

(19)



SUOMI - FINLAND

(FI)

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

(10) **FI 962401 A7**

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

(21) Patentihakemus - Patentansökan - Patent application 962401

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

C10G 45/40 (2006.01)

C07C 5/02 (2006.01)

(22) Tekemispäivä - Ingivningsdag - Filing date 21.07.1994

(23) Saapumispäivä - Ankomstdag - Reception date 10.06.1996

(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig - Available to the public 24.07.1996

(43) Julkaisupäivä - Publiceringsdag - Publication date 13.06.2019

(86) Kansainvälinen hakemus - 21.07.1994 PCT/US1994/007758
Internationell ansökan - International
application

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

08.12.1993 US 163311 P

(71) Hakija - Sökande - Applicant

1 • Chemical Research & Licensing Company, 10100 Bay Area Boulevard, Pasadena, TX, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(72) Keksijä - Uppfinnare - Inventor

1 • Hearn, Dennis, Houston, TX 77062, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

2 • Arganbright, Robert P., Shabrook, TX 77586, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

3 • Jones, Jr., Edward M., Friendswood, TX 77546, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

4 • Smith, Jr., Lawrence A., Houston, TX 77401, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

5 • Gildert, Gary R., Houston, TX 77062, AMERIKAN YHDYSVALLAT, (US)

(74) Asiamies - Ombud - Agent

Kolster Oy Ab, Salmisaarenaukio 1, 00180 Helsinki

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

Hiilivetyvirroissa olevien erittäin tyydyttymättömien yhdisteiden selektiivinen hydrogenointi

Selektiv hydrogenering av synnerligen omättade föreningar i kolväteströmmar

Hiilivetyvirroissa olevien erittäin tyydyttymättömien yhdisteiden selektiivinen hydrogenointi

Tämä hakemus on osittain jatkoa US-patenttihakemusk-
5 selle sarjanumero 07/933 753, joka on jätetty 24.8.1992 ja
US-patenttihakemukselle sarjanumero 08/079 975, joka on
jätetty 21.6.1993 ja joka oli jatkoa US-patenttihakemuk-
selle sarjanumero 07/833 360, joka oli jätetty 10.2.1992
ja on nyt hylätty.

10 **Keksinnön tausta**

Keksinnön alue

Tämä keksintö koskee diolefiinien ja asetyleenisten
yhdisteiden selektiivistä hydrausta runsaasti olefiineja
sisältävässä virrassa. Tarkemmin määriteltynä keksintö
15 koskee menetelmää, jossa hyödynnetään sellaisessa raken-
teessa olevaa hydrauskatalyyttiä, joka toimii sekä kata-
lyyttinä että tislaustrakenteena reaktion ja reagoivien
aineiden ja reaktiotuotteiden erotuksen aikaansaamiseksi
samanaikaisesti.

20 **Keksintöön liittyvä ala**

Jalostamojen seosvirrat sisältävät usein monia eri-
laisia olefiinisia yhdisteitä. Tämä pätee erityisesti joko
katalyyttisistä tai termisistä krakkausprosesseista tule-
viin tuotteisiin. Nämä tyydyttymättömät tuotteet käsittä-
25 vät eteeniä, asetyleeniä, propeenä, propadieeniä, metyy-
liasetyleeniä, buteeneja, butadieeniä, penteenejä, heksee-
nejä jne. Monet näistä yhdisteistä ovat arvokkaita, eri-
tyisesti kemiallisten tuotteiden raaka-aineidena. Erityi-
sesti eteeniä otetaan talteen. Myös propeeni ja buteenit
30 ovat arvokkaita. Olefiineilla, joissa on useampi kuin yksi
kaksoissidos, ja asetyleenisillä yhdisteillä (joissa on
kolmoissidos) on kuitenkin vähemmän käyttöä, ja ne ovat
haitallisia monille kemiallisille prosesseille, joissa
käytetään yhden kaksoissidoksen sisältäviä yhdisteitä,
35 esimerkiksi polymeroinnille. Kyseisistä erilaisista hiili-

vedyistä on voimakkaasti tyydyttymättömien yhdisteiden poistolla arvoa syötteen esikäsittelynä, sillä näiden yhdisteiden on usein havaittu olevan haitallisia virtojen useimmissa käsittely-, varastointi- ja käyttösovelluksissa.

C_4 -jakeet ovat alkaani- ja alkeenilähteitä parafii-nialkylointia varten bensiinin C_8 -seoskomponenttien tuottamiseksi ja syötteiksi eetterien valmistusta varten.

C_5 -jalostamojake on arvokasta bensiinin seosraaka-aineena tai isopenteenilähteenä eetterin muodostamiseksi reaktiolla alempien alkoholien kanssa. T-pentyyli-metyyli-eetteristä (TAME; tertiary amyl methyl ether) on nopeasti tulossa arvokas jalostajille jokin aika sitten annetun ilmanpuhtaussäädöksen (Clean Air Act) vuoksi, joka asettaa joitakin uusia rajoituksia bensiinin koostumukselle. Näiden vaatimusten joukkoon kuuluu (1) "hapetustuotteiden", kuten metyyli-t-butyylieetterin (MTBE), TAME:n tai etanolin, sisällyttäminen tietyssä määrin, (2) bensiinissä olevien olefiinien määrän pienentäminen ja (3) höyrynpaineen (haihtuvuuden) pienentäminen.

TAME-yksikköön menevässä syötteessä olevat C_5 -hiilivedyt ovat yhdessä "kevyessä teollisuusbensiinijakeessa", joka sisältää kaikkia alueella C_5 - C_8 olevia ja raskaampia hiilivetyjä. Tämä seos voi helposti sisältää 150 - 200 komponenttia, ja siksi tuotteiden identifiointi ja erotus on vaikeaa. Muutamat syötteessä pieninä määrinä esiintyvistä komponenteista (diolefiineista) reagoivat hitaasti hapen kanssa varastoinnin aikana, niin että syntyy "kumia" ja muita epätoivottavia materiaaleja. Nämä komponentit reagoivat kuitenkin hyvin nopeasti myös TAME-prosessissa, niin että muodostuu keltaista, pahanhajuista kumimaista materiaalia. Niinpä havaitaan toivottavaksi poistaa nämä komponentit olipa "kevyttä teollisuusbensiinijaketta" sitten tarkoitus käyttää sellaisenaan vain bensiinin seostamiseen tai TAME-prosessin syötteenä.

Kiinteän hiukkasmaisen katalyytin käyttöä osana tislusrakennetta yhdistelmätislaukskolonnireaktorissa erilaisten reaktioiden toteuttamiseksi kuvataan seuraavissa US-patenttijulkaisuissa: 4 232 177, 4 307 254, 4 336 407, 5 4 504 687, 4 918 243 ja 4 978 807 (eetteröinti); 4 242 530 (dimerointi); 4 982 022 (hydraatio); 4 447 668 (hajotus); 4 950 834 ja 5 019 669 (aromaattinen alkylointi). Lisäksi US-patenttijulkaisuissa 4 302 356 ja 4 443 559 esitetään katalyyttirakenteita, jotka ovat käyttökelpoisia tislusrakenteina.

Hydraus on vedyn reaktio moninkertaisen hiili-hiilidisoksen kanssa yhdisteen "tyydyttämiseksi". Tämä reaktio on ollut kauan tunnettu, ja se toteutaan tavallisesti korotetussa paineessa ja kohtalaisessa lämpötilassa metallikatalyytillä käyttämällä suurta vety-ylimäärää. Metalleihin, joiden tiedetään katalysoivan hydrausreaktiota, kuuluvat platina, renium, koboltti, molybdeeni, nikkeli, volframi ja palladium. Katalyyttien kaupallisissa muodoissa käytetään yleensä näiden metallien oksideja kantajalla. Oksidi pelkistetään aktiiviseen muotoon joko ennen käyttöä pelkisteellä tai käytön aikan syötteessä olevalla vedyllä. Nämä metallit katalysoivat myös muita reaktioita, merkittävimmin dehydrautumista korotetuissa lämpötiloissa. Ne voivat lisäksi edistää olefiinisten yhdisteiden reaktiota itsensä tai muiden olefiinien kanssa dimeereiksi tai oligomeereiksi viipymisajan pidetessä.

Hiilivety-yhdisteiden selektiivinen hydraus on tunnettu sängen pitäään. Peterson *et al.* käsittelevät artikkelissaan The Selective Hydrogenation of Pyrolysis Gasoline, joka on jätetty the Petroleum Division of the American Chemical Societylle syyskuussa 1962 C₄- ja ylempien diolefiinien selektiivistä hydrausta. Boitiaux *et al.* [Newest Hydrogenation Catalysts, Hydrocarbon Processing (maaliskuu 1985)] esittävät yleisen, tarkempia ohjeita sisältämättömän katsauksen hydrauskatalyyttien erilaisiin

käyttötarkoituksiin, mukaan luettuna runsaasti propeeniasisältävän virran ja muiden jakeiden selektiivinen hydraus. Nykyisin käytössä olevat tavanomaiset nestefaasihydraukset ovat vaatineet suuria vedyn osapaineita, jotka
 5 ovat tavallisesti yli 1 380 kPa (200 psi) ja ulottuvat useammin 2 760 kPa:iin (400 psi) tai sen yli. Nestefaasihydrauksessa vedyn osapaine on olennaisesti sama kuin järjestelmässä vallitseva paine.

US-patenttijulkaisussa 2 717 202 (Bailey) esitetään
 10 vastavirtaprosessi laardin hydraamiseksi, joka toteutetaan useissa itsenäisissä pystykammioissa käyttämällä pumpattua katalyyttiä paineolosuhteissa, joita ei esitetä. US-patenttijulkaisussa 4 221 653 (Chervenak et al.) esitetään myötävirtahydraus kiehuvan kerroksen käyttämiseksi äärimmäisen suurten paineiden vallitessa. GB-patenttijulkaisussa 835 689 esitetään C₂- ja C₃-fraktioiden valutuskerroksessa toteutettava myötävirtasuurpainehydraus asetyleenien poistamiseksi.

US-patenttijulkaisussa 5 087 780 (Arganbright) esitetään menetelmä buteenien hydroisomeroimiseksi käyttämällä alumiinioksidikantajalla olevaa palladiumoksidikatalyyttiä, joka on järjestetty rakenteeksi, joka on tarkoitettu käytettäväksi sekä katalyyttinä että tislauksessa katalyyttiä sisältävässä tislauksreaktorissa. Myös dieenin
 25 hydrautumista havaittiin vedyn osapaineen ollessa suuri, absoluuttisen paineen ollessa yli 480 kPa (70 psia), muttei absoluuttisen paineen ollessa noin 69 kPa (10 psia).

Tämän prosessin yhtenä etuna on, että katalyytin kanssa kosketukseen saatettavan hiilivetyvirran sisältämät
 30 diolefiinit (dieenit) ja asetyleeniset yhdisteet tulevat muutetuiksi olefiineiksi tai alkaaneiksi, samalla kun tapahtuu hyvin vähän tai ei ollenkaan oligomeerien muodostumista tai mono-olefiinien tyydyttymistä.

Keksinnön yhteenveto

Tämä keksintö käsittää sellaisen hiilivetyvirran, joka sisältää diolefiineja ja asetyleenisia yhdisteitä käsittäviä voimakkaasti tyydyttymättömiä yhdisteitä, syöt-
 5 tämisen vetyvirran ohella vedyn tarkoituksenmukaisen absoluuttisen osapaineen ollessa vähintään noin 0,69 kPa (0,1 psia) ja alle 480 kPa (70 psia), edullisesti alle 340 kPa (50 psia), tislauskolonnireaktoriin, joka sisältää hydrauskatalyyttiä, joka on tislausrakenteen komponentti,
 10 ja tyydyttymättömien yhdisteiden selektiivisen osittaisen hydraamisen. Määriteltujen vedyn osapaineiden puitteissa ei käytetä enempää vetyä, kuin on välttämätöntä katalyytin ylläpitämiseen (todennäköisimmin katalyytin metallioksidin pelkistämiseen ja sen pitämiseen hydriditilassa) ja voimakkaasti tyydyttymättömien yhdisteiden hydraamiseen, sil-
 15 lä ylimääräinen vety tavallisesti poistetaan. Tämä tarkoittaa vedyn absoluuttista osapainetta, joka on edullisesti suunnilleen alueella 0,69 - 69 kPa (0,1 - 10 psia) ja vielä edullisemmin korkeintaan 48 kPa (7 psia). Optimaalisia tuloksia on saavutettu vedyn mittariosapaineen ollessa alueella 3,4 - 34 kPa (0,5 - 5 psig).

Hiilivetyvirta käsittää tyypillisesti alifaattisia C_{2-9} -yhdisteitä, jotka voivat olla kapealla alueella olevia jakeita tai sisältää jonkin hiilisisältöalueen. Keksintö
 25 on sen seikan keksiminen, että katalyyttiä sisältävässä tislauskolonnissa tehtävä hydraus vaatii vain murto-osan siitä vedyn osapaineesta, joka tarvitaan nestefaasiprosesseissa, jotka ovat tekniikan tasoa vastaava teollinen toimintamuoto tämäntyyppisen virran ollessa kyseessä, mutta
 30 antaa saman tai paremman tuloksen. Niinpä pääomasijoitukset ja käyttökustannukset ovat tämän hydrauksen yhteydessä olennaisesti pienemmät kuin tekniikan tasoa vastaavissa teollisissa prosesseissa.

Rajoittamatta keksinnön suoja-alaa ehdotetaan, että
 35 mekanismi, joka saa aikaan tämän prosessin tehokkuuden, on

se, että osa reaktiojärjestelmässä olevista höyryistä tiivistyy, mikä sulkee riittävästi vetyä kondensoituneen nesteen sisään, niin että saadaan aikaan tarvittava läheinen kosketus vedyn ja voimakkaasti tyydyttymättömien yhdisteiden välillä katalyytin läsnä ollessa, mistä on tuloksena näiden hydrautuminen.

Voimakkaasti tyydyttymättömiä yhdisteitä voi olla läsnä hyvin pienistä määristä, ts. muutamasta miljoonasosasta, suuriin määriin, ts. yli 90 paino-%:iin. Tätä keksintöä voidaan käyttää halutulla tavalla poistamaan epäpuhtauksia tai muuttamaan hyödynnettäviä määriä voimakkaasti tyydyttymättömiä yhdisteitä mono-olefiineiksi tai alkaaneiksi.

Vedyn osuus täytyy säätää vastaamaan kuvattua osapainetta, niin että se riittää tukemaan hydrausreaktiota ja korvaamaan katalyytin aiheuttaman vetyhäviön, mutta pysyy mono-olefiinien hydraukseen johtavan osuuden alapuolella, mitä termi "vedyn tarkoituksenmukainen osapaine" tarkoittaa tässä käytetyssä merkityksessään.

