

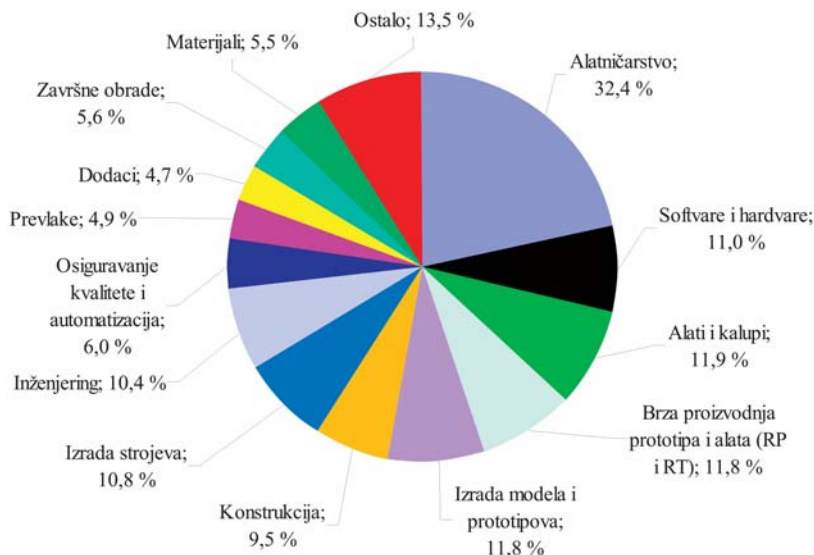
18. svjetski sajam za alatničarstvo, brzu proizvodnju i 3D skeniranje – EuroMold 2011

Priredili: Ana PILIPOVIĆ i Bogdan VALENTAN

18th World Fair for Moldmaking and Tooling, Rapid Manufacturing and 3D Scanning – EuroMold 2011

EuroMold, the world fair for moldmaking, tooling, rapid manufacturing, design, and application development was held from November 29 till December 2, 2011 in Frankfurt/Main, with successful concept From Design to Prototyping to Series Production. The core areas at EuroMold were Moldmaking and Tooling as well as Rapid Prototyping, Patternmaking and Prototypes, CAD/CAM, Simulation/VR, Machine Tools and Tools, Engineering, Design and many more. A special section House of Creation was organized as part of the Fair, which united the following topics: design and engineering, materials, virtual reality and simulation and rapid prototyping and manufacturing and the 13th International conference Design Innovation from Additive Manufacturing, organized by the Wohlers Associate Inc. Korea was the partner country of EuroMold 2011. The next World Fair EuroMold 2012 will take place from November 27 till November 30, 2012.

Svjetski sajam *EuroMold 2011*, osamnaesti po redu, održan je u Frankfurtu od 29. studenog do 2. prosinca 2011. godine pod sloganom *Od konstrukcije do prototipa i serijske proizvodnje* (e. *From Design to Prototyping to Series Production*). U sklopu sajma organiziran je poseban dio gdje su razni dizajneri predstavili svoje proizvode napravljene slojevitim postupcima (e. *House of Creation*). Time je ujedinjeno konstruiranje i dizajn, materijali, prividnost i simulacije, brza proizvodnja prototipova i slojeviti postupci. Na sajmu su se predstavila 1 324 izlagača iz 38 zemalja, od toga gotovo 60 % iz Njemačke, a posjetilo ga je gotovo 60 000 posjetitelja iz 97 zemalja (što je porast od 4,8 % u odnosu na godinu prije). Zemlja partner *EuroMolda 2011* bila je Južna Koreja pa je time i povećan udio azijskih tvrtki. U sklopu sajma organizirane su i posebne radionice: *konstruiranje kalupa i alata* (e. *German moldmaking and tooling – we create value*), *e-proizvodnja za sve* (e. *e-production for everyone*), *simulacija i prividnost* (e. *simulation + virtual reality*) te *Formula Student*. Najzastupljenije je bilo alatničarstvo s 32,4 %, a slijedilo je sve vezano za slojevite postupke, s udjelom od 11 % (slika 1).



SLIKA 1 – Udio izlagača prema područjima

Osim sajma održana je i 13. međunarodna konferencija *Design Innovation from Additive Manufacturing*, u organizaciji tvrtke *Wohlers Associate Inc.*

U sklopu sajma već tradicionalno dodijeljene su nagrade. Zlatnu nagradu dobila je tvrtka *Leroxid* za keramički kalupni umetak *Dimacer* od aluminijeva oksida, koji je moguće obrađivati elektroerodiranjem i koji se može upotrijebiti kod kalupa za injekcijsko prešanje. S obzirom na to da je abrazijski otporan, prikladan je za kalupe za postupke prešanja polimera s dodatkom staklenih vlakana. Električna provodnost dobiva se dodatkom titanova karbida.

Srebrna nagrada dodijeljena je tvrtki *Decker Technologies GmbH Deckerform* za 3K mono-sandvičasti kalup za izradu troslojnih proizvoda (slika 2). Kalup je izrađen s tvrdim unutrašnjim slojem od polipropilena ojačana s 50 % staklenih vlakana (PP-GF50) i tankim vanjskim slojem od PP-a (do sada se za slične proizvode upotrebljavao skupi PA-GF). Druga komponenta zajedno s trećom ubrizgava se u sljedećem ciklusu u klasičan kalup, tj. nije potreban kompliciran alat kao kod dosadašnjeg 2K kalupa. Primjenom jeftinijeg polipropilena i samo jednoga kalupa omogućena je ušteda od 40 % po proizvodu.

Brončanu nagradu dobila je tvrtka *RUD Ketten Rieger & Dietz GmbH and Co. KG* za proizvodnju lanaca u *RUD-ID System* koji s ugrađenim RFID-sustavom omogućuje brzo i učinkovito ispitivanje, dokumentiranje i upravljanje

uređajima i opremom za ispitivanje, posebno metalnih proizvoda.



SLIKA 2 – Srebrna nagrada za tvrtku *Deckerform* – sandvičasta struktura (Foto: B. Valentan)

Uređaji za izradu prema načelu slojevitih postupaka

3D tiskanje (e. 3D Printing)

Najvažniji predstavnik postupka 3D tiskanja *Zcorporation 2011.* godine spojio se s američkom tvrtkom *3D Systems*, čime je tvrtka *3D Systems* obuhvatila izradu strojeva za sve važnije slojevite postupke – stereolitografiju, selektivno lasersko srašćivanje, 3D tiskanje,

taložno očvršćivanje. Zbog toga *Zcorporation* nije predstavio nove pisaae. Na izložbenom prostoru bili su izloženi njihovi pisaači: od najmanjeg *Zprinter 150*, koji ima 304 mlaznice, do najvećeg *Zprinter 650*, koji ima 1 520 mlaznica, automatsko uklanjanje viška praha, komoru za ispuhivanje i mogućnost izrade proizvoda u velikoj paleti boja.

Tvrtka *Objet Geometries* predstavila je *Objet 260 Connex*, uređaj koji radi na načelu postupka *PolyJet Matrix*, tj. ima glavu s više mlaznica u kojoj se dozira 60 različitih vrsta materijala čijim se miješanjem dobiju ciljane svojstva tvorevina. Radni prostor komore je 255 · 252 · 200 mm, a debljina sloja 16 µm. Od materijala ističe se biokompatibilni *Objet MED610*, koji se može tiskati na uređajima *Objet Connex* i *Eden*, ali ne i na *Objet Desktop* pisaačima. Materijal ima rasteznu čvrstoću oko 60 MPa, ali apsorbira 1,5 % vlage.

Kod pisaača velikih formata dominiraju dvije tvrtke: *ProMetal* (SAD) i *VoxelJet* (Njemačka). *VoxelJet* predstavio je novi pisaač *VX1000*, s radnim prostorom 1060 · 600 · 500 mm i debljine sloja od 0,1 do 0,3 mm. U usporedbi s modelom *VS4000* koji je predstavljen godinu prije smanjena je debljina sloja za 0,3 mm.

Taložno očvršćivanje (e. *Fused Deposition Modeling – FDM*)

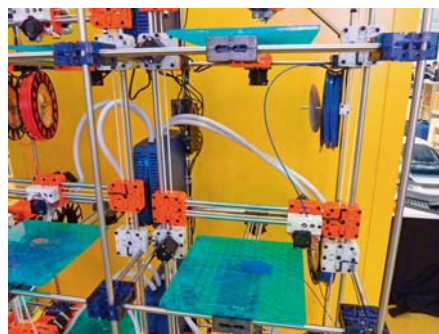
Najpoznatija tvrtka na području postupka *FDM* je tvrtka *Stratasys*. Pri ovom postupku koristi se materijal u obliku žice odgovarajućeg promjera koja prolazi kroz glavu ekstrudera, što utječe na dosta lošu površinu proizvoda. No podešavanjem raznih parametara na stroju tvrtka je snizila hrapavost površine. Na sajmu je predstavljen električni automobil s dodatnim pogonom na etanol *Urbee* (e. *Urban-Electric Ethanol*), čija površina karoserije nakon izrade na pisaaču nije obrađivana nikakvim naknadnim CNC obradama. Na površinu se nanosi temeljna boja i lak (slika 3).



SLIKA 3 – *Urbee* – električno vozilo načinjeno postupkom *FDM* (Foto: A. Pilipović)

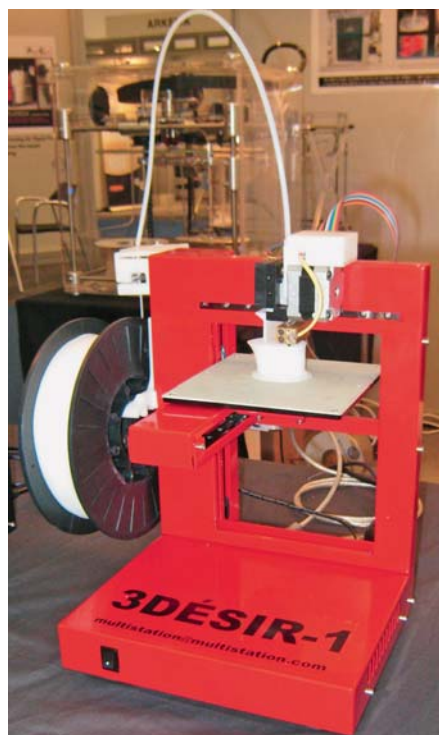
Kako je patent tvrtke *Stratasys* za postupak *FDM* istekao, mnoge tvrtke iskoristile su to za plasiranje na tržište svojih pisaača koji rade

na načelu *FDM*-a. Ako se počne s najjeftinijim razredom, tvrtka *Fabbster* (slika 4) predstavila je mali pisaač (radni prostor 230 · 230 · 210 mm) koji se može na jednostavan način povezati u grozd pisaača uz uštedu prostora. Pisaačem se upravlja poznatim programom *Netfabb*. No potrebne su dorade jer je bilo problema s mehanikom kod predstavljenih pisaača na sajmu. Maksimalna temperatura prerade je 390 °C, a debljina sloja od 25 do čak 400 µm.



SLIKA 4 – *Fabbster*ov pisaač (Foto: A. Pilipović)

Sljedećem cjenovnom razredu pisaača (oko 2 000 eura) pripada minipisaač *UP - PP3DP* (e. *Personal portable 3D printer*) kineskog proizvođača *Delta Micro Factory Corporation* (slika 5). Može se dobiti u pet različitih boja kućišta i težak je manje od 5 kg, a upotrebljava ABS ili PLA u žici promjera 1,72 mm. Pisaač ima mogućnost izrade debljine sloja 0,2 – 0,4 mm i ima grijanu radnu podlogu, čime se smanjuje iskrivljenje, tj. vitoperenje prototipa. Cijena kilograma materijala je oko 40 eura. Velik nedostatak pisaača je mali radni prostor (140 · 140 · 135 mm).



SLIKA 5 – *FDM* pisaač *UP - PP3DP* (Foto: B. Valentan)

Tvrtka *Bits from Bytes* pridružila se gigantu u svijetu 3D pisaača – tvrtki *3D Systems* i na sajmu prikazala poznate stare modele, ali s novom elektronikom za upravljanje preko zaslona na dodir. Na samom ulazu u sajam priređen je poseban prostor gdje su posjetitelji mogli s pomoću modificiranog *Microsoftova* sustava za *Xbox - Kinect* skenirati i izraditi svoj model lica na pisaaču *BjB 3000*.

Kineska tvrtka *Beijing TierTime* predstavila je seriju pisaača za ekstruzijsko modeliranje (e. *Melted Extrusion Modeling, MEM*). Na sajmu su prikazali model *S 250* po cijeni od 6 999 eura. U seriji ima šest pisaača koji se u osnovi razlikuju prema veličini radnog prostora, koji je kod najmanjega 150 · 200 · 200 mm, a kod najvećega 350 · 380 · 450 mm. Kod manjih modela grije se samo radna ploča, a kod većih i čitava komora. No cijena materijala dosta je visoka, oko 200 €/kg.

