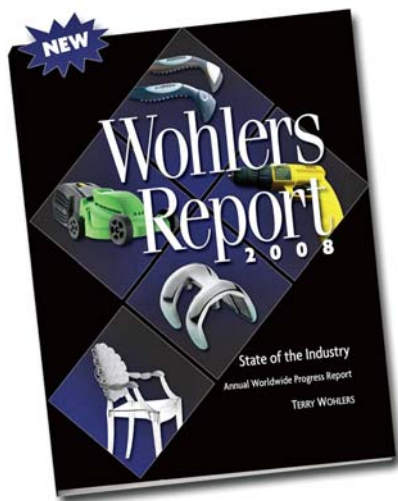


Wohlers Report 2008.: Stanje u industriji brze proizvodnje tvorevina*

Priredio: Damir GODEC



Industrijski rast

Prema mnogim pokazateljima razvoj i evolucija postupaka aditivne slojevite proizvodnje (e. Additive Layered Fabrication, AF) tvorevina su impresivni. Utjecaj koji ti postupci imaju na razvoj novih proizvoda nastavlja plijeniti pozornost poduzetnika, investitora, vladinih agencija, istraživača i ostalih diljem svijeta. Procjene koje slijede omogućuju perspektivu nad prošlošću, a želja je da omoguće uvid i u buduća zbivanja:

- procjenjuje se da je u posljednje četiri godine (od 2004. do 2007.) vrijednost proizvoda i usluga s područja slojevite proizvodnje porasla za 612 milijuna USD. Drugim riječima, ta je industrija tijekom tog razdoblja porasla za 116 %
- godišnja prodaja uređaja za slojevit proizvodnju porasla je za više od 31 put u razdoblju od 1993. do 2007.
- broj instaliranih CAD radnih mjesta za komercijalnu primjenu gotovo je udvostručen od 2003.
- omjer CAD radnih mjesta (za komercijalnu primjenu) prema instaliranim AF sustavima je oko 83 : 1
- AF sustavi instalirani su u 67 zemalja tijekom 2007., uz procjenu da ih je 71 % instalirano u prvih šest zemalja na ljestvici
- uređaji za 3D tiskanje instalirani tijekom posljednje četiri godine (od 2004. do 2007.) čine 72 % ukupnog broja instaliranih sustava u tom razdoblju
- u posljednje tri godine (od 2005. do 2007.) isporučeno je gotovo 58 % sustava *Stratasys* i *Z Corporation* (kombinirano).

Prikazani brojevi mogu biti dojmiljivi, no još postoje golemi potencijali, posebice kada se razmatra uloga AF postupaka u proizvodnji. Proizvodnja gotovih tvorevina mnogo je veći izazov negoli izrada dijelova radi oblikovanja ili izrade prototipova, stoga će tom segmentu primjene trebati još vremena za razvoj. Brza proizvodnja tvorevina (e. *Rapid Manufacturing*, RM) svejedno je, međutim, privukla pozornost mnogih. Tvrtka *Wohlers Associates* očekuje kako će upravo RM postati najvećim područjem primjene AF postupaka.

Pružatelji usluga

Pružatelji usluga, poznati još i kao uslužni uredi, nude usluge izrade dijelova razvojnim i proizvodnim organizacijama kao *out-source* usluge. Uz izradu dijelova, mnogi nude usluge razvoja, CAD/CAM/CAE, konvertiranje podataka, izradu kalupa, lijevanje uretanskim smjesa u kalupe na bazi silikonskih kaučuka, unatrag inženjerstvo i ostale inženjerske i proizvodne usluge.

Tijekom niza godina tvrtka *Wohlers Associates* nastojala je anketirati pružatelje usluga kako bi ocijenila stanje u industriji. Prošle godine u anketi je sudjelovalo 58 organizacija iz 14 zemalja. Njih trideset i šest bilo je iz SAD-a, pet iz Njemačke, po dvije iz Australije, Belgije, Indije, Italije i Turske te po jedna iz Brazila, Kanade, Japana, Južne Afrike, Novog Zelanda, Švedske i Tajlanda.

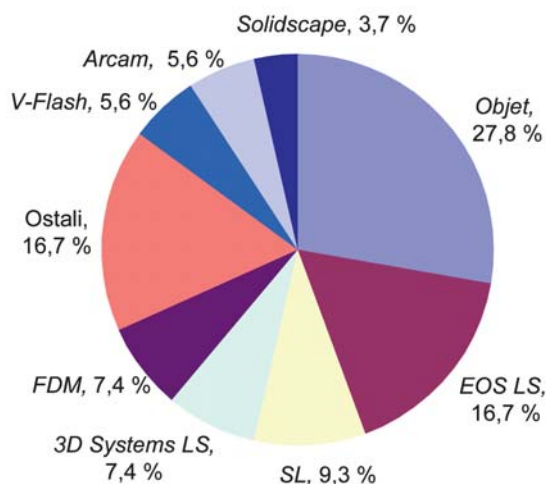
Anketa je sadržavala brojna pitanja, uključujući sljedeće: *Da uvodite novi AF postupak, koji bi od postupaka bio vaš najvjerovatniji izbor?* Ponuđena lista sadržavala je devetnaest poznatih postupaka. Rezultate odgovora na to pitanje prikazuje slika 1.

Najbolji odziv dobio je postupak *PolyJet* tvrtke *Objet Geometries*, a slijedi srašćivanje s pomoću lasera tvrtke *EOS*. Postupak stereolitografije treći je najpoželjniji postupak. Srašćivanje s pomoću lasera tvrtke *3D Systems* i *FDM* (taložno srašćivanje) tvrtke *Stratasys* dijele četvrto mjesto na popisu najpopularnijih postupaka.

Proizvođači sustava (opreme)

Trideset i četiri proizvođača diljem svijeta proizvodila su i prodavala svoje sustave za AF postupke u 2007., a, za usporedbu, u 2006. bilo ih je 35. Prethodne godine šest je proizvođača prodalo po više od 100 sustava, jednak broj kao i 2006. Tijekom 2007. jedanaest tvrtki prodalo je po manje od 10 sustava, jednako kao i godinu prije. Osam tvrtki povećalo je prodaju iz 2006. u 2007., a u istom razdoblju godinu prije to je uspjelo 18 tvrtki.

U 2007. najviše sustava prodala je tvrtka *Stratasys* te je time već šestu godinu zadržala vodeće mjesto. Broj prodanih sustava te tvrtke porastao je za 25,9 %, na ukupno



SLIKA 1 - Potencijalna poželjnost AF postupaka na tržištu (Izvor: *Wohlers Report 2008*)

* Prilog je nastao u suradnji s časopisom *IRT3000*.

2 169 sustava. Tvrtka *Wohlers Associates* procjenjuje kako je od tog broja prodano 1 939 sustava *Dimension*.

Slika 2 prikazuje tržišne udjele u prodaji sustava u svijetu za 2007. godinu. Tvrtka *Z Corporation* na drugome je mjestu po broju prodanih uređaja. Prodano su 1 022 uređaja, što je velik porast u odnosu prema 777 prodanih tijekom 2006., odnosno 687 tijekom 2005.

Azija i Europa

Broj instaliranih sustava u regiji Azija/Pacifik porastao je tijekom 2007. za 4,7 % i dosegnuo je broj od 1 198 sustava. To je pad u usporedbi s rastom tijekom 2006. godine, koji je iznosio 17,3 %. Kumulativno, za regiju se procjenjuje da je do kraja 2007. instalirano ukupno 7 569 sustava.

Europa je, s obzirom na broj novoinstaliranih AF sustava, tijekom 2007. iskusila vrlo snažan rast. Broj novih sustava u Europi porastao je za 33,7 %, što je više nego dvostruko u usporedbi s rastom od 12,4 % u 2006. Procjenjuje se da je do kraja 2007. u Njemačkoj, Francuskoj, Italiji i Velikoj Britaniji instalirano ukupno 5 205 sustava. To je porast od 23 % u usporedbi s 2006.

Rast udjela trodimenzionalnih (3D) pisaa

Uporaba trodimenzionalnih pisaa ekonomična je varijanta postupaka slojevite proizvodnje tvorevina koja se često rabi kao alat za izradu razmjerno jeftinih modela u ranim fazama razvoja proizvoda. Ti su sustavi uglavnom tipični uredski uređaji, jednostavniji za uporabu od svojih skupljih konkurenata.

