

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

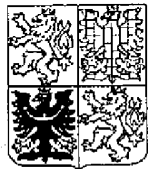
zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

1492-99

(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **28. 04. 99**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: 29.04.98

(31) Číslo prioritní přihlášky: 98/9809210

(33) Země priority: GB

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **17. 11. 99**
(Věstník č. 11/99)

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.⁶:

C 07 C	29/04
B 01 J	27/186
C 07 C	31/08
C 07 C	31/10

(71) Přihlášovatel:

BP CHEMICALS LIMITED, London, GB;

(72) Původce:

Haining Gordon John, Grangemouth, ST;

Smith Mark Royston, Dollar, ST;

Turner Malcolm John, Andover, GB;

(74) Zástupce:

Čermák Karel Dr., Národní 32, Praha 1,
11000;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob souběžné výroby ethanolu
a isopropanolu**

(57) Anotace:

Způsob souběžné produkce ethanolu a isopropanolu hydratací směsi ethylenu a propylenu v parné fázi v přítomnosti katalytické kompozice obsahující heteropolykyselinový /HPA/ katalyzátor nesený na křemičitém nosiči. Hydratační reakce smíšené olefinové výchozí suroviny se provádí za reakčních podmínek: reakční teplota 140 až 270°C, tak 1000 až 9000 kPa, molární poměr ethylen:propylen 0,3 až 4,0, molární poměr olefinu k vodě 0,2 až 1,5 a koncentrace HPA katalyzátoru na silikovém nosiči 50 až 200 g/l.

CZ 1492-99 A3

Způsob souběžné výroby ethanolu a isopropanolu

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu hydratace olefinů na alkoholy a zejména způsobu, který umožňuje souběžnou produkci ethanolu a isopropanolu.

Dosavadní stav techniky

Umístění kyselinových katalyzátorů, například kyseliny fosforečné nebo heteropolykyselin na nosič, jakým je například silika nebo jíl a použití takto neseného katalyzátoru při hydrataci olefinů, například ethylenu nebo propylenu, v plynné fázi na odpovídající alkoholy je známé. Celá řada publikací spadajících do známého stavu techniky popisuje postup zahrnující použití těchto katalyzátorů. Mezi jinými lze jmenovat například patentové dokumenty GB-A-1570650, US-A-4808559, GB-A-1371905, US-A-4038211, US-A-4012452, GB-A-1476534, GB-A-1306141, US-A-3996338 a CAN-A-844004. Nicméně všechny tyto dokumenty popisují pouze způsob výroby jediného alkoholu z relativně čisté olefinové výchozí suroviny, například konverzi ethylenu na ethanol a propylenu na isopropanol. Jak již bylo popsáno dříve, například v publikované přihlášce EP-A-578441, ve všech případech se dá předpokládat, že reakční podmínky pro výrobu ethanolu z ethylenu budou odlišné od reakčních podmínek potřebných pro výrobu isopropanolu z propylenu a tyto dva alkoholy by tedy nemohly být vyrobeny současně. EP-A-578441 například uvádí, že při produkci ethanolu z

ethyleny se katalyzátor výhodně ohřeje na 230 až 260°C a směs ethyleny a vody je vedena přes katalytické lože při výhodné prostorové rychlosti 0,02 až 0,05 g/min/cm³ a reakčním tlaku 3 000 až 10 000 kPa. Na druhé straně pro přípravu isopropanolu z propyleny je výhodné stejný katalyzátor ohřát na 185°C až 205°C a směs propyleny a vody vest přes katalytické lože výhodně prostorovou rychlostí 0,02 až 0,07 a reakčním tlaku 2 000 až 7 600 kPa. Toto použití odlišných provozních parametrů pro výrobu každého z těchto alkoholů neplatí jen pro katalyzátor na bázi kyseliny fosforečné, ale i pro další katalyzátory, jakými jsou například heteropolykyseliny. Z toho všeho vyplývá, že provozní podmínky použité pro přípravu ethanolu a isopropanolu hydratací odpovídajícího olefinu jsou značně odlišné a tyto alkoholy nemohou být tedy vyráběny souběžně v komerčně významných výtěžcích. Nicméně vyrábět tyto alkoholy souběžně v jediném procesu je žádoucí vzhledem ke komerčním zdrojům olefinové výchozí suroviny, ve kterých jsou ethylen a propylen zpravidla určitou měrou smíseny. Tuto výchozí olefinovou surovinu by potom bylo možné použít jako takovou bez toho, že by se výrobní proces zatěžoval náklady vynakládanými na separaci těchto olefinů před použitím v hydratační reakci.

