

K'13 – svijet plastike i gume

Priredile: Ana PILIPOVIĆ i Maja RUJNIĆ-SOKELE

K 2013 - world of plastics and rubber

From 16 to 23 October 2013 Dusseldorf hosted the world's largest exhibition of plastics and rubber and related industries - machinery and equipment, measuring devices, and other services - K'13. It was held in 19 halls on exhibition area of 171,326 m² for 3,218 exhibitors from 59 countries, of which 782 materials manufacturers, 356 processors (manufacturers of semi-finished products and technical products), 1,922 manufacturers of plastics and rubber processing and related equipment, as well as 160 service companies. Most of the space was occupied by the manufacturers of machines and equipment for processing plastics and rubber - almost 70%. Most exhibitors came from Germany (1059), followed by Italy with 406 exhibitors, and in third place is China with 340 exhibitors. Changes in the global plastics market were reflected at fair K'13 - area occupied by exhibitors from Asia (China, India, Taiwan, Japan and South Korea) has increased by a third compared with K'10. The fair was visited by around 218,000 visitors from 140 countries, which is slightly less than three years ago, when there were slightly more than 222,000 visitors. This year's fair was dedicated to efficiency, which has become inevitable in every stage of the value chain. Given the current prices of raw materials and energy sources, it is important to minimize the consumption of materials and energy, and this can be achieved by optimized use of materials, production with no waste and recycling.

Uvod

Düsseldorf je od 16. do 23. listopada 2013. bio domaćin najveće svjetske izložbe plastike i gume te popratne industrije: strojeva i opreme, mjer-nih uređaja, usluga i dr. – K'13. U 19 sajamskih hala na 171 326 m² izlagalo je 3 218 izlagača iz 59 zemalja, od toga 782 proizvođača materijala, 356 prerađivača (proizvođača poluproizvoda i tehničkih proizvoda), 1 922 proizvođača strojeva za preradbu plastike i gume te popratne opreme i 160 poduzeća koja se bave uslugama. Najviše prostora zauzeli su proizvođači strojeva i opreme za preradbu plastike i gume – gotovo 70 %. Najviše izlagača došlo je iz Njemačke,

njih 1 059, slijedi Italija s 406 izlagača, a na trećem je mjestu Kina s 340 izlagača. Promjene na svjetskom plastičarskom tržištu odrazile su se i na sajam K'13: površina koju su zauzimali izlagači iz Azije (Kine, Indije, Tajvana, Japana i Južne Koreje) za trećinu je veća u usporedbi s K'10. Sajam je posjetilo oko 218 000 posjetitelja iz 140 zemalja, što je malo manje nego prije tri godine, kada je bilo oko 222 000 posjetitelja. K'13 bio je posvećen učinkovitosti, koja je postala neizbježna u svakom stupnju lanca vrijednosti. S obzirom na današnje cijene sirovina i izvora energije, važno je minimizirati potrošnju materijala i energije, a to se može ostvariti optimiranom uporabom materijala, proizvodnjom bez otpada i recikliranjem.

Plastičarska industrija u Europi i svijetu

Na novinskoj konferenciji europskog udruženja proizvođača plastičnih materijala *PlasticsEurope* izvršni direktor Wilfried Haensel predstavio je najnovije podatke o proizvodnji i potražnji plastičnih materijala te o gospodarenju plastičnim otpadom. Europska plastičarska industrija zapošljava 1,4 milijuna radnika u više od 62 000 poduzeća, s prometom većim od 300 milijardi eura. Svjetska proizvodnja povećala se s 280 milijuna tona u 2011. na 288 milijuna tona u 2012., što je porast od oko 2,8 %. Oko 80 % te količine otpada na materijale koji se pretvaraju u plastične proizvode, a 20 % čine prevlake, ljepljiva, disperzije, lakovi i boje. Plastičnih materijala se u 2012. najviše potrošilo u Aziji, gotovo 44 % (od toga je Kina potrošila 23 %), slijedi Europa s 21 % i zemlje NAFTA-e (Sjedinjene Američke Države, Kanada i Meksiko) s 20 %. Udio Latinske Amerike iznosi 5 %, zemlje bivšega Sovjetskog Saveza potrošile su 3 %, a Bliski istok i Afrika drže udio od 7 %. Na europskom tržištu pokazatelji nisu tako dobri, još se osjećaju posljedice krize. Proizvodnja je u odnosu na 2011. smanjena 3 %, a potražnja 2,5 % zbog pada potražnje najvažnijih industrija (ambalažna, građevinska i automobilska industrija). Međutim, razlika je između zapadne i središnje Europe. Potražnja u zapadnoj Europi snizila se 3 %, dok se u središnjoj Europi povišila 0,6 %.

Što se tiče kaučuka, osnovnog sastojka kaučukovih smjesa, u 2012. proizvedeno je i potrošeno 26 milijuna tona. Pritom na prirodni kaučuk otpada 11 milijuna tona, a na sintetski 15 milijuna tona.

Gospodarenje plastičnim otpadom pokazuje pozitivan trend. Oporabilo se 61,9 % plastičnog otpada, od toga se recikliralo 26,3 % (porast od 4,9 % prema 2011.), a energijski oporabilo 25,6 % (porast od 3,3 % prema 2011.). Dakako, gospodarenje plastičnim otpadom različito je u pojedinim zemljama članicama Europske unije – neke zemlje oporabe 100 % plastičnog otpada, a neke ni 30 %.

Plastičarska industrija teži tomu da se do 2020. na odlagališta više ne odlaze plastični otpad koji je visoke ogrjevne vrijednosti (*zamrznuta nafta*) i treba ga na bilo koji način oporabiti. Inicijative plastičarske industrije, osim uspostave odlagališta bez plastičnog otpada do 2020., uključuju i rješavanje problema s plastičnim otpadom u morima i oceanima. Zaključak je stoga da plastičarska industrija nije problem, već ona daje rješenje recikliranjem plastičnog otpada.

P. Thomas, predsjednik uprave tvrtke *Bayer MaterialScience*, predstavio je gospodarske izgleda europske plastičarske industrije u idućem razdoblju. Plastičarska industrija čini 2,6 % europskoga bruto domaćeg proizvoda. Godina 2013. može se smatrati stabilizacijskom za europski plastičarski sektor, a prema predviđanjima 2014. donijet će slab oporavak, iako je industrija još daleko od stanja kakvo je bilo prije krize. Europska plastičarska industrija ima veliku konkurenciju u ostalim regijama svijeta, posebno Kini, Indiji, Bliskom istoku, Latinskoj Americi i Sjedinjenim Američkim Državama. Kina intenzivno investira u petrokemiju, a jača je u proizvodnji plastike od Europe od 2010. Isto tako treći je svjetski izvoznik strojeva i ostale opreme za preradbu plastike (s udjelom od 11,6 %, iza Njemačke i Japana). Indija pokazuje velik rast (godišnja stopa rasta od 10 do 12 %), najviše u preradbi plastike, sektoru u kojem su zaposlena 4 milijuna ljudi u više od 22 000 poduzeća. Prednost Bliskog istoka je izravan pristup fosilnim izvorima - 67 % svjetskih rezervi nafte i 45 % rezervi prirodnog plina nalazi se na tom području. Latinska Amerika, posebno Brazil, proizvodi 33 % bioplastike, a nove mogućnosti za brazilsku petrokemijsku industriju donosi pronalazak novih izvora nafte u predsolnim naslagama. Sjedinjene Američke Države u prednosti su zbog nižih cijena energije zbog nekonvencionalnih goriva, kao što je plin iz škriljevca koji danas čini 10 % izvora američke proizvodnje energije, a predviđa se da će do 2035. dosegnuti 36 %.

Zanimljiva je i anketa koju je *PlasticsEurope* proveo u Njemačkoj, koja je pokazala da 71 % Nijemaca ima pozitivno mišljenje o plastici. U primjenama u medicini, komunikacijama, automobilima i graditeljstvu plastika je nezamjenjiva. S druge strane, slična anketa u Velikoj Britaniji pokazala je kako pozitivno mišljenje o plastici ima jedva 30 % anketiranih. Rezultati se mogu povezati s gospodarenjem plastičnim otpadom, koje je u Njemačkoj na visokoj razini za razliku od Velike Britanije – ondje gdje je loše riješeno gospodarenje otpadom, loše je i mišljenje o plastici. Vjerojatno bi slična anketa u Hrvatskoj pokazala porazne rezultate za plastiku kao i u Velikoj Britaniji.

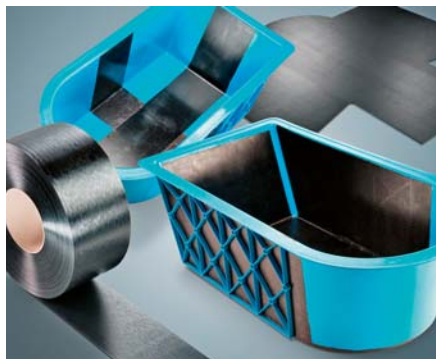
Plastičarska industrija i dalje je treća industrija u SAD-u: zapošljava 892 000 radnika u 15 949 poduzeća, a u 2012. proizvela je robe u vrijednosti od 373 milijarde USD. Izvezeno je robe u vrijednosti od 58,5 milijardi USD, a uvezeno za 43,7 milijardi USD (što je suficit od 13,1 milijarda USD). Najviše se izvezlo u Meksiko i Kanadu, a na trećem je mjestu Kina, iako je najveći deficit američke plastičarske industrije upravo s Kinom (7,8 milijardi USD). Ono što američku industriju čini konkurentnijom od proizvođača u ostatku svijeta je porast proizvodnje plina iz škrljevca. Tradicionalna sirovina u SAD-u za polimerne materijale je prirodni plin, dok se Azija i Europa više oslanjaju na naftu. Prije desetak godina SAD je proizvodio etilen i njegove derivate po najvišim cijenama, a danas je situacija potpuno drukčija, što je dovelo do velikih investicija u postrojenja za proizvodnju etilena i njegovih derivata. U travnju 2013. najavljene su investicije u iznosu od 73 milijarde USD u postrojenja za proizvodnju plina iz škrljevca. Puna ekonomska vrijednost vezana uz razvoj energije iz škrljevca iznosila je 75 milijardi USD u federalnim/državnim prihodima od poreza, 283 milijarde USD bruto domaćeg proizvoda SAD-a i 2,1 milijun zaposlenih. Predviđa se da će do 2020. doprinos iznositi 125 milijardi USD u porezima, 469 milijardi USD u BDP-u i 3,3 milijuna zaposlenih.

Materijali

BASF

Tvrtka *BASF* i na ovom je sajmu predstavila mnogo novosti. Jedna od njih je ulazak tvrtke u automobilsku industriju, koji je demonstriran kompozitnim proizvodom *Ultracom*TM koji se sastoji od dva dijela: plastomerom impregniranih kontinuiranih staklenih vlakana u obliku lista, tzv. organskog lista (e. *organic sheet*, *Ultralaminat*TM) ili u obliku vrpce (*Ultratape*TM) i materijala kojim se obrizga pripremak (e. *injection overmoulding*) koji sadržava kratka staklena vlakna. Plastomeri su najčešće poliamid (PA) ili poli(butilen-tereftalat) (PBT), a razlika

između lista i vrpce je u tkanju vlakana, koja su kod vrpce jednosmjerna. Na sajmu se izrađivala posudica (slika 1) i kutijica koja se sastoji od organskog lista, krute komponente poliamida *Ultramid*[®] *COM* s visokim udjelom staklenih vlakana (35 ili 60 %) i meke komponente, elastoplastomernog poliuretana (TPU) *Elastollan*[®]. Organski list najprije se obradi plazmom kako bi se osiguralo optimalno prianjanje meke komponente, robot ga postavlja u kalup gdje se obrizga poliamidom i elastoplastomernim poliuretanom. Injekcijski se prešalo na ubrizgavalici tvrtke *Arburg*.



SLIKA 1 – Vlaknima ojačan kompozitni proizvod – *Ultratape*TM i *Ultramid*[®] (Foto: *BASF*)

Također je predstavljen i e-bicikl *Concept 1865*, načinjen prema biciklu iz 1865. (godine osnivanja *BASF*-a), tzv. *tresokosti* (e. *boneshaker*; slika 2a), koji je nazvan tako jer su drveni kotači i loše ceste uzrokovali vrlo neugodnu vožnju. *Concept 1865* (slika 2b) uključuje razne vrste *BASF*-ovih polimernih materijala, njih čak dvadeset i četiri. Metalni su samo kočnica, osovine i motor. Primjerice, pedale (slika 3a) su načinjene od poli(eter-sulfona) (PESU) s 10 % ugljikovih vlakana, 10 % grafitu i 10 % poli(tetrafluoretilena) (PTFE). Materijal pripada seriji *Ultrason*[®], a karakterizira ga izvrsna postojanost na mnoga strojna ulja, visoka mehanička čvrstoća i izvrsna dimenzijska stabilnost u temperaturnom rasponu od –50 do +180 °C. Poluga pedale (slika 3a) načinjena je od staklenim vlaknima ojačanog poliamida visokog modula elastičnosti *Ultramid*[®] *D HMG*. Taj materijal sadržava velik udio staklenih vlakana, čime je omogućena visoka krutost koja je nužna za jako opterećene dijelove, kao što je poluga pedale. Prednji obruč kotača načinjen je od kompozitnog proizvoda *Ultracom*TM načinjenoga od spomenutoga organskog lista i vrpce, koji se u jednom proizvodnom koraku toplo oblikuju i nakon toga ukrućuju poliamidom s kratkim staklenim vlaknima. Time se kombiniraju izvrsna mehanička svojstva kontinuiranih vlakana s preradbenim prednostima kratkih staklenih vlakana.



SLIKA 2 – Original i moderna kopija: a) *tresokost* iz 1865.; b) *Concept 1865* iz 2013. (Foto: *BASF*)

Pneumatik bicikla načinjen je od dva materijala – tijelo pneumatika načinjeno je od pjenastoga elastoplastomernog poliuretana (TPU-E) *Infinergy*[®], a profil pneumatika od elastoplastomernog poliuretana (TPU) *Elastollan*[®] (slika 3b).



SLIKA 3 – Dijelovi *Concepta 1865*: a) pedala i poluga pedale; b) pneumatik (Foto: *BASF*)

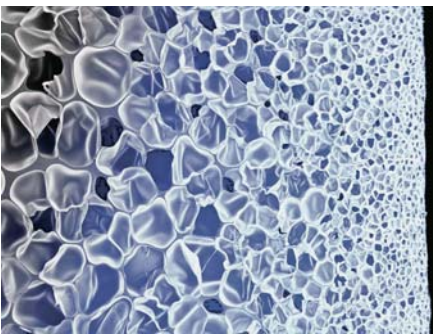
Pjenasti elastoplastomerni poliuretan načinjen je u suradnji s tvrtkom *Adidas*, a primjenjuje se za potplate tenisica za trčanje (slika 4). TPU-E proizvodi se pjenjenjem početnog materijala, TPU granula. Nakon predobrade tlakom i toplinom, granule veličine do 5 mm ekspandiraju, pri čemu im se volumen povećava deseterostruko. Oblik ekspandiranih granula je ovalan, a plin ostaje zarobljen unutar njih, što ih čini vrlo elastičnima i omogućuje željeni povratni učinak potplata.



SLIKA 4 – Tenisica tvrtke *Adidas* – potplat od pjenastoga elastoplastomernog poliuretana *Infinergy*[®] tvrtke *BASF* (Foto: M. Rujnić-Sokele)

Za svaki potplat *Adidas* treba oko 2 500 granula. Da bi se pretvorile u željeni oblik, granule se izlažu djelovanju vruće pare u procesu u kojem se krajnji sloj granula lagano rastali,

što uzrokuje njihovo spajanje u stabilan oblik. Unutarnja zračna ćelijasta struktura pritom ostaje nepromijenjena. U svakoj granulaciji nalazi se mnogo zračnih mjehurića veličine od 30 do 300 μm (slika 5). Potplat načinjen od TPU-E može se komprimirati u velikoj mjeri: do polovine svojeg volumena pri tlaku od dva bara. To je svojstvo posebno učinkovito pri apsorpciji udarnog djelovanja na nogu. Kada udarni impuls prestane djelovati, pjenasti potplat vraća se u svoj originalni oblik gotovo trenutačno. Drugim riječima, potplat apsorbira trkačevu energiju i u velikoj mjeri mu je vraća. Još jedna prednost uključuje elastičnost kroz širok temperaturni raspon pa su tenisice istih karakteristika na $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ i na $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Gustoća otpjenka je od 0,20 do 0,32 g/cm^3 , što je između lakših PS-E i težih PUR otpjenaka. Otpjenak apsorbira vrlo malo vode, manje od 2 vol. % u 24 h, prekidno istezanje iznosi od 100 do 150 %, ovisno o gustoći otpjenka. Materijal je vrlo dobre otpornosti na abrazijsko trošenje i vrlo dobre kemijske postojanosti.



SLIKA 5 – Presjek granule plastomernog poliuretana *Infinergy* (Foto: *BASF*)

Radici Group

Tvrtka *RadiciGroup* proširila je ponudu materijala na novi poliamid *Radilon XTreme HHR*, koji je postojan pri povišenim temperaturama. Najvažnija svojstva poliamida *Radilon XTreme HHR* su talište pri $280\text{ }^{\circ}\text{C}$, staklište pri $90\text{ }^{\circ}\text{C}$, što je u usporedbi s PA66 više za $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, te apsorpcija vlage od 7 %. Za sada se upotrebljava u postupku prerade injekcijskim prešanjem i puhanjem. Na tržištu je dostupan *Radilon XTreme HHR* ojačan s 35, 40 i 50 % staklenih vlakana (s 35 % staklenih vlakana prekidna čvrstoća je 50 %, a savojna žilavost 70 % viša nakon uporabe od 3 000 h pri $220\text{ }^{\circ}\text{C}$ u usporedbi s prijašnjim poliamidom). Najčešće se upotrebljava za proizvode koji se primjenjuju pri radnim temperaturama do $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ (npr. ventilacije s vrućim zrakom, u automobilske i električne industriji i sl.).

Za bolju savojnu žilavost, otpornost puzanju i zamoru, mehaničku čvrstoću i krutost pri povišenim temperaturama tvrtka *RadiciGroup*

predstavila je na sajmu novi PA6 i PA66 ojačan dugim staklenim vlaknima (*Radistrong*). Ti su materijali idealni kao zamjena za metalne proizvode koji se upotrebljavaju pri visokim temperaturama ili ondje gdje se javljaju zaostala toplinska naprezanja. *Radistrong* se proizvodi postupkom pultrudiranja i dostupan je s 20 do 60 % staklenih vlakana.

Nakon što je na prošlom sajmu (*K 2010*) predstavljen materijal *Radilon D*, koji je načinjen sa 64 % obnovljivih i recikliranih materijala, tvrtka *RadiciGroup* na *K 2013* predstavila je novi *Radilon DT PA612*, koji u usporedbi s PA610 ima bolju kemijsku postojanost, pogotovo na soli kao što su cinkov klorid i kalcijev klorid. S materijalom *Radilon DT* mogu se proizvoditi tvorevine ekstrudiranjem i toplim oblikovanjem. Najvažnija su mu svojstva visoka žilavost, odlična kemijska postojanost, otpornost na stvaranje napuklina, dobra postojanost na toplinsko starenje, dobra postojanost na hidrolizu i dobra dimenzijska stabilnost gotovih proizvoda zbog niske apsorpcije vlage. Primjenjuje se u automobilske industriji, npr. za cijevi za dovod goriva, ulja itd. (slika 6).



SLIKA 6 – Savitljiva cijev za dovod goriva načinjena od PA6.12 *Radilona DT* (Foto: *RadiciGroup*)

Sukano

U 2013. godini švicarska tvrtka *Sukano* uvela je na tržište nekoliko novosti i predstavila ih na ovom sajmu: antimikrobni koncentrat za tekstilnu industriju (*Sukano Tam S653*, *PBT am S660*, *PA am S652*), smeđi koncentrat za prehrambenu industriju *T cc D3810* (PET ambalaža), koncentrat protiv prljanja za proizvode načinjene od poliamida *PA dc S688-D* i *PA dc S649-D* i biorazgradljive koncentrate.

Antimikrobni koncentrat dodaje se u vrlo malo koncentraciji kako bi se održala svježina tekstilnih vlakana (npr. sportske odjeće, čarapa, donjeg rublja, radne odjeće, medicinskog tekstila itd.). Tekstil s ovim koncentratom ne poprima neugodne mirise uzrokovane znojenjem (znoj se sastoji od 99 % vode i male količine šećera i lipida, koji, kad se prenesu na odjeću, stvaraju hranjive tvari za mnoge bakterije koje proizvode neugodne mirise, pogotovo na sintetskom tekstilu). Koncentrat *Sukano* dostupan je u tri varijante. Osnovni materijal može biti PET, PBT i PA6 s dodatkom određene količine srebra koje, osim sprječavanja neugodnih mirisa, ne stva-

ra žute mrlje i ne utječe na svojstva tekstilnih vlakana. Vlakna se mogu prati do 300 puta pri temperaturi od $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ bez gubitka svojstava.

U količini od 0,5 do 1 % dodaje se koncentrat *Sukano T cc D3810* u PET koji se primjenjuje u prehrambenoj industriji za izradu posudica za čokoladu i kekse (slika 7). Koncentrat *T cc D3810* može se dodati u bilo koji sloj A/B/A koekstrudiranog filma, ali je posebno pogodan za srednji sloj načinjen od novoga ili oporabljene PET-a. Kako se dodaje u vrlo malim količinama, smanjuje ukupnu cijenu materijala do 30 %, a omogućuje izradbu odličnoga toplooblikovanog proizvoda.



SLIKA 7 – Koncentrat za prehrambenu industriju *Sukano* (Foto: *Sukano*)

Za poliamidne filmove orijentirane strukture načinjene ekstrudiranjem crijevnog filma i lijevanjem primjenjuje se koncentrat *PA dc S688-D* i *PA dc S649-D* za sprječavanje prljanja (slika 8) s odličnim mehaničkim i optičkim svojstvima. Koncentrat se rabi u materijalima za ambalažu namijenjenu za pakiranje hrane, lijekova, igračaka i elektroničkih uređaja.



SLIKA 8 – Primjena *Sukanova* koncentrata protiv prljanja (Foto: *Sukano*)

Koncentrat *Sukano Bio-loy* mijenja PLA i uklanja njegove nedostatke, tj. poboljšava žilavost, izdržljivost, olakšava preradu injekcijskim prešanjem ili ekstrudiranjem. Dodavanjem male količine različitih biorazgradljivih koncentrata *Sukano* u PLA može se također utjecati na fizička i optička svojstva, toplinsku postojanost, postojanost boje te smanjiti ugljikov trag proizvoda.

Bioplastika – opasnost od oksorazgradljivih dodataka

Na području bioplastike nije bilo bitnih novosti. Tvrtka *Bayer* predstavila je projekt pod nazivom *Proizvodnja iz snova* (e. *Dream Production*), a riječ je o proizvodnji poliola iz CO₂ katalizom, u suradnji s *Centrom za katalizu RWTH* u Aachenu i njemačkim opskrbljivačem električnom energijom i plinom *RWE*-om. Osnovni problem kod rada s CO₂ je njegova vrlo stabilna molekula, pa vrlo sporo reagira. Problem rješava aktivacijska energija, no donedavno je utrošak energije bio toliko velik da je cijeli proces bio neisplativ. Međutim, uz pomoć katalizatora smanjena je aktivacijska energija te je tako kemijski proces postao učinkovitiji. Probna proizvodnja poliola od CO₂ započela je 2011. u Leverkusenu, a nedavno je iz šaržne prebačena u kontinuiranu. Predviđa se da će se 2015. na tržištu pojaviti prvi madraci napravljeni od poliuretana kojemu je polioli (komponenta PUR-a uz izocijanat) načinjen od CO₂.

Tvrtka *FKuR* predstavila je svoje bioplastične materijale koje razvija u suradnji s *Fraunhoferovim institutom za tehniku okoliša, sigurnosti i energije*. U ponudi su biorazgradljivi materijali *Bio-Flex*[®], mješavine kopoliestera i PLA, celulozni acetati namijenjeni za injekcijsko prešanje *Biograde*[®] te drvo-plastomerni kompoziti u kombinaciji polipropilena i drvnih vlakana ili polilaktida i drvnih vlakana *Fibrolon*[®] (slika 9). Novost u proizvodnom programu čini obitelj *Terralene*[®], nerazgradljivi polietileni na bioosnovi (osnova je polietilen od šećerne trske brazilske tvrtke *Braskem*). Tvrtka *FKuR* posebno naglašava kako u svojim biorazgradljivim materijalima ne rabi oksorazgradljive dodatke, dakle dodatke koji sadržavaju prijelazne metale kao što su kobalt, mangan, željezo ili cink koji potiču oksidaciju i razgradnju lanca polimera prilikom izlaganja materijala toplini, zraku ili svjetlosti. Posljedica takve razgradnje su vrlo male, jedva vidljive polimerne čestice koje se biološki ne razgrađuju (nema mineralizacije, pretvaranja organskog ugljika u CO₂). Isto tako ne rabe ni dodatke s organskim materijalima, koji sadržavaju određeni dio koji je biorazgradljiv, npr. škrob ili celulozu, i biološki se razgrađuje u nekoliko tjedana. Međutim, samo se dio razgrađuje, a velik ostatak (95 do 99 %) samo fragmentira, tj. usitnjava se do jedva vidljivih čestica. Iako su takvi dodatci cijenom vrlo povoljni kada se primjenjuju u kombinaciji s tradicionalnim fosilnim plastomerima, nije dokazana biorazgradnja materijala s takvim dodatcima, organizacije koje certificiraju biorazgradljive materijale ih ne priznaju, sadržavaju teške metale koji zaostaju u tlu i vodi, a posebno smetaju pri recikliranju jer potiču razgradnju nerazgradljivih polimera. Valja napomenuti da se

u Hrvatskoj na *mala vrata* uvodi oksoplastika, a nitko ne reagira.



SLIKA 9 – Urna od drvo-plastomernoga kompozita tvrtke *FKuR* (Foto: *FKuR*)

Tvrtka *BASF* predstavila je biorazgradljivu/kompostabilnu mješavinu polilaktida (PLA) i poli(butilen-adipat-tereftalata) (PBAT) za injekcijsko prešanje. Talište materijala je od 180 do 205 °C, a primjenjuje se za izradbu krute ambalaže namijenjene za čuvanje hrane. Predstavljene su kompostabilne plastične kapsule za kavu švicarskog proizvođača nazvane *beanarella* u barijernom pakovanju (slika 10). Kapsule se u industrijskoj kompostani razgrađuju unutar četiri tjedna.



SLIKA 10 – Biorazgradljive kapsule za kavu (Foto: *BASF*)

Strojevi i oprema

Arburg

Tvrtka *Arburg* prikazala je mnoge novosti, od kojih je najvažnija *Freeformer* (slika 11) – stroj za aditivnu proizvodnju taložnim očvršćivanjem (e. *Fused Deposition Modeling, FDM*).

U ovom postupku ključna je mlaznica koja se otvara i zatvara (do 100 puta u sekundi) i piezo-tehnika koja stvara željeni proizvod sloj po sloj od malenih plastičnih kapljica bez potporne strukture. Pritom je mlaznica nepomična, a postolje se miče. Potpuno funkcionalni dijelovi izrađuju se od sitnih plastičnih kapljica, bez uporabe kalupa, a jedna od velikih prednosti je uporaba jeftinih standardnih granulata umjesto skupih specijalnih materijala drugih proizvođača strojeva za aditivnu proizvodnju. Također, prednost je i što nema potrebe za potpornom strukturom, a mogu se kombinirati

različiti materijali (npr. meki i tvrdi). Cijena stroja je 150 000 eura.



SLIKA 11 – Presentacija stroja za aditivnu proizvodnju tvrtke *Arburg* – *Freeformer* (Foto: *Arburg*)

Kao i mnoge druge tvrtke (npr. *Engel*, *Lanxess* itd.), i *Arburg* je demonstrirao injekcijsko prešanje kompozitnog otpreska koji je sastavljen od tri dijela: organskih listova, rovinga od staklenih vlakana i polipropilena (slika 12). Riječ je o izravnom injekcijskom prešanju dugih vlakana s organskim listovima (e. *Long-Fibre Direct Injection Moulding with Organic Sheets*). Dva organska lista zagriju se u infracrvenoj peći, nakon čega ih šestoosni robot umetne u kalup. Staklena vlakna sijeku se na duljinu od 15 do 50 mm i dodaju izravno u polipropilensku taljevinu koja se zajedno s vlaknima ubrizgava na organske listove u kalupnoj šupljini. Ciklus injekcijskog prešanja traje 40 s, duljina kompozitnog otpreska je 203 mm, a masa 500 g, što je 62 %-tno smanjenje mase u odnosu na masu metalnoga komada.



SLIKA 12 – Kompozitni otpresak načinjen izravnim injekcijskim prešanjem dugih vlakana s organskim listovima (Foto: *Arburg*)

Na sajmu je prikazan i postupak injekcijskog prešanja kombinacije punog i pjenastog materijala u obliku čestica (e. *Particle-Foam Composite Injection Moulding*, PCIM). Prikazano je injekcijsko prešanje kotačića modelarskog aviona, koji se sastoji od tri materijala: pjenastog polipropilena (ispuna pneumatika), polipropilena (naplatka) i elastoplastomera (vanjski sloj pneumatika) (slika 13). Pjenasta ispuna napolatka, koja je načinjena u suradnji s tvrtkama *Ruch Novaplast* i *Krallmann*, umetne se u kalupnu šupljinu, nakon čega se ubrizga polipropilen, pri čemu se površina pjenastog polipropilena neznatno rastali, čime se stvori čvrsta veza između te dvije komponente, a sve se zajedno obrizga elastoplastomerom.

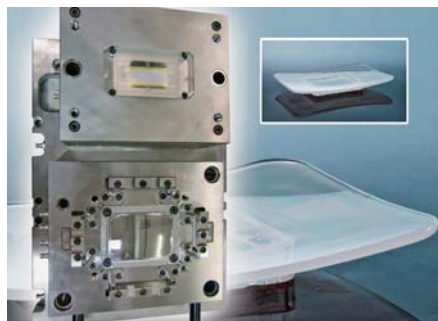


SLIKA 13 – Presjek kotačića modela aviona (Foto: *Arburg*)

ELMET

Tvrtka *ELMET* predstavila je rješenje proizvodnje proizvoda od kapljevito silikonskog kaučuka (e. *Liquid Silicone Rubber*, LSR) koji umrežuje pod UV svjetlom iz LED izvora. Time se uklanja potreba za visokim temperaturama umreživanja koje su nužne pri konvencionalnoj preradbi LSR-a. Tako se plastomeri s niskim talištem, kao što su polipropilen, polietilen ili poli(metil-metakrilat) (PMMA), mogu prerađivati s LSR-om dvokomponentnim injekcijskim prešanjem, odnosno ne treba rabiti skuplje plastomere koji su postojani pri višim temperaturama kao što su poliamid ili poli(butilen-tereftalat). Na slici 14 prikazana je posudica za sapun načinjena od prozirnog polipropilena sa silikonskim podloškom. Za izradbu tog proizvoda *ELMET* je razvio proizvodni sustav u suradnji s tvrtkama *Engel* i *Momentive* (proizvođač LSR-a). Ključni element sustava je kalup za injekcijsko prešanje na standardnoj ubrizgavalici *e-mac 170/50* tvrtke *Engel*. Najprije se načini polipropilenski dio koji je

proziran za UV zrake. Nakon premještanja PP otpreska u drugu kalupnu šupljinu ubrizgava se LSR. Na kraju se silikonska komponenta umreži izlaganjem UV zrakama koje emitiraju LED lampe kroz PP dio.



SLIKA 14 – Podložak za sapun i kalup – dvo-komponentno injekcijsko prešanje polipropilena i kapljevito silikonskoga kaučuka koji umrežuje UV zračenjem (Foto: *ELMET*)

Georg Kaufmann Formenbau

Švicarska tvrtka *Georg Kaufmann Formenbau* prikazala je unaprijeđeni postupak *Varysoft* kojim se izrađuju dijelovi mekani na dodir. Jezgra postupka je novorazvijeni višefunkcijski kalup koji ima funkcije injekcijskog prešanja, podtlačnog oblikovanja/utiskivanja dezena i pjenjenja u kalupu. Kalup je bio predstavljen na izložbenom prostoru tvrtke *Engel*, na njihovoj ubrizgavalici *duo 3550/650 pico combi M*. Proizvod je desna strana upravljačke ploče za *Hyundai*, koja se sastoji od tri sloja: podložnog sloja, sloja pjenastog materijala i sloja dekorativnog materijala (slika 15). Multifunkcijski kalup daje zrnati efekt dekorativnom materijalu tijekom podtlačnog oblikovanja i određuje točnu debljinu poliuretanske pjene u pojedinim zonama otpreska. Kalup se sastoji od rotirajuće ploče i radi u dva stupnja. U prvom stupnju injekcijski se preša podložni sloj u nepomičnoj polovici kalupa, dok se istodobno predgrijani dekorativni materijal (poliolefini film) postavlja u pomičnu polovicu kalupa i predoblikuje. Zrnati efekt kože i imitacija ukrasnih šavova dobivaju se podtlačnim oblikovanjem, a uz to se stvaraju i prijelazne zone za različite debljine pjenastog materijala i otvori za dijelove koji će se ugraditi u ploču. Na kraju se poliuretanska pjena ubrizgava u prostor između podložnog sloja i filma, a upravo ona daje ploči efekt mekog dodira.

Kautex

Tvrtka *Kautex* predstavila je električnu ekstruzijsku puhalicu serije *KBB* (slika 16) namijenjenu za izradbu ambalaže. U usporedbi s hidrauličnom puhalicom istoga kapaciteta, električna puhalica je niže cijene, vrijeme ciklusa kraće je za 25 % zbog kraćeg vremena hlađenja i bržeg pomicanja kalupa za puhanje, a



SLIKA 15 – Upravljačka ploča mekana na dodir (Foto: *Georg Kaufmann Formenbau*)

bitno je smanjena i potrošnja energije. Postupak rada ovakvog tipa puhalice je sljedeći: kalup se postavlja ispod glave za ekstrudiranje, zahvaća pripremak koji iz alata izlazi u obliku gipkog crijeva i odmiče se. Puhalo ulazi u gornji dio kalupa, oblikuje grlo boce i napuhuje pripremak prema stijenkama kalupa. Pomicanje kalupa omogućava bocama da se ohlade, a pripremak (ili pripremi) kontinuirano izlaze iz glave za ekstrudiranje.

Tvrtka je razvila i postupak vrlo brze promjene kalupa koju dva radnika mogu provesti u manje od 15 minuta. Električna puhalica serije *KBB* nudi se u četiri inačice, sa silama zatvaranja od 100 do 400 kN. Rad puhalice može se nadgledati na mobilnom uređaju putem interneta, a predstavljena je i jedinica koja omogućava obuku radnika bez potrošnje energije i materijala, kao i istodobno obučavanje više radnika.



SLIKA 16 – Ekstruzijska puhalica tvrtke *Kautex* (Foto: *M. Rujnić-Sokele*)

Moretto

Talijanska tvrtka *Moretto* predstavila je na sajmu nekoliko noviteta. Automatskim kontrolnim sustavom *One Wire 6 (OW6)* za transport materijala na udaljenosti od 100 metara moguća je kontrola

80 uređaja kao što su jedinica za dobavu materijala, jedinica za usisavanje itd. Uz jedinice *Kruise Kontrol*, *Kasko* i *Dolphin* uređaji tvrtke *Moretto* među najnaprednijima su za dobavu i transport materijala do strojeva za preradu plastičnih materijala. Sustavi su također opremljeni novim filtrima koji ne zahtijevaju održavanje, tihi su i finoće filtriranja do 2 μm .

Za kontrolu temperature kalupne šupljine dostupan je novi poboljšani sustav *TEKO*, koji kao rashladni medij rabi vodu. Sustav temperiranja načinjen je od nehrđajućeg čelika.

Gravimetrijsko doziranje *GRAVIX* (slika 17) sa sustavom *Vibration Immunity System (VIS)* osigurava precizno i 10 puta brže doziranje materijala. Moguća je dobava 12 vrsta materijala od 30 kg/h do 12 000 kg/h i uz uporabu više od 1 000 različitih lijevaka.



SLIKA 17 – Gravimetrijsko doziranje *GRAVIX* (Foto: *Moretto*)

Za sušenje materijala tvrtka je razvila uređaj *OTX*, koji se montira u lijevak i omogućuje optimalno sušenje granulata zrakom uz veliko smanjenje potrošnje energije za 40 % u usporedbi s konvencionalnim lijevcima. Za još bolje sušenje *OTX* se kombinira sa sušilima *XMAX* i *Flowmatik* (slika 18). *XMAX* ima mogućnost sušenja 20 000 m^3/h , odnosno brže i bolje odvlaživanje higroskopnih polimernih materijala. *Flowmatik* kontrolira distribuciju zraka za sušenje ovisno o količini i vrsti polimernog materijala.



SLIKA 18 – Uređaj za sušenje materijala *OTX* (Foto: *Moretto*)

REP International

Francuska tvrtka *REP International*, koja proizvodi strojeve za preradu kaučukovih smjesa, predstavila je svoju 10. generaciju ubrizgavalica iz serije *G10* nazvanu *Neizmjereno pametna* (e. *Infinitely Smart*). Predstavljena je ubrizgavalica *V710* (slika 19), sile zatvaranja 5 000 kN. Ubrižgavalica je kompaktnoga i robusnog dizajna, pri čemu ne zauzima mnogo prostora. Opremljena je novim intuitivnim sučeljem na ekranu veličine 21,5". Predstavljena je i mikroubrižgavalica *Microject* za injekcijsko prešanje malih preciznih dijelova, a može se lagano integrirati u automatiziranu montažnu liniju ili primijeniti za laboratorijska ispitivanja. Namijenjena je za injekcijsko prešanje plastomera, a može se prilagoditi za injekcijsko prešanje silikonskih i drugih kaučuka.



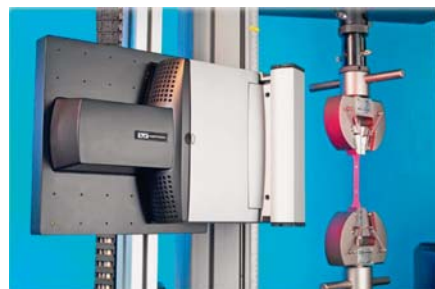
SLIKA 19 – Ubrižgavalica *V710* tvrtke *REP International* (Foto: *REP International*)

Laboratorijska oprema

Instron

Od opreme za ispitivanje materijala tvrtka *Instron* predstavila je *DIC* (e. *Digital Image Correlation*), postupak koji omogućuje obradu podataka dobivenih videoekstenzometrom o istezanju i pomaku na površini ispitka. Ti se podaci mogu pratiti u realnom vremenu, ali i snimiti te naknadno obraditi. U usporedbi s dosadašnjim sustavom bolje je praćenje suženja (stvaranje grla) ispitka, omogućena je vizualizacija na bočnoj strani ispitka kod savojnih i tlačnih ispitivanja, pokazuje nastale napukline u ispitku i identificira istezanje nakon prelaska standardne mjerne duljine (slika 20). Videoekstenzometar je optički uređaj koji omogućuje mjerenje produljenja u smjeru opterećenja i poprečno na njega bez dodira s ispitkom, što je pogodno za mjerenje krhkih ispitnih tijela poput tankih metalnih ili plastičnih filmova, tekstila ili papira, žica ili mekih bioloških tkiva jer ne

dolazi do stvaranja koncentracije naprezanja i preranog pucanja ispitnih tijela.



SLIKA 20 – Mjerni uređaj za ispitivanje mehaničkih svojstava *DIC* (Foto: *Instron*)

Predstavljena je i nova serija ručnih klinastih čeljusti (slika 21) koja kombinira pouzdanost s visokom preciznošću centriranja ispitka u čeljustima koje zadovoljavaju visoke zahtjeve *NADCAP AC7122-1*, za nemetale, i *NADCAP AC7101*, za metale, najčešće primjenjivane u svemirskoj industriji. Čeljusti su konstruirane u dvije verzije, za opterećenje (nominalna sila) od 100 i 250 kN, što omogućuje rastezna ispitivanja raznih vrsta materijala: metala, polimera ojačanih vlaknima te ostalih materijala. Također, mogu se primijeniti u temperaturnoj komori od -80 do $+250$ °C bez dodavanja maziva.



SLIKA 21 – Nova serija čeljusti s primjenom u temperaturnoj komori (Foto: *Instron*)

Od ostalih novosti predstavljenih na sajmu treba spomenuti novi sustav za poboljšano mjerenje žilavosti *CEAST DAS 64K*, hidraulične čeljusti s tehnologijom *DuraSync*, odnosno sa samocentrirajućim mehaničkim uređajem, koje se primjenjuju za visoka opterećenja (nominalna sila 250, 600, 1 500 i 2 000 kN) itd.

Recikliranje

APK

Tvrtka *APK* u recikliranju plastičnih materijala primjenjuje *newcycling*, revolucionarni postupak pretvorbe miješanoga plastičnog otpada u novi materijal identičnih svojstava kao kod originalnog materijala. Inovativni postupak

newcycling kombinira mehaničku predobradu i fizičko otapanje. Miješani plastični otpad otapa se na molekule i nakon toga se odvaja, čisti, dekonzervira kao odvojena plastika. Postupkom *newcycling* šteti se 80 % energije u usporedbi s običnim recikliranjem otpadnog materijala. Otapala koja se rabe u postupku mogu se upotrijebiti više puta.

Erema

Tvrtka *Erema* predstavila je novo postrojenje za recikliranje i ekstrudiranje plastike *Intarema*. Središnji dio postrojenja je patentirani sustav naziva *Counter Current (Protiv struje)* (slika 22) koji svoj utjecaj pokazuje u rubnom području rezalice/kompaktora i tangencijalno spojenog ekstrudera.



