

## IZGRADNJA INDUSTRIJE POLIMERA

Firma "Austrian Petrochemical Holding" ulaže 21 mil.evra u izgradnju postrojenja za proizvodnju 28 kt/god poliestar-granulata u Tveru (Rusija), koje treba da se završi krajem 2002.

"DuPont Dow Elastomers", zajedničko preduzeće "DuPonta" i "Dow Chemical", gradi u Holandiji postrojenje za proizvodnju 90 kt/god etilen-propilen-dien terpolimera, koje treba da se završi 2002. Iste firme zaključile su ugovor o razvoju, proizvodnji i prodaji etilen-propilen-dien monomera, koji treba da se proizvodi u postojećem postrojenju kapaciteta 90 kt/god u Teksasu; za proizvodnju će se koristiti kombinacija karakteristika procesa u gasnoj fazi Unipol i metalocenskog katalizatora procesa Insite, a predviđa se da će dobijeni proizvod imati bolje karakteristike za preradu, manje nečistoće i privlačnu ekonomičnost.

Uslud velikog rasta potrošnje, holandska firma DSM, posle puštanja u rad krajem 2001. četvrte proizvodne linije svog superjakog PE-vlakna Dyneema, ulaže oko 29 mil.evra u izgradnju 5. linije, koja treba da se završi krajem 2002; ukupan proizvodni kapacitet tada će dostići 3200 t/god, dva puta veći nego 2000, a firma predviđa da će potrošnja za 2 godine premašiti izgrađeni kapacitet. Ista firma ulaže oko 12 mil.evra u izgradnju nove laboratorije za prehrambene specijalitete i hlebne aditive, u kojoj će se vršiti njihovo testiranje i poboljšanje primene najmodernijim instrumentima; izgradnja treba da se završi do kraja 2003.

Poljska firma "Dwory", jedan od vodećih evropskih proizvođača sintetičkog kaučuka, vrši studiju izgradnje novih postrojenja za proizvodnju polibutadiena i stiren-butadienskog kaučuka, kapaciteta po 35-40 kt/god, koja treba da se završe za 3 godine, kao i studiju izgradnje postrojenja za proizvodnju 10 kt/god lateksa za potrebe industrije hartije.

Kompanija "Basel", zajedničko preduzeće za poliolefine "Shella" i BASF-a, gradi u Španiji postrojenje za proizvodnju 225 kt/god PP i u Nemačkoj za proizvodnju 320 kt/god PEVG, koja treba da se završe 2003.

Italijanska firma "Mossi & Ghisolfi", koja je od "Shella" 2000. otkupila njegovo poslovanje sa PET, planira povećanje kapaciteta svog postrojenja u Meksiku za 275 kt/god do 2003, čime će svoj ukupni kapacitet povećati na 1 Mt/god i postati 2. svetski proizvođač PET, posle američke firme "Eastman Chemical"; povećanje kapaciteta će obuhvatiti

postrojenje za polimerizaciju u rastopu, po licenci "DuPonta", i u čvrstoj fazi, po licenci američke inženjerske firme UOP.

"Bayer" i "DuPont" osnovali su zajedničko preduzeće "DuBay", sa učešćem 50:50, koje gradi u Nemačkoj najveće svetsko postrojenje za proizvodnju polibutilen-tereftalata od 80 kt/god; investicija iznosi 50 mil.evra, a postrojenje treba da se završi 2003.

Zajedničko preduzeće "Bayera" i japanskih firmi "Honshu" i "Mitsui" ulaže oko 37 mil.evra u izgradnju u Nemačkoj postrojenja za proizvodnju 5000 t/god specijalnog bisfenola koje treba da se završi 2003; "Bayer" je jedini potrošač ovog proizvoda i koristi ga za proizvodnju termički otpornih polikarbonata Ares u Holandiji.

Turska firma "Petkim Petrokimya" gradi u Turskoj postrojenje za proizvodnju 120 kt/god PENG, koje treba da se završi 2004.

Firma "AK Sibur" ulaže oko 100 mil.evra u izgradnju postrojenja za proizvodnju 120 kt/god PEVG u Rusiji, koje treba da se završi 2004.

## POTROŠNJA POLIMERA U CENTRALNOJ EVROPI

Britanska konsultantska firma "Applied Market Information" (AMI) objavila je krajem 2001. analizu potrošnje polimera u Centralnoj Evropi, koja pokazuje značajan porast potrošnje termoplastičnih materijala. Potrošnja je 2000. povećana za preko 11% na ukupno 2,7, dok se za 2001. predviđa nešto manji porast od 8% na skoro 3 Mt. Povećanje potrošnje podstaknuto je većom domaćom potrošnjom, naročito u Poljskoj, Mađarskoj i Češkoj, izvozom u druge evropske zemlje i povećanjem stranih investicija u automobilsku i elektronsku industriju i proizvodnju ambalaže i proizvoda za domaćinstvo, za koje su potrebne polimerne komponente ili gotovi proizvodi. Od zemalja obuhvaćenih ovom analizom, tržište je bilo slabije u Slovačkoj, gde se ekonomija još oporavlja od recesije, i Rumunija, gde pokazuje veliki rast, ali ostaje i dalje izrazito nerazvijeno. U toku poslednje deкаде region je vrlo uspešno privlačio strane investicije od mnogih vodećih firmi za preradu polimernih proizvoda iz Z.Evrope, koje su stigle u region investicijama u postrojenja postrojenja ili osnivanjem sopstvenih preduzeća. Mnoge vodeće evropske firme za preradu polimernih proizvoda sada proizvode u ovom regionu, privučene manjim troškovima za plate dobro obučanih i veštih radnika i mogućnostima za porast potrošnje u regionu i izvoza na Istok. Mađarska i Poljska su bile posebno vrlo uspešne u privlačenju velikih investicija,

od kojih Mađarska ima najveće direktne strane investicije po stanovniku, dok je Poljska 2000. privukla najveći iznos. Međutim, ni centralno-evropske zemlje nisu imune na globalni pritisak nalaženja sve jeftinijih proizvodnih lokacija, i kako se plate povećavaju i pojavljuje nedostatak kvalifikovane radne snage, ove zemlje mogu da postanu žrtve sopstvenog uspeha i izgube buduće investicije. Tako je npr. Mađarska posebno doživela veći broj ili najavu gubitka kapaciteta za livene proizvode u Kini ili Istočnoj Evropi.

Uprkos velikim investicijama zapadnih firmi u preradu polimernih proizvoda u regionu, primetno je da se one lagano uključuju u njihovu proizvodnju. "Dunastyr" u Mađarskoj je jedini proizvođač baznih polimernih proizvoda koji je uspešno privukao investicije od velikog zapadnog proizvođača, tako da je sada u 100%-om vlasništvu "Enichema", dok u Poljskoj proizvodnja inženjerskih polimernih proizvoda Stilon pripada "Rhône-Poulencu". Većina drugih preduzeća ostala je u potpunom ili delimičnom državnom vlasništvu, iako će u sledećih 5 godina verovatno doći do značajnog restrukturisanja i promena vlasnika. To će biti podstaknuto potrebom obezbeđenja konkurentnosti, pošto ove zemlje teže članstvu u EU, iako treba uzeti u obzir i druge faktore, kao što su integracija sa snabdevačima sirovinama, jer postoji sve veća želja naftnih kompanija u regionu da povećaju svoju proizvodnju petrohemijskih proizvoda. Primeri su preuzimanje od "PKN Orlen" najvećeg poljskog proizvođača PVC-a "Anwil" i proizvođača poliolefina "Petrochemia Plock", dok je mađarska kompanija za naftu i gas MOL preuzela TVK u Mađarskoj i "Slovnaft" u Slovačkoj. Takođe postoji trend investiranja od ruskih naftnih kompanija, pa je "Lukoil" preuzeo 1998. rumunsku firmu "Petrotele", a u Mađarskoj firma "Sibur", iz sastava "Gazproma", ima imovinsko učešće u firmi "Borsodchem". Očekuje se da će jedna kompanija postati vodeći regionalni proizvođač pre priključenja EU, što bi privuklo interes neke velike zapadne firme, a privatizacija naftnih i petrohemijskih preduzeća se već neko vreme razmatra, naročito u Poljskoj i Češkoj, ali je napredak spor i često ometan političkim uslovima.