Stereolitografija (e. *Stereolithography*)

Na području stereolitografije dominiraju tvrtke *3D Systems* i *EnvisionTEC*. No sa svojim se uređajima također predstavila tvrtka *TNO*. Uređaji se temelje na postupku *DLP* (e. *Digital Light Processing*), koji sada osim različitih fotoosjetljivih polimera sličnih ABS-u i PP-u može izrađivati tvorevine i od aluminijskoga oksida (Al_2O_3), no za sada ograničenih dimenzija 10 · 10 mm. Na sajmu je predstavljen *TNO* uređaj koji se sastoji od stotinu identičnih platformi 75 · 50 mm koje se kreću kružno brzinom od 2 m/s na konvejeru (slika 6). Svaka platforma izrađuje različiti dio. S obzirom na to da se platforme kreću na liniji, svaki će proizvod dobiti odgovarajuću količinu materijala iz različitih glava za tiskanje. U drugoj opciji uređaj može raditi kao linija s naknadnim umreživanjem. Poluproizvodi se mogu polirati, lijepiti ili laserski obrađivati.



SLIKA 6 – *TNO* uređaj koji radi na načelu *DLP*-a (Foto: A. Pilipović)

Selektivno lasersko srašćivanje (e. *Selective Laser Sintering, SLS*)

Na području selektivnoga laserskog srašćivanja težište je bilo na poboljšanju mehaničkih svoj-

stava i hrapavosti površina podešavanjem raznih parametara na strojevima. Čak je i bojanje proizvoda koje je prošle godine predstavila tvrtka EOS napušteno, jer su to preuzele druge tvrtke koje se bave područjem bojanja, kao npr. tvrtka *Cipres*.

Selektivno toplinsko srašćivanje (e. *Selective Heat Sintering, SHS*)

Tvrtka *Blueprinter ApS* predstavila je novi postupak brze proizvodnje tvorevina – selektivno toplinsko srašćivanje (*SHS*), kod kojega se materijal u prahu ne sinterira laserom, nego s pomoću tiskarske vruće glave kojom se materijal slijepi. Načelo rada jednako je kao kod *SLS*-a, ali zbog nedostatka lasera stroj je vrlo kompaktnih dimenzija. Radni prostor prikazanog stroja bio je 160 · 200 · 140 mm, može izrađivati sloj debljine 0,1 mm, a radna brzina je 10 mm/h. Cijena stroja bit će oko 10 000 eura, a na tržištu se očekuje sredinom 2012. godine. Cijena materijala je 49 €/kg. Prikazanim modelima potrebno je više detalja i manja hrapavost površine (slika 7).



SLIKA 7 – a) stroj *BluePrinter*, b) proizvod načinjen selektivnim toplinskim srašćivanjem (Foto: *BluePrinter*)

Proizvodnja metalnih tvorevina

Kod svih većih poznatih tvrtki primijećen je napredak u poboljšanju postupaka i materijala pri proizvodnji metalnih tvorevina, kojima je poboljšana kvaliteta površine.

Selektivno lasersko taljenje (e. *Selective Laser Melting, SLM*)

Tvrtka *SLM Solutions GmbH* iz Njemačke predstavila je svoj do sada najveći stroj, *SLM 280 HL* (slika 8), za selektivno lasersko taljenje metalnih prahova. Radni volumen stroja je 280 · 280 · 350 mm i za taljenje se koristi dvjema laserskim zrakama koje mogu izrađivati slojeve debljine od 20 do 100 μm. Time je povećana brzina izrade i radni prostor. Na stroju se mogu izrađivati proizvodi od: nehrđajućeg

čelika, alatnog čelika, kobalt-kroma, superlegura, aluminija i titana. Prilikom konstruiranja stroja pozornost je posvećena minimiranju potrošnje zaštitnih plinova i otvorenosti sustava s mogućnošću podešavanja određenih parametara stroja, čime se omogućuje upotreba drugih materijala.



SLIKA 8 – Stroj *SLM 280* tvrtke *SLM Solutions* (Foto: A. Pilipović)

Tvrtka *Laser Concept* nakon prva dva svoja stroja, *M1* i *M3 Linear*, predstavila je na sajmu uređaj *M2*. Sva tri stroja temelje se na postupku *LaserCUSING*. Ime postupka nastalo je od slova *C* za *Concept* i riječi *Fusing*, što znači potpuno taljenje praškastih materijala. Koristi se za izradu metalnih funkcionalnih tvorevina u automobilskoj i zrakoplovnoj industriji, medicini, pri izradi nakita, kalupnih umetaka za injekcijsko prešanje i lijevanje. Upotrebljavaju se nehrđajući čelici, aluminij, titan i legure nikla.