SLIKA 22 – Inovacija – sustav *Counter Current* (Foto: *EREMA*)

Unutar rezalice/kompaktora rotacija diska rotora stvara rotirajući kovitlac tako da materijal neprekidno cirkulira. U sustavu *Counter Current* taj se kovitlac materijala, za razliku od dosadašnjih postrojenja, kreće suprotno od smjera pužnog vijka ekstrudera. Posljedica toga je povišenje relativne brzine materijala u uvlačnoj zoni ekstrudera, tj. kada prelazi iz rezalice/kompaktora u ekstruder, do te mjere da pužni vijak ekstrudera djeluje kao oštar nož koji siječe plastiku. Ekstruder stoga može primiti više materijala u kraćem vremenu i manje je ovisan o stupnju kompaktnosti materijala. U osnovi pužni vijak *uzima koliko mu treba*, uvijek ima idealnu razinu punjenja i nikada se ne prepuni, pa je bolja regulacija. Postrojenje je fleksibilnije

i pouzdanije i dobro se prilagođava promjenama ulaza jer se materijal priprema i homogenizira za konstantno punjenje ekstrudera. Probni rad s otpadom od PE-LLD filma pokazao je da sustav daje veću stabilnost procesa, produktivnost i fleksibilnost. Bez obzira na razlike u sadržaju vlage, stupnju kompaktnosti i nekim drugim parametrima ulaznog materijala, sustav osigurava konstantnu kvalitetu izlaznog materijala. Postrojenje se pokazalo posebno dobrim pri preradi materijala s visokim sadržajem vlage i onečišćenja, kao što su oprani poljoprivredni filmovi, oprana mljevina filmova (PE-LD, PE-LLD, PE-HD), filmovi s čvrstim sadržajem kao što je papir te debelostjeni mljeveni materijali od otpadnih automobila i elektroničkog otpada, polistirenske čaše i polietilenski poklopci. Postrojenje *Intarema* dolazi u tri inačice. Serija *T* s kratkim pužnim vijkom bez otplinjavanja namijenjena je za recikliranje netiskanih odrezanih rubova, rezanog otpada, filma i mljevine. Serija *TE* uključuje dvostruko otplinjavanje i namijenjena je za preradu neznatno tiskana industrijskog otpada, vlakana i tehničke plastike. *Intarema TVEplus* namijenjena je za recikliranje materijala koji se teško prerađuju, kao što su jako tiskani filmovi ili vrlo vlažni materijali. Postrojenje sadržava vrlo fino filtriranje, homogenizaciju taljevine i visokoučinkovito otplinjavanje. Postrojenja *Intarema* dostupna su u kapacitetima od 50 do 3 000 kg/h.

Rapid Granulator

Nova generacija uređaja tvrtke *Rapid Granulator* za usitnjavanje otpada *Rapid Raptor* (slika 23) otklanja neke nedostatke dosadašnjih uređaja. U 70 sekundi moguće je otvoriti cijeli uređaj s integriranim hidrauličnim sustavom i dobiti izravan pristup svim unutarnjim dijelovima, što uvelike olakšava čišćenje, servis i održavanje stroja. U prodaji će biti dostupno pet modela iz serije *Raptor*, u koje će se moći ugraditi razni noževi za razne namjene, npr. klinasti noževi i rotori specijalno konstruirani za usitnjavanje filmova i vlakana.



SLIKA 23 – *Rapid Raptor* (Foto: *Rapid Granulator*)

Uređaj *Rapid FSS* (e. *Rapid Fibre Separation System*) služi za recikliranje ojačanih cijevi i drugih proizvoda ojačanih vlaknima. Najčešće se primjenjuje za PVC crijeva ojačanih polietilenskim vlaknima. Nakon predusitnjavanja u prvoj fazi odvajaju se vlakna, a zatim slijedi mljevenje na željenu dimenziju. Nakon recikliranja materijal se miješa s čistim i može se ponovno prerađivati.

Tvrtka *Rapid Granulator* u sve svoje uređaje ugrađuje *Rapid's MSS*, sustav za smanjenje buke pri radu strojeva.

REP International

Tvrtka *REP International* predstavila je postupak devulkanizacije, toplinsko-mehanički proces recikliranja gumenih proizvoda. U načelu je riječ o regeneriranju kaučukove smjese, što znači da gumeni otpad postaje materijal koji se može ponovno primijeniti za proizvodnju novog proizvoda. Postupak se odvija bez kemijskih dodataka, a temelji se na patentiranom postupku *HSM* devulkanizacije tvrtke *Watson Brown HSM*. Maksimalna temperatura procesa iznosi 80 °C, a devulkanizacija je primjenjiva za sve tipove kaučukovih smjesa, osim silikonsko-gaučuka za koji je još u fazi istraživanja.

Međunarodni fotografski natječaj s temom plastike

Blog Plastično je fantastično, Fotoklub Rijeka i Društvo za plastiku i gumu objavili su međunarodni fotografski natječaj s temom *Plastika i plastični proizvodi oko nas*.

Natječaj za najbolju fotografiju raspisuje se kako bi se djelima fotomatera, fotografa profesionalaca, umjetnika i brojnih zaljubljenika u fotografiju javnost upoznala s plastičnim proizvodima te kako bi se utjecalo na percepciju plastike, odnosno stajalište javnosti prema plastici i plastičnim proizvodima putem djela svakoga pojedinog sudionika natječaja. Stoga se od sudionika natječaja očekuje prikaz, osobno viđenje plastike i plastičnih proizvoda iz svakodnevnog života.

Natječaj traje od 1. veljače do 30. travnja 2014. u 24:00. Svi radovi šalju se e-poštom na adresu plasticno.je.fantasticno@gmail.com. Detalji o samom natječaju, načinu sudjelovanja, uvjetima te prijavnica dostupni su na mrežnoj stranici *bloga Plastično je fantastično: plasticno-je-fantasticno.blog.hr/2014/01/1631736471/foto-natjecaj-newsletter-8.html* te na mrežnoj stranici *Fotokluba Rijeka – Natječaji – Međunarodni fotografski natječaj na temu plastike: photori.org/photori/plastika-i-plasticni-proizvodi-oko-nas-3/*.

Pozivaju se svi čitatelji časopisa *Polimera* i zaljubljenici u fotografiju da sudjeluju u natječaju.

Uredništvo