Kuten on helposti ymmärrettävissä, voimakkaasti tyydyttymättömän yhdisteen määrä hiilivetyvirrassa on yksi tekijä, joka on otettava huomioon valittaessa optimaalinen vedyn osapaine, sillä järjestelmässä täytyy olla läsnä vähintään stoikiometrinen määrä reaktioon käytettävissä olevaa vetyä. Kun voimakkaasti tyydyttymättömät yhdisteet ovat epäpuhtauksia, joita on läsnä miljoonasosia, merkitsee alueen alapäässä oleva vedyn osapaine ylimäärää, mutta se on välttämätön selektiivisen reagoivan aineen vähäisyyden vuoksi. Myös tämän kaasun ja nesteen välisen reaktion luonne ja ilmeinen tarve sulkea vety nesteen sisään, tekee tällä osapainealueella olvista vety-ylimäärästä edullisen toimintatavan.

Tämän menetelmä yksi lisäpiirre on, että osa virran sisältämistä tai diolefiinien selektiivisellä hydrauksella tuotetuista mono-olefiineista voidaan isomeroida toivotta-

vammiksi yhdisteiksi. Isomerointi voidaan saavuttaa samalla ryhmällä katalyyttejä kuin hydrauksiin käytettävä. Yleisesti esitettynä suhteelliset reaktionopeudet ovat erilaisten yhdisteiden kohdalla seuraavat nopeammasta hi-

5

- (1) diolefiinien hydraus
- (2) mono-olefiinien isomeraatio
- (3) mono-olefiinien hydraus.

On osoitettu yleisesti, että diolefiineja sisältävässä virrassa diolefiinit hydrautuvat ennen isomeroitumisen tapahtumista. On myös havaittu, että joissakin keksinnön mukaisissa hydrauksissa voidaan optimaalisten tulosten saavuttamiseen käyttää hyvin alhaisia kokonaispaineita, edullisesti alueella 340 - 1 030 kPa (50 - 150 psig) olevia mittaripaineita samoin erinomaisin tuloksin. Sekä ylempinä että alemmilla tällä laajalla alueella olevia paineita voidaan käyttää tyydyttävien tuloksin.

15

Piirustusten lyhyt kuvaus

Kuvio 1 on tämän keksinnön yhden suoritusmuodon yksinkertaistettu prosessikaavio.

20

Kuvio 2 on tämän keksinnön toisen suoritusmuodon yksinkertaistettu prosessikaavio.

Kuvio 3 on tämän keksinnön kolmannen suoritusmuodon yksinkertaistettu prosessikaavio.

25

Kuvio 4 on tämän keksinnön neljännen suoritusmuodon yksinkertaistettu prosessikaavio.

Yksityiskohtainen kuvaus ja edulliset suoritusmuodot

Vaikka hydrausreaktioita on kuvattu rebersiibeleiksi korotetuissa lämpötiloissa, noin lämpötilan 480 °C (900 °F) yläpuolella (katso esimerkiksi edellä mainittu Petersonin artikkeli), tämän keksinnön yhteydessä käytettävissä lämpötilaolosuhteissa hydraus ei ole reversiibeli. Tavanomaisessa prosessisovelluksessa, jossa katalyytti toimii tislauksen komponenttina, tasapaino häiriintyy jatku-

30

35

vasti, mikä vie reaktiota kohden loppupistettä, ts. reaktiota eteenpäin vievä voima kasvaa, koska reaktiotuotteet on poistettu eivätkä pääse myötävaikuttamaan käänteiseen reaktioon (LeChatelierin periaate). Keksinnön mukaisessa menetelmässä, jossa ei tapahdu käänteistä reaktiota, ei ole saatavissa hyötyä poistamalla reaktiotuotteet reaktiota eteenpäin vievän voiman suurentamiseksi. Tekniikan tasoa vastaavien höyryfaasihydrausten heikko hyötysuhde ei myöskään innosta tislautusprosessin reaktion käyttöön. Niinpä on odottamatonta, että katalyyttisestä tislauksesta olisi hyötyä irreversiibelin hydrauksen kannalta.

Otaksutaan, että tämän reaktion yhteydessä katalyyttinen tislauksella on etu ensinnäkin siitä syystä, että koska reaktio tapahtuu samanaikaisesti tislauksen kanssa, alussa muodostuvat reaktiotuotteet ja muut virran komponentit poistetaan reaktiovyöhykkeeltä mahdollisimman nopeasti, mikä pienentää sivureaktioiden todennäköisyyttä. Toiseksi, koska kaikki komponentit kiehuvat, seoksen kiehumislämpötila järjestelmän paineessa säätelee reaktiolämpötilaa. Reaktiolämpö saa aikaan yksinkertaisesti lisää kiehumista muttei lämpötilan nousua paineen ollessa määrätty. Tämän seurauksena voidaan saavuttaa reaktionopeuden ja tuotejakautuman hyvä kontrolli säätelemällä järjestelmässä vallitsevaa painetta. Myös läpikulkevan aineen määrän säätämällä [viipymisaika = $(\text{nesteen tuntivirtausnopeus})^{-1}$] saadaan aikaan tuotejakautuman lisäkontrolli ja tietyssä määrin sivureaktioiden, kuten oligomeroitumisen, kontrolli. Yksi lisäetu, jonka tämä reaktio voi saada katalyyttisestä tislauksesta, on pesuvaikutus, jonka sisäinen takaisinvirtaus tarjoaa katalyytille vähentäen siten polymeerikerrostumia ja koksautumista. Sisäinen takaisinvirtaus voi vaihdella L/D-alueella 0,2 - 20 (L/D = nesteen massa juuri ennen katalyyttikerrosta/tisleen massa) erinomaisin tuloksin; C₃₋₅-virtojen ollessa kyseessä L/D on tavallisesti alueella 0,5 - 4.

Tässä tislauksjärjestelmässä käytetty alhainen vedyn osapaine ei sangen yllättävästi johtanut hydrauksen epäonnistumiseen, mikä olisi ollut odotettavissa maailmanlaajuisena normina olevissa nestefaasijärjestelmissä esiintyvän korkean vedyn osapaineen perusteella. Kuten aiemmin huomautettiin, kondensoitumisilmiön, joka on vakiotekijä tislauksessa, otaksutaan johtavan vedyn samanlaiseen tai parempaan saatavuuteen kuin korkea paine nestefaasissa, ts. vetyä viedään nesteeseen, niin että hydraus toteutuu.

Tämä keksintö käsittää yhtenä suoritusmuotona runsaasti propeenä sisältävässä virrassa olevien asetyleenisten yhdisteiden ja diolefiinien selektiivisen hydrauksen virran puhdistamiseksi ja suurempien propeenimäärien aikaansaamiseksi. Runsaspropeeninen virta syötetään tislaukskolonnireaktoriin reaktiotislauusvyöhykkeelle, joka sisältää kantajallista palldiumoksidikatalyyttiä katalyyttiä sisältävän tislauusrakenteen muodossa. Vetyä syötetään tarpeellinen määrä reaktion ylläpitämiseksi ja, otaksuttavasti, oksidin pelkistämiseksi ja sen pitämiseksi hydriditilassa. Aiemmin on otaksuttu, että juuri hydriditila on aktiivinen tila; hyvin pienet määrä läsnä olevaa vetyä, jotka antavat erinomaisia tuloksia, saattavat kuitenkin viitata muuhun. Katalyytin tila on joka tapauksessa mekanismiin liittyvä teoreettinen seikka, joka ei ole tämän keksinnön kohteena. Tislaukskolonnireaktoria käytetään sellaisessa paineessa, että reaktioseos kiehuu katalyyttikeroksessa. Mahdollista korkeammassa lämpötilassa kiehuvaa materiaalia sisältävä pohjavirta voidaan haluttaessa poistaa täydellisen erotuksen aikaansaamiseksi.

C_3 -suoritusmuodossa, jossa käytetään mainittua vedyn osapainetta, tämän keksinnön piiriin kuuluu menetelmä runsaasti propeenä sisältävässä virrassa olevien diolefiinien ja asetyleenisten yhdisteiden hydraamiseksi selektiivisesti, joka menetelmä käsittää seuraavat vaiheet:

(a) (1) propeenina, diolefiineja ja asetyleenisia yhdisteitä käsittävän ensimmäisen virran ja (2) vetyä sisältävän toisen virran syöttäminen tislaukolonnireaktoriin syöttövyöhykkeelle;

5 (b) mainitussa tislaukolonnireaktorissa samanaikaisesti

(i) mainittujen ensimmäisen ja toisen virran saattaminen kosketukseen tislaureaktiovyöhykkeellä hydrauskatalyytin kanssa, jolla on kyky toimia tislauksrakenteena, ja oleellisesti kaikkien mainittujen diolefiinien ja asetyleenisten yhdisteiden saattaminen reagoimaan mainitun vedyn kanssa, niin että reaktioseokseen muodostuu propeenina ja muita hydrautuneita tuotteita, ja

15 (ii) mainitun ensimmäisen virran sisältämän ja mainittujen diolefiinien ja mainittujen asetyleenisten yhdisteiden reaktion kautta muodostuneen propeenin erotus mainitusta reaktioseoksesta jakotislauksella ja

(c) vaiheesta b ii peräisin olevan erotetun propeenin poistaminen mahdollisten propaanin ja kevyempien yhdisteiden, mahdollinen reagoimaton vety mukaan luettuna, ohella mainitusta tislaukolonnireaktorista ylimenotuotteena. Menettely voi mahdollisesti sisältää mahdollisten C₄- tai korkeammassa lämpötilassa kiehuvien yhdisteiden poistamisen mainitusta tislaukolonnireaktorista pohjatuotteena. Hydraul ei aiheuta merkittävää propeenihäviötä.

25 C₅-suoritusmuodossa, jossa käytetään mainittua vedyn osapainetta, tämä keksintö käsittää hiilivetyseosta sisältävän kevyen teollisuusbensinijakeen syöttämisen vetyvirran ohella tislaukolonnireaktoriin, joka sisältää tislauksrakenteen yhtenä komponenttina olevaa hydrauskatalyyttiä, ja kevyessä teollisuusbensiniinissä olevien diolefiinien hydrauksen. Kevyemmät komponentit, reagoimaton vety mukaan luettuna, tislataan ja erotetaan samanaikaisesti ylimenotuotteena osittain hydratusta kevyestä teollisuusbensiniinituotteesta. Lisäksi ja samanaikaisesti selektiivi-

sen hydrauksen ja tislauksen kanssa osa C₅-mono-olefiineista isomeroidaan toivottavammaksi syötteenksi t-pentyyliemittien (TAME) tuottamiseksi iso-olefiinin ja metanolin välisellä reaktiolla. Diolefiinit muuttuvat oleellisesti kokonaan mono-olefiineiksi, ja mono-olefiinien hydrautuminen on hyvin vähäistä.

Yhdessä lisäsuoritusmuodossa, jossa käytetään kevyttä teollisuusbensiiniä, syöte on pääasiassa C₅-virta ja kevyt teollisuusbensiinituote poistetaan ylimenotuotteena. Ylimenotuote johdetaan jäähdyttimeen, jossa kaikki kondensoituvat aineosat tiivistyvät ja osa palaa kolonnin huipulle. Takaisinvirtaussuhdetta 0,5:1 - 20:1 voidaan käyttää erilaisissa suoritusmuodoissa.

Yhdessä toisessa suoritusmuodossa, jossa käytetään kevyttä teollisuusbensiinisyytettä ja mainittua vedyn osapainetta, syöte käsittää laajemmalla alueella olevaa C₅₋₈-virtaa ja C₅-komponentit erotetaan C₆- ja raskaammista komponenteista tislaukolonnireaktorin alaosassa. C₆- ja raskaammat komponentit poistetaan pohjatuotevirtana, kun taas C₅-komponentit nostetaan keittämällä tislaukolonnireaktorin ylempään osaan, joka sisältää katalyyttiä sisältävän tislauksrakenteen, joka hydraa selektiivisesti diolefiinit. Hydratut C₅-komponentit poistetaan yhdessä ylimääräisen vedyn kanssa ylimenotuotteena ja johdetaan jäähdyttimeen, jossa kaikki kondensoituvat komponentit tiivistetään ja erotetaan sitten kondensoitumattomista komponenteista (pääasiassa vetyä), esimerkiksi kokoamissäiliöerottimessa. Osa erottimesta tulevasta nesteestä palautetaan tislaukolonnireaktoriin takaisinvirtauksena ja loppuosa poistetaan tuotteena, joka voidaan syöttää suoraan TAME-yksikköön. Haluttaessa voidaan katalyyttiä sisältävän tislauksrakenteen yläpuolella käyttää inerttiä lisätislauksosaa, jonka alapuolella on C₅-tuotteen sivu-ulosotto, ylimääräisen vedyn erottamiseksi pois mahdollisten muiden kevyiden kompo-

nenttien, kuten ilman veden jne., ohella, jotka saattaisivat olla ongelmallisia myöhemmässä TAME-yksikössä.

5 Kevyt teollisuusbensiini -suoritusmuodossaan tämä keksintö on menetelmä kevyen teollisuusbensiinin sisältämien diolefiinien hydraamiseksi selektiivisesti, joka käsittää seuraavat vaiheet:

10 (a) (1) diolefiineja sisältävää kevyttä teollisuusbensiiniä käsittävän ensimmäisen virran ja (2) vetyä sisältävän toisen virran syöttäminen tislauskolonnireaktoriin syöttövyöhykkeelle;

(b) mainitussa tislauskolonnireaktorissa samanaikaisesti

15 (i) mainittujen ensimmäisen ja toisen virran saattaminen kosketukseen tislausreaktiovyöhykkeellä hydrauskatalyytin kanssa, jolla on kyky toimia tislausrakenteena, ja oleellisesti kaikkien mainittujen diolefiinien saattaminen siten reagoimaan mainitun vedyn kanssa, niin että reaktioseokseen muodostuu penteenejä ja muita hydrautuneita tuotteita, ja

20 (ii) tislauskolonnireaktorissa vallitsevan paineen käyttö sillä tavalla, että osa seoksesta höyrystyy eksotermisen reaktiolämmön vaikutuksesta;

25 (c) vaiheesta b ii peräisin olevan nesteen poistaminen osittain mainitusta tislauskolonnireaktorista pohjatuotteena;

(d) vaiheesta b ii peräisin olevien höyryjen poistaminen mahdollisen reagoimattoman vedyn ohella mainitusta tislauskolonnireaktorista ylimenotuotteena.