Pokusy o souběžnou výrobu těchto alkoholů ze smísené olefinové výchozí suroviny byly neúspěšné, protože zvýšení reakční teploty zvýšilo tvorbu ethanolu, ale současně snížilo tvorbu isopropanolu. Ačkoliv lze získat isopropanol v poměru 3:1 ku ethanolu, teplota potřebná pro tuto distribuci je taková, že produkce obou se nachází mimo optima, což má za následek velmi nízkou absolutní produktivitu obou alkoholů. Podobně ztroskotaly pokusy, které se pokoušely o zvýšení produkce jednoho z těchto

alkoholů změnou reakčních parametrů, například molárních poměrů olefinu ku vodě, koncentrace jednotlivých olefinů ve smísené olefinové výchozí surovině nebo reakčních parciálních tlaků, a při kterých došlo vždy k potlačení produkce druhého alkoholu.

Nyní se zjistilo, že použitím optimalizovaných podmínek a neseného katalyzátoru na bázi kyseliny fosforečné lze v komerčně významném výtěžku souběžně produkovat jak ethanol tak isopropanol ze smísené olefinové výchozí suroviny.

Podstata vynálezu

Jak již bylo uvedeno, vynález poskytuje způsob, který umožňuje souběžnou produkci ethanolu a isopropanolu a který spočívá v hydrataci směsi ethylenu a propylenu v parné fázi v přítomnosti katalytické kompozice obsahující heteropolykyselinový katalyzátor nesený na křemičitém nosiči, přičemž tento způsob je charakteristický tím, že se hydratační reakce smísené olefinové výchozí suroviny provádí za následujících podmínek:

Parametr	Rozmezí	
	Obecné	Výhodné
Reakční tepl. (°C)	140-270	170-250
Reakční tlak (kPa)	1000-9000	2000-7000
C ₂ H ₄ :C ₃ H ₆ molární poměr	0,3-4,0	1,0-3,0
Molární poměr olefinu:vodě	0,2-1,5	0,3-0,6
GHSV směsi olefinu a vody	750-5000	1000-2000
HPA konc. (g/l)*	50-200	60-150

* na silikovém nosiči

Výraz „heteropolykyseliny“, jak je zde použit, zahrnuje volné kyseliny (dále jen „HPA“) a neutrální a kyselinové soli těchto kyselin.

