyylinaftaleeni, divinyylibentseeni, trivinyylibentseeni, alkyylidivinyylibentseenit, joissa on 1-4 kpl 1-2 hiiliatomeja sisältävää alkyyliryhmää substituoituna bentseeniytimeen ja alkyylitrivinyylibentseenit, joiden bentseeniytimeen on substituoitu 1-3 kpl 1-3 hiiliatomia sisältävää alkyyliryhmää. Näiden poly(vinyyli)bentseenimonomeerien homopolymeerien ja kopolymeerien ohella yksi tai useampi niistä voi olla kopolymeroitu korkeintaan 98 prosentin (paino-% koko monomeeriseoksesta) kanssa

(1) monoetyleenisesti tyydyttämättömiä monomeereja tai (2) polyetyleenisesti tyydyttämättömiä monomeereja, jotka ovat muita kuin juuri määritellyjä poly(vinyyli)bentseeniä tai (3) monomeerien (1) ja (2) seosta. Esimerkkejä alkyylisubstituoituista di- ja trivinyylibentseeneistä ovat eri vinyylitolueenit, divinyylietyylibentseeni, 1,4-divinyyli-2,3,5,6-tetrametyylibentseeni, 1,3,5-trivinyyli-2,4,6-trimetyylibentseeni, 1,4-divinyyli-2,3,6-trietyyli-

bentseeni, 1,2,4-trivinyyli-3,5-dietyylibentseeni ja 1,3,5-trivinyyli-2-metyylibentseeni.

Esimerkkejä sopivista kondensaatiomonomeereista ovat:

- 5 (a) alifaattiset kaksiemäksiset hapot, kuten maleiinihappo, fumaarihappo, itakonihappo, 1,1-syklobutaanidikarboksyylihappo jne; (b) alifaattiset diamiinit, kuten piperatsiini, 2-metyylipiperatsiini, cis,cis-bis(4-aminosykloheksyyli)metaani, metaksylyleenidiamiini jne; (c) glykolit, 10 kuten dietyleeniglykoli, trietyleeniglykoli, 1,2-butaanidioli, neopentyyliglykoli jne; (d) bis-klooriformaatit, kuten cis- ja trans-1,4-sykloheksyylibis-klooriformaatti, 2,2,2,4-tetrametyyli-1,3-syklobutyylibis-klooriformaatti ja muiden yllä mainittujen glykolisten bis-klooriformaatit 15 jne; (e) hydroksihapot, kuten salisyylihappo, m- ja p-hydroksibentsoehappo ja siitä johdetut laktonit, kuten propiolaktonit, valerolaktonit, kaprolaktonit jne; (f) diisosyanaatit, kuten cis- ja trans-syklopropani-1,2-diisosyanaatti, cis- ja trans-syklobutaani-1,2,-diisosyanaatti jne; 20 (g) aromaattiset dihapot ja niiden johdannaiset (esterit, anhydridit ja happokloridit) kuten ftaalihappo, ftaalihappoanhydridi, tereftaalihappo, isoftaalihappo, dimetyyli-ftalaatti jne; (h) aromaattiset diamiinit, kuten bentsidiini, 4,4'-metyleenidiamiini, bis(4-aminofenyyli)eetteri 25 jne; (i) bisfenolit, kuten bisfenoli A, bisfenoli C, bisfenoli F, fenolftaleiini, resorsinoli jne; (j) bisfenolibis(klooriformaatit) kuten bisfenoli A bis(klooriformaatti), 4,4'-dihydroksibentsofenoni bis(klooriformaatti) jne; 30 (k) karbonyyli- ja tiokarbonyyliyhdisteet, kuten formaldehydi, asetaldehydi tioasetoniasetoni jne; (l) fenoli ja fenolin johdannaiset, kuten alkyylifenolit, jne; (m) polyfunktionaaliset silloitusaineet, kuten kolme- tai moniemäksiset hapot, kuten trimelliittihappo, tri- tai poly- 35 olit, kuten glyseroli, tri- tai polyamiinit, kuten diety-

leenitriamiini; ja muut kondensaatiomonomeerit ja edellä olevien seokset.

Yllä kuvatuista monomeereista muodostettuja edullisia polymeereja ovat seuraavat kaupallisesti saatavat polymeerit: polyetyleeniglykoli PEG 400, PEG 4000 ja 6000 (Fisher Scientific), fenolihartsit 3435, 3446 (Polyrez Co. Inc.), lineaariset, sykliset tai silloitetut silikonipolymeerit, kuten SC-102 tai SC-114 (Thermoset Plastics, Inc.) tai DF104, SR-107 ja DF-1040 (General Electric Co.), akryyliemulsiopolymeerit, tai -kopolymeerit, kuten AMSCO Res 200, 210, 807 ja 1170 (American Mineral Spirits Co.).

Useampia kuin yhtä polymeeria voidaan myös käyttää. Niiden levittäminen voi olla samanaikaista tai peräkkäistä.

Tämän keksinnön orgaanisen polymeerikyllästysaineen minimimolekyyllipaino olisi luokkaa n. 400 määriteltynä höyryfaasiosmometrisesti. Epäorgaanisen polymeerikyllästysaineen molekyyllipaino voi olla alle 400. Polymeerikyllästysaineen molekyyllipaino on edullisesti n. 1000-1000 000 määritettynä valosironnalla. Edullisimmin polymeerisen kyllästysaineen molekyyllipaino on n. 4000-250 000 määritettynä valosironnalla. Höyryfaasiosmometria ja valosironta ovat hyvin tunnettuja molekyyllipainojen mittaamenetelmiä ja niitä selostetaan esimerkiksi teoksessa Billmeyer, Jr., Fred W., Textbook of Polymer Science, 2. painos, Wiley Interscience, New York (1971) sivut 67-68 ja 81-84.