30 C₅-jakeen sisältämät diolefiinit kiehuvat korkeamassa lämpötilassa kuin muut yhdisteet, ja ne voidaan siksi konsentroida katalyyttivyöhykkeelle, samalla kun monoolefiinit isomeroidaan ja poistetaan kolonnin ylemmässä osassa. Kiinnostuksen kohteena olevat C₅-komponenttien reaktiot ovat seuraavat:

(1) isopreeni (2-metyyli-1,3-butadieeni) + vety 2-metyyli-1-buteeniksi ja 2-metyyli-2-buteeniksi;

(2) cis- ja trans-1,3-pentadieenit (cis- ja trans-piperyleenit) + vety 1-penteeniksi ja 2-penteeniksi;

5 (3) 3-metyyli-1-buteeni 2-metyyli-2-buteeniksi ja 2-metyyli-1-buteeniksi;

(4) 2-metyyli-1-buteeni 2-metyyli-2-buteeniksi;

(5) 2-metyyli-2-buteeni 2-metyyli-1-buteeniksi;

(6) 1,3-butadieeni 1-buteeniksi ja 2-buteeniksi.

10 Kaksi ensimmäistä reaktiota poistavat epätoivottavia komponentteja, kun taas kolmas on edullinen TAME-reaktoriin menevän syötteen kannalta. 3-metyyli-1-buteeni ei reagoi metanolin kanssa TAME:ksi sulfonihappokatalyytillä, kun taas kyseiset 2-metyylibuteenit reagoivat.

15 Tämän keksinnön yhteydessä menetelmä toteutetaan katalyytillä täytetyssä kolonnissa, jonka voidaan ymmärtää sisältävän höyryfaasia ja jonkin verran nestefaasia, kuten missä tahansa tislauksessa. Tislauskolonnireaktoria käytetään sellaisessa paineessa, että reaktioseos kiehuu katalyyttikerroksessa. Tämä menetelmä toteutetaan mainitun
20 tislauskolonnireaktorin ylimenossa vallitsevan mittaripaineen ollessa alueella 0 - 2 410 kPa (0 - 350 psig), edullisesti korkeintaan 1 720 kPa (250 psig), mainitulla tislausreaktiovyöhykkeellä vallitsevan lämpötilan ollessa
25 alueella 4 - 149 °C (40 - 300 °F), edullisesti 43 - 132 °C (110 - 270 °F), ja tarvittavan vedyn ylipaineen vallitessa. Syötteen massatuntivirtausnopeus (WHSV; weight hourly space velocity), jolla tarkoitetaan tässä reaktiotislauskolonniin tunnissa tulevan syötteen massaa jaettuna katalyyttiä sisältävissä tislusrakenteissa olevan katalyytin
30 massalla, voi vaihdella hyvin laajalla alueella muiden olosuhteiden asettamissa rajoissa, esimerkiksi alueella 0,1 - 35.

35 Tislauskolonnireaktorin käytöstä tässä selektiivisessä hydrausmenetelmässä on etuina diolefiinin muuttami-

nen olefiiniksi paremmalla selektiivisyydellä, lämmön säilytys, tislauksen kautta tapahtuva erotus, joka voi poistaa joitakin epätoivottavia yhdisteitä, esimerkiksi raskaita rikkiepäpuhtauksia, syötteestä ennen sen saattamista katalyytin vaikutuksen alaiseksi ja se, että tislauksella voidaan johtaa haluttujen komponenttien keskittymiseen katalyyttivyöhykkeelle.

"Vaahtotaso" pidetään edullisesti yllä kaikkialla katalyyttikerroksessa säätelämällä pohja- ja/tai ylimenotuotteen poistonopeutta, mikä parantaa katalyytin tehokkuutta ja pienentää siten tarvittavan katalyyttikerroksen korkeutta. Kuten on ymmärrettävissä, neste kiehuu, ja fyysikaalinen tila on itse asiassa vaahto, jonka tiheys on suurempi kuin normaalisti täytteellisessä tislaukskolonnissa mutta pienempi kuin nesteessä ilman kiehumishöyryjä, kuten kuvataan US-patenttijulkaisussa 5 441 441, joka mainitaan tässä viitteenä. Periaatteessa vaahtomallilla, jota kutsutaan jäljempänä "nestefaasiltaan jatkuvaksi" (LP; liquid phase continuous), tarkoitetaan, että nesteen virtausta katalyyttiä sisältävästä tislauksosasta on rajoitettu siten, että kohoava höyry muodostaa vaahtoa. Tosiasiasa jatkuva faasi on neste eikä höyry, kuten on tavanomaisesta tislauksessa. Tuloksena on nesteen lisääntynyt kontakti katalyyttisen materiaalin kanssa tislauksen aikana ja parantunut selektiivinen hydraus.

Reaktorissa vallitsevan lämpötilan määrää nesteseoksen kiehumispiste kulloisessakin paineessa. Kolonnin alemmissa osissa vallitseva lämpötila, joka on korkeampi kuin yläpäässä vallitseva, heijastaa materiaalikoostumusta kolonnin kyseisessä osassa; ts. vakioapaineessa järjestelmän lämpötilan muutos on osoitus koostumuksen muuttumisesta kolonnissa. Lämpötilan muuttamiseksi muutetaan painetta. Reaktiovyöhykkeellä vallitsevan lämpötilan säätö toteutetaan siten muuttamalla painetta; nostamalla painetta kohotetaan järjestelmän lämpötilaa ja päinvastoin.

Kuten kuvattiin, tässä hydrausmenetelmässä käytettävä katalyyttinen materiaali on sellaisessa muodossa, että se toimii tislaustätäytteenä. Yleisesti esitettynä katalyyttinen materiaali on tislaujärjestelmän komponentti, joka toimii sekä katalyyttinä että tislaustätäytteenä, ts. tislauksolonnin täyte, jolla on sekä tislau- että katalyyksifunktio.

Reaktiojärjestelmää voidaan kuvata heterogeeniseksi, sillä katalyytti pysyy erillisenä kokonaisuutena. Voidaan käyttää mitä tahansa sopivaa hydrauskatalyyttiä, esimerkiksi alkuaineiden jaksollisen järjestelmäryhmän VIII metalleja pääasiallisena katalyyttisenä komponenttina, joko yksinään tai yhdessä promoottorien ja muuntoaineiden kanssa, kuten palladiumia/kultaa, palladiumia/hopeaa, kobolttia/zirkoniumia tai nikkeliä, edullisesti kerrostettuna kantajalle, kuten alumiinioksidille, poltetulle tiilelle, hohkakivelle, hiilelle, piidioksidille, hartsille tms.

Yksi edullinen katalyyttinen materiaali käsittää palladiumoksidia, edullisesti 0,1 - 5,0 paino-%, asianmukaisella kantaja-aineella, kuten alumiinioksidilla, hiilellä tai piidioksidilla, esimerkiksi 3,18 mm:n (1/8") alumiinioksidiekstrudaateilla. Yhdessä edullisessa katalyyttiä sisältävässä tislausrakenteessa hiukkasmainen katalyyttimateriaali sijoitetaan huokoisen levyn tai verkon sisään, joka on tarkoitettu pitämään sisällään katalyyttiä ja muodostamaan tislauspinta ja on lankaverkkorakenteen, kuten putkimaisen lankaverkkorakenteen tai minkä tahansa vastaavan rakenteen, muodossa.

Yksi edullinen katalyyttirakenne tätä hydrausreaktiota varten käsittää taipuisaa, puolijäykkää, avosilmäistä putkimaista verkkomateriaalia, kuten ruostumatonta teräslankaverkkoa, joka on täytetty hiukkasmaisella katalyyttisellä materiaalilla, yhdessä monista tämän menetelmän yhteydessä viime aikoina kehitetyistä suoritusmuodoista.

Yhtä uutta katalyyttirakennetta, joka on kehitetty käytettäväksi hydrauksissa, kuvataan US-patenttijulkaisussa 5 266 546, joka mainitaan tässä kokonaisuudessaan viitteenä. Lyhyesti esitettynä tämä uusi katalyyttirakenne on

5 katalyyttiä sisältävä tislauusrakenne, joka käsittää taipuisaa, puolijäykkää, avosilmäistä putkimaista verkkomateriaalia, kuten ruostumatonta teräslankaverkkoa, joka on täytetty hiukkasmaisella katalyyttisellä materiaalilla ja jolla mainitulla putkimaisella materiaalilla on kaksi pää-

10 tä ja pituus, joka on noin $\frac{1}{2}$ - 2 kertaa mainitun putkimaisen materiaalin läpimitta, jolloin ensimmäinen pää on saumattu kiinni ensimmäistä akselia pitkin, niin että muodostuu ensimmäinen sauma, ja toinen pää on saumattu kiinni toista akselia pitkin, niin että muodostuu toinen sauma,

15 ja mainitun putkimaisen akselia pitkin kulkevan ensimmäisen sauman taso ja mainitun putkimaisen akselia pitkin kulkevan toisen sauman taso leikkaavat toisensa suunnilleen kulmassa 15° - 90° .

US-patenttijulkaisuissa 4 242 530 ja 4 443 559, jotka mainitaan tässä viitteinä, esitetään käytössä ollut

20 kantajallinen katalyytti, joka on lukuisissa taskuissa kangashihnassa tai lankaverkkoputkirakenteissa ja joka on tislauuskolonnireaktorissa tuettuna neulotulla avosilmäisellä ruostumattomalla teräslankarakenteella kiertämällä

25 kyseiset kaksi komponenttia yhteen kierteeksi. US-patenttihakemuksessa 08/075 328, joka on jätetty 11.6.1993 ja mainitaan tässä viitteenä, kuvataan muutamia muita tekniikan tasoa vastaavia sopivia rakenteita ja esitetään tähän menetelmään soveltuvia uusia rakenteita.

30 Hiukkasmainen katalyyttimateriaali voi olla jauhetta, pieniä epäsäännöllisiä paloja tai fragmentteja, pieniä helmiä yms. Rakenteessa olevan katalyyttimateriaalin nimomainen muoto ei ole ratkaiseva, kunhan tarjolla on riittävä pinta-ala kohtuullisen reaktionopeuden mahdollistamiseksi. Katalyyttihiukkasten mitoitus voidaan parhaiten

35

määritellä erikseen kullekin katalyyttiselle materiaalille (sillä eri materiaalien huokoisuus eli käytettävissä oleva sisäinen pinta-ala vaihtelee ja vaikuttaa tietenkin katalyyttimateriaalin aktiivisuuteen).

5 Tässä käsiteltävien hydrausten yhteydessä ovat täytteenä edullisia katalyyttirakenteita sellaiset, joissa käytetään läpäisevien levyjen tai verkkolangan muodostamaa avoimempaa rakennetta.

10 Kuviossa 1 esitetään C_5 -suoritusmuodon yksinkertaistettu prosessikaavio. Siinä näkyy tislaukskolonnireaktori 10, joka sisältää sopivasta hydrauskatalyytistä koostuvaa täytettä osana tislausrakennetta 12, esimerkiksi edellä kuvatussa lankaverkkojärjestelyssä. Kolonnissa voi olla myös tavanomaista tislausrakennetta 14. Kevyttä teollisuusbensiiniä syötetään linjaa 1 pitkin tislaukskolonnireaktoriin 10 katalyyttitäytteen alapuolelle. Vetyä syötetään kaasuna virtauslinjaa 2 pitkin katalyyttitäytteen pohjalle tai sen lähelle.

20 C_5 -syöte ja vety syötetään tislaukskolonnireaktoriin edullisesti erikseen, tai ne voidaan sekoittaa ennen syöttöä. Seossyöte syötetään katalyyttikerroksen alapuolelle tai kerroksen alapäähän. Pelkkä vety syötetään katalyyttikerroksen alapuolelle ja C_5 -virta edullisesti kerroksen alapuolelle. Vaikka hiilivety syötetään edullisesti kerroksen alapuolelle raskaiden epäpuhtauksien, kuten rikkiyhdisteiden, pitämiseksi poissa kerroksesta, sitä voidaan syöttää aina kerroksen keskimmäisen kolmanneksen korkeudelle asti. Valittava paine on sellainen, joka pitää dieenit ja muut voimakkaasti tyydyttymättömät yhdisteet katalyyttikerroksessa ja mahdollistaa samalla propeenin ja kevyempien aineosien tislautumisen ylimenoon.

30 Lämpöä syötetään pohjatuotteeseen virtauslinjaa 4 pitkin kierrättämällä tätä esikuumentimen 40 kautta takaisin kolonniin linjaa 13 pitkin. Kun reaktio on käynnistynyt, eksotermisen reaktion lämpö aiheuttaa seoksen lisä-

höyrystymistä kerroksessa. Höyryt poistetaan ylimenona virtauslinjaa 3 pitkin ja johdetaan jäähdyttimeen 20, jossa kondensoitavissa oleva materiaali kondensoidaan suurin piirtein kokonaan jäähdyttämällä lämpötilaan 38 °C (100 °F). Ylimeno johdetaan sitten tisleen kokoamissäiliöön 30, jossa kondensoitunut materiaali otetaan talteen ja erotetaan kondensoitumattomista aineosista, kuten reagoimattomasta vedystä. Osa kokoamissäiliössä talteenotetuista kondensoituneista materiaaleista palautetaan tislausreaktorin 10 huipulle virtauslinjaa 6 pitkin. Tisletuote, joka poistetaan linjaa 9 pitkin, soveltuu syötteeksi TAME-reaktoriin. Kondensoitumaton materiaali poistetaan kokoamissäiliöstä virtauslinjaa 7 pitkin ja vety voidaan taloudellisuussyistä kierrättää reaktoriin (ei esitetä).

Pohjatuotetta, joka ei sisällä olennaisesti C₅-di-olefiineja, poistetaan virtauslinjaa 8 pitkin ja se voidaan johtaa stabiilina bensiininä bensiininsekoitukseen. Menetelmä on edullinen, koska voimakas hydrautumislämpö kuluu nesteen osittaiseen höyrystykseen, niin että lämpötilan säätö saadaan aikaan säätämällä järjestelmässä valitsevaa painetta. Ylimääräinen vety poistetaan kokonaan pohjatuotteesta. C₅-yhdisteiden ollessa kyseessä hydraamattomat komponentit ovat vähemmän haihtuvia, ja niillä on taipumus viipyä reaktorissa pidempään, mikä edistää täydellisempää reagointia.

Kuvio 2 esittää keksinnön toista suoritusmuotoa, jossa kevyttä teollisuusbensiiniä syötetään virtauslinjaa 1' pitkin tislauskolonnireaktoriin 10 katalyyttiä sisältävän tislausrakenteen 12 yläpuolelle. Järjestely on muuten samanlainen kuin kuviossa 1. Kuvio 3 valaisee kolmatta suoritusmuotoa, jossa kolonni sisältää lisäksi tavanomaisen tislausrakenteen 216 katalyyttiä sisältävän tislausrakenteen 12 yläpuolella, mahdollisen C₄- ja kevyemmän materiaalin, vedyn ja muiden alempana kiehuvien komponenttien

erottamiseksi C₅-aineosista, jotka poistetaan sivuvirtana virtauslinjaa 209 pitkin.