Kyselinovými solemi se rozumí soli HPAs, ve kterých jsou některé vodíkové ionty nahrazeny bazickými kationty, například kationty alkalického kovu. Heteropolykyseliny, použité pro přípravu katalyzátorů podle vynálezu, tedy zahrnují jejich volné kyseliny a kyseliny koordinačního typu, ve kterých je aniontem komplexní entita s vysokou molekulovou hmotností. Tento aniont zpravidla obsahuje 2 až 18 kyslíkem svázaných polyvalenčních kovových atomů, které se označují jako periferní atomy. Tyto periferní atomy symetricky obklopují jeden nebo více středových atomů. Periferními atomy je zpravidla jeden nebo více atomů molybdenu, wolframu, vanadu, niobu, tantalu a dalších kovů. Středovými atomy jsou zpravidla křemík nebo fosfor, ale může jimi být i libovolný atom z prvků I. až VIII. skupiny Periodické tabulky prvků. Tyto prvky zahrnují například měďnaté ionty; ionty dvojmocného beryllia, zinku, kobaltu nebo niklu; ionty trojmocného boru, hliníku, gallia, železa, ceru, arsenu, antimonu, fosforu, bismutu, chromu nebo rhodia; ionty čtyřmocného křemíku, germania, cínu, titanu, zirkonia, vanadu, síry, teluru, manganu, niklu, platiny, thoria, hafnia, ceru, a dalších vzácných zemin; ionty pětivalenčního fosforu, arsenu, vanadu, antimonu; ionty šestimocného teluru; a ionty sedmivalenčního jodu. Tyto heteropolykyseliny jsou známy jako „polyoxoanionty“, „polyoxometalaty“ nebo „klustry kovových oxidů“. Struktury těchto známých aniontů jsou nazvány podle prvních výzkumníků v této oblasti a jsou známy například jako Kegginovy, Wells-Dawsonovy a Anderson-Evans-Perloffovy struktury.

Heteropolykyseliny mají zpravidla vysokou molekulovou hmotnost. Tato hmotnost se například pohybuje v rozmezí od 700 do 8 500 a zahrnuje dimerní komplexy. Mají relativně vysokou rozpustnost v polárních rozpouštědlech, například ve vodě nebo dalších okysličených rozpouštědlech, zejména pokud mají formu volných kyselin a v případě některých solí, přičemž jejich rozpustnost lze regulovat volbou vhodných protiiontů. Konkrétními příklady heteropolykyselin, které lze použít jako katalyzátory v rámci vynálezu, jsou například:

kyselina 12-wolframofosforečná	- $H_3[PW_{12}O_{40}] \cdot xH_2O$
kyselina 12-molybdofosforečná	- $H_3[PMo_{12}O_{40}] \cdot xH_2O$
kyselina 12-wolframokřemičitá	- $H_4[SiW_{12}O_{40}] \cdot xH_2O$
kyselina 12-mononátrium-wolframokřemičitá	- $H_3Na[SiW_{12}O_{40}] \cdot xH_2O$
kyselina 12-molybdokřemičitá	- $H_4[SiMo_{12}O_{40}] \cdot xH_2O$
wolframofosforečnan draselný	- $K_6[P_2W_{18}O_{62}] \cdot xH_2O$
molybdofosforečnan sodný	- $Na_3[PMo_{12}O_{40}] \cdot xH_2O$
molybdodifosforečnan amonný	- $(NH_4)_6[P_2Mo_{18}O_{62}] \cdot xH_2O$
wolframonikelnát sodný	- $Na_4[NiW_6O_{24}H_6] \cdot xH_2O$
molybdodikobaltnát amonný	- $(NH_4)[Co_2Mo_{10}O_{36}] \cdot xH_2O$
hydrogenwolframosilikát cesný	- $Cs_3H[SiW_{12}O_{40}] \cdot xH_2O$
molybdodivanadofosfát draselný	- $K_5[PMoV_2O_{40}] \cdot xH_2O$

Je třeba poznamenat, že polyvalenční oxidační stavy a hydratační stavy heteropolykyseliny, které byly popsány výše a které jsou reprezentovány v typických obecných vzorcích určitých specifických sloučenin, lze aplikovat pouze na čerstvou kyselinu před tím než se nanese na nosič a zejména před tím, než je vystavena provozním podmínkám

olefinové hydratace. Stupeň hydratace heteropolykyselin může ovlivnit kyselost katalyzátoru a tedy jeho účinnost. Takže jeden z těchto účinků impregnace nebo oba a hydratace olefinu mohou pravděpodobně změnit hydrataci a oxidační stav kovů v solích heteropolykyselin, tj. aktuální katalytické druhy za provozních podmínek nemusí zachovat hydratačně/oxidační stavy kovů v solích heteropolykyselin použitých pro impregnaci nosiče. Dá se tedy přirozeně očekávat, že takový hydratační a oxidační stav může být u použitých katalyzátorů po reakci jiný.

