



ACHEMA 2009

29. međunarodni sajam i kongres hemijskog inženjerstva, zaštite životne sredine i biotehnologije

Dvadesetdeveti međunarodni sajam i kongres hemijskog inženjerstva, zaštite životne sredine i biotehnologije – Achema 2009, održan u Frankfurtu, u periodu od 11–15. maja, okupio je oko 180.000 posetilaca i preko 4.000 izlagača iz celog sveta.

Tehnološko-metalurški fakultet je za studente organizovao posetu sajmu Achema 2009, tako da je ove godine obnovljena za studente vrlo korisna praksa koja se negovala decenijama na našem fakultetu, a na žalost je dugi niz godina bila prekinuta. Grupu TMF-ACHEMA ove godine je činilo 27 studenata sa različitih studentskih programa i profila, od treće godine osnovnih do treće godine doktorskih studija. Rukovodilac organizacije je bio dr Nikola Nikačević, a veliku pomoć su mu pružili nastavnici i saradnici dr Mirjana Kiječanin, mr Tatjana Kaluđerović i mr Radojica Pešić.

Stručna poseta sajmu je osmišljena tako da pokrije različite aspekte procesne industrije, hemijskog i biohemijskog inženjerstva kao i srodnih oblasti. Osnovni cilj je bio da se studenti sa praktične strane upoznaju sa uređajima i opremom koju izučavaju na različitim predmetima. Cilj je takođe bio da studenti uoče nove trendove u razvoju hemijske industrije i novih materijala, projektovanju procesa i uređaja, koji se dominantno kreću u pravcu održivog razvoja – koristeći obnovljive izvore energije, povećavajući energetska efikasnost procesa i smanjujući upotrebu sirovina i nastanak otpada.

Iz skoro nepregledne ponude locirane u preko 20 hala, nastavnici su izdvojili značajne sadržaje, grupišući ih po tematskim celinama u pokazne sesije. Tako su formirane teme stručnih vođenja: *operacije i oprema za prenos toplote i mase, mehaničke operacije i oprema, sistemi i oprema za prečišćavanje voda i gasova, pro-*

gramski paketi za hemijsko i biohemijsko inženjerstvo, sistemi za upravljanje procesima i merno-regulaciona oprema, obnovljivi izvori energije, biotehnologije, istraživanje i razvoj. Dnevno su organizovana po dva vođenja u trajanju od oko dva sata. Tokom jedne sesije predstavljeno je nekoliko kompanija, odnosno njihovih proizvoda i usluga, koje su najbolje reprezentovale datu temu. Na taj način su studenti mogli da vide izbliza kako izgledaju i čuju od eksperata iz kompanija kako funkcionišu uređaji, procesi, kompjuterski programi i sistemi. Osim ovog efikasnog načina upoznavanja, studenti su takođe sami mogli da prođu kroz hale, popričaju sa stručnjacima, čuju neko od mnogobrojnih naučnih predavanja. Studenti su pokazali visok nivo zainteresovanosti i motivisanosti, bili su aktivni tokom vođenja i vrlo kooperativni tokom celog boravka, što je za primer i pohvalu. Pored ovako ispunjenog stručnog programa, svi su imali energije i volje za dalja istraživanja interesantnog grada Frankfurta punog kontrasta, kako u arhitekturi, tako i u socijalnoj strukturi. Druženje u grupi je bilo spontano i intenzivno, raspoloženje je tokom boravka raslo, te je ova šarolika grupa postala vrlo kompaktna i bliska.

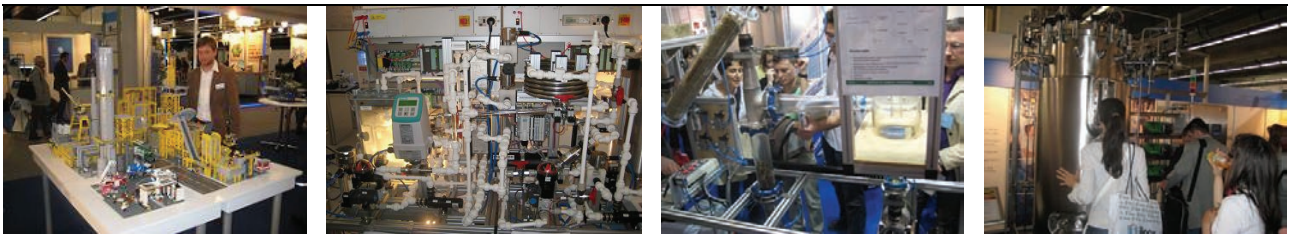
U ovom broju Hemijske industije dajemo najbolje studentske stručne izveštaje sa sajma, pa eto prilike za detaljnije informisanje o ovoj poseti i sajmu Achema. Studenti Tehnološko-metalurškog fakulteta se zahvaljuju organizaciji DECHEMA, koja je većim delom finansirala njihovo putovanje vozom i obezbedila besplatne propusnice za sajam. Vidimo se na sledećoj Achema!

*Dr Nikola Nikačević,
docent na Katedri za hemijsko inženjerstvo*

HEMIJSKO INŽENJERSTVO I BIOTEHNOLOGIJA ZA OBNOVLJIVE IZVORE I ENERGIJU

Temom ovogodišnjeg sajma: Hemijsko inženjerstvo i biotehnologija za obnovljive izvore i energiju, izlagači, vodeće svetske kompanije iz ove oblasti, hteli su da skrenu pažnju na važnost korišćenja alternativnih izvora energije i goriva, kao što su, na primer, biodizeli.