Esimerkki 1

Tässä esimerkissä hiilivetyvirta on runsaasti propeenaa sisältävä virta, kuten leijukatalyyttikrakkausyksikön tai vesihöyrykrakkausyksikön kaasulaitoksesta tuleva C₃-virta. Jäljempänä olevassa taulukossa II esitetään mainitunlaisen virran tyypillinen koostumus.

Katalyytti on 0,3 paino-% PdO:a 3,18 mm:n (1/8") Al₂O₃ (alumiinioksidi) -ekstrudaateilla sisältävä hydrauskatalyytti, jota myy United Catalysts, Inc. tunnuksella G68F. Valmistajan antamat katalyytin tyypilliset fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet ovat seuraavat:

15

Taulukko I

Tunnus	G68F
Muoto	pallomainen
Nimelliskoko	3 x 6 meshiä
Pd (paino-%)	0,3
20 Kantaja	hyvin puhdas alumiinioksidi

Katalyytin uskotaan olevan palladiumhydridi, joka muodostuu operaation aikana.

Vedyn syöttönopeuden reaktoriin täytyy olla riittävä katalyytin pitämiseksi aktiivisessa muodossa, koska vetyä häviää katalyytistä hydrauksen vuoksi. Vedyn syöttönopeus täytyy säätää vastaamaan kuvattua osapainetta, niin että se riittää pitämään yllä hydrausreaktion ja korvaamaan katalyytistä hävinneen vedyn, muuta se pidetään propeenin hydrautumiseen tarvittavan ja kolonnissa tulvimista aiheuttavan nopeuden alapuolella. Vedyn moolisuhde kiinteään kerrokseen menevässä syötteessä oleviin asetyleeniin yhdisteisiin on yleensä noin 1,05 - 2,5, edullisesti 1,4 - 2,0. Tässä kuvatun kaltaisen vetysyötteen läsnäolo ei vaikuta haitallisesti katalyyttiä sisältävän tislauksjärjestelmän fysikaaliseen toimintaan.

Taulukko II

Komponentti	Mooli-%
Metaani	0,000
5 Eteeni	0,000
Etaani	0,075
Propeeni	82,722
Propaani	11,118
Metyyliasetyleeni	2,368
10 Propadieeni	1,304
Syklo-C ₃	0,048
Isobutaani	0,000
Isobuteeni	0,015
1-buteeni	0,242
15 Butadieeni	1,529
n-butaani	0,112
Trans-2-buteeni	0,008
Vinyyliasetyleeni	0,013
Cis-2-buteeni	0,000
20 C ₅ - ja raskaammat yhdisteet	0,000
Yhteensä	100,000
Propeeni/propaani	7,440

Propeenina sisältävä syöte ja vety voidaan syöttää

25 tislaukolonnireaktoriin erikseen tai ne voidaan sekoittaa ennen syöttämistä. Seossyöte syötetään katalyyttikerroksen alapuolelle tai kerroksen alapäähän. Pelkkä vety syötetään katalyyttikerroksen alapuolelle ja C₃-virta edullisesti kerroksen alapuolelle. Kerrokseen syötetty hiilivety voi

30 johtaa jossakin määrin katalyytin deaktivoitumiseen epäpuhtauksien vuoksi. Valittava paine on sellainen, joka pitää dieenit ja asetyleenit katalyyttikerroksessa ja mahdollistaa samalla propeenin ja kevyempien ainesten tislautumisen ylimenoon. Mahdollinen reagoimaton vety poistuu

35 ylimenossa yhdessä C₃-yhdisteiden kanssa.

Käytetty koeyksikkö oli 25,4 mm:n (1 in) laboratoriolonni, jonka korkeus oli 4,6 m (15 ft). Katalyytti, 0,3 paino-% PdO:a 3,18 mm:n (1/8") alumiinioksidiekstrudaateilla (240 g), sijoitettiin lankaverkkotislaustäytteen taskuihin, niin että muodostui katalyyttiä sisältäviä tislauusrakenteita, joita kuvataan US-patenttijulkaisussa 5 266 546, joka mainitaan tässä viitteenä. Katalyyttiä sisältävät tislauusrakenteet laitettiin kolonnin keskimäisten 3,0 m:n (10 ft) alueelle ja 0,76 m (2,5 ft) kolonnin ala- ja yläpäästä täytettiin inertillä tislaustätteellä. Aloitettiin runsaspropeenisen syötteen ja vedyn syöttäminen kolonniin ja lisättiin lämpöä reaktion käynnistämiseksi. Ylimenossa vallitseva mittaripaine pidettiin alueella 1 655 - 2 172 kPa (240 - 315 psig). Koeyksiköstä ei otettu pohjatuotetta, ja kolonnin alaosassa oli läsnä tasapainomäärä, noin 15 til-%, C₄- ja raskaampia yhdisteitä, kuten vakio- lämpötila noin 60 °C (140 °F) osoittaa. Vakio- lämpötila osoitti myös, ettei tapahtunut raskaampien materiaalien kerääntymistä mahdollisen oligomeroitumisen seurauksena. Jos jäljellä olisi ollut dieeniä, pohjatuotteen lämpötila olisi kohonnut raskaiden aineosien kerääntyessä; tämä on osoitus dieenien ja asetyleenisten yhdisteiden täydellisestä selektiivisestä poistosta. Teollisiin eli suurempiin yksiköihin sisällytettäisiin todennäköisesti pohjatuotteen poisto C₄- ja raskaampien materiaalien erottamiseksi propeenituotteesta. Alla olevassa taulukossa III esitetään koeyksikkökokeessa saadut tulokset.

Taulukko III

	Virtausaika (h)	220	221	237	239	241	335	336
	Mittaripaine (kPa)	2 172	2 172	2 069	1 931	1 931	1 931	1 931
	(psig)	315	315	300	280	280	280	280
5	Pohjatuotteen (°C)	60	60	60	60	60	60	60
	lämpötila (°F)	140	140	140	140	140	140	140
	Syöte							
	Syöttönopeus. (kg/h)	2,72	2,72	2,72	2,68	2,68	4,99	4,99
	neste (lb/h)	6,0	6,0	6,0	5,9	5,9	11,0	11,0
10	H ₂ :n nopeus. (m ³ /h)	0,113	0,113	0,113	0,113	0,142	0,227	0,283
	kaasu, NTP (ft ³ /h)	4,0	4,0	4,0	4,0	5,0	8,0	10,0
	Suhde H ₂ /asetyleeni	1,452	1,451	1,468	1,493	1,867	1,602	2,002
	MA+PD syötöissä (mol-%)	3,708	3,708	3,690	3,690	3,690	3,690	3,690
	C ₃	82,3740	82,3740	82,3740	82,3740	82,3740	82,3740	82,3740
15	C ₃ + MA + PD	86,082	86,082	86,064	86,064	86,064	86,064	86,064
	dP	2,7	2,7	2,6	2,6	2,7	2,6	2,6
	Ylimenon koostumus (mol-%)							
	Etaani	0,065	0,030	0,080	0,052	0,052	0,068	0,069
	Propeeni	86,460	86,184	87,221	86,379	85,583	87,355	87,421
20	Propaani	11,717	11,304	11,074	12,041	12,353	10,687	10,957
	Metyyliasetyleeni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,212	0,013
	Propadieeni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,470	0,064
	Syklo-C ₃	0,049	0,054	0,045	0,044	0,051	0,043	0,045
	Isobutaani	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
25	Isobuteeni	0,014	0,016	0,010	0,007	0,012	0,009	0,085
	1-buteeni	0,845	1,369	0,831	0,781	0,856	0,394	0,739
	n-butaani	0,127	0,207	0,117	0,105	0,151	0,077	0,076
	Trans-2-buteeni	0,544	0,950	0,472	0,466	0,600	0,116	0,292
	Vinyyliasetyleeni	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
30	Cis-2-buteeni	0,185	0,327	0,144	0,155	0,237	0,031	0,056
	C ₅ + raskaammat	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	MAPD (%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,682	0,077

Esimerkki 2

35 Katalyytti on 0,34 paino-% Pd:a 3 - 8 meshin Al₂O₃ (alumiinioksidi) -helmillä, ja sitä myy United Catalysts, Inc. tunnuksella G68C. Valmistajan antamat katalyytin tyyppilliset fysikaaliset ja kemialliset ominaisuudet ovat seuraavat:

Taulukko IV

	Tunnus	G68C
	Muoto	pallomainen
	Nimelliskoko	5 x 8 meshiä
5	Pd (paino-%)	0,3 (0,27 - 0,33)
	Kantaja	hyvin puhdas alumiinioksidi

Katalyytin otaksutaan olevan palladiumhydridi, jota syntyy toiminnan aikana. Vedyn syöttönopeuden reaktoriin täytyy olla riittävä katalyytin pitämiseksi aktiivisessa muodossa, koska vetyä häviää katalyytistä hydrauksen vuoksi. "Vedyn tarkoituksenmukainen määrä" termin tässä käytössä merkityksessä on C₅-yhdisteiden yhteydessä sellainen, että vedyn moolisuhde diolefiiniin on vähintään 1,0:1,0, edullisesti yli 2,0:1,0, esimerkiksi noin 10:1.

Käytetään kuviossa 4 esitetyn kaltaista teräskolonnia 310, jonka läpimitta on 76,2 mm (3 in) ja korkeus 9,1 m (30 ft) ja joka on varustettu esikuumentimella 340, jäähdyttimellä 320 ja palautusvirtausjärjestelmällä 330 ja 306. Keskimmäiset 4,6 m (15 ft) täytetään katalyyttiä sisältävällä tislaustrakenteella 312, joka käsittää 0,34 paino-% palladiumia 3,18 mm:n (1/8") alumiinioksidihelmillä sisältävää katalyyttiä, joka on lasikuituhihnan taskuissa ja kierretty yhteen ruostumattoman teräslankaverkon kanssa. Kolonni huuhdotaan typellä ja nostetaan mittaripaine 138 kPa:ksi (20 psig). Kevyttä teollisuusbensiiniä, joka on esifraktioitu C₆- ja raskaamman materiaalin poistamiseksi suurimmaksi osaksi, aletaan syöttää kolonniin linjaa 301 pitkin nopeudella 22,7 kg/h (50 lb/h). Kun saavutetaan pohjataso ja neste on halutulla korkeudella kolonnissa, aloitetaan pohjatuotteen poisto linjaa 308 pitkin ja kierätys esikuumentimen kautta linjoja 304 ja 313 pitkin. Lämpöä syötetään esikuumentimeen 340, kunnes höyryä havaitaan kolonnin huipulla, mistä on osoituksena yhtenäinen lämpötila 54 °C (130 °F) kaikkialla kolonnissa. Aloitetaan

vedyn syöttö kolonnin pohjalle nopeudella 0,227 - 0,283 m³/h (NTP) (8 - 10 SCFH) linjaa 302 pitkin. Kolonnissa vallitsevaa painetta saadellään sitten siten, että pohjatuotteen lämpötila pysyy noin 160 °C:na (320 °F) ja katalyyttikerroksen lämpötila noin 127 °C:na (260 °F). Huipulla vallitseva mittaripaine pidettiin siten noin 1 379 kPa:na (200 psig). Ylimenotuotetta poistetaan linjaa 303 pitkin, se kondensoidaan osittain jäähdyttimessä 320 ja kaikki kondensoituvat aineosat otetaan talteen kokoamissäiliässä 330 ja palautetaan kolonnin huipulle takaisinvirtauksena linjaa 306 pitkin. Kondensoitumattomat aineosat poistetaan säiliöstä linjaa 307 pitkin. Nestemäinen pohjatuote poistetaan linjaa 308 pitkin, Tulokset esitetään alla olevassa taulukossa V, jossa verrataan syötteen ja pohjatuotteen koostumuksia.

Taulukko V

	Komponentti (paino-%)	Syöte	Pohjatuote	Muutos (%)
	Kevyet aineosat	0,073	0,000	-100
5	Dimetyylieetteri	0,003	0,002	-36
	Isobutaani	0,488	0,093	-81
	Metanoli	0,058	0,000	-100
	Muut C ₄ -yhdisteet	4,573	3,304	-28
	3-metyyli-1-buteeni	1,026	0,270	-74
10	Isopentaani	31,974	32,066	0
	1-penteeni	2,708	0,962	-64
	2-metyyli-1-buteeni	6,496	4,012	-38
	n-pentaani	3,848	4,061	6
	2-metyyli-1,2-butadieeni	0,147	0,002	-99
15	Trans-2-penteeni	6,995	9,066	30
	Tuntematon 1	0,138	0,094	-32
	Cis-2-penteeni	3,886	3,723	-4
	2-metyyli-2-buteeni	11,634	14,083	21
	Trans-piperyleeni	0,142	0,002	-98
20	Cis-piperyleeni	0,095	0,003	-97
	Syklo-C ₅	0,001	0,058	-47
	C ₆ ja raskaammat	25,603	28,198	10
	Yhteensä	100,000	100,000	

25

Esimerkki 3

Esimerkin 2 mukaisen kokeen aikana säädettiin koonnin huipulla vallitsevaa painetta katalyyttikerroksen lämpötilan muuttamiseksi. Lämpötilojen ollessa alempia oli

30 diolefiinien konversio pienempi, mutta pääasiallisena erona oli, että vaikutus 3-metyyli-1-buteenin isomeroitumiseen oli dramaattisempi. Alla olevassa taulukossa VI verrataan diolefiinien ja 3-metyyli-1-buteenin konversioita eri toimintalämpötiloissa.

35

Taulukko VI

Keskimääräinen		Mittaripaine		Virtausaika	Konversio (mol-%)			
lämpötila		huipulla			Isopreeni	T-pipe-ryleeni	C-pipe-ryleeni	3-metyyli-1-buteeni
(°C)	(°F)	(kPa)	(psig)	(h)				
110	230	896	130	200	65	57	65	17
121	250	1000	145	300	97	95	95	55
129	265	1379	200	600	100	99	99	80

Esimerkki 4

C₄-virrat

Tämä koesarja osoittaa dieenin odottamattoman poistumisen C₄-virroista vedyn osapaineiden ollessa äärimmäisen pieniä. Osoitettiin myös, että myös alemmat kokonaispainet olivat soveltuvia. Kokeet tehtiin kahdella tavalla. Toisen tavan, tavanomaisen tislauksen, ollessa kyseessä käytettiin jatkuvaa höyryfaasia. Toisen tavan ollessa kyseessä käytettiin edullista jatkuva nestefaasi -mallia "LPC".