Mitä tahansa tekniikkaa voidaan käyttää hiilipitoisen alusta-aineen kyllästämiseen polymeerilla. Polymeeri voidaan esimerkiksi liuottaa sopivaan liuottimeen, johon alusta-aine on sekoitettu, ylimääräinen liuos dekantoida tai suodattaa pois ja alusta-aine kuivata tai lämpökäsitellä siten, että makrohuokokset tukkeutuvat polymeeripäällysteellä. Muita tekniikoita ovat polymeeriliuosten ruiskutus tai polymeerihöyryn johtaminen alusta-aineen näyt-

teen läpi. Mikäli alusta-aine ei kyllästy riittävästi yhdellä polymeerikäsittelyllä, yhtä tai useampia lisäkäsittelyjä voidaan käyttää halutun makrohuokosten tukkimisen saavuttamiseksi.

5 Tässä keksinnössä edullisia hiilipitoisia alusta-aineita ovat materiaalit, joissa on suuri prosenttimäärä, edullisimmin ainakin 90 % mikrohuokosia, tarkemmin sanoen ne materiaalit, joissa on suuri prosenttimäärä mikrohuokosia, joiden koko on alle 20 Å (2 nm). Monia tällaisia materiaaleja on saatavana kaupallisesti lukuisilta toimit-
10 tajilta tai voidaan valmistaa millä tahansa alaan perehtyneen käytettävissä olevalla menetelmällä.

Erityisen edullisia hiilipitoisia alusta-aineita ovat aktiivihielet ja hiilimolekyyli-seulat.

15 Tyypillisiä kuumennuslaitteita, joita käytetään hiilipitoisten alusta-aineiden valmistuksessa, joissa on suuri prosenttimäärä mikrohuokosia, ovat epäsuorasti kuumennetut viertouunit, moniarinauunit, leijukerrosuunit, Selas-tyyppiset epäsuorasti kuumennetut tai sähköisesti
20 lämmitetyt ruuvikuljetinuunit tai jotkut erityyppisistä metallinkäsittelyuuneista (esim. Lindberg), joita alalla tunnetaan. Edullinen kuumennuslaite on infrapunakuumennettu jatkuvakuljetustyyppinen uuni, jota on kuvattu amerikkalaisissa patenteissa n:ot 4 050 900 ja 3 648 630, jotka
25 liitetään viitteenä tähän esitykseen.

Lämpökäsittely hiilipitoisen alusta-aineen valmistamiseksi, jossa on suuri prosenttimäärä mikrohuokosia (ennen kyllästystä), suoritetaan yleensä yli 250°C:n lämpötiloissa edullisen alueen ollessa 500-1100°C. Tyypilliset viipymisajat ovat 1 minuutista useisiin tunteihin.
30

Hiilipitoisen alusta-aineen jatkuvakuljetustyyppinen kuumennus hiilipitoisten materiaalien valmistamiseksi, joissa on suuri prosenttimäärä mikrohuokosia, myöhem-
pää kyllästystä varten, voidaan toteuttaa jommalla kummalla kahdesta tavasta. (1) Hiillettyä perusmateriaalia voi-
35

daan prosessoida uuniatmosfäärissä, joka sisältää pienen määrän, edullisesti alle 1000 ppm happea joko myötä- tai vastavirtaan kulkevassa inertissä kaasuvirrassa seuraavasti:

	<u>Alue</u>	<u>Edullinen</u>
(A) lämpötila	480-1100°C	750-1040°C
(B) viipymäaika	5-90 min.	5-30 min.
(C) syöttönopeus	6,8-27 kg/h	13,6-22,7 kg/h
(D) N ₂ -huuhtelunopeus	15-35 SCFM	20-30 SCFM

10

(2) Vaihtoehtoisesti agglomeroitua perusmateriaalia voidaan prosessoida uuniatmosfäärissä, joka sisältää hie-
man, esim. korkeintaan 10 000 ppm, happea, myötä- tai vas-
tavirtaan kulkevassa inertissä kaasuvirrassa seuraavasti:

15

	<u>Alue</u>	<u>Edullinen</u>
(A) lämpötila	250-1100°C	500-1000°C
(B) viipymisaika	vähintään 1 min.	1-180 min. (edullisimmin 10-60 min.)
(C) syöttönopeus	0,5-41 kg/h	18-25 kg/h
(D) typpihuuhdeltu	5-40 SCFM	5-30 SCFM

20

Yllä olevat parametrit vaihtelevat riippuen käyte-
tystä uunista, eivätkä ne tämän vuoksi ole kriittisiä pa-
rametreja. Agglomeroidut perusmateriaalit voivat sisältää
30-98 p-% perusmateriaalia, 1-40 p-% termistä sideainetta,
kuten kivihiilipikeä, maaöljypikeä, asfalttia, bitumia ja
ligniiniä, 0-20 p-% kylmäsideainetta, kuten tärkkelystä ja
0-40 p-% vettä.

25

Polymeerilla kyllästettyä seulaa voidaan edelleen
modifioida hiillettamällä polymeerinen kyllästysaine 250-
1100°C:ssa, edullisesti 500-1000°C:ssa.

30

Seuraavat esimerkit osoittavat polymeeristen kyl-
lästysaineiden vaikutuksen hiilipitoisiin alusta-ainei-
siin. Nämä esimerkit ovat luonteeltaan ainoastaan kuvaavia

35

eikä niitä ole tarkoitettu rajoituksiksi tämän keksinnön suojapiirille.

Esimerkki 1

Vaihe 1: Alusta-aineen valmistus

5 Seulottua kookospähkinähiiltä (8 x 30 mesh, n. 2,4 x 0,55 mm) käsiteltiin termisesti jatkuvakuljetustyyppisessä uunissa (valmistaja Shirco, Inc.) 750°C:ssa 15 min. ajan typen alaisena hiilipitoisen alusta-aineen tuottamiseksi. Käsittelemättömään kookospähkinään perustuvan alusta-aineen happi/typpiselektiivisyysuhde oli 0,88, happikapasiteetti 2,90 cm³/cm³ ja näennäistiheys 0,624 g/cm³.