Po nameni, osim prezentacije novih dostignuća i inovacija, ovaj sajam je poslovnog karaktera. Statistika prethodno održanog sajma – Achema 2006, pokazuje da su najveći deo učesnika sajma inženjeri (kako hemijski, tako i biohemijski): 38%. Od ukupnog broja učesnika oko 5% čine studenti, a deo te grupe, ove godine



bili su i studenti Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Pored energetskog aspekta, izlagači su isticali veliki značaj očuvanja životne sredine – smanjenje emisije štetnih gasova u atmosferu i prečišćavanje otpadnih voda.

Jedna od vodećih firmi koja se bavi prepremom voda VEOLIA, predstavila je svoj koncept *Mobile Water Solutions*, koji omogućava tretman vode “bilo gde i bilo kad”. U predtretmanu, površinska ili morska voda se filtrira a zatim tretira aktivnim ugljem, čime se uklanjaju čvrste materije, koloidi, teški metali, hloridi, a redukuju organski pesticidi i nitrati. Demineralizacija vode se ostvaruju reversnom osmozom i jonoizmenjivačkim postupkom. Ovaj postupak može se koristiti pri desalinaciji morske vode, kada potrebe dozvoljavaju da se dobije dejonizovana voda slabijeg kvaliteta direktno od površinskih tokova. Ultra čista voda (kvaliteta i do 18 MΩ cm) sa sadržajem silicijuma ispod 2 ppm, koristi se u industriji za posude pod visokim pritiskom, nuklearnim postrojenjima, i za procese na kritičnim uslovima. Prednosti postupka *Mobile Water Solutions*, osim mobilnosti, još su i visok kapacitet pripreme vode, minimalni hemijski tretman, kao i jednostavno održavanje.

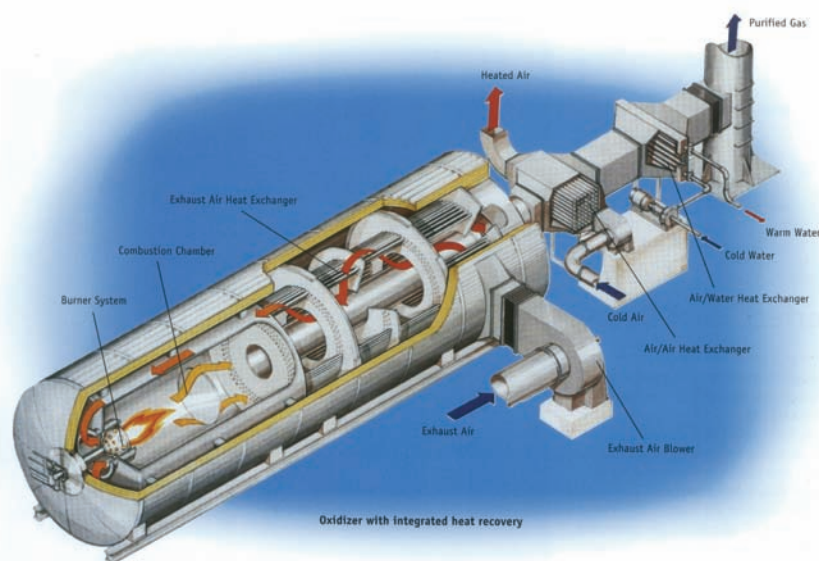
Kompanija EISENMANN koja se bavi inovacijama i strategijama za optimizaciju tehnološkog procesa i produkta prikazala je, između ostalog, postupke za prečišćavanje otpadnih gasova. Rekuperativna termička oksidacija našla je primenu u mnogim oblastima procesne industrije, iako se ističe da je posebno pogodna za oblast grafičkog inženjerstva, štampu i oblaganje. Zagađeni vazduh prolazi kroz razmenjivač toplote, gde se pret-

hodno zagreva već prečišćenim vazduhom, a onda se oksiduje u gasnoj komori na temperaturi od 750 °C. Ovim postupkom prečišćeni gas ima male koncentracije CO i NO_x. Gorionik na vrhu sistema služi da održava temperaturu u gasnoj komori (slika 1). Jedna od prednosti ovog sistema je mogućnost rekuperacije energije.

Iz oblasti biotehnologije i bioinženjerstva, prikazani su različiti bioreaktori kao i oprema za ovaj vid tehnologije. Pri projektovanju i eksploataciji bioreaktora, ono o čemu treba voditi računa je da, usled nepovoljnih uslova – veliki broj obrtaja mešalice, slaba snabdevenost kiseonikom, nedostatak hrane, ne dođe do izumiranja bioorganizama. Ravnomerno snabdevanje kiseonikom, jedni proizvođači opreme su rešili tako što su kroz samu mešalicu, na više mesta, ostvarili protok kiseonika, dok su drugi, za potrebe specifičnosti procesa, izbacili mešalicu, a mešanje postigli pomeranjem reaktora (koji je inače napravljen od plastike u obliku kese) na nekoj vrsti automatske klackalice.

U delu koji je bio posvećen prenosu mase, prikazan je deo teorije – pod destilacione kolone sa podovina, razne simulacije kojima su prikazani protok parne i tečne faze kod rektifikacionih kolona, punjenja za kolone...

Od opreme za procesnu industriju prikazane su centrifuge, posude za mešanje, isparivači, uređaji za sušenje. Izlagači centrifuga prikazali su uređaje velikog kapaciteta, projektovane tako da su pogodne kako za tečne, tako i za lepljive mase. Inovacija iz ove oblasti je centrifura sa višestepenim bubnjevima. Princip rada je da se struja za centrifugiranje prvo uvodi u najveći bu-



Slika 1. Uređaj za rekuperativnu termičku oksidaciju kompanije EISENMANN.