Kokeessa 1 käytetty reaktori oli kolonni, jonka läpimitta oli 76,2 mm (3 in) ja jossa oli 6,10 m (20 ft) katalyyttitäytettä, joka sisälsi 28,3 l (1 ft³) katalyyttimateriaalia (0,5 % Pd:a 8 - 12 meshin alumiinioksidilla, tuote El44SDU, valmistaja Calcicat, Catalyst and Performance Chemicals Division, Mallinckrodt, Inc.), 1,37 m (4,5 ft) teräksisiä Pall-renkaita [15,9 mm (5/8")] katalyyttikerroksen yläpuolella ja 4,72 m (15,5 ft) teräksisiä Pall-renkaita [15,9 mm (5/8")] sen alapuolella. Kokeessa 2 käytettiin kolonnia, jonka läpimitta oli 76,2 mm (3 in) ja jossa oli 6,10 m katalyyttitäytettä, joka sisälsi 28,3 l (1 ft³) katalyyttimateriaalia (0,5 % Pd:a 8 - 12 meshin alumiinioksidilla, tuote El44SDU, valmistaja Calcicat, Catalyst and Performance Chemicals Division, Mallinckrodt, Inc.), 1,37 m (4,5 ft) teräksisiä Pall-renkaita [15,9 mm (5/8")] katalyyttikerroksen yläpuolella ja 7,62 m (25 ft) lasilämmitinlankaa ja 15,2 m (50 ft) teräksisiä Pall-renkaita [15,9 mm (5/8")] sen alapuolella. Katalyytti pakat-

tiin putkimaisiin lankahylsyihin [25,4 mm (1 in)], jotka sijoitettiin vinosti lasinlämmittinlangalle, ja rullattiin paaliksi, jonka läpimitta oli noin 76 mm (3 in).

5 Hiilivety syötetään kolonniin katalyytin alapuolel-
le. Huipulla vallitseva mittaripaine asetetaan aluksi ar-
voon 827 kPa (120 psig) ja esikuumentimeen syötetään hii-
livetyä noin 9,1 kg/h (20 lb/h) esikuumentimen asetuksen
ollessa 10 %, mitä pidetään yllä 15 minuuttia, minkä jäl-
keen syöttönopeus säädetään sellaiseksi, että pohjatuot-
10 teen taso pysyy alueella 50 - 75 %, kunnes ylimenon läm-
pötila poikkeaa korkeintaan 11 °C (20 °F) pohjatuotteen
lämpötilasta, minkä jälkeen hiilivedyn syöttönopeus nos-
tetaan arvoon 45,4 kg/h (100 lb/h). Kun paine-ero saavut-
taa arvon 6,9 kPa (1,0 psi), aloitetaan vedyn syöttö no-
15 peudella 0,42 m³/h (NTP) (15 scfh). Pohjatuote kuumennetaan
yhtenäiseen lämpötilaan 71 °C (160 °F) ja käynnistetään
sitten välipalautusvirtaus. Valitaan huipulla vallitseva
paine ja toteutetaan reaktiotislaus. C₄-hiilivetyäsyöttöolo-
suhteet ja tulokset kunkin kokeen kohdalla esitetään tau-
20 lukoissa VII ja VIII.

LPC-mallilla toteutetuissa kokeissa kaikki dieenit
poistuivat, kun taas tavanomaisessa tislauksessa jäljelle
jäi muutamia miljoonasosia samoissa olosuhteissa. Sisäinen
takaisinvirtaussuhde ilmoitetaan välittömästi katalyytti-
25 täytteen alapuolella olevan nesteen suhteena tisleeseen
(L/D). Tulokset osoittavat, että LPC-malli antaa tuloksek-
si paremman dieenien poiston.

Taulukko VII

Esimerkki 4, koe 1, osa 1

Kokeen kesto 41 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	15,9 (2,3)
	Syötteen lähde	Jalostamo-FCC
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	45,4 (100)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,42 (15)
	Mittaripaine, kPa (psig)	827 (120)
10	Tisle, kg/h (lb/h)	42,2 (93)
	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	0,73
	Malli	tavanomainen

Tulokset

15	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
	Eteeni	0,02	0,01	0,00	0,00
	Etaani	0,20	0,01	0,00	0,69
20	Propeeni	0,27	0,22	0,00	2,61
	Propaani	0,48	0,44	0,00	3,34
	Isobutaani	31,38	32,63	0,18	31,70
	Isobuteeni	14,21	14,77	0,74	11,41
	1-buteeni	12,82	4,59	1,07	3,25
25	1,3-butadieeni	0,2788	0,0030	0,0199	0,0000
	n-butaani	9,37	10,13	8,55	4,95
	Trans-2-buteeni	17,13	24,69	25,56	11,49
	2,2-dimetyylipropaani	0,00	0,00	0,08	
	Metyylisyklopropani	0,02	0,02	0,02	
30	Cis-2-buteeni	12,50	12,20	53,01	4,91
	C ₅ -yhdisteet	1,26	0,27	10,58	0,06
	Raskaat aineosat	0,01	0,01	0,18	0,21
	Yhteensä	100,00	100,0	100,0	
	kg/h (lb/h)	45,36 (100,0)	42,18 (93,0)	2,27 (5)	0,82 (1,8)
35	Lämpötila, °C (°F)		68 (155)	87 (188)	

Yhteenvedo komponenteista

	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
40	Dieeenit	0,28	30 ppm
	Isobutaani	31,4	31,0
	n-buteenit	42,5	43,0
	n-butaani	9,4	10,0
	1-buteenin osuus n-buteenien		
45	kokonaismäärästä (%)	30,2	10,2

Taulukko VII (jatkuu)

Esimerkki 4, koe 1, osa 2

Kokeen kesto 102 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	10,3 (1,5)
	Syötteen lähde	Jalostamo-FCC
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	45,4 (100)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,28 (10)
	Mittaripaine, kPa (psig)	827 (120)
10	Tisle, kg/h (lb/h)	42,2 (93)
	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	0,74
	Malli	LPC

Tulokset

15	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
	Eteeni	0,02	0,01	0,00	0,00
	Etaani	0,20	0,02	0,00	0,70
20	Propeeni	0,27	0,25	0,00	2,13
	Propaani	0,48	0,47	0,00	2,52
	Isobutaani	31,38	32,97	0,21	23,22
	Isobuteeni	14,21	14,82	0,81	8,18
	1-buteeni	12,82	3,67	1,15	1,92
25	1,3-butadieeni	0,2788	0,0030	0,0211	0,0000
	n-butaani	9,37	9,93	8,84	3,43
	Trans-2-buteeni	17,13	25,37	25,71	8,29
	2,2-dimetyylipropaani	0,00	0,00	0,08	
	Mettyylisyklopropaani	0,02	0,02	0,02	
30	Cis-2-buteeni	12,50	12,20	52,25	3,46
	C ₅ -yhdisteet	1,26	0,28	10,70	0,00
	Raskaat aineosat	0,01	0,00	0,20	0,00
	Yhteensä	100,00	100,0	100,0	
	kg/h (lb/h)	45,36 (100,0)	42,23 (93,1)	2,27 (5)	0,91 (2,0)
35	Lämpötila, °C (°F)		68 (155)	87 (188)	

Yhteenvedo komponenteista

	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
40	Dieenit	0,28	0 ppm
	Isobutaani	31,4	31,2
	n-buteenit	42,5	42,6
	n-butaani	9,4	9,8
	1-buteenin osuus n-buteenien		
45	kokonaismäärästä (%)	30,2	8,2

Taulukko VII (jatkuu)
Esimerkki 4, koe 1, osa 3

Kokeen kesto 161 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	5,5 (0,8)
	Syötteen lähde	Jalostamo-FCC
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	45,4 (100)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,14 (5)
	Mittaripaine, kPa (psig)	827 (120)
10	Tisle, kg/h (lb/h)	42,2 (93)
	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	0,74
	Malli	tavanomainen

Tulokset

15	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjstuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
	Eteeni	0,02	0,01	0,00	0,00
	Etaani	0,20	0,01	0,00	0,64
20	Propeenit	0,27	0,25	0,00	1,96
	Propaani	0,48	0,46	0,00	2,24
	Isobutaani	31,38	32,84	0,47	20,08
	Isobuteeni	14,21	14,87	0,87	7,12
	1-buteeni	12,82	10,32	1,20	4,26
25	1,3-butadieeni	0,2788	0,0262	0,0227	0,0000
	n-butaani	9,37	9,52	8,71	2,87
	Trans-2-buteeni	17,13	19,35	25,66	5,71
	2,2-dimetyylipropaani	0,00	0,00	0,08	
	Metyyliisoklopropani	0,02	0,02	0,02	
30	Cis-2-buteeni	12,50	12,08	52,60	2,96
	C ₅ -yhdisteet	1,26	0,24	10,23	0,00
	Raskaat aineosat	0,01	0,00	0,12	0,00
	Yhteensä	100,00	100,0	100,0	
	kg/h (lb/h)	45,36 (100,0)	42,05 (92,7)	2,27 (5)	1,04 (2,3)
35	Lämpötila, °C (°F)		69 (156)	87 (188)	

Yhteenvedo komponenteista

	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
40	Dieenit	0,28	262 ppm
	Isobutaani	31,4	30,9
	n-buteenit	42,5	43,0
	n-butaani	9,4	9,3
	1-buteenin osuus n-buteenien		
45	kokonaismäärästä (%)	30,2	22,6

Taulukko VII (jatkuu)
Esimerkki 4, koe 1, osa 4

Kokeen kesto 198 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	10,3 (1,5)
	Syötteen lähde	Jalostamo-FCC
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	45,4 (100)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,28 (10)
	Mittaripaine, kPa (psig)	827 (120)
10	Tisle, kg/h (lb/h)	42,2 (93)
	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	0,74
	Malli	tavanomainen

Tulokset

15	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
	Eteeni	0,02	0,01	0,00	0,00
	Etaani	0,20	0,01	0,02	0,64
20	Propeeni	0,27	0,25	0,03	2,08
	Propaani	0,48	0,46	0,05	2,42
	Isobutaani	31,38	32,97	3,92	20,74
	Isobuteeni	14,21	14,90	2,43	7,27
	1-buteeni	12,82	7,29	2,61	3,26
25	1,3-butadieeni	0,2788	0,0105	0,0509	0,0000
	n-butaani	9,37	9,64	8,81	2,90
	Trans-2-buteeni	17,13	21,91	24,64	6,32
	2,2-dimetyylipropaani	0,00	0,00	0,07	
	Mettyylisyklopropaani	0,02	0,02	0,02	
30	Cis-2-buteeni	12,50	12,29	47,97	2,97
	C ₅ -yhdisteet	1,26	0,23	9,22	0,00
	Raskaat aineosat	0,01	0,01	0,17	0,00
	Yhteensä	100,00	100,0	100,0	
35	kg/h (lb/h)	45,36 (100,0)	42,18 (93,0)	2,27 (5)	0,95 (2,1)
	Lämpötila, °C (°F)		68 (155)	87 (188)	

Yhteenvedo komponenteista

	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
40	Dieenit	0,28	105 ppm
	Isobutaani	31,4	31,3
	n-buteenit	42,5	42,6
	n-butaani	9,4	9,5
	1-buteenin osuus n-buteenien		
45	kokonaismäärästä (%)	30,2	16,4

Taulukko VIII

Esimerkki 4, koe 2, osa 1

Kokeen kesto 138 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	10,3 (1,5)
	Syötteen lähde	Jalostamo-FCC
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	25,4 (56)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,42 (15)
	Mittaripaine, kPa (psig)	862 (125)
10	Tisle, kg/h (lb/h)	16,8 (37)
	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	4,72
	Malli	LPC

Tulokset

	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
	Eteeni	0,03	0,03	0,00	0,00
	Etaani	0,22	0,11	0,00	0,14
20	Propeeni	0,24	0,31	0,00	0,68
	Propaani	0,53	0,68	0,00	1,18
	Isobutaani	28,17	39,45	0,01	33,16
	Isobuteeni	15,05	21,03	0,0032	16,91
	1-buteeni	13,91	7,81	0,01	5,99
25	1,3-butadieeni	0,3441	0,0000	0,0000	0,0000
	n-butaani	8,65	7,34	12,86	5,04
	Trans-2-buteeni	17,76	16,71	40,71	11,43
	2,2-dimetyylipropaani	0,00	0,00	0,04	
	Metyyliisoklopropaani	0,02	0,01	0,03	
30	Cis-2-buteeni	13,55	6,51	40,84	4,26
	C ₅ -yhdisteet	1,53	0,02	5,47	0,00
	Raskaat aineosat	0,00	0,00	0,01	0,05
	Yhteensä	100,00	100,0	100,0	
35	kg/h (lb/h)	25,40 (56,0)	16,83 (37,1)	6,80 (15)	1,81 (4,0)
	Lämpötila, °C (°F)		73 (164)	83 (182)	

Yhteenveto komponenteista

	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
40	Dieeni	0,3	0 ppm
	Isobutaani	28,2	28,5
	n-buteeni	45,2	43,9
	n-butaani	8,7	8,7
	1-buteenin osuus n-buteenien		
45	kokonaismäärästä (%)	30,8	12,8

Taulukko VIII

Esimerkki 4, koe 2, osa 2

Kokeen kesto 173 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	10,3 (1,5)
	Syötteen lähde	Jalostamo-FCC
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	25,4 (56)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,42 (15)
	Mittaripaine, kPa (psig)	862 (125)
10	Tisle, kg/h (lb/h)	14,5 (32)
	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	5,46
	Malli	LPC

Tulokset

15	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
	Eteeni	0,03	0,03	0,00	0,02
	Etaani	0,22	0,09	0,00	0,29
20	Propeenä	0,24	0,33	0,00	0,77
	Propanä	0,53	0,74	0,00	2,56
	Isobutaani	28,17	43,97	0,01	43,60
	Isobuteeni	15,05	23,39	0,0541	5,45
	1-buteeni	13,91	7,20	0,22	19,75
25	1,3-butadieeni	0,3441	0,0000	0,0024	0,0000
	n-butaani	8,65	5,24	15,64	3,88
	Trans-2-buteeni	17,76	13,92	42,32	8,80
	2,2-dimetyylipropaani	0,00	0,00	0,03	
	Mettyylisyklopropanä	0,02	0,01	0,03	
30	Cis-2-buteeni	13,55	5,07	37,33	3,22
	C ₅ -yhdisteet	1,53	0,00	4,35	0,00
	Raskaat aineosat	0,00	0,00	0,01	0,00
	Yhteensä	100,00	100,0	100,0	
	kg/h (lb/h)	25,40 (56,0)	14,61 (32,2)	8,62 (19)	2,22 (4,9)
35	Lämpötila, °C (°F)		73 (164)	83 (182)	

Yhteenvedo komponenteista

	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
40	Dieeni	0,3	0 ppm
	Isobutaani	28,2	29,1
	n-buteeni	45,2	44,9
	n-butaani	8,7	8,6
	1-buteenin osuus n-buteenien		
45	kokonaismäärästä (%)	30,8	13,3

Esimerkki 5**Kevyet FCC-teollisuusbenssiinivirrat**

Käytettiin samoja menettelyjä kuin esimerkissä 4; katalyytti oli kuitenkin G68C-1, 0,4 % palladiumia 7 - 12 meshin alumiinioksidilla, United Catalysts, Inc:n tuote. Pakattiin 9,14 m (30 ft) katalyyttitäytettä (42,4 l katalyyttimateriaalia), josta oli valmistettu tislusrakenne esimerkissä 4 kuvatulla tavalla, 76,2 mm:n (3 in) kolonniin, katalyytin päälle 1,52 m (5 ft) teräksisiä Pall-renkaita [15,9 mm (5/8")], joiden päälle jätettiin 3,05 m (10 ft) tyhjää tilaa, ja katalyytin alle 0,91 m (3 ft) lasinlämmittinlankaa ja 15,24 m (50 ft) teräksisiä Pall-renkaita [15,9 mm (5/8")]. Tislaus tehtiin siten, että otettiin vetykäsitteltyjä C₅-tuotteita ylimenona ja raskaamat komponentit pohjatuotteena. Kaikkien kolmen kokeen syötteet, olosuhteet ja tulokset esitetään taulukoissa IX - XI.