Nosičem, na který se HPA katalyzátor nanese, je vhodně silikový nosič. Nosič může mít formu gelů, extrudátů, pelet nebo granulí a může se jednat buď o přírodní produkt nebo může být připraven jako syntetický produkt. To je případ zejména silik, které lze připravit synteticky, například hydrolýzou chloridu křemičitého plamenem. Jako příklady těchto silik lze zmínit komerčně dostupné Grace/Davisonovy siliky, zejména siliky Grace 57 a 1371 (W R Grace) a silikové aerosoly (Degussa), například siliky nárokované v přihlášce US-A-5086031. Nosiče, zejména silikové nosiče, mají vhodně následující parametry:

poloměr póru (před použitím) 1 až 50 nm, výhodně 3 až 10 nm;

sypná hustota 0,3 až 0,45 g/ml, výhodně 0,38 až 0,42 g/ml;

objem póru (voda) 0,90 až 1,25 ml/g, výhodně 0,95 až 1,20 ml/g;

povrchová plocha (voda) 200 až 450 m²/g, výhodně 250 až 350 m²/g;

průměrná velikost částic 0,1 až 3,5 mm, výhodně 0,5 až 2 mm.

Během impregnace nosiče heteropolykyselinovým katalyzátorem při výrobě katalytické kompozice je běžnou praxí ponořit nosič do roztoku, jakým je například vodný roztok katalyzátoru. Rovněž lze použít další impregnační techniky, například techniku prahové vlhosti („incipient wetness technique“).

Takto připravený vlhký nesený katalyzátor se následně vhodně umístí do pece, kde se nechá několik hodin sušit za zvýšené teploty, načež se nechá ochladit na pokojovou teplotu v exsikátoru. Hmotnost katalyzátoru na nosiči, vyjádřená v g/l, je možné odvodit z hmotnosti katalyzátoru po vysušení a hmotnosti použitého nosiče. Tento katalyzátor (vyjádřeno v hmotnostních jednotkách) se následně použije při provádění příslušného způsobu, jakým je například hydratace olefinů.

Koncentrace katalyzátoru na nosiči se vhodně pohybuje od 40 do 200 g/l, výhodně od 50 do 180 g/l.

Takto připravená katalytická kompozice se může dále modifikovat přidáním dalších kyselinových složek, které budou optimalizovat její katalytickou aktivitu.

Hydratace olefinů se vhodně provádí za použití následujících reakčních podmínek:

- a) molární poměr vody a olefinu procházejících reaktorem se vhodně pohybuje v rozmezí od 0,2 do 1,5, výhodně od 0,3 do 0,6;
- b) plynná hodinová prostorová rychlost (GHSV) směsi vody a olefinu se vhodně pohybuje od 750 do 5 000 hod^{-1} katalytické kompozice, výhodně od 1 000 do 2 000 hod^{-1} katalytické kompozice;

- c) koncentrace katalyzátoru se výhodně pohybuje od 50 do 200 g/l, vztaženo k celkové hmotnosti nosiče, výhodně od 60 do 150 g/l.

Olefinová hydratační reakce se provádí při teplotě 215°C až 225°C. Výhodným teplotním rozmezím pro provádění hydratace smísených olefinů na odpovídající alkoholy je teplota přibližně 220°C.

Smísené olefiny, které mají být hydratovány, lze připravit smísením čistého ethylenu s čistým propylenem nebo je lze získat jako směs olefinů například z rafinérií jako produkt kapalinového katalytického krakovacího procesu, který obsahuje směs nasycených a nenasycených uhlovodíků se 2 až 3 atomy uhlíku. Hydratační způsob podle vynálezu se provádí v parné fázi, tj. jak olefin tak voda jsou v parné fázi nad katalytickou kompozicí, odsazeně od malého podílu jednotlivých plynných reakčních složek, které se rozpustí v katalytické kompozici. Dá se předpokládat, že hydratační reakce probíhá mezi těmito rozpuštěnými reakčními složkami. Během reakce se jako vedlejší produkty tvoří ethery odpovídající použitému olefinu.