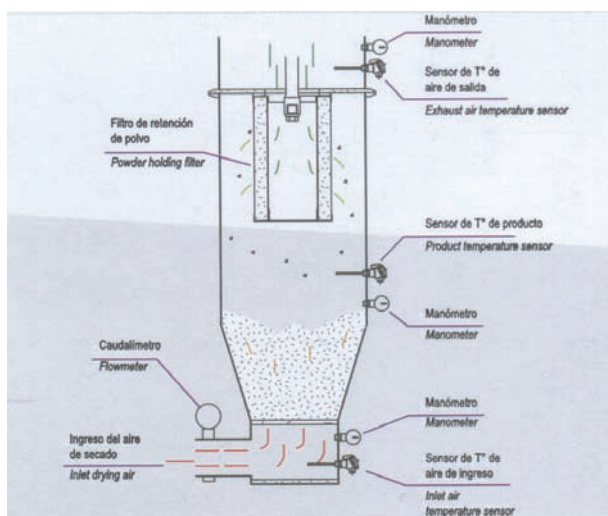
banj, a zatim postepeno prebacuje u niz manjih. Prilikom prebacivanja pogače, što se naravno radi automatski, usled potresa bubnja, tečnost koja se iscentrifugirala, sada prolazi u suprotnom smeru – od spoljne strane bubnja ka unutrašnjoj, i na taj način čisti centrifugu.

Kompanija BUSS-SMS-CANZLER prikazala je novu generaciju isparivača – *Short Path Evaporator*. Ovaj isparivač projektovan sa unutrašnjim kondenzatorom, dozvoljava uslove vakuuma i do 0,001 mbar. Pogodan je za procese isparivanja koji su temperaturno vrlo osetljivi, za ključanje na visokim temperaturama, stripovanje silikonskih ulja, destilaciju monoglicerida, koncentrisanje vitamina i omega-3-masnih kiselina.

Od proizvoda argentinskih izlagača CAMASA i ESSECCA DEVELOPER, može se izdvojiti sušnica granularanog materijala u fluidizovanom sloju (slika 2). Ovaj uređaj opremljen je softverom tako da je podesiv za različite uslove sušenja. Ističe se još i mogućnost merenja sedam parametara procesa u isto vreme: ulazna temperatura vazduha, temperatura vazduha u kontaktu sa granularanim materijalom, temperatura vazduha na izlazu, pritisak u sušnici, pritisak na izlazu, pritisak plamena i protok vazduha. Ovaj uređaj nalazi veliku primenu u farmaceutskom inženjerstvu. Na slici 3 prikazana je efikasnost i brzina sušenja čvrstog materijala u sušnici sa fluidizovanim slojem.

INSTITUT ZA HEMIJSKO INŽENJERSTVO iz Beča pokazao je jedno zanimljivo pilot postrojenje za pripremu kafe. Projekat je nazvan „Kafa – od zrna do šolje“. Sam proces se sastoji od transporta kafe iz kontejnera, pužnim transporterom, do kolone sa fluidizovanim slojem. U ovoj koloni kafa se prži oko 6 minuta vazduhom temperature od 240 °C. Zatim se prebacuje u ciklon u kome se par minuta hladi, da bi posle bila prebačena na mlin za mlevenje, pa na aparat za kuvanje. Ceo proces traje 8–10 minuta. Ono što inženjeri sa ovog instituta još uvek nisu utvrdili je da li se proces može primeniti u realnim uslovima (scale-up), ili funkcionise samo na pilot postrojenju.

Softveri za modelovanje i simulaciju, kao i primenu u hemijskom inženjerstvu svakako su zauzeli bitno mesto na sajmu. HEAT TRANSFER RESEARCH, Inc.-HTRI, iz Teksasa, SAD, prezentovao je softverski paket Xchanger Suite v6.00. Korišćenjem ovog paketa



Slika 2. Sušnica za granularani materijal.

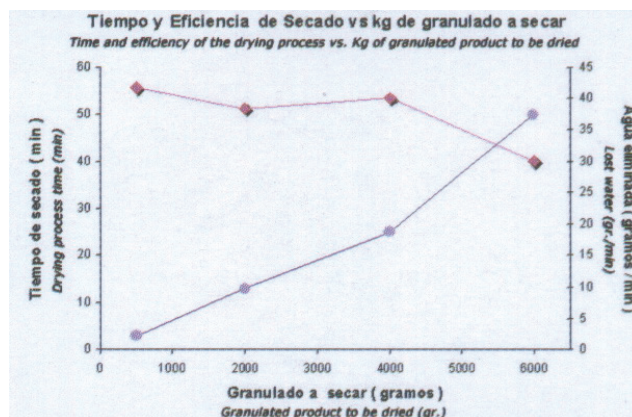
moguć je tačan termički i hidraulički proračun razmenjivača toplote, kao i određivanje geometrije pri različitim, i najkompleksnijim procesnim uslovima. Ovaj program nudi mogućnost verifikacije, projektovanja i simulacije razmenjivača toplote. Lak je za korišćenje i ima bazu od preko 5.000 čistih komponenti, ali i modele pomoću kojih se mogu generisati osobine i idealnih i neidealnih smeša.

Program e!sankey kreiran je za vizuelizaciju materijal i energetskog protoka. Pomoću ovog programa moguće je podešavanje procesa, definisanje ulaza i jedinica, prikaz protoka i mnoge druge opcije. On daje prikaz koliko se, na primer, gubi energije kod reaktora, koliko štetnih gasova se oslobađa upotrebom gorionika, gde i koliko toplote se gubi i slično.

CD-ADAPCO čini tim inženjera i programera, koji izradom matematičkih modela procesa i njihovom implementacijom u softverske pakete, čine modelovanje jednostavnijim. Njihov program CFD za simulaciju dinamike fluida, omogućava inženjerima da predvide šta se događa unutar procesne opreme: u mikserima, reaktorima, pumpama, cevovodima, separatorima i gorionicima. Primenu je našao u naučno-istraživačkim projektima, projektovanju opreme, procesnim operacijama, a njegova poslednja verzija laka je za korišćenje. Poslednja verzija Star-CD namenjena je za simulaciju dinamike fluida u procesnoj industriji, dok Star-CAD služi za analizu protoka i toplote.

Simulacijom hemijskih procesa bavi se i kompanija PROCESS SYSTEM ENTERPRISE (PSE). Na sajmu su ponudili softvere gPROMS, koji je najčešće korišćen program za modelovanje reaktora (slika 4). gPROMS, koristeći matematičke modele, ubrzava simulaciju i time omogućava inovaciju procesa, procenu rizika, proveru projektovane opreme, optimizaciju procesa. Pomoću gPROMS-a mogu se steći nova saznanja o složenim procesima, a pored svega toga program može da integriše eksperiment sa inženjeringom.

Reaktorski sistemi, koji su jako zastupljeni u hemijskoj, farmaceutskoj, petrohemijskoj industriji, uglavnom su slabo poznati, tj. teško je predvideti efekte usled promene operacije ili geometrije. Ovoj napredni program kombinuje matematičke modele sa podacima iz laboratorije i pilot postrojenja, kako bi što preciznije predvi-



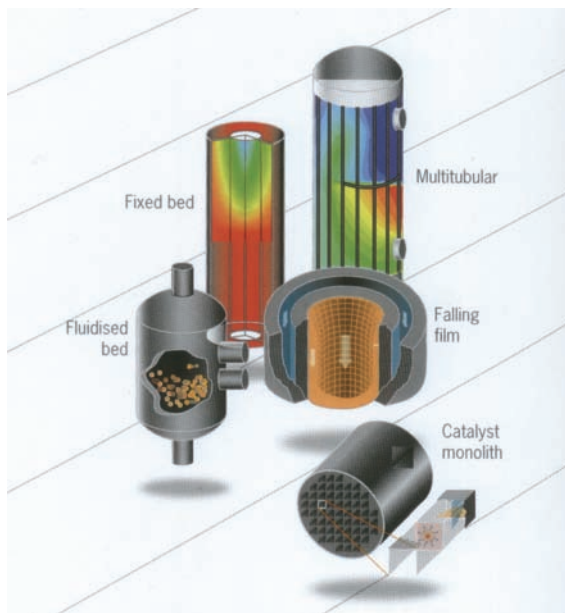
Slika 3. Krive efikasnosti i brzine sušenja.

deo dešavanja unutar reaktora. Ono po čemu se gPROMS još ističe je lakoća korišćenja. Ovaj program podržava jednostavno unošenje diferencijalnih jednačina, kao i drugih jednačina koje opisuju stanje u reaktoru.

Još jedna kompanija koja je izlagala na sajmu je COADE-PLANT FOCUSED koja unapređuje softvere za projektovanje, konstrukciju, otpornost materijala, proveru kvaliteta, sigurnosti i efikasnosti uređaja. Ova kompanija je predstavila četiri softwareska paketa: CADWorx (najkompletniji program za projektovanje procesa – dizajniranje opreme, PID dijagrami, bilansi...), CAESAR

II (program za analizu cevovoda, koji uključuje analizu fleksibilnosti, seizmičkih uticaja, pritisak i toplotu, statičke i dinamička opterećenja), PV Elite (analiza ventila i razmenjivača toplote), TANK (omogućava jednostavno projektovanje rezervoara, kao i valorizaciju već postojećih). Ove programe koristi 80% vodećih kompanija za projektovanje procesa.

*Jovana Zvicer,
student IV godine smeru Hemijsko inženjerstvo*



Slika 4. Uređaji koje simulira gPROMS.

PRERADA OTPADNIH VODA

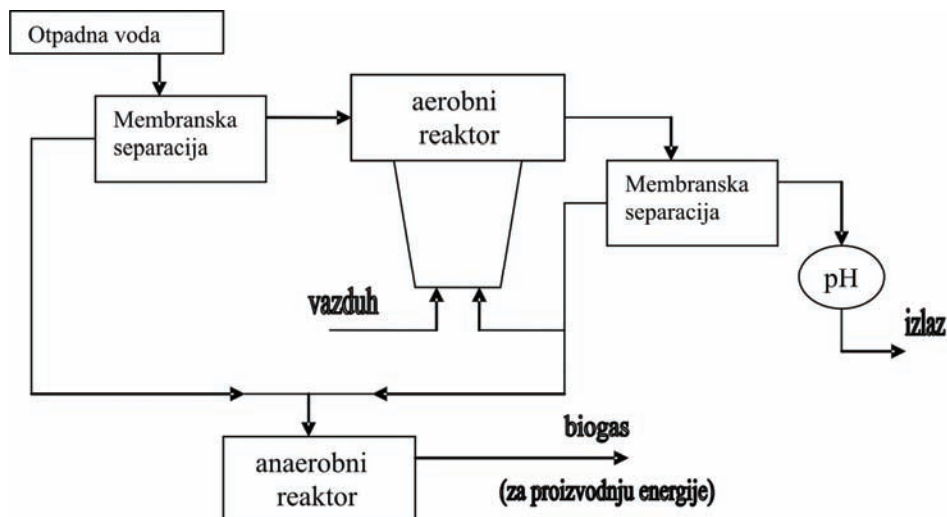
Na ovogodišnjem sajmu ACHEMA veliku zastupljenost imale su firme koje se bave preradom otpadnih voda. Svest o očuvanju životne sredine, kao i o racionalnom korišćenju vode raste iz godine u godinu. S toga ne čudi što se sve veći broj firmi bavi ovim problemom. Firma koja se može izdvojiti sa ovogodišnjeg sajma, jeste nemačka firma EISENMANN koja nudi veliki broj različitih procesa prečišćavanja otpadnih industrijskih voda, prilagođenih specifičnim zahtevima. Prikazana su neka od njihovih procesnih rešenja: postrojenja koja rade sa različitim kombinacijama nekih od osnovnih postupaka u koje spadaju oksidacija, sedimentacija, mikro- i ultra-filtracija, reversna osmoza, elektrodijaliza i jonski izmenjivači. Ova postrojenja, zavisno od količine otpadne vode koju treba tretirati, mogu da rade šaržno ili kon-