Vaihe 2: Alusta-aineen kyllästykset

15 100 g vaiheesta 1 saatua kookospähkinään perustuvaa hiilimolekyylliseula-alustaa kyllästettiin liuoksella, jossa oli 2 g polyetyleeniglykoli (PEG) 4000, jonka molekyylipaino on 4000 (Fisher Scientific Co.) 100 g:ssa vettä sekoittamalla alusta-ainetta liuoksen kanssa, kunnes kaasu oli poistunut hiilestä. (Vaahtoaminen lakkasi n. 5-10 minuutissa). Ylimääräinen liuos dekantoitiin seoksesta ja kyllästettyä alusta-ainetta ilmakeivattiin 2-3 tuntia, kunnes se oli vapaasti valuva. Tämän jälkeen kyllästettyä kookospähkinäalustaa uunikeivattiin 75°C:ssa 20 tuntia näennäistiheyteen 0,679 g/cm³. Hydratoidun PEG:n lopulliseksi kyllästysainetasoksi laskettiin näennäistiheyden muutoksesta 8,8 p-%. PEG:n todellinen taso olisi alle 2,0 p-%.

Vaihe 3: Seula-analyysi

30 Koekaasun diffundoituvuusarvon laskemiseksi määritettiin heliumlaajenemisella sellaisen näytekennon kuollut tilavuus, joka sisälsi n. 10 g seula-ainetta. Tämän jälkeen koekaasu laajennettiin uudelleen tyhjään vedettyyn näytekennoon yhden litran tarkistuskennosta. Kun kuollut tilavuus tunnettiin, koekaasun adsorptiota (täyttömäärää) seurattiin systeemin paineen muutoksen avulla. Nämä arvot yhdistettynä seulanäytteelle laskettuun tasapainotäyttöar-

voon yhden tunnin kuluttua, tekivät mahdolliseksi suhteellisen syöttöarvon (L_t/L_e) määrittämisen. L_t oli koekaasun täyttöarvo seulanäytteeseen annetulla hetkellä, esim. 30 sekunnin kuluttua ja L_e oli koekaasun täyttöarvo seulanäytteeseen tasapainossa. Seulanäytteen diffundoituvuusarvo (D) laskettiin sitten koekaasulle ratkaisemalla yksinkertaistettu yhtälö diffuusiolle pallon sisään:

$$L_t/L_e = 6 (Dt/\pi R_0^2)^{1/2} - 3Dt/R_0^2$$

10

jossa

L_t = koekaasun täyttömäärä hetkellä $t = 30$ s.

L_e = tasapainotäyttö (tavallisesti hetkellä $t = 1$ tunti)

D = diffundoituvuusarvo

15

$t = 30$ s

$R_0 = 0,05125$ cm (vertailuadsorptioaineen keskihiukkassäde).

Näin laskettu diffundoituvuusarvo edustaa sekä mikrohuokosten että makrohuokosten diffundoituvuuden yhdistelmää. Kts. Dedrick, R.L. ja Beckmann, R.B., "Kinetics of Adsorption by Activated Carbon from Dilute Aqueous Solution," Physical Adsorption Processes and Principles, L.N. Canjar ja J.A. Kosteki, toimittajat, Vol. 63, American Institute of Chemical Engineers, New York (1967); Walker, P.L., Jr., Austin, L.G., Nandi, S.P., "Activated Diffusion of Gases in Molecular Sieve Materials", The Chemistry and Physics of Carbon, P.L. Walker, Jr., toimittaja, Vol. 2, Marcel Dekker, Inc., New York (1966) ja Crank, J., "The Mathematics of Diffusion", 2. painos, Clarendon Press, Oxford (1975).

30

Tämän ja kaikkien seuraavien esimerkkien diffundoituvuusarvot määritettiin käyttäen yhden atmosfäärin - 5 prosentien kaasun lähtöpainetta $25 \pm 5^\circ\text{C}$:n lämpötilassa. Näissä määrittäyksissä käytetty aika t oli 30 sekuntia.

Koekaasun diffundoituvuusarvojen määrittäminen teki mahdolliseksi selektiivisyyssuhteen laskemisen (esim. hap-

35

pi/typpi $S = DO_2/DN_2$). Seulan kapasiteetti määritettiin ilmoittamalla tasapainotäyttö L_e kaasun tilavuutena (STP) kuutiosenttimetriä kohti adsorptioainetta.

Kyllästetyn seulan analyysi osoitti happi/typpiselektiivisyyssuhdetta 43,3 ja happikapasiteettia $3,04 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.

Esimerkki 2

Vaihe 1: Alusta-aineen valmistus

Seos, joka sisälsi 80 osaa pulveroitua kookospähkinähiiltä, 10 osaa kivihiilitervapikeä (105°C :n pehmenemispiste), 10 osaa pulveroitua tärkkelystä ja 20-25 % vettä, rakeistettiin raemyllyssä $3,2 \times 9,5 \text{ mm}$:n rakeiden muodostamiseksi. Rakeita käsiteltiin sitten termisesti typen alaisena 800°C :ssa 15 min. ajan jatkuvakuljetus-
tyyppisessä uunissa hiilipitoisen alusta-aineen valmistamiseksi. Tämän seulan kaasun diffundoituvuusarvot laskettiin esimerkin 1 vaiheessa 3 kuvatulla tavalla. Hiilipitoisen alustan näennäistiheys oli $0,50 \text{ g/cm}^3$, happi/typpiselektiivisyyssuhde 3,00 ja happikapasiteetti $3,12 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$.

Vaihe 2: Alusta-aineen kyllästys

100 g yllä vaiheessa 1 kuvattua hiilipitoista alusta-ainetta kyllästettiin kuten esimerkin 1 vaiheessa 2 liuoksella, joka sisälsi 1 g PEG 4000 100 g:ssa vettä. Ylimääräinen liuos dekantoiitiin, alusta-aine pyyhittiin kuivaksi, kuivattiin sen jälkeen 150°C :ssa, kunnes näennäistiheys oli $0,530 \text{ g/cm}^3$. Tämän alusta-aineen kaasun diffundoituvuusarvot laskettiin esimerkin 1 vaiheessa 3 kuvatulla tavalla. Kyllästetyn alusta-aineen happi/typpiselektiivisyyssuhde oli 61,3 ja happikapasiteetti $3,09 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Hydratoidun PEG:n lopullisen kyllästysainetason laskettiin näennäistiheyden muutoksesta olevan 6,0 p-%. Todellinen PEG-taso olisi alle 5-%.

Esimerkki 3

100 g käsittelemätöntä hiilipitoista alusta-ainet-

ta, jota kuvattiin esimerkin 2 vaiheessa 1, kyllästettiin liuoksella, jossa oli 5 g PEG 4000, jonka molekyylipaino oli 4000, 100 g:ssa vettä ja kuivattiin sitten esimerkissä 2 kuvatulla tavalla, jolloin saatiin kyllästetty alusta-

5 aine, jonka näennäistiheys oli $0,540 \text{ g/cm}^3$, happi/typpiselektiivisyysuhde 102,6 ja happikapasiteetti $3,04 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Lopullisen kyllästysainetason hydratoituna PEG:nä laskettiin näennäistiheydestä olevan 8,0 p-%. Todellinen PEG-taso olisi alle 5,0 p-%.

10

Esimerkki 4

100 g esimerkin 2 vaiheessa 1 kuvattua käsittelemättöntä hiilipitoista alusta-ainetta kyllästettiin liuoksella, joka sisälsi 5 g PEG 6000, jonka molekyylipaino oli 6000 (Fisher Scientific Co.) 100 g:ssa vettä ja kuivattiin

15 sitten esimerkissä 2 kuvatulla tavalla, jolloin saatiin kyllästetty seula, jonka näennäistiheys oli $0,530 \text{ g/cm}^3$, happi/typpiselektiivisyysuhde 47,5 ja happikapasiteetti $3,22 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Lopullisen kyllästysainetason hydratoituna PEG:na laskettiin näennäistiheyden muutoksesta olevan 6,0

20 p-%. Todellinen PEG-taso olisi alle 5,0 p-%.

Esimerkki 5

100 g esimerkin 2 vaiheessa 1 kuvattua käsittelemättöntä hiilipitoista alusta-ainetta kyllästettiin liuoksella, joka sisälsi 1 cm^3 Polyrez 3446-fenoliformaldehydihartsia 100 cm^3 :ssa vettä, pyyhittiin kuivaksi ja kuivattiin 115°C :ssa 16 tuntia veden poistamiseksi ja hartsin kovettamiseksi. Kyllästetyn seulan näennäistiheys oli $0,521 \text{ g/cm}^3$, happi/typpiselektiivisyysuhde 24,7 ja happikapasiteetti $3,14 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$. Lopullisen kyllästysainetason ynnä

25 kosteuden laskettiin näennäistiheyden muutoksesta olevan 4,2 p-%. Todellinen Polyrez 3446-taso olisi alle 2 p-%.

30

Esimerkit 6-61

Hiilimolekyyliuseuloja valmistettiin upottamalla eri alusta-aineita eri polymeeriliuoksiin taulukossa I esitetyllä tavalla. Liuokset dekantoiitiin kiintoaineista. Käsi-

35

teltyjä alusta-aineita ilmakuivattiin sitten ja asetettiin imupaperille ylimääräisen polymeeriliuoksen poistamiseksi. Lisäkuivaus toteutettiin kuivaamalla käsiteltyjä alustoja kuivausuunissa 100°C:ssa 12 tuntia. Lopullinen kyllästystaso kyllästysaineena grammoina grammaa kohti alusta-ainetta, määritettiin näennäistiheyden erosta alusta-aineen kyllästämättömän näytteen ja kyllästetyn alusta-aineen välillä. Virheraja tässä määrittelyssä oli $\pm 5\%$. Kyllästystasoja on vaikea saada ja ne ovat vain likimääräisiä, mitä todistaa se seikka, että jotkut mittaukset johtivat negatiivisiin tasoihin, mikä on mahdotonta. Hapen diffuusiivisuus (DO_2), happi/typpiselektiivisyys DO_2/DN_2 , (S) ja happikapasiteetti (O_2 CAP) määritettiin kyllästetylle alusta-aineelle ja alusta-aineen kyllästämättömälle näytteelle. Tulokset on koottu taulukkoon I.

Esimerkin 24 seula valmistettiin kuumentamalla seosta, jossa oli kalsinoitua kookospähkinähiiltä ja 5 p-% rikkijauhetta, uunissa 150°C:ssa, kunnes rikki oli adsorboitunut.

Esimerkkien 58-61 seulat kuumennettiin sen jälkeen 370°C:seen 15 minuutiksi polymeerikyllästysaineen hiilletämiseksi. Taulukossa I esimerkeille 58-61 ilmoitetut DO_2 -, S- ja O_2 Cap-arvot koskevat hiilletettyjä polymeereja.

Taulukko I

<u>Esim.</u>	<u>Alusta-aine</u>	<u>g</u>	<u>Polymeeri</u>	<u>g</u>	<u>Liuo- tin</u>	<u>g</u>	<u>Lopullinen kyllästys- taso (g/g)</u>	<u>DO₂ (x 10⁻⁸ cm²/s)</u>	<u>S</u>	<u>O₂ CAP (cm³/cm³)</u>
6	3x6 meshin (n.6,7x3,4 mm) kookospäh- kinähiili	---	---					1934	1,18	2,24
7	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	50	POLYREZ 3446 ^g	2	vesi	100	0,11	579	6,1	2,3
8	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	50	AMSCO 1170 ^h	10	vesi	100	0,01	697	4,6	2,15
9	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	50	UCAR 4580 ⁱ	10	vesi	100	---	1443	3,8	1,94
10	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	50	PEG 400 ^j	10	vesi	100	0,18	9	11,5	1,35
11	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	20	DF 104 ^k	10	asetoni	40	0,13	4,3	23,5	0,77
12	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	20	SR 141 ^l	10	asetoni	40	0,09	25	132	0,66