Hydratační reakce se provádí tak, že se katalytická kompozice umístí do reaktoru, reaktor se zavře a katalytická kompozice se následně zahřeje na reakční teplotu. Katalytická kompozice se zahřeje na teplotu 215°C až 225°C, např. na teplotu 220°C. Jakmile katalytická kompozice dosáhne požadované teploty, do reaktoru se zavede vsádka olefinu a vody v parní fázi. Molární poměr vody ku olefinu procházejícím reaktorem se vhodně pohybuje v rozmezí od 0,2 do 1,5, výhodně od 0,25 do 1,5 a výhodněji od 0,3 do 0,6. Prostorová rychlost směsi vodní páry a olefinu procházející reaktorem je podrobena mírným změnám v

závislosti na relativních koncentracích ethylenů a propylenů ve výchozí surovině.

Hydratační reakce se provádí při tlaku, který se pohybuje v rozmezí od 1 000 do 9 000 kPa, přičemž olefinová směs se hydratuje při tlaku 2 000 až 7 000 kPa.

Účinnost katalytického systému se měřila monitorováním celkového množství alkoholu, etheru a nezreagovaných olefinů vyrobených při standardních testovacích podmínkách (specifikovaných v níže uvedených příkladech) za jednu hodinu.

Produkce alkoholu a etheru se měřila plynovou chromatografií (viz níže), zatímco nezreagovaný olefin se měřil pomocí objemového plnicího průtokoměru mokrého typu.

Vynález bude podrobněji objasněn pomocí následujících příkladů. Je však třeba uvést, že následující příklady mají pouze ilustrativní charakter a nikterak neomezují rozsah vynálezu, který je jednoznačně vymezen přiloženými patentovými nároky.

Příklady provedení vynálezu

A. Příprava katalyzátoru

Peletizovaný silikový nosič (Degussa 350) se rozemlel na částice o velikosti 0,5 až 2,0 mm. Kyselina silikowolframová ($\text{H}_4\text{SiW}_{12}\text{O}_{40} \cdot 26\text{H}_2\text{O}$, 39,9 g, ex Japan New Metals) se rozpustila v deionizované vodě (200 ml). Část rozemleté siliky (35,9 g) se nechala nasakovat 24 hodin ve vodném roztoku heteropolykyseliny s cílem impregnovat siliku kyselinou. Přebytek kyseliny se odstranil dekantací

a kyselinou impregnovaný silikový katalyzátor se sušil přes noc na vzduchu při 120°C. Katalyzátor se potom nechal ochladit v exsikátoru. Koncentrace heteropolykyseliny na finálním ochlazeném katalyzátoru byla 62 g/l.

B. Příprava katalyzátoru

Při této přípravě se zopakoval postup popsany v odstavci (A) s tou výjimkou, že se 49,7 g kyseliny silikowolframové rozpustilo ve 250 ml deionizované vody a vodným roztokem heteropolykyseliny se impregnovalo 46,6 g rozemleté siliky, která se dále zpracovala stejně jako ve výše uvedeném odstavci (A). Koncentrace heteropolykyseliny na finálním ochlazeném nosiči byla v tomto případě 83 g/l.

C. Katalyzátory na bázi kyseliny fosforečné (kontrolní testy nikoliv podle vynálezu)

Ke kontrolním testům souběžné hydratace, prováděným za použití katalyzátorů na bázi kyseliny fosforečné, se použil katalytický systém tvořený kyselinou orthofosforečnou a silikovým nosičem Degussa 350 specifikovaný v níže uvedených příkladech 1,2 a 3, ve kterém dosahovala koncentrace kyseliny orthofosforečné 181 g/l.