SLM + CNC

Stroju tvrtke *CybaMan* koji je predstavljen na prošlom sajmu sada se pridružila tvrtka *Matsuura*, koja je na *Euromoldu 2011* imala europsku premijeru stroja *LUMEX Avance 25* (slika 9), koji se temelji na konceptu *jedan stroj – više postupaka*. *Lumex* radi na načelu *SLM*-a sa snagom lasera od 400 W i glodanja frekvencije vrtnje od 60 000/min⁻¹. Tako se svakih nekoliko slojeva oblikovanim alatom može obraditi površina proizvoda. Na stroju je moguća izrada vrlo uskih i dubokih rupa. Radni prostor je 250 · 250 · 100 mm. Za razliku od stroja *CybaMan*, ovaj stroj omogućuje obradu ne samo glodanjem nego i brušenjem, zavarivanjem, obradu laserom i izravnim taloženjem metalnog praha.

Taljenje energijom elektronskog snopa (e. *Electron Beam Melting, EBM*)

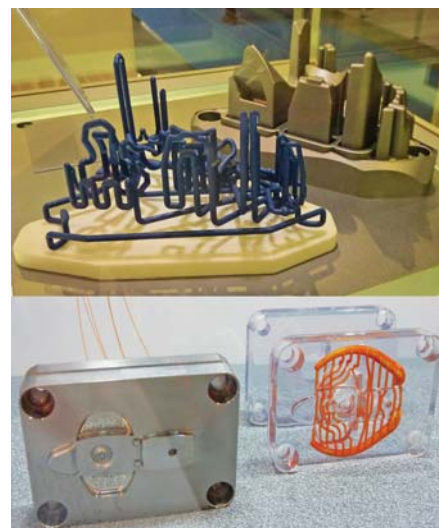
Na području postupka *EBM* vodeća je švedska tvrtka *Arcam*. Metalni prah tali se visokom

energijom elektronskog snopa (4 000 W). Postupak se zbiva u podtlačnoj radnoj komori koja omogućuje kemijsko spajanje reaktivnih materijala (legure titana Ti6Al4V i kobalt-kroma). Najčešća primjena proizvoda načinjenih na *Arcamovim* uređajima je u medicini, za razne implantate, te u svemirskoj, zrakoplovnoj i automobilske industriji. Na izložbenom prostoru prikazana su dva stroja: *Arcam A2*, koji ima radni prostor 200 · 200 · 350 mm i mogućnost izrade debljine sloja od 0,05 do 0,2 mm, te malo manji *Arcam A1*, s radnim prostorom od 200 · 200 · 180 mm, koji se upotrebljava za izradu implantata.



SLIKA 9 – Stroj koji se temelji na konceptu *jedan stroj, dva postupka* (*SLM* + glodanje) (Foto: A. Pilipović)

Brza proizvodnja alata najviše se ističe, kao i na prošlim sajmovima *Euromold*, u izradi kalupnih umetaka za injekcijsko prešanje i izradi kanala za temperiranje (slika 10), čime se omogućuje izrada više proizvoda istim kalupom, olakšana je promjena kalupnih umetaka i niži su troškovi kalupa tijekom faze konstruiranja.



SLIKA 10 – Kanali za temperiranje (Foto: A. Pilipović)

Materijali

Istraživači na *Fraunhoferovu institutu* razvili su elastoplastomerni poliuretana (TPU) koji se može upotrebljavati na strojevima za selektivno lasersko srašćivanje – SLS. Materijal ima dobru kombinaciju žilavosti, savitljivosti i tvrdoće 90 Shore A. Proizvodi se mogu koristiti ondje gdje se zahtijevaju visoka mehanička opterećenja, a najčešće je područje primjene u automobilskoj industriji, ortopediji i strojarstvu.

Tvrtka *MBN Nanomaterialia* već godinama proizvodi praškaste nanomaterijale [uglavnom metale (metalno-keramički kompoziti, nehrđajući čelik, nikal i volfram-kompoziti), a od plastičnih materijala rabe poliamide], a u sklopu europskog projekta *ManuDirect* razvila je uređaj za mikroprodukciju izravnim laserskim srašćivanjem.