Tulokset, joita saatiin virtausajan ollessa 74 h kokeessa 3, joka tehtiin käyttämällä alhaista vedyn osapainetta ja suurta WHSV:tä 20, olivat odotettua heikommät. Nostamalla vedyn absoluuttinen osapaine ainoastaan arvoon 30,3 kPa (4,4 psia) virtausajan 272 tunnin kuluttua käytettäessä tavanomaista tislaustapaa parannettiin dieenin poisto 10-kertaiseksi.

Taulukko IX
Esimerkki 5, koe 1

Kokeen kesto 99 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	31,0 (4,5)
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	99,3 (219)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,57 (20)
	Mittaripaine, kPa (psig)	862 (125)
	Tisla, kg/h (lb/h)	21,3 (47)
10	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	2,11
	Malli	LPC

Tulokset

	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
15	C ₄ -yhdisteet	0,00	0,00	0,00	
	Isobutaani	0,00	0,02	0,00	0,02
	Muut C ₄ -yhdisteet	0,33	1,52	0,04	
20	3-metyyli-1-buteeni	0,28	0,27	0,06	
	Isopentaani	7,40	32,40	2,32	33,23
	1-penteeni	1,07	1,47	0,34	
	2-metyyli-1-buteeni	1,81	4,09	0,60	
	n-pentaani	3,82	17,65	1,62	
25	2-metyyli-1,3-butadieeni	0,1761	0,0000	0,0595	
	Trans-2-penteeni	2,45	14,99	1,02	
	Tuntematon 1	0,02	0,04	0,02	
	Cis-2-penteeni	1,36	4,86	0,59	21,62
	2-metyyli-2-buteeni	3,28	17,93	1,69	
30	Trans-piperyleni	0,18	0,00	0,10	
	Cis-piperyleni	0,06	0,00	0,04	
	Syklopenteeni	0,29	0,26	0,26	
	Tuntemattomat 2	5,12	4,12	11,26	
35	Raskaat aineosat	72,36	0,38	79,97	
	Yhteensä	100,00	100,00	100,00	
	kg/h (lb/h)	99,24 (218,8)	21,32 (47,0)	77,97 (171,9)	0,00
	Lämpötila, °C (°F)		124 (256)	214 (417)	

Yhteenvedo komponenteista

40	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
	Dieetit	1,91	17 ppm
	2MB1 + 2MB2	22,9	24,2
	Isopentaani	33,4	32,5
45	Penteenit	22,0	22,6
	n-pentaani	17,2	18,8
	3-MB-1:n osuus isopenteenien kokonaismäärästä (%)	5,23	1,63
	1-penteenin osuus n-penteenien kokonaismäärästä (%)	22,0	9,5
50			

Taulukko X

Esimerkki 5, koe 2, sivu 1

Kokeen kesto 45 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	33,1 (4,8)
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	98,4 (217)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,57 (20)
	Mittaripaine, kPa (psig)	862 (125)
	Tisle, kg/h (lb/h)	19,1 (42)
10	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	2,22
	Malli	LPC

Tulokset

	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
15	C ₄ -yhdisteet	0,00	0,00	0,00	
	Isobutaani	0,03	0,16	0,00	0,32
	Muut C ₄ -yhdisteet	1,46	7,33	0,00	
20	3-metyyli-1-buteeni	0,21	0,20	0,00	
	Isopentaani	7,85	38,92	0,08	34,49
	1-penteeni	0,76	1,04	0,02	
	2-metyyli-1-buteeni	1,37	3,08	0,06	
	n-pentaani	3,56	13,79	0,73	
25	2-metyyli-1,3-butadieeni	0,101	0,0000	0,0110	
	Trans-2-penteeni	2,08	10,77	0,42	
	Tuntematon 1	0,02	0,04	0,01	
	Cis-2-penteeni	1,15	3,50	0,29	16,97
	2-metyyli-2-buteeni	2,87	13,90	0,91	
30	Trans-piperyleeni	0,11	0,00	0,04	
	Cis-piperyleeni	0,04	0,00	0,01	
	Syklo-C ₅	0,31	0,43	0,23	
	Tuntemattomat 2	6,49	6,01	6,46	
35	Raskaat aineosat	71,58	0,83	90,71	
	Yhteensä	100,00	100,00	100,00	
	kg/h (lb/h)	98,57 (217,3)	19,01 (41,9)	79,56 (175,4)	0,00
	Lämpötila, °C (°F)		127 (260)	208 (406)	

Yhteenvedo komponenteista

40	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
	Dieenit	1,21	0 ppm
	2MB1 + 2MB2	20,8	21,6
	Isopentaani	38,4	40,3
45	Penteenit	19,6	18,9
	n-pentaani	17,4	17,3
	3-MB-1:n osuus isopenteenien kokonaismäärästä (%)	4,80	0,94
50	1-penteenin osuus n-penteenien kokonaismäärästä (%)	19,0	6,1

Taulukko X (jatkuu)

Esimerkki 5, koe 2, sivu 2

Kokeen kesto 201 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	20,0 (2,9)
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	99,3 (219)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,57 (20)
	Mittaripaine, kPa (psig)	517 (75)
	Tisle, kg/h (lb/h)	18,6 (41)
10	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	2,50
	Malli	LPC

Tulokset

	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
15	C ₄ -yhdisteet	0,00	0,02	0,00	
	Isobutaani	0,03	0,15	0,00	0,30
	Muut C ₄ -yhdisteet	1,48	6,85	0,00	
20	3-metyyli-1-buteeni	0,21	0,32	0,00	
	Isopentaani	7,85	36,28	0,03	42,53
	1-penteeni	0,76	1,18	0,01	
	2-metyyli-1-buteeni	1,37	3,94	0,04	
	n-pentaani	3,56	15,98	0,58	
25	2-metyyli-1,3-butadieeni	0,1013	0,0000	0,0085	
	Trans-2-penteeni	2,08	12,08	0,33	
	Tuntematon 1	0,02	0,05	0,00	
	Cis-2-penteeni	1,15	3,88	0,23	18,14
	2-metyyli-2-buteeni	2,87	13,81	0,76	
30	Trans-piperyleeni	0,11	0,00	0,04	
	Cis-piperyleeni	0,04	0,00	0,01	
	Syklo-C ₅	0,31	0,42	0,20	
	Tuntemattomat 2	6,49	4,49	6,35	
35	Raskaat aineosat	71,58	0,54	91,42	
	Yhteensä	100,00	100,00	100,00	
	kg/h (lb/h)	99,33 (219,0)	18,61 (41,0)	79,70 (175,7)	1,18 (2,6)
	Lämpötila, °C (°F)		100 (212)	182 (359)	

Yhteenvedo komponenteista

40	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
	Dieenit	1,21	0 ppm
	2MB1 + 2MB2	20,8	20,9
	Isopentaani	38,4	38,6
45	Penteenit	19,6	20,5
	n-pentaani	17,4	18,2
	3-MB-1:n osuus isopenteenien kokonaismäärästä (%)	4,80	1,50
50	1-penteenin osuus n-penteenien kokonaismäärästä (%)	19,0	6,0

Taulukko XI

Esimerkki 5, koe 3, sivu 1

Kokeen kesto 44 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	18,6 (2,7)
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	133,8 (295)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,57 (20)
	Mittaripaine, kPa (psig)	689 (100)
	Tisla, kg/h (lb/h)	24,9 (55)
10	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	2,65
	Malli	LPC

Tulokset

	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
15	C ₄ -yhdisteet	0.02	0.07	0.00	
	Isobutaani	0.07	0.27	0.00	0.49
	Muut C ₄ -yhdisteet	1.41	0.00	0.00	
20	3-metyyli-1-buteeni	0.25	0.73	0.00	
	Isopentaani	8.66	36.35	0.20	26.57
	1-penteeni	0.87	2.09	0.02	
	2-metyyli-1-buteeni	1.83	6.60	0.05	
	n-pentaani	1.51	6.42	0.12	
25	2-metyyli-1,3-butadieeni	0.0537	0.0024	0.0000	
	Trans-2-penteeni	2.58	13.00	0.21	
	Tuntematon 1	0.03	0.07	0.02	
	Cis-2-penteeni	1.42	5.13	0.22	28.45
	2-metyyli-2-buteeni	3.93	15.45	1.12	
30	Trans-piperyleeni	0.06	0.00	0.02	
	Cis-piperyleeni	0.03	0.00	0.01	
	Syklo-C ₅	0.06	0.05	0.04	
	Tuntemattomat 2	7.50	6.65	7.69	
	Raskaat aineosat	69.71	7.12	90.28	
35	Yhteensä	100.00	100.00	100.00	
	kg/h (lb/h)	133.76 (294.9)	24.95 (55.0)	107.46 (236.9)	1.41 (3.1)
	Lämpötila, °C (°F)		116 (240)	198 (388)	

Yhteenvedo komponenteista

40	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
	Dieetit	0,68	53 ppm
	2MB1 + 2MB2	27,1	27,7
	Isopentaani	40,7	39,7
45	Penteenit	22,9	24,4
	n-pentaani	7,1	7,1
	3-MB-1:n osuus isopenteenien kokonaismäärästä (%)	4,23	2,61
50	1-penteenin osuus n-penteenien kokonaismäärästä (%)	17,8	9,2

Taulukko XI (jatkuu)
Esimerkki 5, koe 3, sivu 2

Kokeen kesto 74 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	10,3 (1,5)
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	133,8 (295)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,28 (10)
	Mittaripaine, kPa (psig)	689 (100)
	Tisla, kg/h (lb/h)	23,6 (52)
10	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	2,56
	Malli	LPC

Tulokset

	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
15	C ₄ -yhdisteet	0,02	0,08	0,00	
	Isobutaani	0,07	0,29	0,00	0,68
	Muut C ₄ -yhdisteet	1,41	6,44	0,00	
20	3-metyyli-1-buteeni	0,25	1,13	0,00	
	Isopentaani	8,66	39,14	0,20	32,86
	1-penteeni	0,87	3,65	0,02	
	2-metyyli-1-buteeni	1,83	8,35	0,05	
	n-pentaani	1,51	5,84	0,12	
25	2-metyyli-1,3-butadieeni	0,0537	0,0417	0,0000	
	Trans-2-penteeni	2,58	10,45	0,21	
	Tuntematon 1	0,03	0,07	0,02	
	Cis-2-penteeni	1,42	5,11	0,22	0,00
	2-metyyli-2-buteeni	3,93	13,09	1,12	
30	Trans-piperyleeni	0,06	0,03	0,02	
	Cis-piperyleeni	0,03	0,05	0,01	
	Syklo-C ₅	0,06	0,06	0,04	
	Tuntemattomat 2	7,50	5,29	7,69	
35	Raskaat aineosat	69,71	0,90	90,28	
	Yhteensä	100,00	100,00	100,00	
	kg/h (lb/h)	133,86 (295,1)	23,59 (52,0)	109,41 (241,2)	0,91 (2,0)
	Lämpötila, °C (°F)		113 (236)	195 (383)	

Yhteenvedo komponenteista

40	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
	Dieenit	0,68	1 263 ppm
	2MB1 + 2MB2	27,1	27,5
	Isopentaani	40,7	42,4
45	Penteenit	22,9	21,9
	n-pentaani	7,1	6,5
	3-MB-1:n osuus isopenteenien kokonaismäärästä (%)	4,23	4,02
50	1-penteenin osuus n-penteenien kokonaismäärästä (%)	17,8	17,6

Taulukko XI (jatkuu)
Esimerkki 5, koe 3, sivu 3

Kokeen kesto 272 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	30,3 (4,4)
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	133,8 (295)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,85 (30)
	Mittaripaine, kPa (psig)	689 (100)
	Tisla, kg/h (lb/h)	24,0 (53)
10	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	2,43
	Malli	tavanomainen

Tulokset

	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
15	C ₄ -yhdisteet	0,02	0,08	0,00	
	Isobutaani	0,07	1,03	0,00	1,58
	Muut C ₄ -yhdisteet	1,41	11,21	0,00	
20	3-metyyli-1-buteeni	0,25	0,91	0,00	
	Isopentaani	8,66	42,05	0,60	26,14
	1-penteeni	0,87	2,11	0,14	
	2-metyyli-1-buteeni	1,83	6,24	0,36	
	n-pentaani	1,51	5,06	0,63	
25	2-metyyli-1,3-butadieeni	0,0537	0,0057	0,0000	
	Trans-2-penteeni	2,58	9,32	0,98	
	Tuntematon 1	0,03	0,06	0,02	
	Cis-2-penteeni	1,42	3,98	0,60	18,29
	2-metyyli-2-buteeni	3,93	11,56	1,87	
30	Trans-piperyleeni	0,06	0,00	0,03	
	Cis-piperyleeni	0,03	0,01	0,01	
	Syklo-C ₅	0,06	0,04	0,04	
	Tuntemattomat 2	7,50	5,29	13,06	
	Raskaat aineosat	69,71	1,11	81,65	
35	Yhteensä	100,00	100,00	100,00	
	kg/h (lb/h)	133,81 (295,0)	24,04 (53,0)	108,00 (238,1)	1,8 (4,00)
	Lämpötila, °C (°F)		112 (233)	187 (369)	