tinualno. Ono što je bilo najinteresantnije jeste velika primena različitih bioloških procesa koji se baziraju na upotrebi različitih vrsta mikroorganizama za uklanjanje određenih zagađivača. Firma EISENMANN je predstavila sistem koji je kombinacija aerobnog i anaerobnog procesa sa membranskom filtracijom (slika 5). Jedna od značajnih prednosti ovog sistema je i stvaranje biogasa koji dalje može biti upotrebljen u energetske svrhe.

U sistem mogu biti uključeni različiti procesi membranske separacije, u zavisnosti od potreba procesa. Ova firma u svojoj ponudi ima sledeće:

- *mikrofiltracija* – uklanjanje čestica veličine 0,1–0,9 μm (mikroorganizmi);
- *ultrafiltracija* – uklanjanje čestice veličine 0,1–0,01 μm (uljane emulzije);





Slika 5. Novi postupak za preradu otpadne vode firme EISENMANN.

- nanofiltracija – uklanjanje čestica veličine 0,01–0,001 μm (molekuli šećera);
- Reversna osmoza – uklanjanje čestica veličine 0,001–0,0001 μm (joni).

U svom dugogodišnjem poslovanju (preko 25 godina) firma EISENMANN je razvila sisteme za prečišćavanje otpadnih voda za različite industrije, kao što su hemijska industrija, elektrocentrale, industrija hrane, farmaceutska industrija, industrija automobila. U skladu sa potrebama tržišta kao i potrebom da svoja već postojeća rešenja prilagode novim i strožijim zakonskim regulativama ova firma i dalje uspešno pruža usluge analize i projektovanja sistema za prečišćavanje, kao i njihovu izgradnju. Njihov jedinstven pristup se sastoji u tome da svaki sistem u potpunosti sklapaju u svojoj fabrici i da vrše sistemsku proveru efikasnosti, a zatim takav sistem rastavljaju na funkcionalne jedinice i isporučuju ga svojim kupcima.

Još jedna, takođe, nemačka firma koja se može izdvojiti je firma EBNER, koja se bavi tretiranjem radioaktivne vode. To je svakako prezentacija koja je bila interesantna iz dodatnog razloga što se tokom fakultetskog školovanja nismo upoznali sa ovom problematikom. Oni su predstavili svoje postrojenje koje su projektovali i izgradili za potrebe prečišćavanja vode iz jedne nuklearne elektrane koja se zatvara. Ceo proces, koji je kontinualan, odlikuje se izuzetnim stepenom automatizovanosti i povezan je na elektronski sistem izuzetno visokog stepena pouzdanosti.

Aida Sadibašić,
apsolvent na smeru Biohemijsko inženjerstvo i
biotehnologija

NOVI BIOREAKTORSKI SISTEMI ZA JEDNOKRATNU UPOTREBU

U posebnom delu sajamskog kompleksa izlagale su firme koje se bave proizvodnjom reaktora, jednokratnih vreća za potrebe biohemijskog inženjerstva, mešalica, sistema za aeraciju, priključaka za merne uređaje koji se koriste u biotehnologiji, a koji moraju zbog svoje primene da zadovolje uslove aseptičnosti.

Tom prilikom najveće iznenađenje je izazvala činjenica da su skoro svi izlagači imali istovetan pristup uzgajanju ćelijske kulture u bioreaktoru, tendencija u oblasti biohemijskog inženjerstva u poslednjih nekoliko godina jeste da se umesto "starih – klasičnih" bioreaktora od prohromskog čelika, sada za uzgoj ćelijskih kultura, upotrebljavaju jednokratne plastične vreće od polietilena. To je jedno, u potpunosti novo saznanje, jer se ranije, na fakultetu, ni na jednom od mnogobrojnih predmeta koji su posredno ili neposredno vezani za biohemijsko inženjerstvo, nisam susreo sa tom činjenicom.

Uređaji i sistemi za jednokratnu upotrebu u biofarmaceutskoj proizvodnji su postali predmet interesovanja u svetu, od pre samo nekoliko godina. Od tad do danas objavljeni su mnogi radovi iz različitih aspekata ove te-

hnologije. Opisane su koristi koje donosi ova tehnologija i objavljene su studije sa eksperimentalnim podacima koji ukazuju na prednosti korišćenja ove tehnologije.