Esim.	Alusta-aine	g	Polymeeri	g	Liuo- tin	g	Lopullinen kyllästys- taso (g/g)	DO ₂ (x 10 ⁻⁸ cm ² /s)	S	O ₂ CAP (cm ³ /cm ³)
13	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	50	AE (K-l-S) ^m	15	vesi	100	0,18	176	70	2,25
14	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	50	AE (K-l-M) ⁿ	15	vesi	100	0,15	11,2	8,3	1,83
15	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	50	POLYREZ 3435 ^o	2	asetoni	40	0,04	279	94	1,17
16	3x6 meshin kookospäh- kinähiili	50	AMSCO 1170	10	vesi	100	0,08	729	7	1,71
17	Calgon MSC-V ^a	---	---	---	---	---	---	2334	0,9	4,6
18	Calgon MSC-V	50	PEG 400	10	vesi	100	0,10	2409	2,7	3,02
19	Calgon MSC-V	20	POLYREZ 3435	20	vesi	50	0,10	172	252	2,05
20	Calgon MSC-V	50	UCAR351 ^p	20	vesi	100	0,01	2787	1,7	3,21
21	Calgon MSC-V	50	AMSCO 1170	20	vesi	100	0,10	1640	4	3,96
22	Calgon MSC-V	20	UCAR 4580	20	vesi	100	0,02	2787	1,9	3,6
23	Raemainen kookos- pähkinähiili ^b	---	---	---	---	---	---	572	9,6	4,5

Esim.	Alusta-aine	g	Polymeeri	g	5 %	Liuo- tin	g	Lopullinen kyllästys- taso (g/g)	DO ₂ (x 10 ⁻⁸ cm ² /s)	S	O ₂ CAP (cm ³ /cm ³)
24	Raemainen koo- kospähkinähiili		Rikki			---		0,05	92,9	931	4,47
25	Calgon PCB ^c		---						2000	0,82	3,1
26	Calgon PCB	15	DMDAAC 65% ^q	2		vesi	50	0,07	2471	1,57	2,96
27	Calgon PCB	15	PEG 20,000 ^r	2		vesi	100	0,02	2786	1	3,19
28	Calgon PCB	20	UCAR 4580	10		vesi	100	---	2437	1,53	3,35
29	Calgon PCB	50	AMSCO 1170	20		vesi	100	---	2316	1,6	2,75
30	Calgon PCB	50	UCAR 351	20		vesi	100	---	2471	1,74	2,79
31	Calgon PCB	50	PEG 400	10		vesi	100	0,15	1802	1,05	1,22
32	Calgon PCB	50	POLYREZ 3446	5		vesi	100	0,01	1984	1,35	2,38
33	Calgon PCB	50	POLYREZ 3435	2		asetoni	50	0,06	1985	1,26	2,37
34	Calgon PCB	20	DF 104	10		asetoni	40	0,19	1707	0,94	1,03
35	Calgon PCB	20	SR 141	10		asetoni	40	0,50	1707	1,95	1,41
36	Calgon PCB	50	AE (K-l-S)	20		vesi	100	---	1486	0,54	2,99
37	Calgon PCB	50	AE (K-l-M)	20		vesi	100	0,04	280	1,10	2,0
38	Bitumipitoinen kivihiili- agglomeraatti ^d		---						1150	0,74	1,07
39	Bitumipitoinen kivihiili- agglomeraatti	50	AMSCO 1170	20		vesi	100	0,01	1975	3,66	0,978

<u>Esim.</u>	<u>Alusta-aine</u>	<u>g</u>	<u>Polymeeri</u>	<u>g</u>	<u>Liuo-</u> <u>tin</u>	<u>g</u>	<u>Lopullinen</u> <u>kyllästys-</u> <u>taso (g/g)</u>	<u>DO₂</u> <u>(x 10⁻⁸</u> <u>cm²/s)</u>	<u>S</u>	<u>O₂ CAP</u> <u>(cm³/cm³)</u>
40	Bitumipitoinen 50 kivihiili-	50	UCAR 4580	20	vesi	100	0,07	1111	1,33	0,856
41	agglomeraatti Bitumipitoinen 50 kivihiili-	50	PEG 400	10	vesi	100	0,15	2340	46,8	0,711
42	agglomeraatti Bitumipitoinen 50 kivihiili-	50	DF 104	10	asetoni	40	0,09	15,6	2010	0,409
43	agglomeraatti Bitumipitoinen 20 kivihiili-	20	SR 141	10	asetoni	40	0,05	217	46	0,320
44	agglomeraatti Bitumipitoinen 50 kivihiili-	50	AE (K-l-S)	15	vesi	100	0,08	1512	5,5	1,01
45	agglomeraatti Bitumipitoinen 50 kivihiili-	50	AE (K-l-M)	15	vesi	100	0,01	326	49	0,28
46	agglomeraatti Bitumipitoinen 50 kivihiili-	50	POLYREZ 3446	2	vesi	100	0,04	2350	4,3	1,00

<u>Esim.</u>	<u>Alusta-aine</u>	<u>g</u>	<u>Polymeeri</u>	<u>g</u>	<u>Liuo-</u> <u>tin</u>	<u>g</u>	<u>Lopullinen</u> <u>kyllästys-</u> <u>taso (g/g)</u>	<u>DO₂</u> <u>(x 10⁻⁸</u> <u>cm²/s)</u>	<u>S</u>	<u>O₂ CAP</u> <u>(cm³/cm³)</u>
47	Bitumipitoinen kivihiili- agglomeraatti	20	POLYREZ 3435	2	asetoni	40	0,10	1580	10,4	0,80
48	Bitumipitoinen kivihiili- agglomeraatti	20	UCAR 4580	10	vesi	100	0,03	2220	3,1	1,10
49	Kalsinoitu bitumipitoinen kivihiili- agglomeraatti		---					1471	1,47	4,43
50	Kalsinoitu bitumipitoinen kivihiili- agglomeraatti	10	PEG 4000 ^S	1	vesi	50	---	770	38,6	4,0
51	Kalsinoitu bitumipitoinen kivihiili- agglomeraatti	10	PEG 20,000	1	vesi	50	---	950	18,9	4,2
52	Kalsinoitu bitumipitoinen kivihiili- agglomeraatti	10	POLYREZ 3446	0,5	vesi	50	0,066	61	16,900	0,16