Yhteenveto komponenteista

40	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
	Dieenit	0,68	126 ppm
	2MB1 + 2MB2	27,1	25,7
	Isopentaani	40,7	43,1
45	Penteenit	22,9	22,6
	n-pentaani	7,1	7,3
	3-MB-1:n osuus isopenteenien kokonaismäärästä (%)	4,23	3,17
50	1-penteenin osuus n-penteenien kokonaismäärästä (%)	17,8	11,2

Esimerkki 6

C₃-virrat

- Käytettiin samoja menettelyjä kuin esimerkissä 4; katalyytti oli kokeessa 1 kuitenkin G68C, 0,3 % palladiumia 3 - 6 meshin alumiinioksidilla, United Catalysts, Inc:n tuote. 6,10 m (20 ft) katalyyttitäytettä [28,3 l (1,0 ft³) katalyyttimateriaalia] käsiteltiin US-patenttijulkaisussa 5 266 546 kuvatulla tavalla tislusrakenteiksi, jotka ovat lankaverkkoputkia, joiden pituus on noin 51 mm (2") ja paksuus 51 mm (2") ja joiden päät on saumattu kiinni 90°:n kulmassa. Katalyyttitäyte pakattiin 76,2 mm:n (3 in) kolonniin ja katalyytin päälle laitettiin 1,52 m (5 ft) teräksisiä Pall-renkaita [15,9 mm (5/8")], joiden päälle jätettiin 3,05 m (10 ft) tyhjää tilaa, ja katalyytin alle 0,91 m (3 ft) lasinlämmittinlankaa ja 15,24 m (50 ft) teräksisiä Pall-renkaita [15,9 mm (5/8")]. Kokeessa 2 käytettiin samoja rakenteita ja kolonnia, mutta katalyytti oli United Catalystsin G68H (0,3 % Pd:a ja 0,3 % Ag:a alumiinioksidilla).
- Tislaus tehtiin siten, että otettiin vetykäsittelystä C₅-tuotteita ylimenona ja raskaammat komponentit pohjatuotteena. Kaikkien kolmen kokeen syötteen, olosuhteet ja tulokset esitetään taulukoissa XII - XIII.

Taulukko XII
Esimerkki 6, koe 1

Kokeen kesto 213 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	44,1 (6,4)
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	40,8 (90)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,96 (34)
	Mittaripaine, kPa (psig)	1 724 (250)
	Tisla, kg/h (lb/h)	37,2 (82)
10	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	0,88
	Malli	LPC

Tulokset

	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
15	Metaani	0,00	0,00	0,00	0,06
	Eteeni	0,00	0,00	0,00	0,45
	Etaani	0,05	0,03	0,00	
20	Propeeni	85,43	88,88	22,85	78,94
	Propaani	9,93	11,02	8,81	7,20
	Metyyliasetyleeni	1,99	0,0000	7,66	
	Propadieeni	0,81	0,0000	5,45	
25	Syklopropaani	0,05	0,04	0,34	
	Isobutaani	0,00	0,00	0,10	
	Isobuteeni	0,01	0,00	0,27	
	1-buteeni	0,21	0,00	6,30	0,13
	Butadieeni	1,37	0,00	25,59	
	n-butaani	0,00	0,00	2,56	
30	Vinyyliasetyleeni	0,00	0,00	0,22	
	Trans-2-buteeni	0,01	0,00	2,34	
	Cis-2-buteeni	0,01	0,00	1,12	
	C ₅ -yhdisteet	0,04	0,00	0,75	0,04
	C ₆ -yhdisteet	0,00	0,00	13,51	
35	Raskaat aineosat	0,00	0,00	0,01	0,05
	Yhteensä	100,00	100,0	100,0	
	kg/h (lb/h)	25,40 (56,0)	16,83 (37,1)	6,80 (15)	1,86 (4,1)
	Lämpötila, °C (°F)		45 (113)	102 (216)	

40 **Yhteenvedo komponenteista**

	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
	Dieenit	4,2	0 ppm
	Propeeni	85,4	85,8
45	Propaani	9,9	10,8
	C ₆	0,06	0,65

Taulukko XIII
Esimerkki 6, koe 2

Kokeen kesto 152 h

Olosuhteet

5	Vedyn absoluuttinen osapaine, kPa (psia)	35,9 (5,2)
	Syöttönopeus, kg/h (lb/h)	40,8 (90)
	H ₂ :n nopeus, m ³ /h (NTP) (scfh)	0,96 (34)
	Mittaripaine, kPa (psig)	1 724 (250)
	Tisla, kg/h (lb/h)	38,1 (84)
10	Sisäinen takaisinvirtaussuhde	1,27
	Malli	LPC

Tulokset

	Koostumus	Syöte (paino-%)	Ylimeno (paino-%)	Pohjatuote (paino-%)	Kaasunpoisto (paino-%)
15	Metaani	0,00	0,00	0,00	0,01
	Eteeni	0,00	0,00	0,00	0,54
	Etaani	0,05	0,03	0,00	
20	Propeeni	85,43	88,94	22,17	74,14
	Propaani	9,93	10,12	10,13	6,47
	Metyyliasetyleeni	1,99	0,0000	8,70	
	Propadieeni	0,81	0,0000	5,90	
	Syklopropaani	0,05	0,03	0,43	
25	Isobutaani	0,00	0,00	0,39	
	Isobuteeni	0,01	0,00	0,34	
	1-buteeni	0,21	0,00	6,08	0,13
	Butadieeni	1,37	0,00	30,57	
	n-butaani	0,00	0,00	3,02	
30	Vinyylasetyleeni	0,00	0,00	0,25	
	Trans-2-buteeni	0,01	0,00	0,70	
	Cis-2-buteeni	0,01	0,00	0,22	
	C ₅ -yhdisteet	0,04	0,00	0,83	0,04
	C ₆ -yhdisteet	0,00	0,00	8,76	
35	Raskaat aineosat	0,05	0,02	1,52	
	Yhteensä	100,00	100,0	100,0	
	kg/h (lb/h)	40,82 (90,0)	38,06 (83,9)	1,59 (3,5)	1,27 (2,8)
	Lämpötila, °C (°F)		45 (113)	77 (171)	

40 Yhteenveto komponenteista

	Komponentti	Syöte (paino-%)	Tuote (paino-%)
	Dieenit	4,2	0 ppm
	Propeeni	85,4	86,1
45	Propaani	9,9	10,0
	C ₆	0,06	0,42

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä voimakkaasti tyydyttymättömien yhdisteiden hydraamiseksi selektiivisesti, t u n n e t t u
5 siitä, että syötetään diolefiineja ja asetyleenisiä yhdisteitä käsittäviä voimakkaasti tyydyttymättömiä yhdisteitä sisältävä hiilivetyvirta vetyvirran ohella, jossa vallitsee vedyn tarkoituksenmukainen absoluuttinen osapaine, joka on vähintään noin 0,69 kPa (0,1 psia) ja pienempi
10 kuin 483 kPa (70 psia), tislaukskolonnireaktoriin, joka sisältää hydratuskatalyyttiä, joka on tislauksrakenteen yksi komponentti, ja hydrataan selektiivisesti osa voimakkaasti tyydyttymättömistä yhdisteistä.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
15 t u n n e t t u siitä, että mainittu hiilivetyvirta käsittää alifaattisia yhdisteitä, joissa on 3 - 9 hiiliatomia.

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
20 t u n n e t t u siitä, että mainittu hiilivetyvirta käsittää suuren määrän n-olefiineja, jotka otetaan talteen mainitun hydrauksen tuotteina.

4. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että mainitun hiilivedyn WHSV on alueella 0,1 - 35.

25 5. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että kolonnin huipulla vallitseva mittaripaine on alueella 0 - 2410 kPa (0 - 350 psig).

6. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä,
30 t u n n e t t u siitä, että vedyn absoluuttinen osapaine on alle 345 kPa (50 psia).

7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen menetelmä,
t u n n e t t u siitä, että vedyn absoluuttinen osapaine on alle 69 kPa (10 psia).

8. Patenttivaatimuksen 7 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että vedyn absoluuttinen osapaine on alle 48 kPa (7 psia).

5 9. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu vedyn absoluuttinen osapaine on alle 345 kPa (50 psia).

10 10. Patenttivaatimuksen 9 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että vedyn absoluuttinen osapaine on alle 69 kPa (10 psia).

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että vedyn absoluuttinen osapaine on alle 48 kPa (7 psia).

12. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että hydrayskatalyytti käsittää 15 ryhmän VIII metallia tai metallin yhdistettä pääasiallisena katalyyttisenä komponenttina.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu katalyytti käsittää Pd:a.

20 14. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu huipulla vallitseva absoluuttinen paine on alueella 345 - 1034 kPa (50 - 150 psia).

25 15. Menetelmä runsaasti olefiineja sisältävässä virrassa olevien, diolefiineja ja asetyleenisitä yhdisteitä käsittävien voimakkaasti tyydyttymättömien yhdisteiden hydraamiseksi selektiivisesti, tunnettu siitä, että se käsittää seuraavat vaiheet:

30 (a) (1) olefiineja, diolefiineja ja asetyleenisitä hiilivety-yhdisteitä käsittävän ensimmäisen virran ja (2) vetyä sisältävän toisen virran syöttäminen tislaukolonni-reaktoriin syöttövyöhykkeelle;

35 (b) mainitussa tislaukolonnireaktorissa vedyn osapaineen ollessa noin 0,69 kPa:sta (0,1 psi) alle 345 kPa:iin (50 psi) samanaikaisesti

(i) mainittujen virtojen saattaminen kosketukseen tislauusreaktiovyöhykkeellä hydrauskatalyytin kanssa, joka on saatettu tislauusrakenteena toimivaan muotoon, ja oleellisesti kaikkien mainittujen diolefiinien ja asetyleenisten yhdisteiden saattaminen siten reagoimaan mainitun vedyn kanssa, niin että reaktioseokseen muodostuu vähemmän tyydyttyneitä hiilivetyjä, ja

(ii) mainitun ensimmäisen virran sisältämien olefiinien ja mainitulla hydrauksella mahdollisesti tuotettujen olefiinien erotus mainitusta reaktioseoksesta jakotislauksella.

16. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu ensimmäinen virta syötetään mainitun tislauusreaktiovyöhykkeen alapäähän tai sen alapuolelle.

17. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainitut virrat syötetään erikseen mainittuun tislauuskolonnireaktoriin.

18. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainitut ensimmäinen ja toinen virta sekoitetaan ennen tuloaan mainittuun tislauuskolonnireaktoriin.

19. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu hiilivetyvirta käsittää alifaattisia yhdisteitä, joissa on 3 - 9 hiiliatomia.

20. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu hiilivetyvirta käsittää C₃-fraktion.

21. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu hiilivetyvirta käsittää C₄-jakeen.

22. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu hiilivetyvirta käsittää C₅-jakeen.

23. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu hiilivetyvirta käsittää C₆-jakeen.

5 24. Patenttivaatimuksen 19 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainitut ensimmäinen ja toinen virta yhdistetään ennen syöttämistään mainittuun tislauuskolonnireaktoriin.

10 25. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että hydrayskatalyytti käsittää ryhmän VIII metallia tai metallin yhdistettä pääasiallisena katalyyttisenä komponenttina.

15 26. Patenttivaatimuksen 25 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu hydrayskatalyytti käsittää 0,1 - 5,0 paino-% palladiumoksidia alumiinioksidiekstrudaateilla.

27. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainitun tislauuskolonnireaktorin huipulla vallitseva mittaripaine on alueella 1 655 - 2 172 kPa (240 - 315 psig).

20 28. Patenttivaatimuksen 27 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu ensimmäinen virta käsittää propeenaa.

25 29. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu tislauusrakenne käsittää taipuisaa, puolijäykkää, avosilmäistä putkimaista lankaverkkomateriaalia, joka on täytetty hiukkasmaisella hydrauskatalyyttimateriaalilla.

30 30. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että se käsittää lisäksi vaiheen (c), jossa vaiheesta (b)(ii) tulleet erottuneet olefiinit poistetaan mahdollisten alkaanien ja kevyempien yhdisteiden, mahdollinen reagoimaton vety mukaan luettuna, ohella mainitusta tislauuskolonnireaktorista ylimenotuotteena.

35 31. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu tislauuskolonnireak-

tori toimii huipulla vallitsevan mittaripaineen 0 - 1 724 kPa (0 - 250 psig) alaisena.

32. Patenttivaatimuksen 31 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu mittaripaine on alueella 345 - 1 034 kPa (50 - 150 psig).

33. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainitulla tislauusreaktiovyöhykkeellä vallitsevat lämpötilat ovat alueella 4 - 149 °C (40 - 300 °F).

34. Patenttivaatimuksen 33 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainitulla tislauusreaktiovyöhykkeellä vallitsevat lämpötilat ovat alueella 44 - 132 °C (110 - 270 °F).

35. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että suurin piirtein kaikki mainitut diolefiinit ja asetyleeniset yhdisteet poistetaan mainitusta hiilivetyvirrasta.

36. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että ensimmäisen virran WHSV on alueella 0,1 - 35.

37. Patenttivaatimuksen 16 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että hydrayskatalyytti käsittää ryhmän VIII metallia tai metallin yhdistettä pääasiallisena katalyyttisenä komponenttina.

38. Patenttivaatimuksen 37 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu hydrayskatalyytti käsittää 0,1 - 5,0 paino-% palladiumoksidia alumiinioksidiekstrudaateilla.

39. Patenttivaatimuksen 37 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu tislauuskolonnireaktori toimii huipulla vallitsevan mittaripaineen 0 - 1 724 kPa (0 - 250 psig) alaisena.

40. Patenttivaatimuksen 39 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainitulla tislauusreaktiovyö-

hykkeellä vallitsevat lämpötilat ovat alueella 4 - 149 °C (40 - 300 °F).

5 41. Patenttivaatimuksen 40 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu mittaripaine on alueella 345 - 1 034 kPa (50 - 150 psig).

42. Patenttivaatimuksen 41 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainitulla tislausreaktiovyöhykkeellä vallitsevat lämpötilat ovat alueella 44 - 132 °C (110 - 270 °F).

10 43. Patenttivaatimuksen 42 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että vedyn absoluuttinen osapaine on alueella 0,69 - 69 kPa (0,1 - 10 psia).

15 44. Patenttivaatimuksen 43 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että sisäinen takaisinvirtaussuhde L/D on alueella 0,5 - 5.

45. Patenttivaatimuksen 15 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että suurin piirtein kaikki voimakkaasti tyydyttymättömät yhdisteet hydrataan.

WO 95/15934

13

PCT/US94/07758

1/4

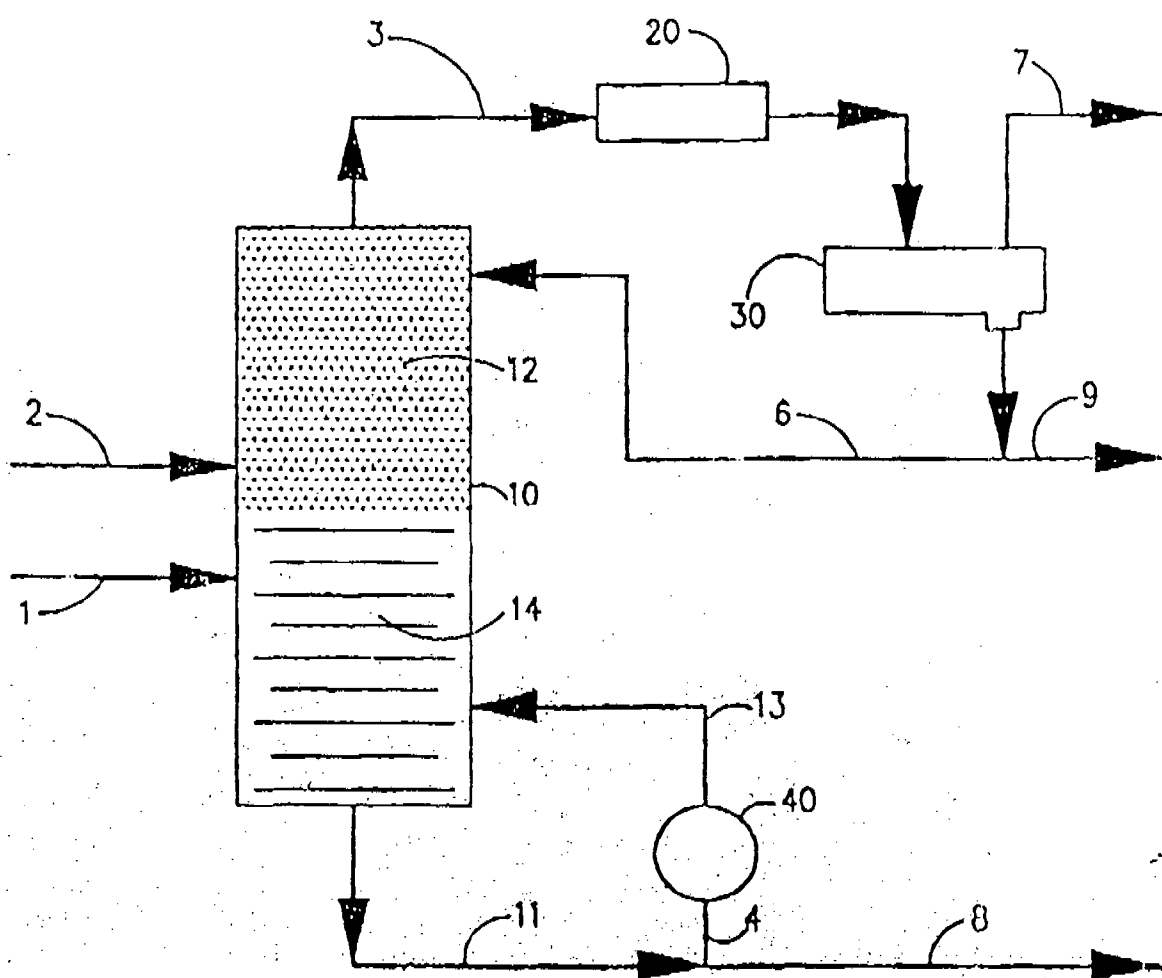


FIG. 1

2/4

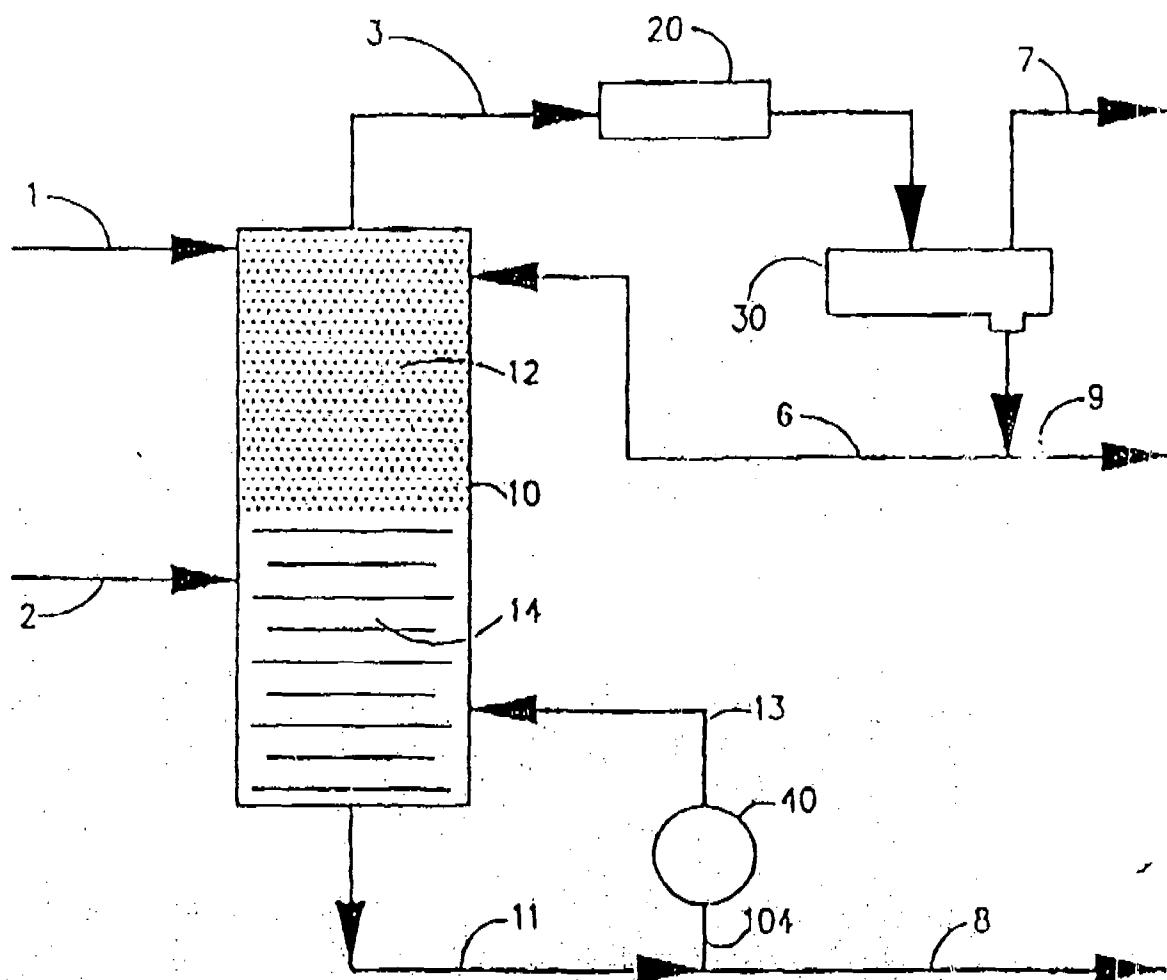


FIG. 2

3/4

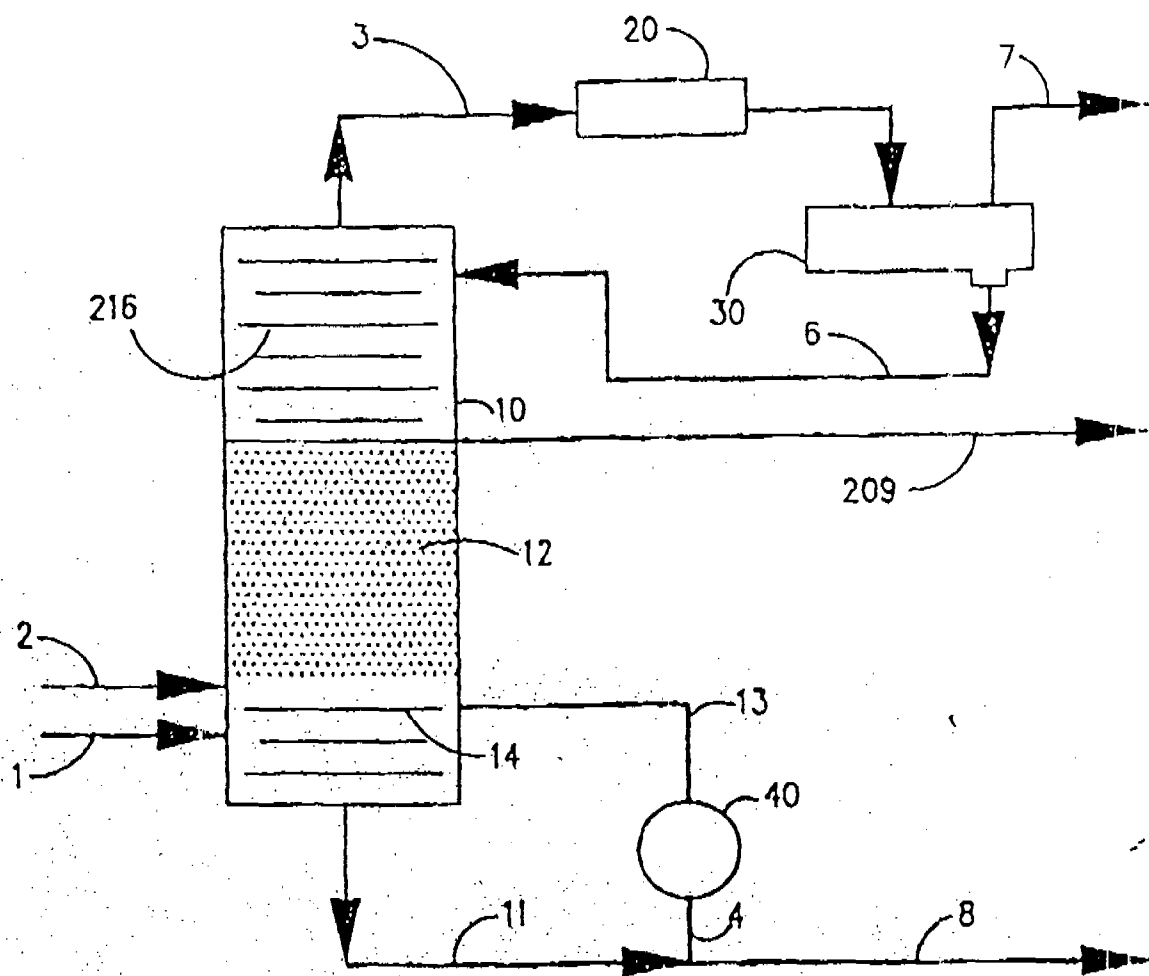


FIG. 3

WO 95/15934

PCT/US94/07758

4/4

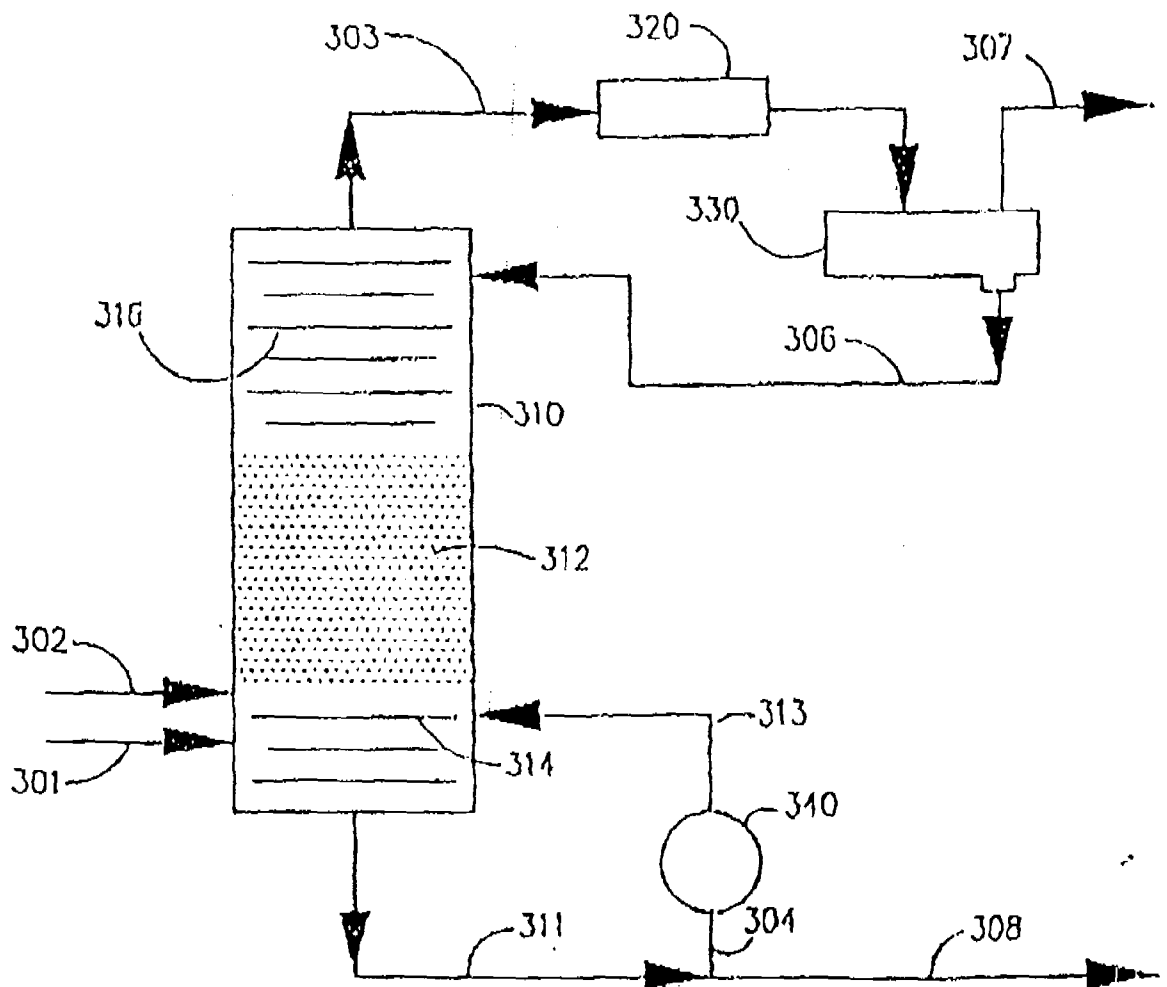


FIG. 4