CAD programska oprema

Netfabb je uz tvrtku *Materialize* postao najveći ponuđač softvera za obradu .stl datoteka. Na ovom sajmu predstavili su koncept softvera specijaliziranih za pojedine strojeve. Tako nude paket programa za obradu .stl datoteka, automatsko pozicioniranje više modela u radni prostor i stvaranje .sli datoteka (datoteke pojedinih slojeva izrade) za EOS-ove strojeve koji rade na principu selektivnog laserskog srašćivanja. Posebno je učinkovit sustav automatskog pozicioniranja velike količine modela u radni prostor zbog velike uštede vremena i radnog prostora, osobito kod proizvoda malih dimenzija. Time korisnici koji imaju 90 % iskorištene strojeve mogu brzo vratiti uloženih 6 000 eura, koliko stoji paket softvera.

3D skeniranje

Na području 3D skeniranja na sajmu je predstavljeno gotovo dvostruko više tvrtki u odnosu na godinu prije. Uz poboljšane verzije skenera poznatih proizvođača kao što su *GOM* i *Steinbichler*, na sajmu je najviše bilo azijskih tvrtki. Najčešće područje primjene takvih skenera je u stomatologiji, za skeniranje otisaka zuba. *Fraunhoferov institut* također se uključio u područje 3D skenera modelom koji omogućuje dobar prikaz vrlo finih površina s velikom preciznošću geometrije tvorevine, a dodatna programska oprema omogućuje simuliranje površine pri različitim osvjetljenju.

Tvrtka *GOM* predstavila je svoj prvi prijenosni skener, *ATOS Compact Scan* (slika 11). Skener je male mase i dimenzija pa se može lako prenositi. U kućištu skenera su lampe koje nisu osjetljive na okolinu u kojoj se skenira. Tvrtka također nudi besplatni softver *GOM Inspect* za dimenzionalnu obradu 3D oblaka točaka dobivenih svjetlosnim skenerima, laserskim skenerima, CT-om itd. Konstruiran je za korisnike koji rade na RP sustavima, CAD/CAE i CAQ. Softver sadržava upute za upotrebu, filmove, primjere obrade podataka itd.

Velika konkurencija *GOM*-ovim skenerima su proizvodi tvrtke *Steinbichler* i *Faro*. Na sajmu je predstavljen prijenosni *Steinbichlerov* skener *COMETLSD* (slika 12), koji ima *Blue LED* tehnologiju koja omogućuje dug vijek senzora i kamera. Područja primjene takvog skenera su u kontroli kvalitete, izradi kalupa i alata (npr. rekonstrukcijama), konstruiranju proizvoda, brzom proizvodnji tvorevina, povratnom inženjerstvu, skeniranju povijesnih spomenika itd. Rezolucija kamere je 1 600 · 1 200 mm, a vrijeme skeniranja točaka je 1,5 s.



SLIKA 11 – Mali prijenosni skener *ATOS Compact Scan* (Foto: A. Pilipović)

Alatničarstvo

Tvrtka *Hummel-Formen* u suradnji s *BASF*-om predstavila je kalup (slika 13) za izradu automobilskih naplataka od poliamida ojačana dugim staklenim vlaknima za novi *Smart Forvision*. Izradom toga kalupa počela je prva velikoserijska proizvodnja plastičnih automobilskih naplataka, koji su u usporedbi s klasičnima, aluminijskima, lakši više od 30 %.



SLIKA 12 – *Steinbichlerov* skener *COMETLSD* (Foto: A. Pilipović)



SLIKA 13 – Alat za izradu poliamidnih automobilskih naplataka (Foto: B. Valentan)

Ostale sajamske aktivnosti

Na sajmu je i ovaj put bilo predstavljeno nekoliko modela *Formule Student*, u sklopu koje je o svakom radu održana radionica o upotrijebljenim materijalima i načinu izrade pojedinih dijelova formule.

Umjesto zaključka

Slojeviti postupci temelje se na načelu *Sve je moguće* (e. *Everything is possible*). Od početaka do danas postupci se sve više razvijaju, moguće je upotrijebiti raznolike vrste materijala, povišena je brzina izrade i smanjeni su troškovi od ideje do konačnoga funkcionalnog proizvoda (slika 14). Sljedeći sajam *Euromold* održat će se od 27. do 30. studenog 2012.



SLIKA 14 – Koji je aparat za kavu načinjen slojevitim postupcima, a koji klasičnim postupcima izrade? (Foto: A. Pilipović)