Tvrtka *Wohlers Associates* procjenjuje kako su tijekom 2007. tvrtke *Stratasys*, *Z Corporation*, *3D Systems*, *Objet Geometries*, *Envisiontec* i *Solido* (prije *Solidimension*) prodale 3D pisaa u vrijednosti od 135,7 milijuna USD, što je porast od 19 % u usporedbi s 2006. Broj 3D pisaa prodanih tijekom 2007. porastao je za 21 %. To je usporedivo s porastima od 21,7 % u 2006. i 27,3 % u 2005. Prosječni rast prodaje 3D pisaa od 1996. do 2007. iznosi 40,4 %. Slika 3 prikazuje porast prodaje 3D pisaa u razdoblju od 1996. do 2007.

Brza proizvodnja tvorevina

Brza proizvodnja tvorevina (RM), poznata i kao izravna digitalna proizvodnja (e. *Direct Digital Manufacturing*, DDM) skupina je postupaka slojevite izrade za izravnu proizvodnju gotovih tvorevina. Rezultati razvoja AF postupaka i primjenjivih materijala u posljednje vrijeme omogućuju proizvodnju konačnih tvorevina za različite namjene. Među ostalim za:

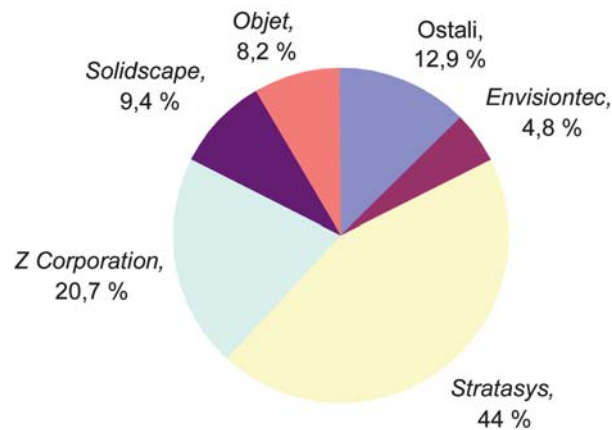
- proizvode prema narudžbi
- zamjenske dijelove
- proizvode posebne ograničene serije
- maloserijsku proizvodnju
- serijsku proizvodnju.

Povijesno gledano, većina RM postupaka temelji se na preradi polimernih materijala, no u posljednjih nekoliko godina uporaba metala za RM postupke pokazuje znatan rast. Razlog tomu prije svega je razvoj nove generacije sustava temeljenih na preradi metalnih praškastih materijala, koji mogu prerađivati više vrsta materijala kao što su nehrđajući čelici, titan i kobalt-krom.

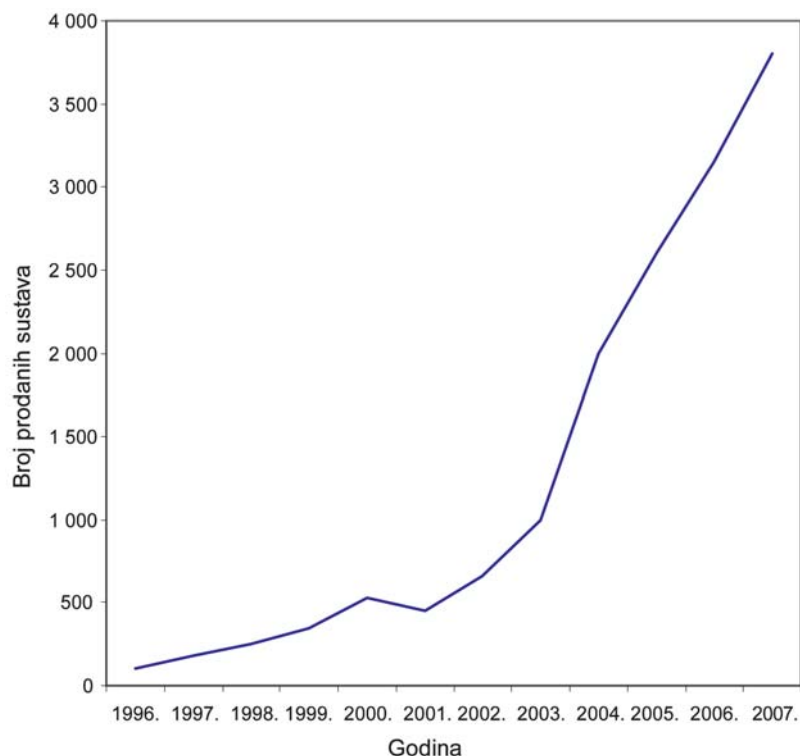
Brza proizvodnja tvorevina raspoloža golemim potencijalom. Mnogi vide RM kao jednu od najvažnijih skupina postupaka koji će pokretati buduće proizvodno gospodarstvo. Kako RM postupci uključuju slojevit gradnju tvorevina, tradicionalni pristup razvoju

proizvoda s obzirom na izradbene postupke (e. *Design for Manufacturing*, DFM) više nije nužan. RM tvorevine mogu biti načinjene s podrezima i vrlo kompleksnom geometrijom (izvana i u unutrašnjosti tvorevine), koja je bila neizvediva uporabom klasičnih postupaka proizvodnje. Uporaba RM postupaka omogućuje ujedinjavanje pojedinih elemenata kompliciranih proizvoda, čime se izbjegavaju troškovi izrade dodatnog alata, dodatne proizvodnje, montaže, održavanja i ispitivanja.

Primjena RM postupaka može rezultirati brojnim prednostima u poslovanju. Među ostalim tu je smanjenje ili uklanjanje potrebe za izradom alata i montažne opreme, što smanjuje kapitalne investicije. RM također ima velik potencijal u skraćivanju ili uklanjanju mnogih faza tradicionalnog ciklusa razvoja i proizvodnje.



SLIKA 2 - Tržišni udjeli u prodaji AF sustava tijekom 2007. godine (Izvor: *Wohlers Report 2008*)



SLIKA 3 - Porast prodaje 3D pisaa u razdoblju od 1996. do 2007. (Izvor: *Wohlers Report 2008*)

Materijali

Raspon materijala za primjenu u AF postupcima sve je širi, i taj se trend kontinuirano nastavlja. Većina materijala razvijenih u posljednjih nekoliko godina usmjerena je pridobivanju proizvoda svojstava što sličnijih konačnim proizvodima načinjenim klasičnim postupcima. Time je omogućena uporaba tih materijala u postupcima izrade prototipova i brze proizvodnje tvorevina pred koje se postavljaju sve stroži zahtjevi.

Povećana je uporaba metalnih prahova za proizvode koji bi se inače proizvodili obradom odvajanjem čestica ili lijevanjem. Najočitija primjena tih materijala u bliskoj budućnosti bila bi izrada malenih, vrlo kompleksnih proizvoda. Smanjenjem troškova samih metalnih sustava i povećanjem njihove brzine veći i manje kompleksni proizvodi također će postati kandidati za izradu na njima.

U posljednjih nekoliko godina razvijeno je nekoliko sustava za prevlačenje i oplemenjivanje tvorevina koji su uspješno primjenjivani u praksi. Ti posebni postupci oplemenjivanja

namijenjeni su unaprjeđenju površinskih svojstava, mehaničkih svojstava, toplinske provodnosti, električne provodnosti i EMC zaštite.

Budućnost

Postupci vitke proizvodnje i aditivnih postupaka proizvodnje, zajedno sa sve većim tržištem za ograničene manje serije proizvoda i unikatne proizvode, primorali su tvrtke da promijene način na koji plasiraju proizvode na tržište. Također se razvila nova vrsta proizvođača koji mogu djelovati iz svog doma ili garaže proizvedeći kupcu orijentirane, personalizirane proizvode prema narudžbi. Posljedično, pojavilo se nekoliko zanimljivih trendova koji će utjecati na budući razvoj i proizvodnju tvorevina.

Konstruktori instinktivno razvijaju proizvode koji se mogu što jednostavnije proizvesti. Pri tome oni uzimaju u obzir ograničenja raspoloživih postupaka proizvodnje te izbjegavaju razvoj proizvoda koje je teško ili

nemoguće izraditi. Slojevitim AF postupcima, međutim, mnoga su ograničenja postojećih proizvodnih procesa uklonjena, čime je omogućena šira lepeza konstrukcijskih rješenja. Uz daljnji razvoj AF sustava i njihovu povećanu primjenu u proizvodnji, valja u skoroj budućnosti očekivati i nove proizvode koje je u prošlosti bilo ili iznimno teško ili nemoguće proizvesti.

Druga industrijska revolucija počela se ostvarivati. Osobe locirane gotovo bilo gdje, mogu uspješno proizvoditi proizvode u manjim količinama koji zadovoljavaju posebne zahtjeve i interese. Larry Rhoades jednom je izjavio: *Ova će revolucija omogućiti ljudima da žive bilo gdje i proizvedu sve što im treba lokalno. Ljudi će tada plaćati crteže, a ne proizvode.*

Serijska proizvodnja klasičnih proizvoda neće nestati, niti će nestati većina klasičnih postupaka proizvodnje. Pojavit će se, međutim, mnogi novi proizvodi kada ljudi spoznaju mogućnosti slojevite aditivne proizvodnje.

Poslovanje i marketing

Priredile: Gordana BARIĆ i Maja RUJNIĆ-SOKELE

Preradba plastike u Srednjoj Europi

Prema podatcima britanske savjetodavne tvrtke *Applied Market Information (AMI)*, u Srednjoj Europi posluje gotovo 3 000 tvrtki koje prerađuju plastiku, a njih ukupno 2 000 obuhvaćeno je nedavno objavljenim izvještajima o stanju u plastičarskoj industriji Češke i Slovačke Republike, Poljske te Mađarske (*Plastics Processing in the Czech and Slovak Republics 2009, Plastics Processing in Hungary 2009 i Plastics Processing in Poland 2009*). Slika 4 prikazuje broj tvrtki po pojedinim srednjoeuropskim zemljama.

Srednjoeuropske zemlje bilježile su posljednjih pet godina vrlo visoke stope rasta zahvaljujući s jedne strane članstvu u Europskoj uniji, a s druge strane preseljenju mnogih prerađivačkih pogona iz starih članica EU zbog nižih troškova rada. Istodobno, rasla je i potražnja za plastičnim proizvodima zbog rasta standarda građana i osnivale se nove tvrtke koje su nastojale zadovoljiti tu sve veću potražnju u spomenutim zemljama. Najveća je prednost ovoga područja brojna i dobro školovana radna snaga koja je spremna raditi za niže plaće nego radnici u starim članicama EU, ali i smanjenje birokratskih zapreka te geografski položaj koji čini ove zemlje pogodnima za opsluživanje zapadnoeuropskoga i sve većega istočnoeuropskog tržišta. Prema

AMI-jevim procjenama, u Srednjoj Europi je u 2008. prerađeno ukupno oko 4,28 milijuna tona plastike. Slika 5 prikazuje količinu prerađene plastike po pojedinim srednjoeuropskim zemljama.

Poljska je najveće tržište s više od 1 700 prerađivača plastike. Od 2004. godine (od pridruženja Europskoj uniji) potrošnja plastike u Poljskoj rasla je po stopi od 7 % godišnje. Tako visoka stopa rasta potaknuta je velikim investicijama u proizvodnju ambalaže, kućanskih aparata, elektroničkih uređaja te automobila. Poljska je već dulje vrijeme iznimno privlačna stranim investitorima zahvaljujući veoma stručnoj i izvježbanoj, ali ipak jeftinoj radnoj snazi. U Poljskoj se potroši ukupno više od 2,3 milijuna tona plastike, odnosno oko 60 kg po stanovniku, što je znatno iznad prosjeka Srednje i Istočne Europe (oko 45 kg po stanovniku), ali i znatno ispod prosjeka Zapadne Europe (100 kg po stanovniku). Prevladavaju prerađivači injekcijskim prešanjem (52 %), a najviše se materijala preradi ekstrudiranjem.

U Češkoj Republici posljednjih su godina također zabilježene visoke stope rasta gospodarstva pa je i potrošnja plastike rasla po visokim stopama od gotovo 7 % godišnje te je u 2008. dosegla gotovo 800 000 tona. Visoka stopa rasta posljedica je rasta izvoza zahvaljujući članstvu u EU te rasta i domaćih i stranih ulaganja. Potrošnja plastike u Češkoj na razini je od 70 kg po stanovniku, i to zahvaljujući razvoju industrije ambalaže, automobilske industrije te proizvodnje kućanskih aparata. