

mljevenje. Kvaliteta pahuljice/granulata ovisi o čistoći ulaznoga materijala, odnosno o načinu sakupljanja iskorištene PET ambalaže, o točnosti početnog razvrstavanja te o tehnici pranja.

Balirane PET boce koje se nalaze na tržištu imaju određenu količinu nečistoća. Općenito gledajući, ukupno onečišćenje je oko 15 do 30 %, a nečistoće uključuju zatvarače i naljepnice na bocama, kao i neki drugi otpad koji će se vjerojatno uspješno ukloniti tijekom postupka oporabe. Istodobno, povlače za sobom gubitak u dobiti od 15 do 25 % jer se s nečistoćama iz sustava ukloni dio PET-a.

Konačno odredište PET pahuljica/granulata ovisi o početnoj čistoći bala, kvaliteti razvrstavalica i postupku recikliranja. Neki reciklažni pogoni u Europi prave reciklat PET-a koji je toliko čist da se može primijeniti za izradbu novih boca, a ostali prave reciklat koji se doduše ne može ponovno preraditi u ambalažu za prehrambene proizvode, no pogodan je za izradbu vlakana ili vrpce.

Sljedeći faktor koji utječe na konačno odredište recikliranog PET-a je boja ulaznih boca. Općenito gledajući, europski otpadni tokovi PET-a dijele se u tri skupine - prozirni/prozirno plavi, zeleni/jantarni i ostali. Pahuljice koje će se upotrijebiti za puhanje (za izradbu spremnika za prehrambene i druge proizvode) su prozirne/prozirno plave. Taj se tip pahuljica također upotrebljava za proizvodnju vlakana jer se lako boji. Oko 75 % skupljenih boca pripada u tu skupinu.

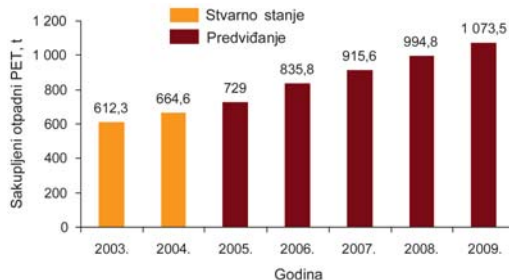
Od 2 150 000 t čistog PET-a koji se prodao na europskom tržištu 2004., prikupljeno je 665 000 t. Njemačka, Island, Nizozemska, Norveška, Švedska i Švicarska prikupile su više od 70 % svoga PET otpada, a Grčka, Portugal i Velika Britanija manje od 10 %.

Potrošnja za PET-om sve će više rasti, posebno u zemljama Istočne Europe. Procjenjuje se da će se 2010. količina PET-a koja se utroši za izradbu ambalaže u Europi povećati za 1 000 000 t u odnosu na 2004.

Sakupljačka infrastruktura postaviti će se u zemljama gdje danas ne postoji, a prikupljene količine otpadnoga PET-a svuda će i dalje rasti. Predviđa se da će 2010. biti sakupljeno više od 31 milijun boca, što iznosi 1,1 milijun tona koje će biti na raspolaganju za recikliranje (slika 9). Bit će manje prozirnih i prozirno plavih boca, a više zelenih, jantarnih i ostalih boja, a postupci recikliranja će se poboljšati, posebno bolje raspoznavanje i razvrstavanje nečistoća. Do tada će depolimerizacijska oporaba možda postati ekonomski isplativa pa će se moći oporabiti i one boce koje se danas teško recikliraju.

Što se tiče tržišta za reciklirani PET, manje će se izrađivati vlakna, a više boce, vrpce i trakovi.

PETplanet insider, 08/05.



SLIKA 9. Sakupljanje PET otpada - stvarno stanje i procjena do 2010.