Potrošnja termoplastičnih proizvoda u Centralnoj Evropi 2000. iznosila je (kt): PE 948, PP 561, PVC 563, PST 371, PET 176 i inženjerski polimerni proizvodi 131, a učešće u potrošnji pojedinih zemalja iznosilo je (%): Poljska 49,7, Mađarska 18,5, Češka 17,8, Slovačka 8 i Rumunija 6.

Informacije o publikaciji AMI's 2001 Central European Plastics Industry Report, 2nd Edition, November 2001, 193 strane; izdavač: Applied Market Information, AMI-House 45-47 Stokes Croft, Bristol BS1 3 QP, V.Britanija, cena 395 evra.

## TRŽIŠTE POLIMERNE AMBALAŽE

Evropsko tržište ambalaže za hranu i napitke nastaviće dosadašnji porast, čemu će prvenstveno doprijeti ekološka pakovanja, nove tehnologije i zamena tradicionalne ambalaže. U 2000. najveće učešće u potrošnji od 30,5% imao je PET, zahvaljujući upotrebi za proizvodnju boca sa mineralnom vodom, a slede PST sa učešćem od 17,7 i PP sa 16,6%, ali se predviđa da će se ova razlika smanjiti do 2006. U narednom periodu predviđa se, povećanjem potrošnje polimernih proizvoda porast njihove godišnje prodaje prosečno za 5,5%, od 4,9 (2000.) na 7,15 mrd.evra (2007.). Pri tome se predviđa da će se smanjiti prodaja starijih polimernih proizvoda, kao što su PVC, PST i PENG, dok će PET i PP nastaviti povećanje učešća na tržištu. Budućnost rasta polimerne ambalaže za hranu i napitke će zadovoljiti ekonomske i ekološke ciljeve.

## POVEĆANJE POTROŠNJE POLIURETANA

Sa očekivanim godišnjim rastom od 5,5% predviđa se da će sektor elastomernih PU postati najveći isporučilac PU kao sirovine za proizvodnju premaza, lepila, zaptivača i elastomera. Globalna proizvodnja ovih proizvoda iznosila je 2000. preko 3,1 Mt, koristeći kao sirovinu 2,3 Mt PU, a predviđa se prosečno godišnje povećanje njene potrošnje za 3,3% na ukupno 2,8 Mt/god u 2005. Prema podacima za 2000. u potrošnji su učestvovali (%): premazi 38, elastomeri 37, lepila 18 i zaptivači 7. Predviđa se, međutim, da će godišnji porast povećanja elastomera od 5,5% dovesti do njihovog većeg učešća u potrošnji PU, jer se za premaze predviđa manji rast. U toku sledećih 5 godina očekuje se godišnje povećanje azijsko-pacifičkog tržišta ovih proizvoda od 5,5%, a firme predviđaju da će deo ovog povećanja doći od porasta potrošnje ambalaže za određenu hranu, što bi povećalo potrošnju lepila za PU fleksibilnu ambalažu.

## PRESTRUKTURISANJE U INDUSTRIJI POLIMERA

Firme "ExxonMobil Chemical" i "Basell" zaključile su sporazum o zajedničkom razvoju metalocenskih ka-

talizatora za PP, iako obe firme već imaju takve proizvode: "ExxonMobil" grupu proizvoda Achieve a "Basell" Metocene. Kao deo sporazuma partneri će međusobno izmeniti patente, koji se odnose na ove proizvode, i zajedno koristiti know-how za unapređenje ovih katalizatora, dok će "Basell" davati licencu za novo razvijene postupke oba partnera. "Basell" postupak za proizvodnju PP Spheripol je jedan od najpopularnijih u svetu, a "ExxonMobil" želi da ga koristi za svoju proizvodnju PP.

Američke firme "ExxonMobil Chemical" i "Chevron Phillips Chemical" prekinuli su sve svoje sporove o intelektualnoj svojini u oblasti postupka sa metalocenskim katalizatorima i sastavom polimera, i zaključili poverljivi sporazum koji uključuje prenosu licenci nekih "ExxonMobil" patentnih prava za metalocene "Chevron Phillipsu", i nekih "Chevron Phillipsovih" prava na sastav PE-polimera. U posebnom sporazumu "Chevron Phillips" i "Univation Technologies", zajedničko preduzeće "ExxonMobil Chemical" i "Dow Chemical", preneli su jedna drugoj neka patentna prava proizvodnih postupaka za PE.

Danska firma "Borealis" prodala je američkoj firmi "W.R.Grace" svoje postrojenje za proizvodnju katalizatora u Švedskoj i opremu za proizvodnju katalizatora u Finskoj. "Borealis" nastavlja razvoj novih poliolefinskih katalizatora, od kojih će neke "W.R.Grace" prodavati na svetskom tržištu.

Kompanija "Basell", zajedničko preduzeće za poliolefine "Shella" i BASF-a, izvršila je 1.1.2001. potpunu integraciju svog poslovanja sa PE i PP osnivanjem nove firme "Polyolefins Volume Business", koja će raditi po harmonizovanoj regionalnoj bazi i obezbediti maksimalni uvid u potrošače i tržište. Snabdevanje sa PE i PP biće povezano standardizovanim postupkom i trajanjem što će omogućiti kompletiranje integracije organizacija i sistema "Elenaca", "Targora" i "Montela".

Britanska kompanija BP predviđa, kao deo uslova Evropske komisije za odobrenje otkupa od "Bayera" ostatka od 50% učešća u proizvodnji etilena, PE i PP nemačke firme "Erdölchemie", prodaju svoja 2 preduzeća: jedno koje proizvodi PE i PP - folije za pakovanje, i, drugo, koje vrši ekstruziju PP-vlakana i proizvodi prvenstveno materijal za pokrivanje podova. Ova preduzeća imaju kombinovanu godišnju prodaju od 1 mrd.evra i 7000 zaposlenih u 19 postrojenja uglavnom u SAD, Evropi i J.Americi. Posle konsolidacije proizvodnje polibutena u svojim postrojenjima u Francuskoj i SAD, BP je dao novo ime Indopol za sve polibutene, koji se koriste u disperzantima

za maziva ulja, deterdžentima, aditivima za gorivo i za druge specijalne svrhe; BP je najveći svetski proizvođač ovih hemikalija.

BASF i njegovi partneri u zajedničkom preduzeću u Taragoni (Spanija) predviđaju ulaganje 700 mil.evra u toku sledeće 4 godine. U toku je rad na nekoliko projekata, u vrednosti od 500 mil.evra, među njima za proizvodnju 350 kt/god propilena, kao zajedničko preduzeće sa alžirskom naftnom kompanijom "Sonatrach", koja će isporučivati propan potreban za postrojenja od 225 kt/god PP, koje gradi "Basell"; oba postrojenja treba da se završe 2003.

Švajcarska firma "Ciba Speciality Chemicals" zaključila je sporazum sa francuskom "Atofina" za distribuciju njene grupe polietarskih blok-amida Pebax, koji se koriste kao permanentni antistatici za termoplaste; dve firme su takođe odlučile o zajedničkim razvojnim istraživanjima ovih proizvoda. Nezavisno od toga "Ciba" je otkupila holandsku firmu "EFKA Additives", koja proizvodi disperzante, sredstva za ujednačavanje i antipenušavce za proizvodnju premaza i štamparskih boja, ima 100 zaposlenih i prodaje svoje proizvode u 80 zemalja širom sveta.

Britanski proizvođač finih hemikalija "Yule Cato" postao je jedan od vodećih svetskih proizvođača polimera rastvornih u vodi, sa godišnjom prodajom od oko 300 mil.evra, spajanjem 3 svoje firme: "Revertex Belgium", koja proizvodi lepila rastvorna u vodi, "Synthomer", koja proizvodi sintetičke latekse i emulzije, i "Harlow Chemicals" koja proizvodi emulzije za premazna sredstva i lepila. Spojene firme će raditi pod nazivom "Synthomer" a spajanje poslovanja omogućuje investicije u nekom od 9 proizvodnih postrojenja na više kontinenata, uključujući povećanje kapaciteta u 2 postrojenja i modernog pilot-postrojenja za polivinil-alkohol u V.Britaniji, postrojenja za proizvodnju disperzija u Belgiji i dodatna sredstva za razvojna istraživanja.

Engleska investiciona firma "Cinven" otkupila je od nemačke firme "Klöckner-Werke" njenu filijalu za proizvodnju plastičnih folija "Klöckner Pentaplast", za koju se očekuje saglasnost antikartelnih organa. Firma je bila osnovana kao "Kalle Pentaplast", zajedničko preduzeće "Klöcknera" i "Hoechst", a promenila je naziv kad je "Hoechst" prodao svoje imovinsko učešće. "Klöckner-Pentaplast" je jedan od vodećih proizvođača PVC, PP i PET krutih folija, a povećana je poslednjih godina otkupom jedne švajcarske farmaceutske i jedne nemačke firme za prehrambena pakovanja. Ona je imala godišnju prodaju od 870 mil.evra u 14 postrojenja u više evropskih zemalja, SAD i Argentini.

## RAZVOJ METALOCENSKIH KATALIZATORA ZA POLIMERE

Metalocenski katalizatori se sve više koriste za proizvodnju velikih količina polimernih proizvoda, npr. za svetsku proizvodnju PE od 1 mlrd. t/god, a sledećih nekoliko godina mogu biti zasnovani na potpuno novoj koncepciji, koja će proizvođačima omogućiti veću fleksibilnost izbora procesa i osobina proizvoda. Pored toga, oni koji rade na razvoju procesa pokušavaju da, pored uobičajenih olefina, polimerizuju polarne monomere, što bi predstavljalo proširenje primene metalocenskih katalizatora od baznih polimera na specijalne materijale i druge hemijske procese. Takođe je došlo do širenja razvoja ovih katalizatora izvan elitne grupe proizvođača, kao što su "Dow Chemical", "ExxonMobil", "Basell" i "Chevron Phillips" koji su ih prvobitno razvili, na firme koje ne proizvode bazne poliolefine. Jedna od njih je "Bayer" koja je unapredila sastav ovih katalizatora razvojem grupe sa donatorom i akceptorom atoma u ligandima, tako da oni mogu da se vezuju ili ne vezuju, u zavisnosti od temperature. Normalno, ligandi metalocenskih katalizatora imaju strukturu "sendviča", bez kovalentnih veza između njih, ili povezanu sa kovalentnim lancem između 2 liganda. Katalizatori sa povezanom strukturom se obično koriste za kontrolu stereochemije polimerizacije, radi dobijanja proizvoda, kao što je sindiotaktični PP, dok se katalizatori sa nepovezanom strukturom obično koriste za semikristalinične proizvode, kao što su PEVG i LPENG. Prednost grupe "Bayerovih" katalizatora tipa donor-akceptor je fleksibilnost, jer se nalaze između 2 grupe te omogućuju kontrolu stanja celog sistema, a posebno su pogodni za dobijanje kopolimera i blok-kopolimera. "Bayer" razvija ove katalizatore radi unapređenja svoje proizvodnje sintetičkog kaučuka, a ne da bi ušao u novu oblast, te planira davanje licence za najveći broj procesa radi drugih primena.

Katalizatori sa tranzicionim metalima su druga grupa koja je blizu realizacije. Firme "DuPont" i "Eastman" izveštavaju o njihovim raznim mogućnostima, uključujući nove PE, alfa-olefine i kopolimere etilena sa polarnim monomerima. "DuPont" radi na grupi katalizatora Versipol, po sastavu nikal-paladijum-alfa-diiimini i gvožđe-kobalt-tridentati, a "Eastman" na grupi Gavilan, po sastavu takođe gvožđe-kobalt-tridentat i paladijum-nikal. "DuPontovim" tridentat katalizatorima može da se proizvodi

vrlo linearni PEVG, a firma BP takođe radi na sličnim katalizatorima, te su 2 firme već 1999. međusobno razmenile licence, da izbegnu probleme intelektualnih prava koje su usporile razvoj ranijih procesa sa metalocenskim katalizatorima. Sa ovim katalizatorima mogu da se proizvode i alfa-olefini, koji nisu obuhvaćeni razmenom licenci, sa više prednosti u odnosu na postojeće industrijske postupke, kao što su: veći prinos linearnih alfa-olefina, rad na nižim temperaturama i pritiscima, velika selektivnost i mnogo jednostavniji proizvodni postupak. Za razliku od njih, alfa-diiiminski katalizatori mogu alfa-olefine da učine suvišnim za proizvodnju LPENG, jer se razgranati PE dobijaju direktnim korišćenjem etilena. U sadašnjoj proizvodnji LPENG-a alfa-olefini se koriste kao komonomeri radi račvanja uglavnom linearnog polimernog lanca, čime se poboljšava prerada dobijenog proizvoda. To uspeva zbog mehanizma "kretanja katalizatora duž lanca", a on inicira polimerizaciju, kao i drugi metalocenski katalizatori, koordinacijom veze između metala, olefinske sirovine i polimernog lanca. Razlika između novih i postojećih katalizatora je šta se dalje dešava u reakcionoj sredini. Kod nikal-katalizatora koordinaciona veza se duže zadržava nego kod metalocenskih, te postoji mogućnost ponove adicije metalnog hidrida posle izvesne promene polimerizacionog lanca. Ponovnom adicijom stvara se struktura u kojoj metal ulazi u lanac, a katalizator u sredini lanca može da započne grananje. Pošto "DuPont" ne proizvodi poliolefine, planira davanje licence za većinu katalizatora Versipol, dok jednu njihovu osobinu zadržava za sebe-sposobnost kopolimerizacije etilena sa polarnim monomerima. Firma predviđa korišćenje ovih katalizatora za proizvodnju polimernih proizvoda za pakovanje i industrijske potrebe, koje obuhvataju primene od modifikovanja asfalta do obrade hartije.

Firma "Eastman" takođe eksperimentiše kopolimerizaciju polarnih monomera, kao metilmetakrilata i vinil-acetata, sa svojim niklenim katalizatorima, dok predviđa rad na kopolimerizaciji etilena i drugih funkcionalnih monomera.

Ni "DuPont" ni "Eastman" ne iznose detalje, ali žele da kopolimeri steknu osobine koje korišćenjem metalocenskih katalizatora stiču bazni poliolefini. Npr. već postoje etilakrilat-kopolimeri vrlo račvaste strukture, a "Eastman" želi da dobije više linearne.

"DuPont" je zaključio ugovore sa firmama "W.R. Grace" i "Akzo Nobel" o isporuci većih količina katalizatora radi potencijalne licence. Veći broj korisnika aktivno radi sa katalizatorima u više proizvodnih oblasti, razvijajući procese za svoje potrebe i postrojenja. "Eastman" takođe priprema davanje licenci, jer smatra da su ovi procesi ne samo novost, već prodor na tržište; dve od njihovih prednosti su mogućnost rada na višim temperaturama i korišćenje vodonika kao agensa za prenos lanca.

Firma "Japan Polychem" razvija metalocenske katalizatore kao komplekse vezane za strukturu liganda, koji predstavljaju nosače i aktivatore katalizatora. Firma ih već delimično koristi za proizvodnju kopolimera PP, a predviđa davanje licenci, jer su ovi katalizatori kompatibilni sa većim brojem poliolefinskih, dok im je niža cena jedna od prednosti.

Za grupu novih katalizatora firme "Borealis", kod kojih su siloksi-grupe vezane za strukturu liganda, cena je takođe ključni faktor. Firma, jedna od prvih koja je 1995. industrijski koristila grupu metalocenskih katalizatora Borecene, navodi neke prednosti siloksi-supstituisanih katalizatora u odnosu na uobičajene, uključujući veću molekulsku masu i lakšu aktivaciju katalitičkog sistema. To dovodi do smanjenja troškova i može da omogući korišćenje ovog sistema za bimodalne PE-smole sa širokom raspodelom molekulskih masa koje se, za razliku od standardnih metalocenskih polimera, lako prerađuju, a imaju dobre mehaničke osobine. Firma planira industrijsku primenu katalizatora za svoj dvostepeni postupak Borstar koji kobminuje rad u gasnoj fazi i suspenziji, a verovatno će početi proizvodnju folija LPENG u toku 2002.

Zajedničko preduzeće "Dow" i "ExxonMobil" za PE-tehnologiju "Univation Technologies" takođe predviđa proizvodnju bimodalnog PEVG sa novim katalitičkim sistemom EXXPOL, u jednom reaktoru u gasnoj fazi, umesto višestepenom postrojenju. Ono smatra da postupak može da dovede do velikog smanjenja troškova za firme koje žele licencu za proizvodnju smola. Međutim, firma navodi da treba prevazići veći broj prepreka u razvoju postupka. Prva je da li će korišćena grupa metalorganskih jedinjenja, koja zajedno funkcionišu, stvoriti željenu molekularnu strukturu. Druga je potreba uravnoteženja aktivnosti katalizatora sa njihovom sklonošću da deluju jedan sa drugim, što je vrlo teško postići, jer se mnogi katalizatori truju

jedan sa drugim ili sa raznim tipovima aktivatora. Bez obzira na navedene teškoće, smatra se da su neophodne male izmene za njihovu primenu, i predviđa se za 2001. izvođenje procesa u industrijskom reaktoru, a industrijska proizvodnja 2002.