Esim.	Alusta-aine	g	Polymeeri	g	Liuo- tin	g	Lopullinen kyllästys- taso (g/g)	DO ₂ (x 10 ⁻⁸ cm ² /s)	O ₂ CAP (cm ³ /cm ³)	
									S	S
53	12x20 Ligniit- tihiili		---					609	2,49	2,38
54	12x20 Ligniit- tihiili	20	POLYREZ 3446	2	vesi	100	0,01	191	21,3	1,57
55	Agglomeroitu koo- kospähkinähiili ^f		---					1082	3,0	3,12
56	Agglomeroitu kookospähkinä- hiili	20	Metasili- kaatti	10	vesi	50	0,09	767	6	2,69
57	Agglomeroitu kookospähkinä- hiili	20	Metasili- kaatti	10	vesi	50	0,02	1469	8,2	2,79
58	Agglomeroitu kookospähkinä- hiili	20	POLYREZ 3435	2	asetoni	40	0,07	1324	17,4	2,85
59	Agglomeroitu kookospähkinä- hiili	20	POLYREZ 3435	5	asetoni	40	0,17	1177	24,5	3,00
60	Agglomeroitu kookospähkinähiili	50	POLYREZ 3446	2	vesi	100	0,05	1536	7,4	3,06
61	Agglomeroitu kookospähkinähiili	50	POLYREZ 3446	5	vesi	100	0,08	1455	9,2	2,97

Seuraavat määritelmät ovat hyödyllisiä taulukon I tulosten tulkinnessa:

- (a) Calgon MSC-V-, molekyyliseulahiili, valmistaja Calgon Carbon Corporation, Pittsburgh, Pa.
- 5 (b) Raemainen kookospähkinähiili - 12 x 400 meshin (n. 1,4 x 0,4 mm) raemainen kookospähkinähiili, kalsinoitu 1000°C:ssa.
- (c) Calgon PCB - 3 x 6 meshin (n. 6,7 x 3,4 mm) kookospähkinähiilirakeita, aktivoitu useita tunteja
10 982°C:ssa höyryllä, valmistaja Calgon Carbon Corporation, Pittsburgh, Pa.
- (d) Bitumipitoinen hiiliagglomeraatti - 12 x 40 meshin (n. 1,4 x 0,38 mm) rakeita agglomeroitua seosta, jossa on
15 93 % keskihaihtuvaa bitumipitoista koksaushiiltä ja 7 % kivihiilitervapikeä (105°), joka on hapetettu ja tehty haihtumattomaksi kuumentamalla 450°C:en ilmassa. Aktiivihiilen edeltäjäaine.
- (e) Kalsinoitu bitumipitoinen kivihiiliagglomeraatti -
20 12 x 40 meshin syöttö, kalsinoitu inertissä atmosfäärissä 750-982°C:ssa useita tunteja.
- (f) Agglomeroitu kookospähkinähiili - agglomeroidun kookospähkinähiilen kalsinoituja 3,2 mm:n rakeita, jotka
25 kostuvat 10 p-%:sta tärkkelystä 10 p-%:sta pikeä (105°C) ja 80 p-%:sta kookospähkinähiiltä, kalsinoitu 800°C:ssa 30 minuuttia, näennäistiheys 0,500 g/cm³.
- (g) Polyrez 3446 - vesiliukoinen fenoliharts, valmistaja Polyrez Co.
- (h) AMSCO 1170 - vinyylisetaattiemulsiopolymeeri, kiintoainepitoisuus 45 %, viskositeetti 200 cP, lasittumis
30 lämpötila 33°C, valmistaja Union Oil Co.
- (i) UCAR 4580 - akryyliemulsiopolymeeri, kiintoainepitoisuus 48 %, valmistaja Union Carbide.
- (j) PEG 400 - polyetyleeniglykoli, jonka molekyylipaino on 400, valmistaja Fisher Scientific.
- 35 (k) DF 104 - veteen liukenematon silikoniliuos, valmistaja

General Electric.

(l) SR 141 - veteen liukenematon silikoniliuos, valmistaja General Electric.

(m) A.E. (K-l-S)-asfalttiemulsio, jolla on hidas kovettumismisnopeus, valmistaja Koppers Co.

(n) A.E. (K-l-M)-asfalttiemulsio, jolla on keskinkertainen kovettumismisnopeus, valmistaja Koppers Co.

(o) Polyrez 3435 - veteen liukenematon fenoliharts (korkeampi molekyylipaino kuin Polyrez 3446-hartsilla), valmistaja Polyrez Co.

(p) Ucar 351 - vinyyliakryylilateksiemulsiopolymeeri, hiukkaskoko 0,3 mikronia, kiintoainepitoisuus 65 %, lasittumislämpötila 10°C, valmistaja Union Carbide.

(q) DMDAAC 65-prosenttinen - dimetyyldiallyyliammoniumkloridipolymeeri, valmistaja Calgon Carbon Corporation, Pittsburgh, Pa.

(r) PEG 20 000 - polyetyleeniglykoli, jonka molekyylipaino on 20 000, valmistaja Fisher Scientific.

(s) PEG 4000 - polyetyleeniglykoli, jonka molekyylipaino on 4000, valmistaja Fisher Scientific.

(t) Meta Silicate - natriummetasilikaatti, valmistaja Fisher Scientific Co., käytetty 10 g natriummetasilikaattia 50 g:ssa vettä.