## Polimerni materijali i dodatci

*PRIREĐILE:* Gordana BARIĆ i Maja RUJNIĆ-SOKELE

### Polikarbonatne boce za vodu u Njemačkoj

Tvrtka *ASE Packaging Solutions GmbH*, njemačka podružnica turske tvrtke *ASE PLASTÍK*, jednoga od vodećih europskih proizvođača povratnih boca za vodu velika obujma, počela je proizvodnju polikarbonatnih boca obujma 5 galona (oko 19 L). Za izradbu boca upotrijebljen je polikarbonat *Makrolon® 1239* tvrtke *Bayer MaterialScience AG*. *ASE PLASTÍK* godinama pravi boce od PC-a, a primjenjuje postupke ekstruzijskoga ili injekcijskoga razvlačnog puhanja. *Makrolon® 1239* vrlo je krut, žilav materijal, postojan na toplinu i otporan na lom, pa su boce robusne i trajne. U usporedbi s PET bocama, PC boce moguće je više od 100 puta prati i ponovno puniti, zbog veoma povoljne kombinacije svojstava. To omogućuje ekonomičnu distribuciju pitke vode, što je osnovni zahtjev koji pred ambalažne materijale postavlja industrija hladnjaka za vodu.

Extrusion, 6/2005.

### Papir postojan na vlagu i plijesan

*Ecology Coatings Inc.*, vodeća tvrtka na području nanoprevlaka, razvila je postupak prevlačenja za izradbu papira postojanog na vlagu i plijesan. Za razliku od dosadašnjih prevlaka načinjenih od vinila, polipropilena ili drugih sintetskih materijala, s pomoću novih prevlaka izrađuje se papir na osnovi celuloze, na kojem se može pisati olovkom te raznim tintama. Običan papir impregnira se nanočesticama, nakon čega papir i poslije uranjanja u vodu zadržava početna svojstva.

Novim postupkom prevlačenja stvara se učinkovit barijerni sloj protiv vlage i razvoja plijesni, uz istodobno zadržavanje funkcije, ali i osjeta uobičajenoga papira, što nije bio slučaj pri primjeni dosadašnjih postupaka impregnacije, najčešće s pomoću polipropilenskih vlakana. Uporaba nanoprevlaka snizila je troškove proizvodnje vodopostojanoga papira za 500 %. Dodatno, na tako

obrađenom papiru ne razvija se niti plijesan te je na taj način omogućen dodatni zaštitni faktor. Papir prevučeni nanoprevlakama namijenjen je npr. za izradbu naljepnica za ambalažu koja je izložena atmosferilijama te za mnoge druge namjene u kojima je nužna zaštita od vlage uz istodobno zadržavanje mogućnosti pisanja po zaštićenome papiru. Nadalje, tako zaštićen papir primjenu će naći za izradbu dokumenata koji prate transport proizvoda, a koji se su se do sada morali spremati u zaštitne omotnice, što je donosilo dodatne troškove.

Očekuje se kako će se primjena vodopostojanih nanoprevlaka za impregniranje papira proširiti i na područje elektronike, metala te plastike.

[www.nanovip.com](http://www.nanovip.com)

### Novi Borealisov polipropilen

Pred ambalažu se postavljaju mnogi zahtjevi. Što bolja vidljivost sadržaja, što manja masa, veća čvrstoća i lakše rukovanje samo su neki od njih. Kako bi udovoljili tim zahtjevima, u tvrtki *Borealis* razvili su polipropilen *RJ470MO*, čija su dobra svojstva, visoka krutost i žilavost te niska gustoća, samo neka koja mogu zadovoljiti proizvođače ambalaže, pakirače i kupce mliječnih prerađevina, slatkiša, grickalica, elektroničkih proizvoda i kozmetičkih preparata (slika 10).



SLIKA 10. Ambalaža od Borealisova polipropilena RJ470MO

Svojstva *Borealisova* polipropilena *RJ470MO* omogućila su pomicanje do sada uobičajenih granica što se tiče debljine stijenki i dizajna ambalaže, a u isto vrijeme pridonijela su sniženju troškova. Zahvaljujući visokoj granici tečenja (za *RJ470MO* to je 70, a za uobičajeni polipropilen 45), ovaj polipropilen omogućuje izradbu prozirne ambalaže veoma tankih stijenki, dugih linija tečenja, koja se može brzo izvaditi iz kalupa.

Upravo visoka granica tečenja uz brzu kristalizaciju omogućila je znatno skraćivanje vremena ciklusa proizvodnje (do 10 %), izradbu laganije ambalaže, a time i smanjenje količine otpada.

*Borealis* Press Release, 1/2006.

## **Bormed™ - nova skupina Borealisovih poliolefina**

*Bormed™* je nova tržišna marka poliolefina tvrtke *Borealis*, namijenjena primjeni u medicini i farmaciji, a obuhvaća skupinu materijala koji potpuno odgovaraju zahtjevima na kvalitetu te normama koje vrijede za navedena područja primjene. Pod nazivom *Bormed™* nalaze se polipropilen, polietilen niske gustoće i polietilen visoke gustoće, namijenjeni injekcijskomu prešanju i puhanju medicinskih proizvoda te ambalaže za farmaceutske proizvode i dijagnostičke potrepštine.

Za potrebe medicine i farmacije preradi se otprilike milijun tona plastike na godinu i ta količina iz godine u godinu raste zbog mnogih prednosti plastike u odnosu na ostale materijale. Ovo specifično područje primjene plastike zahtijeva razvoj točno određenih tipova pojedinih polimernih materijala koji će svojim svojstvima zadovoljiti krajnje korisnike.

Poliolefini koji dolaze pod skupnim imenom *Bormed™* uključuju tipove polipropilena i polietilena koji su otporni na zračenje, kemikalije, mogu se sterilizirati pri temperaturama od 121 °C te imaju visoku tenzokorozivsku čvrstoću. Ako se tomu pridoda jednostavnost oblikovanja i preradbe, za tu su skupinu materijala mogućnosti primjene vrlo raznolike. Od njih se izrađuju jednokratne šprice za injekcije, glavice igala i katetera, kućišta umjetnih bubrega i inhalatora, spremnici i ampule za intravenozne sterilne otopine (slika 11) te razne boce i bočice, zatvarači i čepovi za potrebe medicine i farmacije.



SLIKA 11. Spremnici i ampule za intravenozne sterilne otopine načinjeni od materijala iz skupine *Bormed™*

*Borealis* Press Release, 12/2005.

## **Svjetlosni stabilizatori dobili odobrenje FDA**

*BASF*-ov svjetlosni stabilizator *Univul® 5050 H* dobio je odobrenje američke Agencije za hranu i lijekove (e. *Food and Drug Administration, FDA*) za uporabu u doticaju s hranom. Spomenuti stabilizator

namijenjen je uporabi u vlaknima od kojih se tkaju velike vreće za brašno i zrnate plodove, dodaje se materijalima od kojih se izrađuju ambalažne folije te spremnici za mlijeko. *Univul® 5050 H* načinjen je od slobodnih amina koji se vežu za slobodne radikale što se razvijaju pri izloženosti plastičnih proizvoda ultraljubičastom zračenju, a što te proizvode može učiniti vrlo krhkima.

Uz ambalažu za hranu, ovaj se stabilizator dodaje vlaknima, folijama za plastenike te injekcijski prešanim proizvodima. Dobro se smješa s pigmentima, a isporučuje se u praškastom obliku.

[www.addcomp.com](http://www.addcomp.com)

## **Samouništavajući biopolimeri**

Biopolimeri mikrobiološkoga podrijetla privlače veliku pozornost specijalista raznih područja. Ruski istraživači nedavno su razvili samouništavajuće biopolimerne materijale. Načinjeni s pomoću bakterija, ti su biopolimeri pogodni za primjenu u medicini, a tomu u prilog idu dvije činjenice. Prvo, razgrađuju se te je time riješen problem onečišćenja, a drugo, zahvaljujući biokompatibilnosti, ne odbacuje ih nijedan organizam.

Novi su biopolimeri načinjeni na osnovi masnih kiselina, tj. polihidroksialkanoata (PHA). Naime, neki mikroorganizmi, kao npr. vodikova bakterija koja svoju životnu energiju dobiva prerađujući vodik, može sintetizirati PHA. Fizikalno-kemijska svojstva PHA, npr. tečljivost, istovjetna su polietilenu i polipropilenu, a ima dobra antioksidantna i optička svojstva. Uz to, kao i bilo koji biopolimer, PHA je biokompatibilna sa živim tkivom te se razgrađuje. Upravo je to razlog moguće primjene ovih biopolimera u medicini (kirurški pribor za jednokratnu uporabu), farmaciji (mediji za prijenos lijekova) te prehrambenoj industriji (ambalaža i antioksidirajući materijali).

PHA je najprije ispitivana u laboratorijskim uvjetima, a zatim se pratilo njezino ponašanje u proizvodnim pogonima. Do sada su, na osnovi PHA, razvijene tri skupine polimernih materijala: polioksibutirat i njegovi kopolimeri s oksibutratom i oksivalerianatom, ali tijekom vremena očekuje se razvoj još novih sličnih materijala. Trenutno se polimera na osnovi PHA može proizvesti 1 kg na tjedan, odnosno 50 kg na godinu.

Ne smije se zaboraviti kako različiti proizvodi zahtijevaju različit stupanj biorazgradljivosti. Kirurški šavovi i filmovi moraju se razgraditi relativno brzo, ali stentovi i drugi krvžilni usadci moraju trajati što dulje. To se postiže uporabom različitih punila ili prethodnim izlaganjem npr. gama-zračenju za ubranu razgradnju. Najviše se napora ulaže u istraživanje PHA za medicinske potrebe, jer se od biopolimera već proizvode filmovi

za ubrzanje zacjeljivanja rana, kirurški konci, prevlake za stentove, polimerne matrice za usadke, medicinske membrane i sl.

Zaštićeno ime za ovu novu skupinu biopolimera je *ElastPOBtm*, a započela su i klinička ispitivanja proizvoda načinjenih od ovih materijala. Izračuni su pokazali kako je i industrijska proizvodnja samouništavajućih biopolimera ekonomski opravdana.

[www.plastemart.com](http://www.plastemart.com)

## **PLA/poliesterski biorazgradljivi ambalažni film**

Njemačka tvrtka *FKuR Kunststoff GmbH* proizvodi biorazgradljive granulate, a proizvodni program obuhvaća polilaktidne (PLA) mješavine, celulozne mješavine, granulate s drvnim vlaknima te biorazgradljive koncentrate boja. Najnoviji proizvod, *Bio-Flex 467F*, biorazgradljivi je granulat za izradbu ambalažnih filmova. Granulat se prerađuje na uobičajenim linijama za izradbu polietilenskog filma, bez potrebe za izmjenom pužnog vijka, mlaznice ili izvlačilice.

Tvrtka je do sada predstavila dvije različite skupine proizvoda, *Biograde* granulate za injekcijsko prešanje i *Bio-Flex* granulate za izradbu filmova. Novi granulat *Bio-Flex 467F* karakteriziraju odlična mehanička svojstva usporediva sa svojstvima PE-HD-a. Film je visoke prozirnosti s udjelom biorazgradljivog materijala od 30 %. Pogodan je za pakiranje hrane, a ispitivanja koja potvrđuju sposobnost kompostiranja prema DIN EN 13432 bit će obavljena početkom ove godine.

[plasticker.de](http://plasticker.de), [www.fkur.de](http://www.fkur.de)