Ako budu uspešni, poliolefini procesi, kao oni koje razvijaju "Univation" i "Borealis" mogu stvoriti još jedno ogromno tržište za metalocenske katalizatore, a ako se uzmu u obzir i rad na primeni firmi, kao što su "Bayer", "DuPont", "Japan Polychem" i "Eastman", očigledno je da postoji znatno veća primena metalocena u proizvodnji polimera.

### NOVI POSTUPAK ZA POLIOLEFINE

Holandska firma "Basell Polyolefins", zajedničko preduzeće holandske firme "Montell Polyolefins" i BASF-a osnovano 2000, vrši rekonstrukciju svog postrojenja za proizvodnju 180 kt/god PP u Italiji, radi uvođenja novog postupka za proizvodnju raznih poliolefina koji je razvio "Montell". U postupku se, umesto 2 reaktora sa fluidizovanim slojem u seriji, koristi jedan, multizonski cirkulacioni reaktor za polimerizaciju u gasnoj fazi. Sa postojećim katalizatorom, proizvodnja se udvostručuje, troši se 60% manje energije i dobija znatno homogeniji proizvod, jer se slojevi polimera lagano stvaraju u toku 50–100 ciklusa kroz reaktor, umesto u 2 stupnja u odvojenim reaktorima; proizvod se kontinualno ispušta iz reaktora. Predviđeno je da se postrojenje pusti u rad sredinom 2002. i u početku koristi poznati Ziegler-Natta katalizator.

### KATALIZATORI AVANT ZA PE I PP

Firma "Basell", zajedničko preduzeće za poliolefine "Shella" i BASF-a, je vodeće svetsko preduzeće za razvoj PE i PP – procesa i odgovarajućih sistema sa preko 50 tipova katalizatora. Serija katalizatora Avant obuhvata:

– katalizatore za PP: Avant Zn za homopolimere, nesređene kopolimere i heterofazne kopolimere (po postupku Spheripol, i u suspenziji, čvrstoj i gasnoj fazi), Avant Zn (di-eter) za iste proizvode i postupke i Avant M (metalocen) za homopolimere (po postupku Spheripol i u čvrstoj i gasnoj fazi) nesređene kopolimere i heterofazne kopolimere (postupak u gasnoj fazi);

– katalizatore za PE: Avant C (hrom) za PEVG/PESG sa širokom i srednjom raspodelom molekularnih masa (po postupku Lupotech G, Phillips Loop i ostale u suspenziji i gasnoj fazi) i Avant Z (Ziegler) za PEVG sa širokom, srednjom i uskom raspodelom molekularnih masa (po postupku Hostalen, Spherilene, Phillips Loop i ostalim u suspenziji) i za

LPENG (po postupku Spherilene, Phillips Loop i ostalim u suspenziji).

### POLIURETANSKE GUME ZA MOTORNA VOZILA

Američki proizvođač guma za motorna vozila "Goodyear" i francuski "Michelin" rade na razvoju nove generacije poliuretanske tehnologije, koja može doprineti proizvodnji guma manje sklonih odvajanju protektora i pucanju. "Goodyear" je zaključio sporazum za zajednički razvoj PU-guma za vozila sa američkom firmom "Amerityre", koja ih sada proizvodi za bicikle, a proizvela je probne količine za automobile i lake kamione. Firma proizvodi ove gume od poliola, metil-difenil-izocijanata (MDI) i 4 dopunska sastojka, koji se injektuju u kalup sa strukturom za gumu i materijalom za očvršćavanje, a potom vrte radi dobijanja perfektno okrugle gume. Za razliku od standardnih guma, koje se proizvode spajanjem više slojeva, kod monolitnih PU-guma ne dolazi do odvajanja traka, mogu da se proizvode sa automatizovanim opremom radi brže proizvodnje, po cenama uporedivim sa sada proizvođenim gumama. Postoji više firmi koje nisu pristalice ovih guma. Proizvođač poliuretanskih komponentata "Bayer" smatra, na osnovu svojih ispitivanja, da je pojava zagrevanja prepreka za proizvodnju PU-autoguma. "Goodyear" navodi da se PU-gume proizvedene u periodu 1950–1970. nisu mogle meriti sa standardnim gumama od kaučuka, ali poboljšanje osobina materijala i postupka u toku poslednjih 20 godina, mogu da za nekoliko godina dovedu do proizvodnje PU-guma. "Michelin" je razvio novi sistem za PU-gume, Pax System, u kojem se koriste interni PU-podupirači, koje je razvila firma "Dow Chemical", a omogućuju da se sa gumi-defektom pređe preko 200 km. "Dow" je razvio za "Michelin" polimere od MDI i poliola, kakvi se do sada nisu proizvodili, a planira proizvodnju podupirača, livenih prema specifikaciji "Michelina", za gume koje će se proizvoditi od 2002.

### PANELI OD SLAME I POLIMERA

Američka firma "Dow Chemical" otkupila je najveći deo kanadske firme "Isobord", koja je 1998. uložila 100 mil.evra u izgradnju postrojenja za proizvodnju panela od slame i metil-difenil-izocijanata (PU), koji je isporučivao "Dow"; firma je 2001. zapala u finansijske teškoće i bankrotirala. "Dow" smatra da se proizvod "Isoborda" dobro uklapa u njegov položaj na tržištu izgradnje kuća, i uvek je verovao u njegov tržišni potencijal za potrošače i graditelje. Glavne prednosti "Isoborda", u odnosu na panele od drugih materijala, se zasniva na korišćenju godi-

šnje obnovljive sirovine, koja se inače spaljuje, polimernog veziva, koje ne sadrži formaldehid te ne predstavlja zdravstveni rizik, i očuvanje životne sredine manjim korišćenjem panela sa drvetom. Međutim, neki proizvođači ne slažu se da su paneli sa slamom ekološki povoljniji, a prema analizi BASF-a, koji takođe proizvodi PU, i njihova proizvodnja je nešto skuplja.

### MOST OD KOMPOZITA

Američka firma "Strongwell" izgradila je po nalogu Uprave za transport države Virdžinija na autoputu most dužine 11,5 m sa nosećim gredama veličine 45 x 90 cm izrađenim od epoksi-vinil-estarske smole Derakane, proizvod "Dow Chemical", ojačane staklenim vlaknima. Grede su teške oko 100 kg po dužnom metru, što je dva puta manje od zamenjenih korodiranih, čeličnih greda. Prema "Dow", to predstavlja prvo korišćenje nosećih greda od kompozita za most na autoputu u SAD.

### UNIVERZALNI LEPAK ZA ETIKETE

U hemijskoj i farmaceutskoj industriji proizvode se pakovanja različite veličine i od različitih materijala, kao što su karton, staklo, polimerni proizvodi, metalni limovi itd., na kojima se nalaze etikete sa nazivom proizvoda i drugim potrebnim informacijama. Ako dođe do odlepljivanja etiketa, a one moraju tako dugo da budu zalepljene kolika je i trajnost proizvoda, neku put i 5 godina, što se često dešava već pri unutrašnjem transportu, proizvod se ne može izneti na tržište i nastaju veliki troškovi za njegovu naknadnu preradu. Do odlepljivanja etikete dolazi jer se korišćeni lepkovi u disperziji ili rastvaračima ne vezuju jednako za sve materijale, kao i usled spoljnih uticaja pri transportu, kao što su promene temperature i vlažnosti vazduha, jer pošiljke odlaze u najrazličitije klimatske oblasti, a pri prekomorskom transportu izložene su i morskoj vodi i tropskom vlažnom vazduhu. Nemačka hemijsko-farmaceutska firma "Merck" i proizvođač etiketa "Herma" zajednički su radili na razvoju pogodnog univerzalnog lepka, i posle ispitivanja 18 lepkova odabran je akrilatni dobijen umrežavanjem izuzetno stabilnog poliakrilita dejstvom UV-svetlosti, pri kojem ne dolazi do migracije fotoinicijatora. Ispitivanje kvaliteta, koje je obuhvatalo početno lepljenje, vezivanje posle 72 h i posle 60 dana, pod otežanim uslovima u klima-komori, pokazalo je da je UV-akrilatni lepak izuzetno otporan na vlagu, morsku vodu, zagrevanje i staranje i ne teži lomljenju ili obojenju. Kako ovaj lepak odgovara svim uslovima i tipovima pakovanja, "Merck" zahteva od svih svojih isporučilaca etiketa korišćenje samo ovog lepka.

## KULE ZA HLAĐENJE OD POLIMERNIH MATERIJALA

Kule za hlađenje predstavljaju značajan deo opreme postrojenja, posebno za proizvodnju energije, te se usled njenog povećanja predviđa porast svetske prodaje industrijskih kula i njihovih komponenata od 3,0 u 2001. na 3,6 mlrd. evra u 2006. One se proizvode od drveta, fibreglasa, galvanizovanog ili nerđajućeg čelika, betona i polimernih materijala, pri čemu je drvo još uvek dominantan konstrukcioni materijal, izuzev što se, za razliku od SAD, u zemljama gde je rad relativno jeftin obično koristi beton. U narednom periodu predviđa se veća primena polimernih materijala, koji predstavljaju idealno rešenje jer su trajni a otporni na koroziju i koriste se već preko 30 godina, ali su do sada bili ograničeni na kule kapaciteta hlađenja od nekoliko stotina tona što je malo za mnoge primene u hemijskoj procesnoj industriji (kapacitet kula za hlađenje se određuje u tonama za hlađenje gde je 1 t hlađenja vode isparavanjem ekvivalentna toplotnoj struji od oko 570 kW). Hlađenje olakšava voda koja preuzima procesnu toplotu i prenosi je u kulu, gde se ta toplota isparavanjem vode i izduvavanjem pare prenosi u atmosferu. Ista količina tona hlađenja može se postići promenom protoka vode i time opsega hlađenja (razlika ulazne i izlazne temperature).

Sa napretkom razvoja inženjerskih polimera i tehnike livenja, firma "Delta Cooling Towers", koja je prva počela razvoj kula od ovog materijala 60-ih godina, može sada da izgradi polimerne kule skoro svih željenih veličina, a nedavno je iznela na tržište svoju seriju modularnih kula TM izrađenih od PEVG za kapacitete hlađenja do 2000 t. Za veće kapacitete mogu se koristiti više modula, a takođe, ako je potrebno, pojedini moduli se mogu isključiti iz rada radi održavanja ili opravke. Druge karakteristike kula ove firme uključuju konstrukcije sa dvostrukim zidovima, liveni nepropusni ispus za talog, nezapušavanje, mlaznice širokog otvora i duvaljke sa direktnim pogonom.

Kule od polimernih materijala su po ceni konkurentne kulama od galvanizovanog čelika, ali je njihova prednost veća trajnost i manji troškovi održavanja, inače karakteristični za ove uređaje. Smanjenjem osoblja za održavanje, kupci sve više traže kule koje mogu sami da montiraju i koje rade praktično bez održavanja. Sa smanjenjem održavanja i tretman vo-

de za hlađenje je jednostavniji, jer nema opasnosti od truljenja drveta ili korozije metalnih delova.

Firma "Ceramic Cooling Towers" planira proizvodnju nove serije modularnih kula CP izgrađenih od polimernih materijala ojačanih staklenim vlaknima kapaciteta oko 750 t hlađenja, dok će kapacitet svoje serije modularnih keramičkih kula povećati do 2500 t po jedinici. Za nove kule serije CP biće korišćeni različiti materijali za punjenje, uključujući PVC, ali u njima za punjenje neće biti korišćene keramičke ploče, kao u drugim tipovima. Nova serija će upotpuniti postojeći veliki izbor kula od fibreglasa ove firme, namenjenih praktično za svaki željeni kapacitet hlađenja, od 20 t do onih za električne snage 500 MW i veće.

Uprkos proizvodnji kula za hlađenje od polimernih materijala većih kapaciteta, one se još dugo neće koristiti za rafinerije nafte, velika procesna postrojenja i termoelektrane za koje su potrebni kapaciteti hlađenja više stotina m<sup>3</sup>/s vode. Smatra se da ove kule bolje odgovaraju za manje potrebe sa niskim temperaturama, kao što su kondicioniranje vazduha i laka industrijska proizvodnja.

Kule većih kapaciteta, prethodno sastavljene kod proizvođača, izrađene od polimernih materijala, fibreglasa ili galvanizovanog odn. nerđajućeg čelika, približavaju se oblasti normalno predviđenoj za terensku montažu na lokaciji primene, koja se obično koristi za kapacitete hlađenja iznad 1500–2000 t. Prednost prethodnog sastavljanja je lakša i brža terenska montaža i mali troškovi, zbog manjeg broja potrebnih radnika, a kontrola kvaliteta se takođe lakše prati kod korisnika. Kao alternativu terenskoj montaži kula za veće potrebe, firma "Marley Cooling Technologies" nudi seriju prethodno sastavljenih kula NC Wide-Body, širokih oko 420 cm sa kapacitetima pojedinih ćelija od 99–1274 t hlađenja.

Fibreglas se sve više koristi za kule pošto se njegova cena smanjuje praktično na cenu drveta. Prosečno, njegova cena je oko 20% veća, ali ako se uračunaju troškovi za sprečavanje paljenja drveta, cena je skoro jednaka. Pored toga, predviđa se da će ove kule preuzeti deo učešća kula od drveta usled uticaja na životnu sredinu sredstava za konzervisanje drveta, koje, sa izduvnom parom, odlaze u rečne tokove. Nasuprot tome, upotreba fibreglasa eliminiše korišćenje sredstava za konzervisanje,

a one bezbedno rade ne koristeći tretman za sprečavanje požara.

Kule prethodno sastavljene kod proizvođača mogu da se koriste pri prekidu rada postojećih radi njihovih opravki ili zamene, a privremene ili iznajmljene kule mogu efikasno svesti na minimum uska grla sistema za hlađenje. Njihovo brzo postavljanje, u slučaju nedovoljnog kapaciteta ili preopterećenih sistema za hlađenje, omogućuje da se deo vruće vode iz povratnog toka, pre ulaska u primarnu, šalje u privremenu kulu, gde se hladi i potom vraća u primarnu kulu. Time se ispunjavaju potrebe procesa bez dodatnih investicija, i doprinosi njegovoj rentabilnosti.

Za maksimalnu produktivnost i najmanje prekide rada, kule je potrebno redovno proveravati i pravilno održavati, a određene količine hemikalija za tretman vode dodavati u predviđenim intervalima, bolje uz automatsku kontrolu. Od novih sredstava za čišćenje, firma "Ondeo Nalco" proizvodi Biodetergent 73550 na bazi tenzida, koji uklanja meke naslage zagađivača sa unutrašnjih površina kule, izmenjivača toplote i hladnjaka čime se ponovo uspostavlja efikasnost hlađenja i rada kolone. Sredstvo takođe deluje kao disperzant sprečavajući ponovno taloženje uklonjene biomase. Sličan proizvod je Spectrus BD 1550 firme "BetzDeArborn", novi biodisperzant i biocid za uklanjanje mikrobioloških filmova sa površina sistema za hlađenje. Smeša aktivnih sastojaka efikasno uklanja biofilmove, radi održavanja efikasnosti prenosa toplote i svode nja na minimum uslova pogodnih za rast bakterije Legionella. Sam Spectrus nema biocidnu aktivnost, ali deluje sinergijski sa oksidacionim i neoksidacionim biocidima i pojačava njihovo antimikrobno dejstvo. Isporučen kao tečnost kompatibilan je sa uobičajenim inhibitorima taloženja kamenca i korozije sistema za hlađenje i većinom metala i polimernih proizvoda.

Alternativni tretman za sprečavanje stvaranja mikrobioloških filmova u kulama za hlađenje je korišćenje ozona, koji može da smanji potrebu njihovog produvanja, a, u slučaju gde su napojna voda i okolni vazduh čisti, da je potpuno eliminiše.

