

ZORANA LJ. ARSENIJEVIĆ¹
BOŠKO V. GRBIĆ¹
NENAD D. RADIĆ¹
RADMILA V.
GARIĆ-GRULOVIĆ¹
ŽELJKO B. GRBAVČIĆ²

¹IHTM, Univerzitet u Beogradu,
Centar za katalizu i hemijsko
inženjerstvo, Beograd, Srbija
²Tehnološko-metalurški fakultet,
Univerzitet u Beogradu, Beograd

NAUČNI RAD

UDK 547.422.22-31:66.081/5

DOI: 10.2298/HEMIND0904337A

UKLANJANJE ETILEN OKSIDA SORPCIJOM NA ALUMINIJUM OKSIDU

U ovom radu prikazana su ispitivanja dinamike sorpcije i desorpcije etilen oksida na Al_2O_3 kao i sorpcioni kapaciteti, temperaturni režimi desorpcije i sastav produkata desorpcije etilen oksida. Rezultati su ukazali da sferni Al_2O_3 sorbent poseduje zadovoljavajuće sorpcione karakteristike za uklanjanje etilen oksida. Na temperaturama iznad $125\text{ }^\circ\text{C}$ ne dolazi do značajnog povećanja kapaciteta sorpcije etilen oksida. Produkti desorpcije etilen oksida sa Al_2O_3 sorbenta, postepenim povećanjem temperature u vazduhu, sadrže oko 90% CO_2 , a ostatak čine derivati etilen oksida. Ispitivanja teksturalnih karakteristika i termičke stabilnosti Al_2O_3 sorbenta pokazala su da u sorpciono/desorpcionom operativnom režimu nema nikakvih teksturalnih promena sorbenta. Ovo ukazuje da je ispitivana alumina pogodan materijal za sorpciono uklanjanje etilen oksida.

Etilen oksid, koji pripada širokoj grupi isparljivih organskih jedinjenja (VOC), predstavlja izuzetno toksičan materijal zbog mutagenog, teratogenog i kancerogenog karaktera [1,2]. Stacionarni izvori emisije etilen oksida jesu najčešće postrojenja za njegovu proizvodnju, postrojenja za njegovu preradu i mesta gde se etilen oksid direktno koristi. Brojna postrojenja za sterilizaciju termolabilnih materijala kao što su proizvodi farmaceutske industrije koriste najčešće etilen oksid kao sterilizacioni agens. Nakon završene sterilizacije etilen oksid se jednostavno ispušta u atmosferu. Iako se radi o relativno malim količinama etilen oksida (oko 12 kg po jednom sterilizacionom ciklusu) zbog njegove izuzetne toksičnosti neophodno je primeniti postupke za njegovo uklanjanje što je takođe regulisano i postojećim zakonskim normama. Etilen oksid spada u prvu klasu toksičnih jedinjenja čija je emisija ograničena na 5 mg m^{-3} . Najveći deo emitovanog etilen oksida se oslobađa u atmosferu a veoma mali transfer se očekuje ka vodi ili zemljištu, usled njegove velike reaktivnosti. S obzirom na visoku degradibilnost etilen oksida, ne očekuje se da njegova emisija značajno doprinosi formiranju ozona u nižim slojevima atmosfere ili smanjenju sloja ozona u stratosferi. Takođe, doprinos efektu staklene bašte se može smatrati zanemarljivim. Prema tome, negativni efekti etilen oksida su najveći za organizme izložene kontaminiranom vazduhu. Uticaj etilen oksida na ljudsko zdravlje ogleda se pre svega u mogućnosti indukovanja širokog spektra tumora i interakcije sa genetskim materijalom. Uopšteno, smatra se da je izlaganje bilo kojoj koncentraciji etilen oksida štetno po ljudsko zdravlje.

Postojeći postupci za kontrolu emisije volatilnih organskih jedinjenja mogu se svrstati u tri najčešće

primenjivane tehnologije: sorpcija sa naknadnom reku-peracijom organske komponente, termičko sagorevanje i katalitičko sagorevanje. Koja će se tehnologija primeniti za kontrolu emisije pojedinih VOC-a zavisi od niza faktora kao što su: stepen efikasnosti za jedinjenje koje se uklanja, utrošak energije, investicioni troškovi, itd. Tehnologija katalitičkog sagorevanja obezbeđuje mali utrošak energije uz izuzetnu efikasnost uklanjanja VOC-a i odsustvo sekundarnog zagađenja (NO_x , produkti nepotpunog sagorevanja, itd.). U praksi je moguće i kombinovanje različitih postupaka. Katalizatori koji se koriste za katalitičko sagorevanje VOC-a najčešće su plemeniti metali naneti na inertne nosače visokorazvijene površine različitih oblika (sfernog i monoliti u obliku saća). Oksidi aluminijuma, različitih teksturalnih karakteristika, veoma su zastupljeni kao nosači katalizatora na bazi plemenitih metala. Izuzetna termička i hemijska stabilnost ovog tipa katalizatora omogućuje im šire polje primene i duži radni vek. Konvencionalni pristup primene ove tehnologije zasniva se na katalitičkom reaktoru sa pakovanim slojem katalizatora integrisanim sa toplotnim izmenjivačem. Uloga toplotnog izmenjivača je delimično korišćenje generisane toplote usled katalitičkog sagorevanja u sloju katalizatora za predgrevanje gasne smeše. Tako, u slučaju relativno visokih koncentracija VOC-a toplota oslobođena katalitičkom reakcijom može biti dovoljna za održavanje temperature ulazne reakcione smeše koja je dovoljna za autotermijsko odigravanje reakcije. U slučaju niskih koncentracija VOC-a koje treba ukloniti potrebno je reakcionu smešu dogrevati do temperature iniciranja reakcije. U cilju uštede energije kod ovakvih procesa moguće je kombinovati više postupaka za uklanjanje VOC-a, na primer, sorpcija/ desorpcija i katalitičko sagorevanje [3]. Uočena sorpcija etilen oksida na Pt/Al_2O_3 katalizatoru na temperaturama znatno nižim od temperatura iniciranja katalitičke reakcije otvorila je mogućnost kombinovanja procesa sorpcije i katalitičkog sagorevanja radi smanjenja utroška energije. Ovo je naročito pogodno za uklanjanje etilen ok-

Autor za prepisku: N. Radić, IHTM, Univerzitet u Beogradu, Centar za katalizu i hemijsko inženjerstvo, Njegoševa 12, Beograd, Srbija.

E-pošta: nradic@nanosys.ihm.bg.ac.rs

Rad primljen: 8. jun 2009.

Rad prihvaćen: 22. jul 2009.

sida kada je prisutan u reakcionoj smeši u relativno niskim koncentracijama zbog toga što su temperature neophodne za sorpciju znatno niže od temperatura neophodnih za odigravanje katalitičke reakcije.

U ovom radu, u cilju ispitivanja mogućnosti uklanjanja etilen oksida sorpcijom na Al_2O_3 , detaljno je ispitana dinamika sorpcije etilen oksida, sorpcioni kapaciteti, temperaturni režimi desorpcije i sastav produkata desorpcije, na komercijalnom Al_2O_3 .

EKSPERIMENTALNI DEO

Ispitivane su sorpcione karakteristike komercijalnog Al_2O_3 sfernog oblika (Rhone Poulenc), koji ima široku primenu kao nosač katalizatora.

Karakterizacija Al_2O_3 nosača

Granulometrijski sastav sferno oblikovanog Al_2O_3 nosača je određen metodom frakcionog prosejavanja. Specifična površina Al_2O_3 nosača je određena BET adsorpcijom azota na temperaturi od $-196\text{ }^\circ\text{C}$, metodom jedne tačke. Količina azota koja je adsorbovana na površini Al_2O_3 uzoraka merena je gasnohromatografski.

Zapremina pora i raspodela zapremine pora po ra-

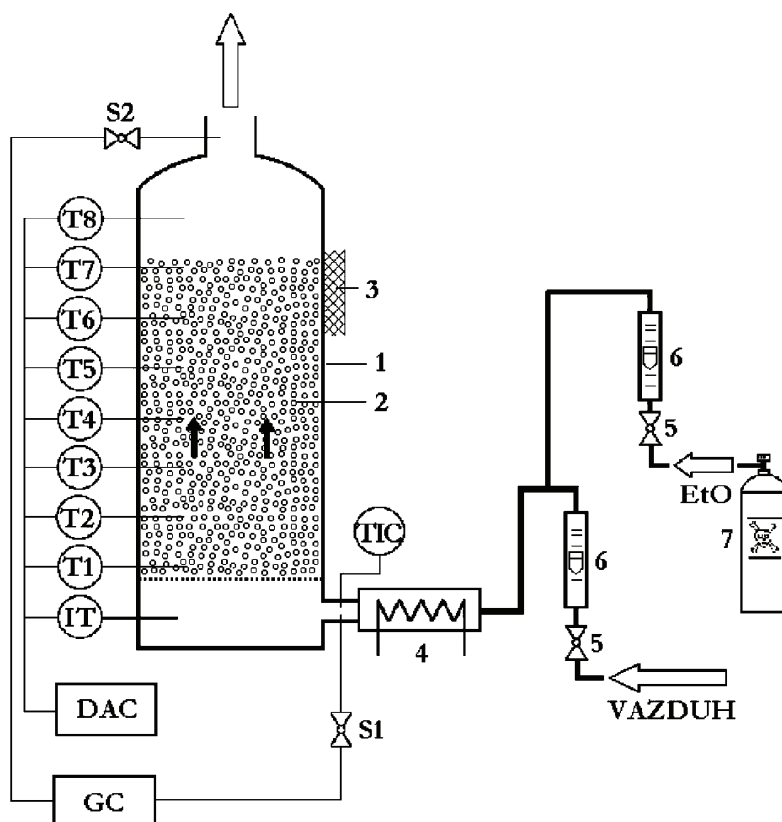
dijusima pora određena je metodom živine porozimetrije na porozimetru „Carlo Erba“ tip 2000.

Sinterovanje nosača je, pored trovanja, jedan od najčešćih oblika deaktivacije sorpcionih materijala. Alumina je žarena na 600 i $700\text{ }^\circ\text{C}$ u trajanju od 3, 12, 24, 36 i 48 h, a zatim su specifična površina i raspodela pora uzoraka upoređeni sa uzorkom koji nije izlagan povišenim temperaturama. Temperaturni interval je odbran na osnovu literaturnih podataka koji pokazuju da na ovim temperaturama započinje značajnije smanjenje specifične površine alumine [4–6], koje može da utiče na njene sorpcione karakteristike.

Abrazivnost alumine je određena metodom rotirajuće epruvete (3300 obrtaja). Ova osobina sorpcionog materijala može biti značajna ukoliko se želi primeniti ovakav tip sorbenta u fluidizovanom sloju ili u sorpcionim sistemima sa pneumatskim transportom sorbenta [7,8].

Ispitivanja sorpcije i desorpcije etilen oksida u pakovanom sloju Al_2O_3 sorbenta

Ispitivanja dinamike sorpcije i desorpcije etilen oksida na Al_2O_3 izvedena su u reaktoru sa pakovanim slojem, prikazanom na slici 1.



Slika 1. Aparatura za ispitivanje dinamike sorpcije i desorpcije etilen oksida. 1 – Reaktor; 2 – adsorbent; 3 – termoizolacija; 4 – grejač; 5 – ventil; 6 – merač protoka; 7 – etilen oksid; S1, S2 – slavine za uzorkovanje gasne smeše; TIC – kontroler temperature; IT, T1–T8–NiCr–Ni termoparovi; DAC – sistem za akviziciju podataka; GC – gasni hromatograf.

Figure 1. Apparatus for investigations of dynamics of ethylene oxide sorption and desorption. 1 – Reactor; 2 – adsorbent; 3 – thermal isolation; 4 – heater; 5 – valve; 6 – flow meter; 7 – ethylene oxide; S1, S2 – sampling valves; TIC – temperature controller; IT, T1–T8–NiCr–Ni thermocouples; DAC – system for data acquisition; GC – gas chromatograph.

Cilindrična kolona od nerđajućeg čelika (1) unutrašnjeg prečnika 200 mm i visine 700 mm, sadrži 6,115 kg Al_2O_3 sorbenta, sa visinom sloja od 370 mm (2). Smeša vazduha i etilen oksida se električnim grejačem (4) predgreva na određenu temperaturu (IT) i uvodi u pakovani sloj. Električni predgrejač je spregnut sa indikatorom i regulatorom temperature (TIC). Obezbeđeno je kontinualno praćenje temperatura po visini sloja, na mestima označenim sa T1 do T8, korišćenjem NiCr-Ni termoparova postavljenih u osi sloja i povezanih sa sistemom za akviziciju podataka (DAC). Temperatura je kontinualno registrovana po visini sloja. Prva tri merna mesta su u raspodeljivaču protoka gasa (u sloju metalnih kuglica prečnika 10 mm): IT, T1 i T2, a preostalih sedam u sloju alumine na rastojanju od približno 50 mm: T3-T8 i OT. Izborom protoka gasovitog etilen oksida iz boce pod pritiskom (7) i protoka vazduha za razblaživanje podešavana je koncentracija etilen oksida u reakcionoj smeši. Sastav gasne smeše na ulazu i izlazu iz sloja analiziran je pomoću on-line gasnog hromatografa „PERKIN-ELMER 3920B“ (GC) sa plameno jonizacionim detektorom (FID) i toplotno provodnim detektorom (HWD). FID detektor je serijski povezan sa kolonom od nerđajućeg čelika, dužine 2 m i prečnika 0,4 mm, napunjene 10% Carbowax-om 1540, i koristio se za izotermne analize sadržaja etilen oksida na 40 °C. Sadržaj CO_2 određivan je pomoću HWD detektora koji je spregnut sa kolonom od nerđajućeg čelika, dužine 1,4 m i prečnika 0,4 mm, napunjene Porapac-om T. Kvantifikovanje udele etilen oksida i njegovih derivata je izvršeno baždarom smešom u odnosu na propilen. Uzimanje uzoraka gasne smeše za analizu sastava omogućeno je slavinama (S1) i (S2). Sorpcija etilen oksida je ispitivana u temperaturnom intervalu od 85 do 170 °C. Ulazna koncentracija etilen oksida je održavana konstantnom na vrednost od približno 0,055 vol% pri protoku vazduha od oko $28 \text{ m}^3_{\text{N}} \text{ h}^{-1}$. Pošto su protok vazduha i masa sloja takođe konstantne vrednosti, u svim eksperimentima vrednost zapremine brzine prosečno iznosi $\text{SV} \approx 2440 \text{ h}^{-1}$. Ova zapreminska brzina je prilagođena dinamici ispuštanja etilen oksida iz sterilizacionih komora. Desorpcija etilen oksida je ispitivana u temperaturnom intervalu od 40 do 450 °C, pri programiranom zagrevanju od $1,5 \text{ }^\circ\text{C min}^{-1}$.

REZULTATI I DISKUSIJA

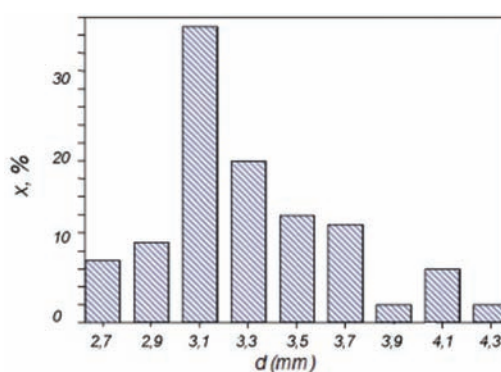
Fizičko-hemijske karakteristike nosača su prikazane u tabeli 1, a na slici 2 prikazan je granulometrijski sastav sfernog Al_2O_3 sorbenta.

Raspodela zapremina pora po prečnicima pora prikazana je na slici 3, sa koje se vidi da Al_2O_3 ima bidisperznu poroznu strukturu. Primarna porozna struktura je okarakterisana u uskom intervalu prečnika od 7,5 do 25 nm. Udeo ovih pora u ukupnoj zapremini je 69,8% što pokazuje da u ovoj oblasti alumina ima vrlo homogenu

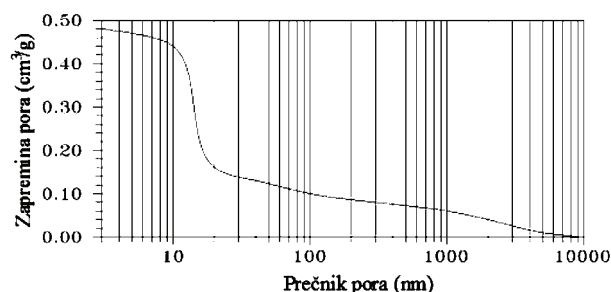
poroznu strukturu. Aglomerati primarnih čestica, koji određuju sekundarnu poroznu strukturu, formiraju pore sa prečnicima 25–2000 nm. Udeo ovih pora u ukupnoj zapremini pora je oko 15%. Prema raspodeli pora i veličine specifične površine može se zaključiti da uzorak sadrži pretežno mezo pore.

Tabela 1. Osnovna fizičko-hemijska svojstva Al_2O_3
Table 1. The basic physico-chemical properties of Al_2O_3

Stvarna gustina (g cm^{-3})	3,26
Prividna gustina (g cm^{-3})	1,13
Zapremina pora iz porozimetrije ($\text{cm}^3 \text{ g}^{-1}$)	0,48
Specifična površina ($\text{m}^2 \text{ g}^{-1}$)	112
Abrazivnost (%)	1



Slika 2. Raspodela veličine zrna.
Figure 2. Grain size distribution.



Slika 3. Raspodela zapremina pora po prečnicima pora za Al_2O_3 sorbent.
Figure 3. Pore volume distribution versus pore diameter for Al_2O_3 sorbent.

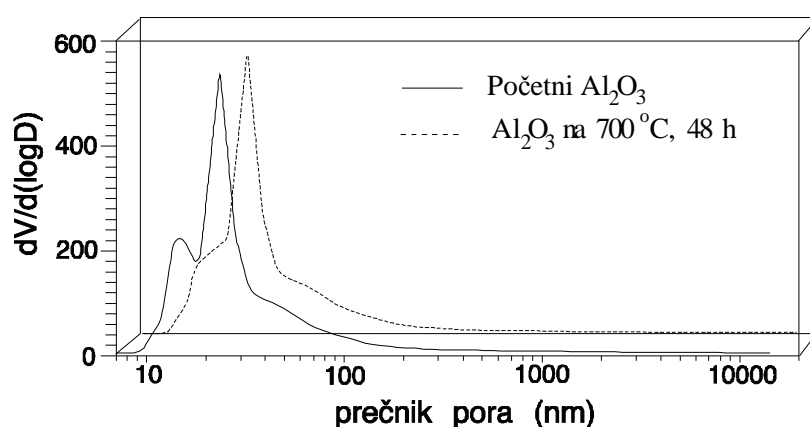
Uslovi pregrevanja i specifične površine sintrovanih Al_2O_3 uzoraka dati su u tabeli 2.

Na Al_2O_3 uzorku žarenom na 600 °C do 48 h nisu zapažene promene u veličini specifične površine dok se na 700 °C uočava delimično sintrovanje Al_2O_3 što se ogleda u malom padu specifične površine od oko $10 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. Na slici 4 dat je uporedni prikaz diferencijalnih kriva raspodele zapremina pora po prečnicima pora za Al_2O_3 koji nije pregrevan i koji je žaren na 700 °C u toku 48 h.

Ovi rezultati ukazuju na vrlo širok temperaturni opseg primene Al_2O_3 kao sorpcionog materijala. Rege-

Tabela 2. Karakteristike žarenih Al_2O_3 uzoraka
 Table 2. Characteristics of the heat treated Al_2O_3 samples

Temperatura žarenja, °C	Vreme žarenja, h	$S_{\text{BET}} / \text{m}^2 \text{g}^{-1}$
Svež nosač	0	112
600	12	110
600	24	108
600	36	110
600	48	108
700	3	100
700	12	101
700	24	100
700	36	99
700	48	101



Slika 4. Diferencijalne krive raspodela zapremina pora po prečnicima pora Al_2O_3 sorbenta.
 Figure 4. Differential curves of pore volume distribution versus pore diameter for Al_2O_3 sorbent.

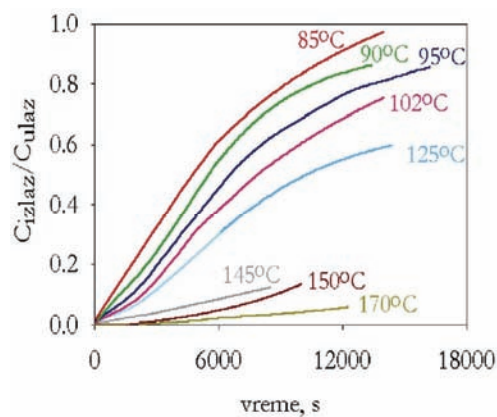
neracija Al_2O_3 nosača, odnosno desorpcija adsorbovanog etilen oksida može da se odigrava na relativno visokim temperaturama bez značajne promene teksturalnih karakteristika Al_2O_3 . Sa slike se vidi da se smanjuje udeo pora prečnika 15 nm što predstavlja najverovatniji uzrok pada specifične površine Al_2O_3 uzoraka.

Dinamika sorpcije i desorpcije etilen oksida

Na slici 5 prikazana je sorpcija etilen oksida u intervalu temperatura od 85 do 170 °C. Ulazna koncentracija etilen oksida (c_0) održavana je konstantnom, približno oko 0,055 vol%, pri protoku vazduha od 27,2–28,9 $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$.

Sa slike 5 se uočava različit oblik sorpcionih krivih na višim (145–170 °C) u odnosu na one dobijene na nižim (85–125 °C) temperaturama sorpcije. Ovo može da ukaže da dolazi do promeni mehanizma adsorpcije u ova dva temperaturna intervala što bi moglo da bude predmet daljih istraživanja.

Primenom *Yoon-Nelson*-ovog modela [9] izračunata je adsorbovana količina etilen oksida, S , a pregled ovih rezultata kao i operativni uslovi su prikazani u tabeli 3.



Slika 5. Odzivne krive dobijene sorpcijom etilen oksida na Al_2O_3 .
 Figure 5. Response curves obtained by sorption of ethylene oxide on Al_2O_3 .

Analizom odzivnih krivih, prikazanih na slici 5, potvrđeno je da se sorpcioni kapacitet povećava sa porastom temperature. U ogleđima izvedenim na temperaturama od 85 do 105 °C, izlazne koncentracije etilen oksida se približavaju ulaznoj koncentraciji posle 3 do 4 časa. U ogleđima izvedenim na temperaturama od 150

Tabela 3. Pregled eksperimentalnih podataka sorpcije etilen oksida na Al_2O_3 uzorcima
 Table 3. Overview of experimental data for sorption of ethylene oxide on Al_2O_3 samples

Ogled	$V / m^3 h^{-1}$	SV / h^{-1}	$t_{ads.} / ^\circ C$	τ / min	$C_{0sr} / vol\%$	Ukupno S g_{EtO}/kg_{ads}	S za 142 min g_{EtO}/kg_{ads}
1	28,5	2502	85	234	0,05508	7,19	6,27
2	27,4	2405	90	215	0,05179	8,09	6,82
3	28,2	2475	95	275	0,05858	10,09	8,18
4	27,7	2431	102	225	0,05340	10,77	9,09
5	27,5	2414	125	312	0,05500	13,90	10,91
6	27,2	2388	145	167	0,05565	10,91	11,11
7	27,2	2388	150	192	0,05426	13,08	11,28
8	27,3	2396	170	217	0,05884	16,32	11,43

do $170^\circ C$, izlazne koncentracije dostižu 5–15% ulazne vrednosti, za isto vreme izvođenja procesa.

Treba napomenuti da podaci za ukupnu sorbovanu količinu etilen oksida, S , nisu direktno upoređljivi usled različite dužine izvođenja eksperimenata. Stoga su rezultati normalizovani na tok trajanja eksperimenta od 142 min. Ovi podaci takođe jasno ukazuju da se sa povećanjem temperature sorpcije povećava i sorpciona sposobnost alumine. Ova zavisnost je naročito izražena u temperaturnom opsegu od 85 do $125^\circ C$, dok dalje povećanje temperature neznatno menja sorpcioni kapacitet alumine.

Tokom svih eksperimenata sorpcije etilen oksida temperature duž sloja postepeno rastu i kad se površina jednog dela sloja zasiti etilen oksidom, temperature postepeno opadaju do početne vrednosti sloja. Blagi porast temperatura posledica je oslobođene toplote tokom procesa sorpcije. Deponovani etilen oksid sa Al_2O_3 nosača je uklonjen u protoku vazduha postepenim povećavanjem temperature do vrednosti kada je desorpcija produkata okončana.

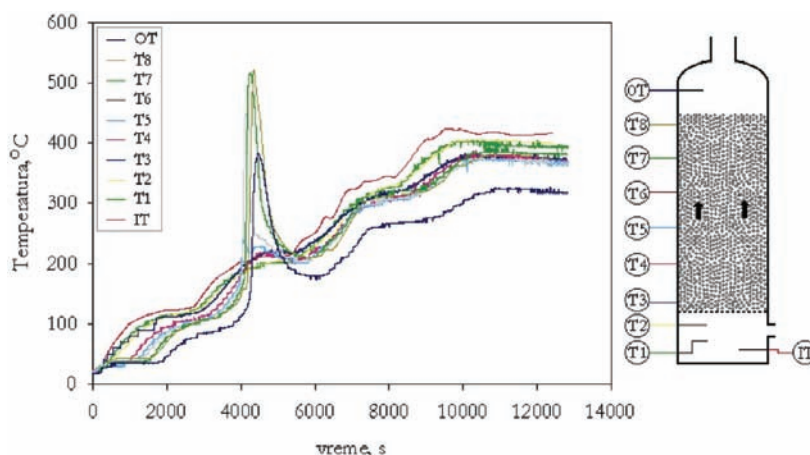
Na slici 6 prikazani su temperaturni profili u funkciji vremena duž sloja sorbenta, kao rezultat zagrevanja sloja do $450^\circ C$, u cilju desorpcije prethodno akumulirano

ranog etilen oksida na $102^\circ C$ (Ogled 4 u tabeli 3). Sastav izlazne gasne smeše tokom procesa desorpcije, nakon sorpcije na $102^\circ C$, prikazan je na slici 7.

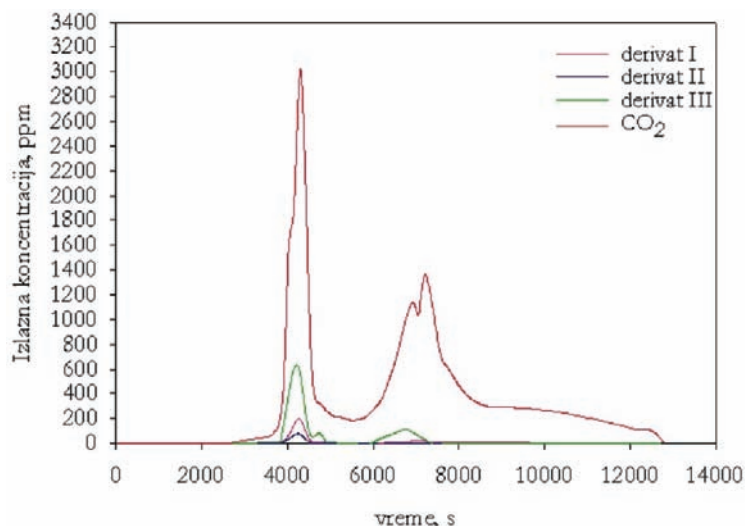
U procesu uklanjanja sorbovanog etilen oksida sa Al_2O_3 sorbenta uočavaju se dva temperaturna maksimuma. Prvi, izraziti maksimum se javlja kada temperatura na mernom mestu T3 dostigne vrednost od oko $195^\circ C$. Tada dolazi do sukcesivnog porasta temperature po visini sloja i najveća temperatura je oko $520^\circ C$ na mernom mestu T8. Drugi, blaži maksimum se javlja kada je na mernom mestu T3 temperatura oko $250^\circ C$.

Pojava temperaturnih maksimuma se direktno poklapa sa pojavom maksimuma koncentracija desorpcionih produkata u izlaznoj gasnoj smeši, prikazanih na slici 7. Prikaz integralnog sastava izlazne gasne smeše pri desorpciji u svim ogledima dat je u tabeli 4.

Intenzivan porast temperature rezultat je sagorevanja deponovanog etilen oksida u struji vazduha. Analiza produkata desorpcije ukazuje da se oko 90% deponovanog etilen oksida konvertovalo u CO_2 , čija je koncentracija određena pomoću HWD detektora gasnog hromatografa. Ostatak predstavljaju tri organske komponente koji su derivati etilen oksida. Na osnovu retencionih vremena ni jedan od ovih pikova ne odgovara etilen oksid



Slika 6. Temperaturni profili sorbenta u funkciji vremena desorpcije etilen oksida, sorbovanog na $102^\circ C$ (Ogled 4).
 Figure 6. Temperature profiles of sorbent as a function of ethylene oxide desorption time, after sorption at $102^\circ C$ (run 4).



Slika 7. Sastav izlazne gasne smeše tokom procesa desorpcije, nakon sorpcije na 102 °C.

Figure 7. The composition of output gas mixture during the process of desorption, after sorption at 102 °C.

Tabela 4. Sastav desorpcionih produkata

Table 4. The composition of desorption products

Ogled	1	2	3	4	5	6	7	8
vol% CO ₂	91,0	92,5	86,2	89,4	84,3	91,4	88,8	92,5
vol% derivata EtO	8,9	7,5	13,7	10,6	15,6	8,6	11,2	7,5

sidu. Identifikacija ovih derivata nije tačno utvrđena ali je sigurno da etilen oksid nije prisutan u sastavu desorpcionih produkata.

Sorpciono svojstvo alumine se može iskoristiti za projektovanje različitih tipova strukturno-integriranih sistema koji objedinjuju sorpciju, desorpciju i katalitičku oksidaciju etilen oksida.

ZAKLJUČAK

Ispitivanja u okviru ovog rada su ukazala da sferni Al₂O₃ poseduje zadovoljavajuće sorpcione karakteristike za uklanjanje relativno niskih koncentracija (0,055 vol%) etilen oksida. Sorpcioni kapaciteti Al₂O₃ sorbenta rastu sa porastom temperature. Sorpcioni kapaciteti su pokazali da iznad 125 °C ne dolazi do značajnog povećanja kapaciteta sorpcije etilen oksida. Ova temperatura je značajno niža u odnosu na zahtevane temperature za katalitičko ili termičko sagorevanje. Regeneracija alumine za ponovni ciklus sorpcije etilen oksida je moguća u protoku vazduha uz programirani rast temperature. Desorpcioni produkti sadrže oko 90% CO₂ a ostatak, oko 10%, čine tri derivata etilen oksida. Rezultati ukazuju da najveći deo deponovanog etilen oksida sagoreva na površini Al₂O₃ što je praćeno odgovarajućim porastom temperature (maksimum oko 520 °C) u pakovanom sloju. Ispitivanja teksturalnih karakteristika i termostabilnosti Al₂O₃ sorbenta ukazuju da ne dolazi do nikakvih teksturalnih promena alumine na ovim temperatu-

rama, a da tek na 700 °C dolazi do smanjenje specifične površine za oko 10%.

LITERATURA

- [1] NIOSH, Ethylene Oxide (EtO): Evidence of Carcinogenicity, DHHS (NIOSH) Publication No. 81-130, Current Intelligence 35, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, 1981.
- [2] NIOSH, Ethylene Oxide Sterilizers in Health Care Facilities: Engineering Controls and Work Practices, DHHS (NIOSH) Publication No. 87-107, Current Intelligence 52, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, Cincinnati, OH, 1989.
- [3] S. Baek, J. Kim, S. Ihm, Design of dual functional adsorbent/catalyst system for the control of VOC's by using metal-loaded hydrophobic Y-zeolites, Catal. Today **93-95** (2004) 575-581.
- [4] L.M. Carballo, E.E. Wolf, Crystallite size effects during the catalytic oxidation of propylene on Pt/γ-Al₂O₃, J. Catal. **53** (1978) 366-373.
- [5] L. J. Alvarez, J.F. Sanz, M.J. Capitan, J.A. Odriozola, Onset of perovskite formation in the catalytic system La₂O₃/γ-Al₂O₃, Catal. Lett. **21** (1993) 89-97.
- [6] Y.F. Shen, S.L. Suib, M. Deeba, G.S. Koermer, Luminescence and IR Characterization of Acid Sites on Alumina, J. Catal. **146** (1994) 483-490.

- [7] D.M. Ruthven, Principles of Adsorption and Adsorption Processes, John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 1984.
- [8] W. Yazbek, A. Delebarre, Separation of volatile compounds by condensation in a fluidized bed, Chem. Eng. Sci. **60** (2005) 577–588.
- [9] Y.H. Yoon, J.H. Nelson, Breakthrough Time and Adsorption Capacity of Respirator Cartridges, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. **53** (1992) 303–316.

SUMMARY

ETHYLENE OXIDE REMOVAL BY SORPTION ON ALUMINIUM OXIDE

Zorana Lj. Arsenijević¹, Boško V. Grbić¹, Nenad D. Radić¹, Radmila V. Garić-Grulović¹, Željko B. Grbavčić²

¹Institute of Chemistry, Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Department of Catalysis and Chemical Engineering, Belgrade, Serbia

²Faculty of Technology and Metallurgy, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

(Scientific paper)

The dynamics of ethylene oxide sorption and desorption on Al₂O₃ sorbent were investigated. The investigations of ethylene oxide sorption on Al₂O₃ show that significant sorption appeared above 125 °C. The removal of sorbed ethylene oxide from Al₂O₃ was achieved by continuous increasing of the temperature up to 450 °C in air stream. The analysis of desorbed products show that 90% of adsorbed ethylene oxide is converted to CO₂ and the rest consists of the three derivatives of ethylene oxide. The exact composition of desorbed organic products will be determined in further investigation. The desorption temperature profiles point out the presence of two exothermic peaks, as was confirmed by detection of CO₂ and derivatives of ethylene oxide at these temperatures. Investigation of textural characteristics and thermal stability of Al₂O₃ sorbent show that there are no changes of any characteristics of Al₂O₃ in sorption/desorption operating temperatures regimes. Only at 700 °C the specific surface area of Al₂O₃ decreases of about 10%. This indicates that the investigated Al₂O₃ is convenient material for removal of ethylene oxide by sorption.

Ključne reči: Etilen oksid • Al₂O₃ • Sorpcija • Desorpcija
Key words: Ethylene oxide • Al₂O₃ • Sorption • Desorption