## **Koncentrati boja na osnovi PLA za biorazgradljivu plastiku**

Tvrtka *Sukano Polymers Corp.*, američka podružnica tvrtke *Sukano Products Ltd.* sa sjedištem u Švicarskoj, predstavila je *masterbatch* koji sprječava klizanje i sljubljanje, *Sukano PLA dc S511*, a dobiven je od obnovljivog izvora poli(mliječne) kiseline (PLA). Dodatak uklanja neke od nedostataka koji se javljaju prilikom preradbe PLA, primjerice prilagođen je žućkastoj boji PLA i služi kao sredstvo za bistrenje. Pri ekstrudiranju filmova osigurava svojstva koja sprječavaju klizanje i sljepljivanje pa se film ne lijepi na valjke tijekom preradbe. Uz mnoge prednosti za okoliš koje su povezane s biorazgradljivim materijalima, *PLA dc S511* ima sljedeća svojstva: visoku prozornost - mutnoća je 2,1 %, svojstvo uvijanja je oko 25 % bolje od celofana, izvrsne je postojanosti na većinu ulja i masti u hrani, toplinski se spaja na 80 °C, čvrstoća spoja >0,13 bar, prikladan je za tisak, s pomoću njega je moguće izrađivati i tvrdi ambalažu i puhanje proizvode, otpornost na gužvanje jednaka je otpornosti celofana, a oko 20 % je bolja nego ot-

pornost usporedivih filmova. Dodatno, PLA dc S511 moguće je primijeniti i pri izradbi ambalaže toplim oblikovanjem.

Plastics Engineering 12/2005.

## Plastični i gumeni proizvodi

PRIREĐILE: Gordana BARIĆ i Maja RUJNIĆ-SOKELE

### Inovacija za mirisnu ambalažu

Miris *Ether de lunx* tvrtke 331 International novi je ekskluzivni parfem koji je na tržište stigao u ambalaži koja zadivljuje inovativnošću. Riječ je o bočici u obliku kompjutorskoga miša koja svijetli kada se pomiče (slika 12). Načinjena je od materijala nazvanoga *The Glass Polymer™*, koji proizvodi tvrtka *Eastman Chemical*. Potpuno je crne boje, ali kada se pomiče, zahvaljujući ugrađenom elektroničkom sklopu, bočica se osvijetli i ukaže se njezin sadržaj te naljepnica.

Uobičajeno je da se za novi miris razvija i nova ambalaža. Međutim, proizvođač parfema ovaj je put želio nešto doista potpuno novo. I pomalo tradicionalno tržište kozmetičkih potrepština to je i dobilo. Bočica se proizvodi postupkom injekcijskoga puhanja, a kako su uz to bila zahtjevana određena estetska (*nevidljiv* otisak ušća) i mehanička svojstva (žilavost) te postojanost na kemikalije, upravo se *The Glass Polymer™* pokazao najboljim izborom. Riječ je o prozirnome materijalu, kojemu se dodaju boje u količini koja još uvijek omogućuje da svjetlo iz ambalaže dolazi na površinu.

Čini se da će budućnost ambalaže za kozmetičke preparate biti obilježena integracijom elektroničkih sklopova, ali ne samo onih za osvijetljavanje već i za druge namjene.



SLIKA 12. Inovativna ambalaža za novi parfem *Ether de lunx*

*Eastman Chemicals* Press Release, 12/2005.

### Izolacijska pjena iz obnovljivih izvora

Američka tvrtka *Apex Foam Industries* razvila je poliuretansku pjenu iz obnovljivih izvo-

ra za komercijalne i rezidencijalne primjene, nazvanu *Earthseal Foam.5* (slika 13). Pjena otvorenih ćelija ne oštećuje ozon, a dobivena je od šećerne trske i kukuruza. Pjena se širi i popunjava pukotine uz istodobnu kontrolu gibanja zraka kroz zidnu šupljinu. *Earthseal Foam.5* postojan je na plijesan, ima antimikrobno djelovanje, a osobito je postojan na apsorpciju vode. Izolacijska svojstva ove pjene podjednaka su onima pjene načinjene na osnovi nafte, no troškovi materijala niži su i do 35 %. Iako su troškovi postavljanja viši nego kod primjene izolacijskih trakova sa staklenim vlaknima, primjenom *Earthseal Foam.5* izolacijske pjene troškovi grijanja i hlađenja snižavaju se i do 40 %, a smanjuje se i potrebna veličina sustava grijanja i hlađenja. Otpornost prema gorenju bolja je nego kod pjena na temelju nafte, budući da materijal očvršćuje vrlo brzo, čime je omogućeno brtvljenje nepropusno za zrak. Pjena nije pogodna za vanjsku primjenu jer je izlaganje sunčevoj svjetlosti ubrzano razgrađuje, a nije pogodna niti za primjenu pod vodom.



SLIKA 13. Izolacijska pjena *Earthseal Foam.5* iz obnovljivih izvora

Plastic Engineering 12/2005.

### Elektronički proizvodi načinjeni od kukuruza i krumpira

Japanska tvrtka *NEC* domaćem je tržištu ponudila mobilni telefon oznake *N701i ECO* (slika 14), čije je kućište načinjeno od bioplastike na osnovi škroba iz kukuruza i krumpira. Sredinom 2005. ista je tvrtka predstavila prototip prijenosnoga računala čiji su plastični dijelovi izrađeni od bioplastike, za koji se očekuje kako će se pojaviti na tržištu do 2010.



SLIKA 14. Mobilni telefon *N701i ECO*

www.performance-materials.net

### Mlijeko u PET-u

Mliječni proizvodi raznih okusa (čokolade, vanilije, jagode ili banane) ili s komadićima voća najveće su tržište mliječnih proizvoda u Zapadnoj Europi. Osim zahtjeva za aseptičkim punjenjem, mliječni proizvodi u prozirnoj plastičnoj ambalaži moraju se štiti od svjetlosti i kisika. Jedna od prednosti PET-a je njegova prozirnost. Za mnoge proizvode kupci više vole prozirne spremnike, budući da žele vidjeti sadržaj.

Mikrobiološki sigurno punjenje pH-neutralnih mliječnih proizvoda u prozirne PET boce veoma je zahtjevno, posebno za proizvode koji se prodaju izvan hladnjaka. Razlog je tomu u mnogo većoj mikrobiološkoj osjetljivosti pH-neutralnih proizvoda u usporedbi s kiselijim napitcima (odnosno onima čija je pH-vrijednost niža od 4). Međutim, to se može riješiti pravilnim aseptičkim punjenjem. Moderno aseptičko punjenje doseglo je nužnu razinu mikrobiološke sigurnosti pa je pozornost usmjerena na stabilnost gotovoga proizvoda pri različitim uvjetima skladištenja. Proizvodi moraju biti postojani u fizikalno-kemijskim uvjetima, a posebno u okusu, tijekom razdoblja skladištenja, da bi se omogućila njihova distribucija i prodaja izvan hladnjaka. Posebno se strogi zahtjevi postavljaju kada je u pitanju mlijeko.

Istraživanja su pokazala da je pogoršan okus mlijeka moguće primijetiti već nakon nekoliko dana, čak i ako je mlijeko pakirano u obojene PET boce. Primjerice, riboflavin (vitamin B2) važan je sastojak mlijeka, a vrlo je osjetljiv na utjecaj svjetlosti. Iz tog razloga mlijeke pakiraju svoje trajne proizvode u neprozirnu ambalažu. Mlijeko u prozirnim bocama čuva se isključivo na hladnim policama ili u hladnjacima, s maksimalnim vijekom trajanja od jednog tjedna.

Plastične se boce rabe i za proizvode trajnosti od 12 do 30 dana, uz čuvanje na hladnom. Uobičajeni ambalažni materijal za pakiranje takvih proizvoda u europskim zemljama bio je PE-HD, koji je jeftiniji od PET-a, no veoma je propustan na kisik. U slučaju prozirne ambalaže, faktor osjetljivosti na kisik spaja se s problemom osjetljivosti na svjetlost, posebice ako je cilj dulji vijek trajanja. Svjetlost aktivira kisik, koji ubrzava starenje sadržaja.

Kako bi se riješio problem utjecaja svjetlosti i kisika na mlijeko, razvijene su posebne prozirne PET boce s UV stabilizatorom (slika 15), koje su manje propusne na kisik od PE-HD boca. Vizualno su iste kao i uobičajene PET boce, a štite proizvod od svjetlosti u UV rasponu do maksimalno 380 nm. Mlijeko je osjetljivo na svjetlost valnih duljina od 300 do 500 nm, pa čak ni poboljšana PET boca ne može pružiti potpunu zaštitu. To znači da je za zaštitu od svjetlosti valnih du-