## CEVOVODI OD POLIMERNIH MATERIJALA

Planiranje novih postrojenja i cevovoda vrši se danas sve više na osnovu dugotrajne, bezbedne upotrebe i brze nabavke potrebnih mate-

rijala i dopunskih uređaja. Time se, već pri planiranju, postavljaju uslovi za pogodan konstrukcioni materijal, koji vrlo mnogo zavisi od njegove primene. Ukupno uzevši, polimerni materijali su u prednosti ako treba ispuniti sledeće uslove: velika otpornost na kiseline, koroziju kiselinama, bazama i rastvaračima i abraziju, velika sposobnost oblikovanja, dugotrajnost, mala težina, rapavost, održavanje, vezivanje stranih čestica (inkrustacija) i osetljivost na udar. Termoplastični materijali, kao PE i PP, kao i delimično fluorovani polimeri, kao poliviniliden-fluorid (PVDF) i etilen-hlortrifluoroetilen (E-CTFE), uspešno se koriste u najrazličitijim oblastima već više desetina godina. Oni potpuno ispunjavaju navedene osobine, a, pored toga, mogu se ojačanjem sa duroplastičnim polimerima (polimeri ojačani staklenim vlaknima) koristiti i za najveće procesne pritiske (9200 bara). Pored toga, oni ispunjavaju i osobinu značajnu za bezbednost rada, hemijsku otpornost do 120<sup>o</sup>, a delimično i preko nje, što znatno produžava intervale održavanja.

Proizvodnja termoplastičnih cevovoda i njihovih komponenata npr. kolena, T-komadi itd. vrši se prema odgovarajućim normama, stalno se kontroliše radi održavanja kvaliteta, a transport i prerada vrše se takođe na osnovu određenih smernica i propisa. S obzirom na raznovrsne zahteve u praksi, za izradu cevovoda je neophodno razmotriti veći broj različitih termoplasta i, na osnovu povoljnog odnosa cena – učinak, prvenstveno se koriste poliolefini PEVG i PP, od 1955. i PVC-U, koji se industrijski koristi već od 1935. Za teže uslove rada koriste se delimično fluorovani polimeri, kao PVDF a takođe i E-CTFE, koji su, u poređenju sa poliolefinima, znatno skuplji, ali imaju posebne osobine zbog kojih je njihovo korišćenje neophodno.

Najveći broj industrijski korišćenih konstrukcionih materijala ima mehaničko-elastične osobine, koje ostaju relativno konstantne u dužem vremenskom periodu, ukoliko ne dolazi do korozije. Materijali kao metal, beton ili kamen drži se linearno u odnosu na napon koji deluju na njih, a kamen i beton su kriti i osetljiviji na udar, te pri dovoljno velikom opterećenju dolazi do loma pre prethodne plastične promene oblika. Nasuprot tome, polimerni materijali nisu linearni, a, pored toga, njihove mehaničke osobine zavise od vremena, što se naziva visko-elastičnost. To znači da se polimerni materijal dejstvom sile lagano deformiše tj. reaguje sa izvesnim usporavanjem, a, pored toga, oni su na sobnoj temperaturi skloni puzanju, slično metalima

na vrlo visokim temperaturama. To po pravilu dovodi da se naponi, koji deluju na polimer, vremenom smanjuju te on popušta, ali ne dolazi do loma. Na osnovu mogućnosti različitog opterećenja, PE i PP se prema jačini po DIN-normama, dele u MRS-klase (minimalna tražena jačina): npr. PE sa oznakom PE 80 znači, da cev napunjena vodom usled unutrašnjeg opterećenja na 20<sup>o</sup> mora imati posle 50 godina minimalnu jačinu od 8 Mpa, a PE 100 10 Mpa. Međutim, navedena minimalna jačina ne znači da će cev trajati samo 50 godina, jer je ona, po pravilu, znatno veća, te navedene vrednosti važe i posle 100 godina.

Hemijska otpornost jednog polimernog proizvoda prvenstveno zavisi od njegove molekulske strukture, koja je odlučujuća za hemijsko dejstvo na proizvod i njegove osobine. Poliolefini, kao PE i PP, sadrže relativno inertne C-C i C-H veze, koje se mogu prekinuti samo oksidacijom. Velika oksidaciona stabilnost postiže se uvođenjem Cl-atoma, kao kod PVC-a, dok još veću stabilnost imaju jedinjenja koja sadrže F-atome, kao PVDF i E-CTFE. Drugi kriterijum hemijske otpornosti je apsorpcija fluida, koji protiče kroz cevovod, u materijal, i neki put može da izazove njegovo bubrenje. Konstanta sorpcione ravnoteže za gasove, tj. i za niskomolekularne ugljovodonike je funkcija gustine polimera i temperature gasa. Veća apsorpcija fluida u polimer može se očekivati ako su njihove hemijske strukture slične. Organski rastvarači, kao ketoni, estri i hlorovani ugljovodonici, mogu, naročito pri visokim koncentracijama i temperaturama, da dovedu do bubrenja termoplasta, a, u zavisnosti od apsorbovanog fluida, može doći do primetne promene njegovih mehaničkih osobina. Međutim, u najviše slučajeva, dolazi do zasićenja, koje ne utiče na upotrebne osobine materijala.

Hemijska otpornost termoplasta je različita i zavisi od temperature, što omogućuje izbor najpogodnijeg materijala. Tako su npr. na 10%-nu sumpornu i 10%-nu sonu kiselinu otporni PE (maks.temp. 60<sup>o</sup>), PP, PVDF i E-CTFE (maks. 100<sup>o</sup>), 30%-nu azotnu kiselinu PE (40<sup>o</sup>), PP (20<sup>o</sup>), PVDF (80<sup>o</sup>), E-CTFE (100<sup>o</sup>), natrijum-hidroksid PE i PP (60<sup>o</sup>), PVDF (delimično postojani) i E-CTFE (140<sup>o</sup>), aceton PE (40<sup>o</sup>), PP (60<sup>o</sup>), PVDF (nepostojan) i E-CTFE (40<sup>o</sup>), 96%-ni etanol PE (60<sup>o</sup>), PP i PVDF (100<sup>o</sup>) i E-CTFE (120<sup>o</sup>) i toluol PE i PP (delimično postojani), PVDF (80<sup>o</sup>) i E-CTFE (40<sup>o</sup>). Od naročitog je značaja primena za procese u kojima se javljaju smeše različitih hemikalija, npr. rastvarači sa kiselinama i solima, za

koje polimeri imaju znatnu prednost, jer kod metala dolazi do korozije.

Termoplasti pokazuju, usled njihovih izraženih osobina isparavanja i žilavosti, takođe i veliku otpornost na habanje, koja se povećava sa porastom temperature, te se u praksi često koriste kao zaštita od habanja. Pored toga, poliolefini, npr. PE i PP, imaju izrazitu prednost pri abrazivnim primenama, npr. pri prenosu vodenih rastvora koji sadrže čvrste materije, a ona se ispoljava i pri većim brzinama protoka.

Na osnovu svih ovih povoljnih osobina izgleda da ne postoje granice primene termoplastičnih cevi, ali za njihovu upotrebu, kao i za druge materijale, mora biti odlučujući odnos cena-učinak.

## POLIMERNA PREVLAKA ZA ZAŠTITU OPREME

Američka firma "Bob Curran & Sons" proizvodi novi sistem za zaštitu od korozije i zapušavanja TS-2500 radi produženja trajnosti izmenjivača toplote, metalnih cevi, opreme i drugih komponenata koji može da se koristi za proizvode od gvožđa i ne-gvozdenih metala za zaštitu od korozivnih hemijskih sredina (pH 1-12) i temperatura do 260<sup>o</sup>. Korišćenjem sistema TS-2500 smanjuju se investicije za izmenjivače toplote i troškovi održavanja grejača za slanu vodu i uređaja izloženih tečnostima, kao što su fluorovodonična kiselina i kisela voda, tako da cevi od ugljeničnog gvožđa obloženi sa TS-2500 mogu da smanje investicije do 67%, u poređenju sa titanom i nerđajućim čelikom, i do 80% u poređenju sa Inconelom i Hastelloy-em. Prevlaka se na neki čelik i legure aluminijuma nanosi u 2 sloja: osnovni premaz od cink-fosfata i sloj smeše politetrafluoroetilena (PTFE) i polietilensulfida (PPS), tehničkog polimera firme "Ticona". Pečenje prevlake izaziva raslojavanje i migraciju na površinu PTFE, a mogu se dodati i ugljenična vlakna, radi povećanja termičke provodljivosti i čvrstoće, i hidraulični mineralni punioci sa velikim sadržajem aluminijum-oksida, radi poboljšanja otpora na habanje i sprečavanja odn. popravki pukotina.

Američka firma "Nisshin Gulf Coast" proizvodi sistem za oblaganje Teflonom Fluoroclad radi efikasne i ekonomične zaštite različite procesne opreme, kao što su skladišne cisterne, reaktori, kolone, filtri i transportni uređaji, koga odlikuju visokokvalitetna obrada i izuzetna hemijska otpornost Teflona. Materijal za oblaganje Teflonom debljine 80 ili 120 inča proizvodi se po narudžbi radi postizanja najpogodnije korozione zaštite za određene procesne uslove. Sistem se može koristiti za produženje trajnosti nove ili postojeće opreme skoro svih veličina i oblika.

### NOVI POSTUPAK ZA RECIKLOVANJE PVC-A

"Viniloop Ferrara", zajedničko preduzeće 4 italijanske firme, pustila je u rad početkom 2002. prvo industrijsko postrojenje za reciklovanje PVC-a po postupku Viniloop, razvijenog od belgijske firme "Solvay", koje može da recikluje prisutni PVC iz najmanje 10 kt/god polimernog otpada. Investicije iznose oko 10 mil. evra, a u njima je učestvovalo više evropskih PVC-federacija. Planira se izgradnja do 2004. drugog postrojenja po ovom postupku za reciklovanje cirkada obloženih PVC-om i drugih proizvoda fabrike "Ferrari Textiles" u Francuskoj.

Nezavisno od toga, "Solvay" je zaključio ugovor sa japanskom firmom "Kobe Steel" za izradu studija o izvodljivosti ovog postupka i tržišta reciklovanog PVC-a u Japanu, koja treba da se završi do kraja 2001. "Solvay" navodi da je reciklovanje po kvalitetu ekvivalentan novoproduzvanom PVC-u, i da će postupak pokazati da je PVC ekonomski održiv proizvod, a njegovo reciklovanje može postati značajan, ekonomičan i profitabilan posao.

### RECIKLOVANJE AMBALAŽE U EU

Evropska Komisija predložila je povećanje obaveznog reciklovanja ambalaže i ambalažnog otpada od 50-65% u 2001. na 60-75% u 2006, a ono uključuje i reciklovanje polimernog ambalažnog otpada od 15% u 2001. na 20% u 2006. Prema predlogu Komisije, reciklovanje polimernog otpada obuhvata mehaničku i hemijsku obradu, zadržavajući hemijsku strukturu ili hemijske komponente polaznog materijala, ali ne obuhvata reciklovanje sirovina, koje se definiše kao "korišćenje polimernih materijala u visokim pećima ili proizvodnji metanola". Reciklovanje sirovina može se uključiti u obavezu reciklovanja ukupne ambalaže.

Povodom ovog predloga Asocijacija evropskih proizvođača polimera (AAME) finansirala je studiju, koju je izvršila nezavisna holandska naučno-istraživačka organizacija TNO, u kojoj se navodi da suviše veliko insistiranje na reciklovanju, kao metode rekuperacije polimernog ambalažnog otpada, može da dovede do sve većih troškova uz ograničenu ekološku korist. Na osnovu podataka o uticaju ekoloških i ekonomskih faktora na različite metode uklanjanja otpada, kombinovanjem reciklovanja sa umereno efikasnom rekuperacijom energije, u studiji je utvrđeno da postoji granica, iznad koje se povećanjem reciklovanja po-

limerne ambalaže ne postiže veća zaštita okoline. Tako, povećanje reciklovanja od 5 na 50% utrostručuje troškove, dok ekološki rezultati ostaju uglavnom isti, te se zaključuje da korektan izbor i kombinovanje različitih metoda rekuperacije može na ekonomičan način značajno poboljšati uticaj na životnu sredinu. Grupa nezavisnih naučnika potvrdila je zaključke studije, a predstavnik APME je izjavio da se nada da će ona olakšati donošenje ispravne odluke i planiranje buduće strategije postupka sa otpadom.

### RECIKLOVANJE POLIURETANSKE PENE

Uprkos pritisku društva na industriju da recikluje polimerne proizvode, rešenje može biti neekonomično ili sakupljanje i razdvajanje teško i skupo, što posebno važi za umrežene proizvode, kao što su poliuretanske (PU) pene, koje se ne mogu prerađivati topljenjem. Međutim, društveni pritisak nastavlja da se povećava i krajem 2000. Evropska komisija je donela direktivu kojom se zahteva od država-članica donošenje zakonskih propisa po kojima do 2006. treba reciklovati 30 mas.% korišćenih automobila, potom do 2015. ovu količinu povećati na 85%, a ostalih 10 mogu se spaljivati radi proizvodnje energije i samo 5 izbaciti na deponiju. Ove propise svih 15 država-članica moraju doneti tako da bi direktiva stupila na snagu aprila 2002.

Danas se u većim evropskim zemljama recikluje oko 75 mas.% vozila, a najveći deo toga su metali, tako da polimerni proizvodi, guma i staklo zajedno čine oko 25% težine vozila koju treba reciklovati.

Istraživački centar američke firme "Dow Chemical" u Švajcarskoj ispituje 2 postupka reciklovanja PU-pene, koja se u automobilima koristi za sedišta, tablu sa instrumentima i tepihe: mehaničku pulverizaciju i solvolizu u dikarboksilnim kiselinama kojim se dobija "reciklat". U prvom postupku, razvijenom od firme "Mobius Technologies", koristi se specijalno projektovani uređaj za pulverizaciju PU-pene na sobnoj temperaturi u fini prah, koji se može dodati novoproduzvenoj peni do 15% njene težine. Ovaj postupak je zamenio kriogenu pulverizaciju, koju su koristile neke firme, jer nije bila ekonomična, dok proizvođači, koji koriste "Mobius"-postupak za reciklovanje otpada svoje proizvodnje, amortizuju opremu za oko 1 godinu.

Nemačka firma "Regra Recycling", koristi postupak solvolize, razvijen na Univerzitetu Aalen, u

kome se isitnjena pena ubacuje u reakcioni sud na atmosferskom pritisku i dodatkom dikarboksilne kiseline stvara oligomerna disperzija.

Ranije korišćenim postupcima reciklovanja, zasnovanom na hidrolizi, glikolizi ili aminolizi, dobijen je reciklabilni materijal sa velikim sadržajem kratkolančanih poliola, nepogodan za reciklovanje u fleksibilnu penu. Drugi nedostatak ranijih postupaka bio je da pena za auto sedišta često sadrži stiren-akrilonitrilnu smolu, koja u reaktoru stvara gel, što se ne dešava u solvolizi.

Pulverizacijom ili solvolizom može se dobiti reciklovani polimer koji zamenjuje do 7 mas.% novoproduzvenih sastojaka, a odgovara specifikacijama auto-proizvođača, što nije mnogo ali predstavlja potpuno reciklovanje. Evropski propisi ne zahtevaju da se pena rekuperisana od automobila koristi za nova vozila, te se pena sa većim sadržajem reciklovanog materijala mogu koristiti za druge, manje osetljive primene, kao što su prigušivanje buke i vibracija.

Dalji problem reciklovanja PU-pene je razmatranje zakonskih propisa u Evropskom parlamentu reciklovanja električnog i elektronskog otpada, pa se npr. za 2006. predlaže reciklovanje 80 i 75 mas.% telekomunikacionih uređaja. Ovi zahtevi su teži za realizaciju jer elektronska oprema sadrži manje metalnih komponenta od motornih vozila, a postoji i drugi problem što kondenzatori, koji se koriste u frižiderima i drugoj opremi, mogu da sadrže polihlorovane difenile, koji zagađuju penu i posebno otežavaju njeno čišćenje i reciklovanje.

Prema mišljenju "Dow Chemical", pulverizacija i solvoliza predstavljaju rešenja koja se mogu dalje razvijati radi ispunjenja očekivanja društva i ostvarenja zakonskih propisa.

### PREČIŠĆAVANJE VODE ZA PROIZVODNJU POLIMERNIH PROIZVODA

"DuPont" u svom preduzeću u Nemačkoj proizvodi 150 kt/god sintetičkih vlakana, granula i folija, a kao sredstvo za rastvaranje, hlađenje i prečišćavanje najčešće se koristi voda iz koje se, za ovu proizvodnju, moraju potpuno ukloniti mikroorganizmi i joni. Preduzeće za sve primene koristi 300.000 m<sup>3</sup>/god vode za piće, od čega je 3/4 odlazilo kao otpadna voda, te je 2001. odlučeno da se, sa postojećim biološkim postrojenjem za bistrenje i tretman otpadne vode, integriše i novo postrojenje za reciklovanje. Novo postrojenje kombinu-

je, u trostepenom postupku, različite metode za uklanjanje iz vode sumpornih, azotnih i fosfornih jedinjenja i mikroorganizama.