Osnovna potreba za jednokratnim vrećama u kojima se vrši uzgoj ili samo mešanje ćelijske kulture jeste energetska efikasnost i potpuno izbacivanje CIP (čišćenje uređaja – *cleaning-in-place*) i SIP (para u uređaju – *steam-in-place*) operacija čime se smanjuju postprocesni troškovi pranja i sterilizacije reaktora. Plastične vreće su sterilne i njihova jednokratna upotreba obezbeđuje da se proces odvija u potpuno bezbednim uslovima koji eliminišu kontaminaciju. Da bi se ovako sterilni uslovi ispunili, veliki problem se javio sa priključcima za merne uređaje koji se moraju instalirati na vreću, ali isto tako i sa priključkom za aeraciju. Naročitim konstrukcionim rešenjem postiglo se to da se današnje vreće koje se koriste u biotehnologiji mogu u potpunosti smatrati savršenim sistemima kako za same procese mešanja, tako i za procese rasta i razmnožavanje ćelijskih

kultura, bez obzira da li se radi o humanim, biljnim, životinjskim ili ćelijama mikroorganizama.

Sama konstrukcija bioreaktora je znatno jednostavnija od klasične konstrukcije. Zapravo, više ne postoji potreba da reaktor bude zatvorenog tipa. Omotač reaktora se izrađuje od čelika, pri čemu se može napraviti i plašt tako da se zagrevanje odnosno hlađenje reakcione smeše može obezbediti sekundarnim fluidom koji cirkuliše kroz plašt omotača. Naravno, reaktor poseduje čelično dno, ali zato nema klasično dance. Samim tim što je vreća hermetički zatvorena, ne postoji potreba za poklopcem reaktora. Kroz otvor sa gornje strane reaktora vreća se ubacuje u reaktor, pre početka procesa, odnosno vadi, nakon završetka procesa. Jednostavnost rukovanja vrećom je još jedna od prednosti ovog sistema za jednokratnu upotrebu (*single-use*).

Na štandu firme XCELLEREX prikazane su mogućnosti koje pruža *single-use* tehnologija. Ova firma proizvodi čitavu paletu jednokratnih bioreaktora zapremina od 40 do čak 2000 L (slika 6). Upotreba ovih reaktora je poželjna u fazama istraživanja i razvoja proizvodnje, ali se lako i relativno brzo može izvršiti uvećanje razmera procesa za kliničke potrebe ili industrijsku proizvodnju, uz minimalne izmene i troškove.

Dodatna korist od malih verzija bioreaktora je njihova upotreba u jednostavnim, ekonomski isplativim, istraživanjima proizvodnih problema.

Velika prednost ovih, novih plastičnih vreća je u tome što su napravljene od specijalnih plastičnih materijala koji su otporni na vodene rastvore biofarmaceutskih proizvoda koji se nalaze u vrećama. Ti vodeni rastvori nisu u stanju da degradiraju polimernu strukturu vreće, pogotovo u kratkom vremenskom periodu kontakta i na sobnoj temperature. Čak i jake kiseline ili baze neće predstavljati veći problem za ove vreće. Za razliku od plastičnih vreća, reaktori od nerđajućeg čelika mogu biti manje prikladni za upotrebu sa nekim fluidima (hlorni rastvori, pa čak i visoko dejonizovana voda). Neki proteini su takođe jako osetljivi na metal-jon kontakt, pa je bolje da se koriste plastične vreće.

Što se tiče procesnih uslova, plastične vreće u potpunosti zadovoljavaju procesne potrebe. Kao što je poznato za uzgoj ćelija nisu potrebne visoke temperature niti se u biotehnologiji javljaju ekstremno visoki pritisci. Fleksibilne biovreće sa unapređenim dizajnom i izradom od materijala visoke čvrstine (filteri od polietereimida) i zaptivačima mogu da izdrže pritiske veće od atmosferskog, čak do 6 bar.

Metode sterilizacije koje se standardno koriste kod reaktora izrađenih od prohromskih čelika su SIP (para u uređaju) i autoklavska sterilizacija parom. Generalno SIP, nije primenjiv u tehnologiji jednokratne upotrebe, ali se može koristiti za neke kapsule ili konektore, dok se autoklavski tretman parom može primeniti samo za



Slika 6. Paleta različitih bioreaktora za jednokratnu upotrebu sa omotačima zapremine od 40 do 2000 L.



Slika 7. Bioreaktor za jednokratnu upotrebu sa omotačem i upravljačkim sistemom.



Slika 8. Plastična vreća za jednokratnu upotrebu sa priključcima i plastični propeler mešalice.

one delove jednokratne opreme koji su sačinjeni od polipropilena ili nekog sličnog termotolerantnog polimera. Zato je u tehnologiji jednokratne upotrebe kao metod sterilizacije široko rasprostranjena sterilizacija gama zracima. Danas se ipak sve više ide na istraživanja termotolerantnosti plastičnih polimera kako bi se omogućila i sterilizacija parom i gama radijacijom.

Sterilni uslovi koji se obezbeđuju upotrebom plastičnih vreća i ostale opreme u tehnologiji jednokratne upotrebe, svode mogućnost pojave kros-kontaminacije čitave šarže na minimum.

Još jedna od prednosti ove tehnologije je i manje zauzimanje prostora, kako po horizontali, tako i po vertikali za razliku od standardnih sistema od nerđajućeg čelika, uz još jednu prednost koji se ogleda u brzini i relativno lakoj promeni lokacije, unutar ili između proizvodnih hala, jer se reaktori nalaze na pokretnim kolicima. Takođe, za razliku od sistema od nerđajućeg čelika, koji su namenjeni za jedan tip proizvodnje, i kod kojih promena namene reaktora izaziva velike poteškoće zbog konstrukcionih rešenja koja ne odgovaraju drugom tipu

proizvodnje a koja se ne mogu promeniti i prilagoditi, kod plastičnih reaktora ne postoje ti problemi. Jednostavnom promenom zapremine plastične vreće uslovi se menjaju za potrebe nove proizvodnje.

Na inženjerima je sada da se odluče i da donesu odluku, da li da nastave da koriste klasične bioreaktore od nerđajućeg čelika (koji su glomazniji, kod kojih se troše velike količine sredstava za čišćenje i vode, koji su generalno veći potrošači energije), ali kod kojih višegodišnja upotreba smanjuje količine čvrstog otpada ili da koriste jednokratne bioreaktore, jednostavne za primenu, energetski efiksnije, ekonomičnije po pitanju održavanja sterilnih uslova proizvodnje, ali koji se nakon jednokratne upotrebe bacaju i tako dodatno zagađuju, već previše zagađenu prirodu.

*Ratko Olujić,
student V godine smeru Biohemijsko inženjerstvo i
biotehnologija*

NOVE TEHNOLOGIJE ZA METALNE MATERIJE

Na sajmu su bili izloženi i metalni, nemetalni materijali i kompoziti za hemijsko inženjerstvo, zatim razne tehnologije koje se koriste za izradu ovakvih materijala, tehnologije zavarivanja i spajanja metalnih delova i dr. Takođe, u vezi s tim održana su i predavanja o materijalima koji se koriste za aparature i mašine bazirane na visokolegiranim čelicima i Ni-legurama.

U Sali 3.0 mjesto je zauzeo veliki broj firmi među kojima su: SCHMIDT + CLEMENS, Njemačka) specijalni čelici, METALS UK, Velika Britanija (legure otporne na toplotu i koroziju), EDELSTAHLWERKE SCHMEES, Njemačka, (specijalni postupci livenja), SPECIAL METALS CORPORATION, SAD (legure visokih performansi), FREEZE CAST EUROPA, Španija (proizvodnja propelera za visoko energetske centrifugalne pumpe), DYNAMIC MATERIALS CORPORATION, SAD, (zavarivanje eksplozijom) i mnoge druge među kojima veliki broj zauzimaju kineske firme, što je i očekivano s obzirom na porast njihove proizvodnje i potrošnje čelika u nekoliko proteklih godina.

Ovaj izvještaj pokazaće na primjeru firme DMC – DYNAMIC MATERIALS CORPORATION, kako izgleda izlaganje na štandu i predavanje o materijalima za aparature i industrijsku opremu koje pokazuje drugu, edukativnu stranu sajma. Sjedište ove firme nalazi se u mestu Boudler, SAD, dok su njene fabrike smještene u Evropi (Burbach, Njemačka; Rivesaltes, Francuska; Likenas, Švedska) i mestu Mt. Braddock, SAD. Osnovna djelatnost kojom se bavi DMC jeste zavarivanje metala eksplozivnim postupkom. Ovaj postupak zasnovan je na principu velike udarne sile koja dvije metalne ploče trajno zavaruje, pri čemu se dobija materijal izuzetnih mehaničkih osobina. Metali koji se koriste kao osnova su: aluminijum, legure čelika, ugljenični čelici, nerđajući čelici, a metali koji se prevlače preko osnovnog metala najčešće su: aluminijum, bakarne legure, legure nikla, nerđajući čelici, titan, tantal, cirkonijum. Obično se zavaruju ploče do 12 m dugačke i 5 m široke, teške

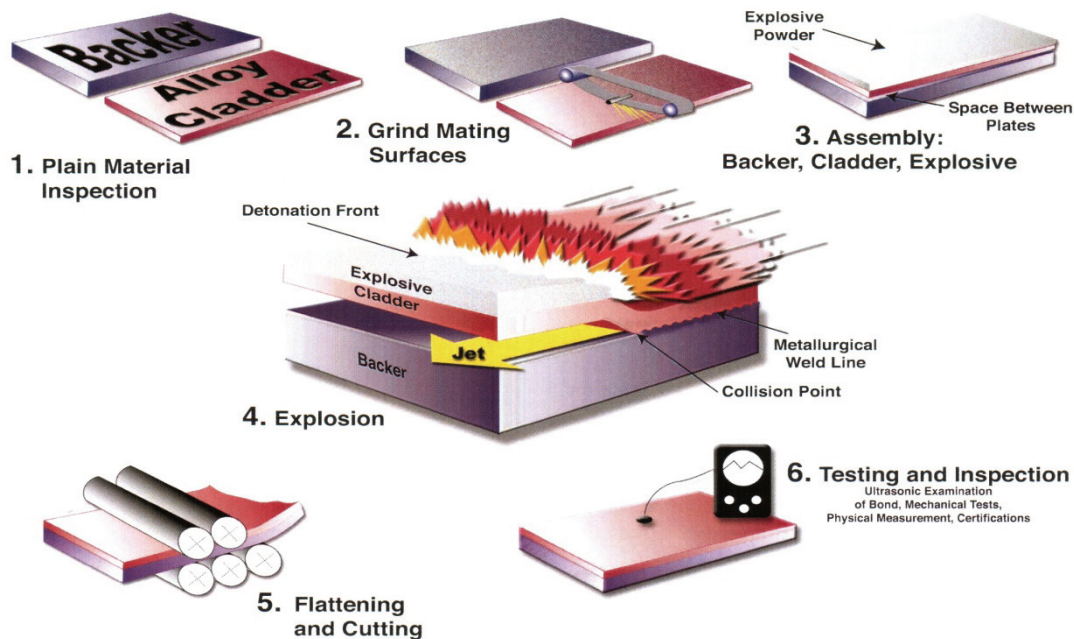
do 50 tona. Primjer su reaktorske kolone napravljene od čelika sa titanijumskom prevlakom dugačke od 73 m i prečnika od 6 m (fabrike za prečišćavanje tereftalne kiseline), zatim 35 m dugačke sa prečnikom od 5 m rafinerijske kolone napravljene od Cr-Mo čelika presvučene sa nerđajućim čelikom debljine 3 mm. Osnovni princip zavarivanja metala eksplozijom može se prikazati na slici 9.