D. Testování katalyzátorů

Část katalyzátoru (20 ml) se umístila do mědi potaženého mikroreaktoru z nerezové oceli. Katalyzátor se ohřál na 200 nebo 220°C (rychlostí 2°C/min) v proudícím

dusíku (400 ml/min) při tlaku 4 100 kPa. Do reaktoru se zavedl proud deionizované vody (6,0 ml/hod) a katalyzátor se přes noc ošetřoval párou a dusíkem. Je třeba dát pozor na přehřátí vody před zavedením do katalytického lože. Voda se nechala nad katalyzátory zkondenzovat v kapalném skupenství.

Do reaktoru se zavedl proud ethylenu (přibližně 380 ml/min) a odvedl se proud dusíku. Potom se do reaktoru zavedl proud propylenu (přibližně 1,0 ml/min). Jakmile se do směsi ethylenu, dusíku a vody přidal propylen, proud dusíku se postupně zeslaboval a proud propylenu se postupně zesiloval. Reakční podmínky se, jak ukazují výsledky v níže uvedených tabulkách, měnily a monitorovala se produktivita ethanolu a isopropylalkoholu.

Výsledky těchto příkladů jsou shrnuty v níže uvedené tabulce 1, ve které je STY vyjádřen v g/l/hod:

TABULKA 1

Př.	C ₃ H ₆	Voda	C ₂ H ₄	HPA konc.	Tepl.	Tlak	Objemově-časový výtěžek		
Číslo	(ml/min)			(g/l)	(°C)	(kPa)	EtOH	IPA	Poměr
1	138,5	124,4	250	62	220	4000	15	22	0,68
2	185,6	124,4	380	62	220	4000	22	50	0,44
3	185,6	103,7	380	62	220	5000	19	27	0,70
4	138,5	103,7	250	83	220	4000	19	18	1,06
5	185,6	103,7	380	83	220	4000	15	20	0,75
6	138,5	124,4	380	83	220	4000	32	19	1,68
7	138,5	103,7	380	83	220	5000	34	46	0,74
8	138,5	124,4	250	83	220	5000	30	63	0,48

Příklad 1: 14,4% C_2H_4 : 85,6% C_3H_6 ; 4,82 MPa

{ 0,28 MR } { 0,38 MR }

Teplota °C	IPA STY	EtOH STY	Olej STY	IPA STY	EtOH STY	Olej STY
220	123	2,36	94	232	0,35	0
225	nadbytečná tvorba oleje			206	1,08	0
230	nadbytečná tvorba oleje			191	1,91	0
235	nadbytečná tvorba oleje			171	3,25	0
240	nadbytečná tvorba oleje			152	4,21	0,4
245	nadbytečná tvorba oleje			132	8,48	56

Poznámky: EtOH a IPA jsou vyjádřeny v g/l katalyzátoru/hod
 Olej (oligomerizovaný propylen) STY vyjádřen v ml/l katalyzátoru/hod
 MR označuje molární poměr olefinu ku vodě

Příklad 2: 50% C_2H_4 : 50% C_3H_6 ; 4,82 MPa

{ 0,33 MR } { 0,43 MR }

Teplota °C	IPA STY	EtOH STY	Olej STY	IPA STY	EtOH STY	Olej STY
230	81	18	0	104	12	0
240	65	30	2	--	--	--

Poznámky: EtOH a IPA jsou vyjádřeny v g/l katalyzátoru/hod
 Olej (oligomerizovaný propylen) STY vyjádřen v ml/l katalyzátoru/hod
 MR označuje molární poměr olefinu ku vodě