Esimerkki 62

Esimerkin 21 molekyyliseula testattiin eri kaasujen adsorption suhteen esimerkin 1 vaiheessa 3 kuvatulla tavalla. Tulokset olivat seuraavat:

		Diffundoituvuus ($\times 10^{-8}$ cm ² /s)	Kapasiteetti (cm ³ /cm ³)
30	CO ₂	714	24,2
	CH ₄	14	11,6
	C ₂ H ₄	71	22,6
	C ₂ H ₆	1,0	16,1

Selektiivisyydsarvot valituille erotuksille olivat:

	CO ₂ /CH ₄	51
	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	71
	CH ₄ /C ₂ H ₆	14
5	CO ₂ /C ₂ H ₆	714

Esimerkki 63

Esimerkin 48 molekyyliseula testattiin eri kaasujen adsorption suhteen esimerkin 1 vaiheessa 3 kuvatulla tavalla.

10 Tulokset olivat seuraavat:

	Diffundoituvuus ($\times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$)	Kapasiteetti (cm^3/cm^3)	
15	CO ₂	950	9,3
	CH ₄	443	2,3
	C ₂ H ₄	373	8,5
	C ₂ H ₆	100	6,9
	C ₃ H ₆	111	10,4
	C ₃ H ₈	2,5	3,8
	n-C ₄ H ₁₀	2	2,7

20 Selektiivisyydsarvot valituille erotuksille olivat:

	CO ₂ /CH ₄	2,1
	C ₂ H ₄ /C ₂ H ₆	3,7
	C ₃ H ₆ /C ₃ H ₈	44,4
	CH ₄ /n-C ₄ H ₁₀	221,5

25

Esimerkki 64

50 g esimerkin 2 vaiheessa 1 kuvattua käsittelemättöä hiilipitoista alusta-ainetta kyllästettiin liuoksella, jossa oli 15 g DF 1040 50 g:ssa sykloheksaania. DF 1040 on veteen liukenematon silikoniliuos, valmistaja General Electric. Kyllästettyä alusta-ainetta kuivattiin 110°C:ssa näennäistiheyteen 0,563 g/cm³. Kaasun diffundoituvuusarvot tälle hiilimolekyyliseulalle laskettiin esimerkin 1 vaiheessa 3 esitetyllä tavalla.

35

Tulokset olivat seuraavat:

		Diffundoituvuus	Kapasiteetti
		($\times 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$)	(cm^3/cm^3)
5	O_2	866	3,15
	N_2	28	3,02
	CO_2	392	17,7
	CH_4	0,01	4,6
	C_2H_4	0,4	12,4
	C_2H_6	0,3	0,6
10	C_3H_8		
	n- C_4H_{10}		

Selektiivisyysarvot valituille erotuksille olivat:

15	O_2/N_2	30,9
	CO_2/CH_4	39,200
	$\text{CO}_2/\text{C}_2\text{H}_4$	980

Patenttivaatimukset

1. Molekyylliseula, t u n n e t t u siitä, että se käsittää hiilipitoisen alustan, joka on kyllästetty orgaanisella polymeerilla, jonka molekyyllipaino on vähintään 400 määritettynä höyryfaasiosmometrisesti, tai epäorgaanisella polymeerilla, joiden määrä on vähintään 0,001 p-%:sta (laskettuna alustan painosta) aina maksimimäärään asti, joka vielä tekee saadulle seulalle mahdolliseksi erottaa kaasui- tai nesteseoksia, jotka sisältävät komponentteja, joilla on vähintään kaksi eri molekyylihalkaisijaa, molekyyllipainoa tai molekyyliamuotoa.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen molekyylliseula, t u n n e t t u siitä, että mainittu orgaaninen tai epäorgaaninen polymeeri on valittu ryhmästä, johon kuuluvat polyamidit, polyureat, polyuretaanit, polyesterit, kondensaatiopolymeerit, additiopolymeerit, dieenipolymeerit, trieenipolymeerit, sykliset polyamidit, sykliset polyesterit, sykliset polyeetterit, silikonipolymeerit, polymeroitu fosfonitriilikloridi, rikkipolymeerit, polymeroitu rikkinitridi, polyfenyleenieetterit, silloitetut polyesterit, fenoliformaldehydihartsit, epoksihartsit, polyetyleeniglykoli, akryyliemulsiopolymeerit tai -kopolymeerit, asfalttiemulsiopolymeerit ja silikaatit.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen molekyylliseula, t u n n e t t u siitä, että mainittu hiilipitoinen alusta on valittu ryhmästä, johon kuuluvat aktiivihili ja hiilimolekyylliseula.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen molekyylliseula, t u n n e t t u siitä, että mainitun orgaanisen tai epäorgaanisen polymeerin määrä on 0,001-10,0 p-% (laskettuna alustan painosta).

5. Menetelmä molekyylliseulan valmistamiseksi, t u n n e t t u siitä, että kyllästetään hiilipitoinen alusta orgaanisella polymeerilla, jonka molekyyllipaino on

vähintään 400 määritettynä höyryfaasiosmometrisesti, tai epäorgaanisella polymeerilla, joiden määrä on vähintään 0,001 p-%:sta (laskettuna alustan painosta) aina maksimiannokseen asti, joka vielä tekee saadulle seulalle mahdolliseksi erottaa kaasu- tai nesteseoksia, jotka sisältävät komponentteja, joilla on vähintään kaksi eri molekyylihal-

5 kaisijaa, molekyylipainoa tai molekyyliuotoa.

6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu orgaaninen polymeeri tai epäorgaaninen polymeeri on valittu ryhmästä, johon

10 kuuluvat polyamidit, polyureat, polyuretaanit, polyesterit, kondensaatiopolymeerit, additiopolymeerit, dieenipolymeerit, trieenipolymeerit, sykliset polyamidit, sykliset polyesterit, sykliset polyeetterit, silikonipolymeerit,

15 polymeroitu fosfonitriilikloridi, rikkipolymeerit, polymeroitu rikkinitridi, polyfenyleenieetterit, silloitetut polyesterit, fenoliformaldehydihartsit, epoksihartsit, polyetyleeniglykoli, akryyliemulsiopolymeerit tai -kopoly-

meerit ja asfalttiemulsiopolymeerit.

7. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu hiilipitoinen alusta on valittu ryhmästä, johon kuuluvat aktiivihilli ja hiili-

20 molekyyliseula.

8. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä molekyyliseulan valmistamiseksi, t u n n e t t u siitä, että

25 kyllästetään hiilipitoinen alusta orgaanisella polymeerillä, jonka molekyylipaino on vähintään 400 määritettynä höyryfaasiosmometrisesti, 0,001-5,0 p-%:n määränä (laskettuna alustan painosta).

9. Menetelmä kaasu- tai nesteseosten erottamiseksi, jotka sisältävät komponentteja, joilla on vähintään kaksi eri molekyylihalkaisijaa, molekyylipainoa tai molekyyli-

30 muotoa, t u n n e t t u siitä, että johdetaan neste tai kaasu molekyyliseulan läpi, joka käsittää hiilipitoisen alustan, joka on kyllästetty orgaanisella polymeerilla,

35

- jonka molekyylipaino on vähintään 400 määritettynä höyry-faasiosmometrisesti, tai epäorgaanisella polymeerilla, joiden määrä on vähintään 0,001 p-%:sta (laskettuna alustan painosta) aina maksimiannokseen asti, joka vielä tekee
- 5 saadulle seulalle mahdolliseksi erottaa kaasu- tai nesteoksia, jotka sisältävät komponentteja, joilla on vähintään kaksi eri molekyylihalkaisijaa, molekyylipainoa tai molekyylimuotoa.

Patentkrav:

1. Molekylsikt, k ä n n e t e c k n a d därav, att den omfattar ett kolhaltigt substrat, vilket impregnerats
5 med en organisk polymer med en molekylvikt av minst 400, bestämd osmometriskt i ångfas, eller med en oorganisk polymer i en mängd av minst 0,001 vikt-% (baserat på substratets vikt) upp till en maximimängd, vilken ännu gör det möjligt för den erhållna sikten att separera gas- eller
10 vätskeblandningar, som innehåller komponenter med minst två olika molekylldiametrar, molekylvikter eller molekylformer.

2. Molekylsikt enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att nämnda organiska eller oorganiska
15 polymer valts bland polyamider, polykarbamider, polyuretaner, polyestrar, kondensationspolymerer, additionspolymerer, dienpolymerer, trienpolymerer, cykliska polyamider, cykliska polyestrar, cykliska polyetrar, silikonpolymerer, polymeriserad fosfonitrilklorid, svavelpolymerer, polymeriserad svavelnitrid, polyfenylenetrar, tvärbundna polyestrar, fenolformaldehydhartser, epoxihartser, polyetylen-glykol, akrylemulsionspolymerer eller -sampolymerer, asfaltemulsionspolymerer och silikater.

3. Molekylsikt enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att nämnda kolhaltiga substrat valts bland aktiverat kol och en kolmolekylsikt.

4. Molekylsikt enligt patentkravet 1, k ä n n e t e c k n a d därav, att mängden av nämnda organiska eller oorganiska polymer är 0,001-10,0 vikt-% (baserat på
30 substrates vikt).

5. Förfarande för framställning av en molekylsikt, k ä n n e t e c k n a t därav, att man impregnerar ett kolhaltigt substrat med en organisk polymer med en molekylvikt av minst 400, bestämd osmometriskt i ångfas, eller
35 med en oorganisk polymer i en mängd av minst 0,001 vikt-% (baserat på substratets vikt) upp till en maximimängd, vilken ännu gör det möjligt för den erhållna sikten att

separera gas- eller vätskeblandningar, som innehåller komponenter med minst två olika molekyl-diametrar, molekylvikter eller molekylformer.

5 6. Förfarande enligt patentkravet 5, k ä n n e -
t e c k n a t därav, att nämnda organiska eller oorganiska
polymer valts bland polyamider, polykarbamider, polyure-
taner, polyestrar, kondensationspolymerer, additionspoly-
merer, dienpolymerer, trienpolymerer, cykliska polyamider,
10 cykliska polyestrar, cykliska polyetrar, silikonpolymerer,
polymeriserad fosfonitrilklorid, svavelpolymerer, polyme-
riserad svavelnitrid, polyfenylenetrar, tvärbundna poly-
estrar, fenolformaldehydhartser, epoxihartser, polyetylen-
glykol, akrylemulsionspolymerer eller -sampolymerer och
asfaltemulsionspolymerer.

15 7. Förfarande enligt patentkravet 5, k ä n n e -
t e c k n a t därav, att nämnda kolhaltiga substrat valts
bland aktiverat kol och en kolmolekylsikt.

 8. Förfarande för framställning av en molekylsikt,
enligt patentkravet 5, k ä n n e t e c k n a t därav, att
20 man impregnerar ett kolhaltigt substrat med en organisk
polymer med en molekylvikt av minst 400, bestämd osmomet-
riskt i ångfas, i en mängd av 0,001-5,0 vikt-% (baserat på
substratets vikt).

 9. Förfarande för separering av gas- eller vätske-
25 blandningar, vilka innehåller komponenter med minst två
olika molekyl-diametrar, molekylvikter eller molekylformer,
k ä n n e t e c k n a t därav, att man leder vätskan eller
gasen genom en molekylsikt som omfattar ett kolhaltigt
substrat, vilket impregnerats med en organisk polymer
30 med en molekylvikt av minst 400, bestämd osmometriskt i
ångfas, eller med en oorganisk polymer i en mängd av
minst 0,001 vikt-% (baserat på substratets vikt) upp till
en maximimängd, vilken ännu gör det möjligt för den er-
hållna sikten att separera gas- eller vätskeblandningar,
35 som innehåller komponenter med minst två olika molekyl-
diametrar, molekylvikter eller molekylformer.

T i 9-1.