Na slici vidimo da se metal prethodno mora pripremiti tako što će se izbrusiti površina metala koja će se spajati (2), zatim se postavljaju ploče jedna naspram druge i na površini se postavi eksploziv (3). Aktiviranjem eksploziva sa jedne strane ploče stvara se veliki pritisak (preko 10000 MPa) koji spaja metale (4). Ovakvo spojeni metali sistemom valjaka se poravnavaju i sijeku (5) i konačno ispituju određenim mehaničkim testovima i metalografskim ispitivanjima (6). Ovakve ploče daljom preradom na uobičajne načine mogu se dovesti na željeni oblik.

Veliki broj firmi sa kojima saraduje DMC, među kojima su DEGUSSA, CONOCOPHILLIPS, P&G, FLUOR, EASTMAN, VALERO, TECHNIP ukazuje na uspešnost i kvalitet ove firme.

Osnovna tema predavanja „Materijali za aparature i industrijsku opremu“ bila je poboljšanje visoko-legiranih čelika i Ni-legura u cilju dobijanja legura sa boljim fizičko-hemijskim osobinama u odnosu na već postojeće legure. Predavanje je sadržalo više tema od kojih su izdvojene: Nova austenitna legura uporediva sa legurom 316SS (B. Ozturk, Allegheny Ludlum Corporation, Brackneridge, PA, SAD), zatim nove Ni-legure sa posebnom otpornošću prema hlorovodoničnoj kiselini, sumpornoj kiselini i solima hlorida i korozija Ni-Cr-Mo legure u fluorovodoničnoj kiselini (N. Meck, Haynes International Inc., Kokomo, IN, SAD).

Nove austenitne legure imaju oznaku: ATI216HP™, ATI217HP™, ATI216Cb™ i upoređuju se sa legurama tipa 316L (UNS S31603), 316L >2,5% Mo (EN 1



Slika 9. Zavarivanje metala eksplozivnom metodom.

4432), 316Ti (UNS S31635), 317L (UNS S31703). Nove legure imaju nešto više hroma (oko 19%), smanjen sadržaj nikla (oko 5%) i molibdena (oko 1%) dok je povećan sadržaj azota (oko 0,2%) i dodat je mangan (5%) koji stabilizuje austenitno područje. Ispitivanjem dobijenih legura dobili su se rezultati koji pokazuju da su granice popuštanja i zatezne čvrstoće veće za oko 100 MPa (legura 316L, $R_m = 310$ Mpa, u poređenju sa ATI 216, $R_m = 415$ MPa) što ukazuje na bolje mehaničke osobine ovih legura. Takođe, na povišenim temperaturama ove legure pokazuju veće granice popuštanja, plastičnost, udarnu žilavost i tvrdoću, što ih stavlja iznad upoređivanih legura (gore navedenih). Takođe u korist ovih legura ide i smanjen sadržaj nikla i molibdena koji čini ove legure jeftinijim za proizvodnju što je veoma značajno.

Nove Ni-legure, nazvane Hastelloy® i Hybrid-Bc1® legure, projektovane su da premoste prazninu između legura B-tipa (Ni–Mo) i legura C-tipa (Ni–Cr–Mo). Naime, Ni–Mo legure imaju ograničenja u termičkoj stabilnosti i visoku korozivnu nestabilnost prema oksidnim vrstama (rastvoreni oksidi, željezni joni, bakarni, itd.), dok su Ni–Cr–Mo legure korozivno nestabilne prema HCl i H₂SO₄ kiselinama. Najvažnije osobine koje su otkrivene tokom proučavanja ovih legura su: izrazito visoka korozivna otpornost ka sumpornoj kiselini; dobra to-

lerancija ka oksidaciji hemikalijama kao što su željezni, bakarni joni; izuzetna otpornost ka pittingu, strukturne i naponske korozije.

Legura Hybrid-BC1®, familije Ni–Mo–Cr ima 22% Mo (što je više u odnosu na legure C-tipa a nešto manje u odnosu na legure B-tipa), 15% Cr (što je više u odnosu na legure B-tipa a nešto manje u odnosu na legure C-tipa), 2% Fe, 0,01% C, 0,25% Mn i osatak Ni. Ispitivanjem u hlorovodoničnoj kiselini na određenim temperaturama pokazalo se da je otpornost na koroziju legure Hybrid-BC1® veoma dobra i da se ovaj materijal može koristiti bezbjedno u razblaženoj HCl (do 5%), dok u koncentrovanoj kiselini postoje ograničenja u zavisnosti od temperature, međutim ova legura pokazuje 3–4 puta bolju otpornost nego legure B i C tipa. Kod sumporne kiseline pokazalo se da nema koncentracijske zavisnosti kao kod hlorovodonične kiseline i da se legura može bezbjedno koristiti u svim koncentracijama ove kiseline do 90% i temperature od 135 °C. Dakle, ovom ispitivanjima pokazalo se da legura Hybrid-BC1® ima izuzetna svojstva u odnosu na legure B i C tipa i da je bolje tehnološko rešenje.

Vaso Manojlović,
student V godine smeru Metalurgija i metalni materijali