U tzv. AAA-biotehnološkom postupku sa aktivnim muljem, u prvom stupnju bakterije razgrađuju azotna i fosforna jedinjenja prisutna u procesnoj vodi korišćenjem obe linije fabričkog postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda.

Denitrifikacija (prevođenje nitrata u azot) se vrši anaerobno, dok aerobne bakterije oksidišu pomoću kiseonika amonijum-jedinjenja u nitrata ili nitrite, a istovremeno uklanjaju i jedinjenja sumpora i ugljenika. U drugom stupnju, ultrafiltraciji, membrane zadržavaju neorganske čestice, organska jedinjenja i mikroorganizme veće od 0,01  $\mu\text{m}$ . Voda pod pritiskom od 1,4 bara protiče kroz membrane, koje se sastoje od velikog broja svežnjeva šupljih vlakana, i izlazi iz ovog stupnja kao filtrat bez mikroorganizama. Radi poboljšanja filtracije, na ulazu u ovaj stupanj dodaje se so gvožđe kao flokulaciono sredstvo, a pošto se pore membrana vremenom zupšavaju, neophodan je povratni tok permeata radi ispiranja. Posle ovog stupnja, uključen je filter sa aktivnim ugljem koji adsorpcijom i bioaktivnošću razlaže rastvorena organska jedinjenja, da bi se smanjio hemijski utrošak kiseonika (COD). U vodi koja izlazi iz filtra sa aktivnim ugljem može doći do povećanja sadržaja mikroorganizama, i, usled toga, do oštećenja membrana sledećeg stupnja tzv. bi-zapušavanjem, te je neophodno zračenje filtrata UV-zracima. U trećem stupnju hiperfiltraciji, membrane zadržavaju čestice veličine do 0,001  $\mu\text{m}$  čime se iz filtrata drugog stupnja eliminišu sulfati, nitrati i hloridi.

Preduzeće je uložilo oko 4,4 mil. evra u novo postrojenje, čiju izgradnju podstiče i EU svojim ekološkim programima. Posle njegovog puštanja u rad, 90% otpadne vode se vraća u proizvodnju polimera, čime se proizvodni troškovi smanjuju za 0,8 mil. evra a potrošnja vode za piće za 530.000  $\text{m}^3$ .

### KONTINUALNI POSTUPAK ZA RECIKLOVANJE PET

Nemačka firma "Schmalbach-Lubeca" uložila je oko 10 mil. evra u izgradnju postrojenja za kontinualno reciklovanje PET-boca u njenom kompleksu u Francuskoj, koje treba da se završi krajem 2002. Postrojenje će biti prvo koje će koristiti novi postupak razvijen zajedno sa švajcarskom firmom "Bühler", i povećati kapacitet prerade na toj lokaciji od sadašnjih 6 na oko 20 kt/god ili okruglo 600 mil. PET-boca godišnje. U postupku se upotrebile PET-boce

najpre sortiraju po boji, drobe i peru uobičajenim načinom, pa se izdobljeni PET unosi u ekstruder, sa odnosom dužine prema prečniku od 30, gde se suši, topi i nečistoće uklanjaju u vakuumu na oko 280°. Istopljeni polimer se filtruje, granulise i direktno unosi u deo iz koga se kontinualno dobija polikondenzovani čvrst proizvod. Tu se PET kristališe i zagreva nekoliko sati na oko 215° u atmosferi azota radi dobijanja PET-a sličnog novoproduzdenom, koji se ispušta na dnu reaktora i hladi. Sistem prečišćavanja azotom u zatvorenom ciklusu uklanja sporedne proizvode (etilenglikol i vodu) i sve zaostale zagađivače iz granula PET. Novim procesom proizvode se granule PET-a po ceni nižoj od one za novoproduzvene ili dobijene reciklovanjem hemijskim procesima, a postupak je ekonomičan za količine sirovina preko 1 t/h.

### UKLANJANJE ZAGAĐIVAČA POLIMERNIM KATALITIČKIM FILTROM

Dioksini i furani spadaju u najopasnije sastojke industrijskih otpadnih gasova usled svoje velike otrovnosti, tako da njihovo uklanjanje predstavlja cilj mnogih postupaka za zaštitu okoline podstaknutih sve strožijim zakonskim propisima. Tako je npr. u Nemačkoj, čiji propisi o zaštiti okoline spadaju među najstrožije na svetu, propisano: granična vrednost njihovog sadržaja u industrijskim dimnim gasovima je 0,1  $\text{ng}/\text{m}^3$ , što su stara postrojenja morala postići najdalje do 1997, od 1993. uvedene su granične vrednosti za 17 dioksina opasnih po zdravlje, zabranjeno je korišćenje hlornih i bromnih jedinjenja u naftnim derivatima koji sadrže olovo, zabranjeno je korišćenje pentahlor-fenola i polihlorovanih difenila i uvedeni su strogi propisi za izbacivanje opasnog otpada na deponije. Postojeći postupci za prečišćavanje otpadnih gasova koji sadrže dioksine su: termičko-katalitički, adsorpcija na sloju aktivnog uglja i ubacivanje mlaza ugljenog praha u gas. U postupcima sa ugljem, dioksini i furani se talože na njegovoj površini čime se znatno povećava otpad zagađen dioksinom koji se potom mora izbacivati na specijalne deponije.

Firma "W.L. Gore & Assoc." razvila je novi postupak uklanjanja dioksina i furana iz gasne faze Remedial DIF Catalytic Filter System u kojem se koristi filter-element sa slojem katalizatora, sastavljen od mikroporozne membrane Gore-TeX od istegnutog PTFE laminiranog katalitički aktivnim filcom od istog polimernog materijala. U postupku membrana zadržava čestice prašine do sub-mikrometerske veličine, dok

gas prodire do katalitički aktivnog filtra, gde dolazi do reakcije kojom se dioksini i furani razlažu u vodu, CO<sub>2</sub> i hlorovodonik. Katalizator se u toku procesa ne menja, ne dolazi do emisije hemikalija u izlazni gas, pepeo koji se uklanja sadrži manje materijala opasnog po zdravlje a, za razliku od sistema na bazi ugljenika, ne postoji opasnost od požara.

Filter-elementi mogu da se koriste u postojećim filter-uređajima za izdvajanje prašine, jer nisu potrebni dodatni uređaji ili veći prostor, nisu potrebne veće promene procesa i pojačana kontrola, kao ni obuka osoblja.

Od 1995. izvršeno je preko 200 serija merenja u postrojenjima za sagorevanje širom sveta i pri tome u preko 70 postavljeni uređaji za ispitivanje sistema. U 6 proizvodnih postrojenja iz različitih oblasti filter-materijal je u jednom stupnju razložio dioksine i furane, a istovremeno izdvojio prašinu, a po pravilu, postignuti su ili premašeni najstrožiji svetski propisi o emisijama koji sada iznose 0,1  $\text{ng}/\text{m}^3$ . U Japanu je npr. katalitički filter-sistem postavljen u jedno postrojenje za sagorevanje kanizacionog mulja, kapaciteta 200 t/dan, i preko pola godine emisije dioksina su osetno ispod 0,1  $\text{ng}/\text{m}^3$  čime su ispunjeni strogi zakonski propisi za zaštitu okoline. Već preko 2 godine katalitički filter-sistem uspešno radi u jednom belgijskom postrojenju za sagorevanje mulja, pouzdano se razlažu dioksini i furani i filtrira prašina iz dimnog gasa do sadržaja ispod 1  $\text{ng}/\text{m}^3$ . U ovom postrojenju zamenom sistema sa aktivnim ugljem katalitičkim filtrom ukupna emisija dioksina smanjena je za preko 90%.

### MEMBRANSKI SISTEMI ZA PRODUVANJE OTPADNIH VODA VAZDUHOM

Nemačka firma "Gummi-Jäger" proizvodi elastomerne sisteme za produvanje vazduhom pod pritiskom postrojenja za bistrenje i prečišćavanje otpadnih voda, što se poslednjih godina pokazalo kao ekonomična metoda. Produvanje se izvodi pomoću membrana, u obliku cevi, diskova i ploča, sa konstantnim ubacivanjem kiseonika u finim mehurima. Uređaji su dugotrajni, sa povoljnom cenom, rade bez održavanja, a njihova jedinstvena osobina male potrošnje energije omogućuje uvođenje novijih postupaka za biološko uklanjanje iz otpadnih voda nitrata i fosfata, čije prisustvo dovodi do preteranog obogaćenja površinskih voda hranljivim materijama i njihove eutrofikacije.

**IN MEMORIAM**

---