Příklad 3: 50% C₂H₄ : 50% C₃H₆; 5,17 MPa

{ 0,33 MR } { 0,43 MR }

Teplota °C	IPA STY	EtOH STY	Olej STY	IPA STY	EtOH STY	Olej STY
230	89	15	0	--	--	--
240	69	28	0	86	22	0
250	54	43	25	68	38	0

Poznámky: EtOH a IPA jsou vyjádřeny v g/l katalyzátoru/hod
 Olej (oligomerizovaný propylen) STY vyjádřen v ml/l katalyzátoru/hod
 MR označuje molární poměr olefinu ku vodě

Výsledky získané při použití katalyzátoru na bázi kyseliny fosforečné ukazují, že tento katalyzátor nelze použít při vysokých poměrech propylenu a ethylenu, protože při jeho použití dochází k nadbytečné tvorbě oleje (příklad 1). Lepšího výkonu by bylo možné dosáhnout pouze při molárním poměru propylenu ku ethylenu 50:50. Celková produktivita byla z komerčního hlediska nedostatečná.

HPA katalyzátor byl při nižších teplotách účinnější a bylo jej možné použít i při vyšších poměrech propylenu/ethylenu bez toho, že by docházelo k nadbytečné tvorbě oleje. Ačkoliv tento proces nebyl optimalizován, model vzniklý na základě získaných dat ukazuje, že lepšího výkonu při souběžné hydrataci je možné dosáhnout při použití HPA/silikového katalyzátoru.

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Způsob souběžné produkce ethanolu a isopropanolu hydratací směsi ethylenů a propylenů v parné fázi v přítomnosti katalytické kompozice obsahující heteropolykyselinový katalyzátor nesený na křemičitém nosiči, v y z n a č e n ý t í m , že se hydratační reakce smísené olefinové výchozí suroviny provádí za následujících podmínek:

Reakční teplota (°C)	140-270
Reakční tlak (kPa)	1 000-9 000
C ₂ H ₄ :C ₃ H ₆ molární poměr	0,3-4,0
Molární poměr olefinu ku vodě	0,2-1,5
GHSV směsi olefinu a vody	750-5 000
HPA koncentrace (g/l)*	50-200

* na silikovém nosiči

2. Způsob podle nároku 1, v y z n a č e n ý t í m , že hydratační reakce smísené olefinové výchozí suroviny se provádí za následujících podmínek:

Reakční teplota (°C)	170-250
Reakční tlak (kPa)	2 000-7 000
C ₂ H ₄ :C ₃ H ₆ molární poměr	1,0-3,0
Molární poměr olefinu ku vodě	0,3-0,6
GHSV směsi olefinu a vody	1 000-2 000
HPA koncentrace (g/l)*	60-150

* na silikovém nosiči

25.05.99

3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, v y z n a č e n ý t í m , že křemičitý nosič může mít formu gelů, extrudátů, pelet nebo granulí a může být buď přírodním produktem nebo syntetickým produktem.

4. Způsob podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m , že siliky jsou syntetickými silikami vyrobenými plamenovou hydrolýzou chloridu křemičitého.

5. Způsob podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m , že křemičitý nosič má následující parametry:

poloměr póru (před použitím) 1-50 nm,
sypnou hustotu 0,3 až 0,45 g/ml,
objem póru (voda) 0,90 až 1,25 ml/g,
povrchovou plochu (voda) 200 až 450 m²/g,
průměrnou velikost částic 0,1 až 3,5 mm.

6. Způsob podle některého z předcházejících nároků, v y z n a č e n ý t í m , že:

- a) molární poměr vody a smíšeného olefinu procházejících reaktorem se vhodně pohybuje v rozmezí od 0,2 do 1,5;
- b) plynná hodinová prostorová rychlost (GHSV) směsi vody a olefinu se vhodně pohybuje od 750 do 5 000 hod⁻¹ katalytické kompozice;
- c) koncentrace katalyzátoru se výhodně pohybuje od 50 do 200 g/l, vztaženo k celkové hmotnosti nosiče.

Zastupuje: