

Autori:
MIRJANA S. STANKOVIĆ
LATO L. PEZO

Saradnici na projektu:
Dušan Vučelić, Mirjana Stanković,
Dragomir Karaulić, Svetomir
Mijović, Milovan Vasić, Goran
Popović, Lato Pezo, Mihailo
Mihailović.

Institut za opštu i fizičku hemiju,
Beograd

STRUČNI RAD

POSTROJENJE ZA SUŠENJE ALKOHOLA

Inženjering HP IOFH je izradio projekat postrojenja za sušenje alkohola, primenjujući tehnologiju koja je razvijena u laboratorijama Instituta. U toku projektovanja izrađeni su: Glavni tehnološki projekat, Glavni mašinski projekat i Projekat automatike. Na osnovu ovih projekata, 1995–1996. izgrađeno je postrojenje kapaciteta 40 m³ godišnje, u okviru fabrike "Zorka pharma" u Šapcu.

Po tehnologiji, koja je razvijena u HP IOFH, u fabrici "Zorka pharma" u Šapcu proizvodi se apsolutni alkohol. Postrojenje za sušenje alkohola je kapaciteta 40 m³ godišnje. Prilikom projektovanja vodilo se računa o tome da se oprema postavlja u najoptimalniji mogući položaj, uz maksimalno poštovanje dispozicije druge tehnološke opreme, kao i to da cevne i kablovske veze (kako energetske, tako i signalne) budu što kraće. Karakteristike odabrane tehnološke i merno-regulacione opreme je trebalo iskoristiti koliko je to bilo moguće, radi dobijanja što boljeg proizvoda. Pri projektovanju se vodilo računa o svim relevantnim tehničkim propisima, a posebno o propisima o izgradnji investicionih objekata. Prilikom projektovanja izabrana je tehnološka i merno-regulaciona oprema koja zadovoljava zahtevani kvalitet i kapacitet postrojenja za sušenje alkohola, a postrojenje je moguće voditi u ručnom i automatskom radu.

OPIS PROCESA

Koncepcija rada postrojenja zasniva se na korišćenju molekulskih sita – granulisanog zeolita za sorpciju vode iz alkohola. Koristi se poznata osobina granulisanog zeolita da vezuje vodu. U HP IOFH su izvršene neophodne laboratorijske i ostale istraživačke aktivnosti i na tim osnovama postavljen je tehnološki postupak za rad u industrijskim uslovima.

Proces se odvija u nekoliko tehnoloških operacija, to su:

- *Prijem alkohola u prihvatni sud iz postojećeg dela sistema.* Ova operacija rešena je u postojećim postrojenjima i industrijskom prostoru investitora i proces sušenja u potpunosti se uklapa u postojećim uslovima.
- *Sušenje alkohola proticanjem kroz sloj molekulskog sita – granulisanog zeolita.*
- *Pakovanje proizvoda.* Finalizacija malih pakovanja je deo postojeće opreme investitora u dislociranom pogonu. Za finalizaciju ove operacije predviđeno je sa-

mo punjenje buradi od 200 l, što odgovara jednosmen-skoj proizvodnji.

- *Refluks alkohola iz procesa* (kondenzacija, pražnjenje kolona) se povremeno vraća na usisnu stranu pumpe i na ponovnu obradu.
- *Regeneracija kolone za novi ciklus sušenja.*

Sušenje alkohola

Tok 96% etanola uvodi se sa donje strane adsorpcione kolone, u kojoj se nalazi sloj aktivnog molekulskog sita. Pri proticanju alkohola kroz sloj adsorbensa obrazuje se zona prenosa mase u kojoj se uspostavlja ravnoteža između koncentracije vode u fluidu (alkoholu) i u čvrstoj fazi (adsorbensu). Pošto je kod regenerisanog adsorbensa sadržaj vode nizak, dolazi do selektivne sorpcije vode. Pri adsorpciji vode oslobađa se izvesna količina toplote koja dovodi do porasta temperature adsorbensa i u izvesnoj meri, fluida.

Usled proticanja fluida kroz sloj adsorbensa, pomena se i zona prenosa mase i toplotni front, a njihove brzine ne moraju biti jednake. U zoni prenosa mase uspostavlja se gradijent koncentracije vode u fluidu od ulazne vrednosti (4%) do minimalnog sadržaja vode od 0,1%, tako da je fluid koji je prošao kroz ovu zonu osušen. Pri pomeranju zone prenosa mase sloj adsorbensa iza zone ostaje zasićen vodom, dok je onaj ispred još upotrebljiv. Pomeranje zone prenosa mase može se detektovati porastom temperature sloja, što je indikacija stepena zasićenja i pokazuje kada treba obustaviti rad kolone i pristupiti regeneraciji kada na mernom mestu na gornjem delu kolone temperatura poraste, znači da treba prekinuti sa sušenjem fluida kako ne bi došlo do proboja adsorpcione kolone, tj. pojave efluenta sa sadržajem vode višim od propisanog. Adsorpciona kolona je tako projektovana da adsorpcija traje 20 h, a posle toga treba pristupiti regeneraciji adsorbensa.

U liniji su ugrađeni filteri koji vrše prečišćavanje ulazne i izlazne struje alkohola od čestica zeolita.

Regeneracija punjenja

Regeneracija punjenja je u tehnološkom smislu složen proces. S obzirom na proticanje tečnog fluida

Adresa autora: M. Stanković, Institut za opštu i fizičku hemiju, a.d. Beograd, Studentski trg 12/15, 11000 Beograd
Materijal pripremljen za publikovanje: Decembar 20, 2002

kroz kolonu, regeneracija se odvija u nekoliko osnovnih faza:

1. Pražnjenje kolone je neophodno da bi se omogućile ostale faze regeneracije. Pošto u međuprostorima između kuglica zeolita ostaje značajna količina alkohola, neophodno je gravitaciono pražnjenje u dužem vremenu. Uspostavljanjem odgovarajućih tokova pražnjenje kolone se vrši u prihvatni sud za alkohol. Tehnološka oprema izabrana je tako da se obezbedi istovremeno odvijanje adsorpcije u jednoj koloni i regeneracije u drugoj koloni, da ukupan zbir vremena svih faza regeneracije odgovara ciklusu sušenja kroz kolonu. Pražnjenje kolone je vremenski definisano u Glavnom tehnološkom projektu postrojenja za sušenje alkohola.

2. Regeneracija se odvija u procesu zagrevanja punjenja čime se po dostizanju odgovarajućih uslova desorbuje voda i punjenje osposobljava za novi ciklus sorpcije. Da bi se tačnije objasnilo ponašanje sistema pri regeneraciji, navodi se posebno zapažanje, uočeno pri laboratorijskim testovima, da se "oceđivanjem" kolone ne uklanja sav zaostali alkohol, pošto u porama kuglica, na zidovima itd., zaostaje izvesna količina alkohola koji nije vezan. Zbog toga se, praktično, proces zagrevanja odigrava u nekoliko razdvojenih faza, produvanjem izabranim gasom, sa gornje strane kolone. To su:

a) Faza zagrevanja punjenja i zaostalog alkohola, u kojoj raste temperatura zeolitskog punjenja i alkohola i počinje isparavanje.

b) Faza isparavanja alkohola nastaje pri dostizanju temperature ključanja u konkretnim uslovima pritiska i usvojenog agensa za odnošenje isparenog alkohola. (Karakteristično je to da, zbog trošenja unete toplote na isparavanje, ne raste temperatura.) Ispareni alkohol se mora zadržati, jer je kao efluent ekološki neprihvatljiv.

c) Faza brzog porasta temperature u koloni, jer se uneta energija troši na zagrevanje punjenja; alkohola više nema, a dovedena energija je nedovoljna za desorpciju vode sa sorbenta.

d) Faza desorpcije se odvija kada se postigne temperatura dovoljna da usled slabljenja veza bude moguće oslobađanje vode iz strukture adsorbensa. Ova temperatura nije karakteristika izabranog gasa za odnošenje oslobođene vode.

e) Hlađenje punjenja odvija se po završenoj desorpciji, i to prinudnim produvanjem izabranim gasom na temperaturi okoline.

3. Izbor gasa u procesu regeneracije. Opisane faze regeneracije uslovljavaju izbor gasa kojim se obavlja prvenstveno proces odnošenja isparenog alkohola i desorbovanja vode. Pošto su u pitanju dva različita fizička procesa to su i zahtevi u odnosu na tehnološko rešenje različiti:

a) U fazi 2a i 2b se javljaju alkoholne pare. Eksplozivna smeša se javlja pri određenom procentu para alkohola u vazduhu, ako se za odnošenje para koristi vazduh. Zbog izrazite nestacionarnosti procesa do dostizanja tačke ključanja alkohola, može se očekivati prolazak kroz područje ovih koncentracija. Sa druge strane, drugi parametar za eksplozivnu mešavinu alkohola, tzv. "tačka paljenja varnicom" ima vrednost od samo 15–

20°C, pa je opasnost od eksplozije u ovoj fazi izrazita i izbor gasa mora da obezbedi uslove višestruke sigurnosti rada postrojenja. Zbog svega rečenog za regeneraciju, zaključno sa fazom isparavanja i kondenzacije refluksa alkohola, izabran je inertni gas–azot, što je uobičajeno i preporučeno rešenje kod više sličnih sistema.

b) Kada su uklonjene alkoholne pare, proces više ne mora da se odvija u inertoj atmosferi. Pošto se zahteva i relativno jednostavno tehničko rešenje logičan je izbor izvora toplotne energije konstantnog toplotnog učinka. To znači da je temperatura gasa na ulazu u kolonu konstantna u svim fazama regeneracije. Pošto je alkohol ispario, nije neophodno koristiti inertni gas. Zato je najbolje rešenje korišćenje toplog vazduha, na određenoj temperaturi, pri određenoj vlažnosti. Usvojen je nizak temperaturni nivo, sa osušenim vazduhom za regeneraciju, čime je olakšano tehničko izvođenje uređaja i elemenata. Ovako nizak temperaturni nivo daje sigurnost radu postrojenja, posebno u fazama 2a i 2b, pošto je izabrana radna temperatura daleko ispod tačke samopaljenja alkoholnih para, što je korisno u slučaju incidentnog prodora vazduha u sistem.

– Faze 2a i 2b, zbog prisustva alkoholnih para, izvode se u inertoj atmosferi azota. Bilansni proračuni su pokazali da bi ukupan utrošak azota za regeneraciju u otvorenom procesu bio vrlo visok. Zbog toga je primenjeno rešenje sa kruženjem i rekuperacijom azota.

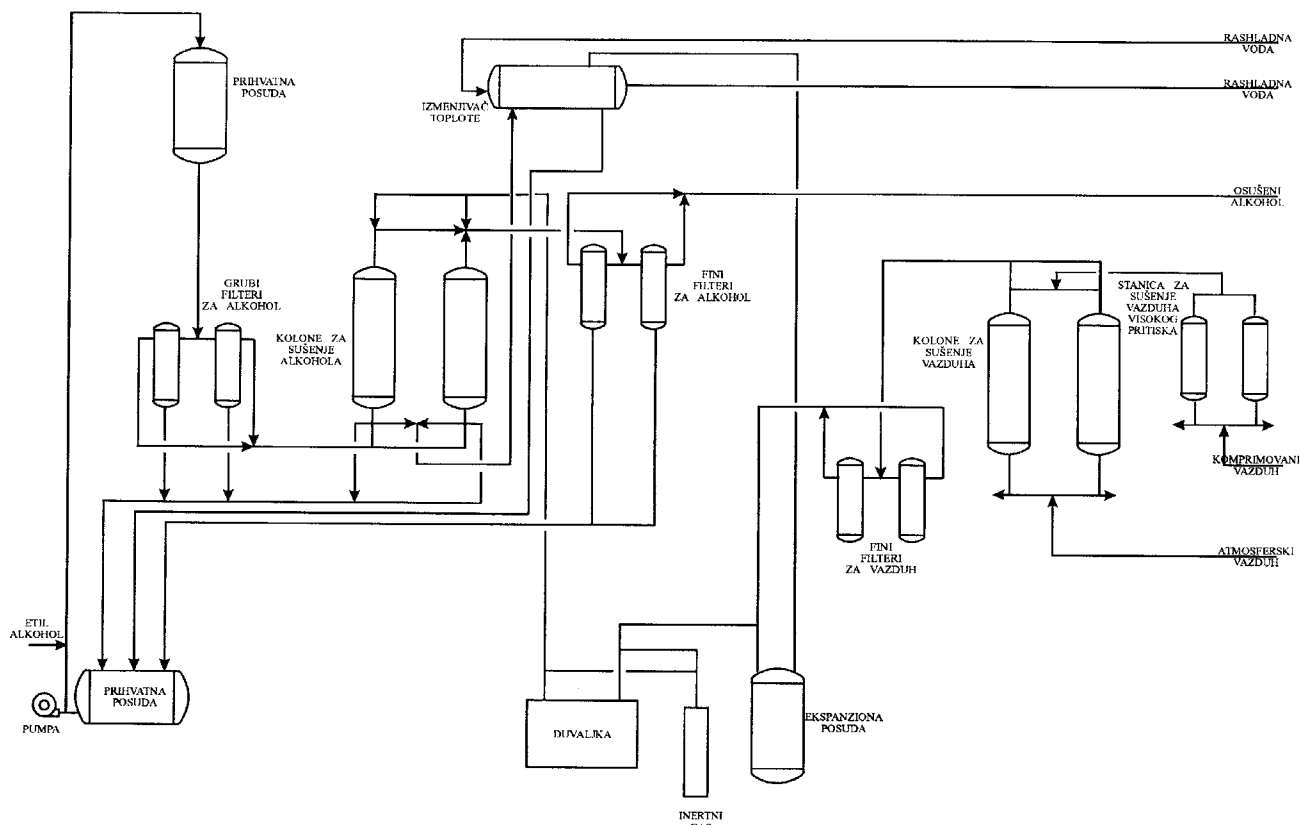
– Faze 2c, 2d i 2e obavljaju se sušenjem suvim toplim vazduhom, dobijenim u automatskoj samoregenerativnoj stanici i naknadno zagrejanim u otvorenom toku, produvanjem kroz kolonu u okolinu.

– Način zagrevanja pri regeneraciji usklađen je sa zahtevima procesa i uslovima investitora. Realizacija traženog temperaturnog režima postiže se u kružnom toku primenom vijčanog kompresora, čijim prigušenjem na potisnoj strani raste pritisak, samim tim i temperatura. Da bi se proces odvijao u dva režima – sa inertnim gasom i sa suvim vazduhom – proces je podeljen u dve faze. U prvoj se instalacija puni inertnim gasom, a zatim se u kružnom toku zagreva punjenje, isparava alkohol, alkoholne pare se kondenzuju u izmenjivaču toplote, a gas ekspandira na usisni priključak kompresora.

Na slici 1 prikazana je tehnološka šema postrojenja za sušenje alkohola.

ZAKLJUČAK

Projektovanjem postrojenja za sušenje alkohola ostvareno je nekoliko ciljeva. Realizovana je tehnologija sušenja alkohola, koja je razvijena u laboratorijama HP IOFH. Dobijeni proizvod zadovoljava sve propise kvaliteta, kao i propise o zaštiti životne sredine. Proces sušenja alkohola je potpuno kontinualan, čime je ostvareno to da proizvod ima ujednačen kvalitet. U procesu sušenja alkohola nema otpada, ni tečnog ni gasnog, pošto je izabran tehnološki proces pri kome se ne stvara otpad. Izabrani sistem obezbeđuje siguran rad u odnosu na temperaturni režim, otpore u cevovodima, kolonama za sušenje vazduha, sa neophodnim filterima u sklopu stanice za sušenje. Rad u natpritisku se povoljno odražava na proces isparavanja i kondenzacije koji se odvija u ne-



Slika 1. Tehnološka šema postrojenja za sušenje alkohola
Figure 1. Technological scheme for dry alcohol production

što višim temperaturama. Proces proizvodnje je potpuno automatizovan, čime je postignuto to da se dobija proizvod ustaljenog kvaliteta, uz minimalno angažovanje ra-

dne snage. Proces proizvodnje se može voditi i ručno, što je neophodno pri probnom režimu rada, i pri remon- tu postrojenja.

SUMMARY

DRY ALCOHOL PRODUCTION PLANT

(Professional paper)

Authors: Mirjana S. Stanković, Lato L. Pezo

Project associates: Dušan Vučelić, Mirjana Stanković, Dragomir Karaulić, Svetomir Mijović, Milovan Vasić, Goran Popović, Lato Pezo, Mihailo Mihailović

Institute of General and Physical Chemistry, Belgrade

The IGPC Engineering Department designed basic projects for dry alcohol production plant, using technology developed in the IGPC laboratories. Several projects were completed: technological, machine, electrical, automation. On the basis of these projects a production plant with a capacity of 40 m³/y was manufactured, at "Zorka Pharma", Šabac in 1995–1996.

The product meets all quality demands, as well as environmental regulations. The dry alcohol production process is fully automatized. There is no waste in the process, neither gaseous, nor liquid. The chosen process provides safe operation according to temperature regime and resistance in the pipes, air purification columns and filters. Working at increased pressure is suitable for evaporation and condensation at increased temperatures. The production process can be controlled manually, which is necessary during start-up, and repairs.

Key words: Absolute alcohol • Technology • Plant •
Ključne reči: Apsolutni alkohol • Tehnologija • Postrojenje •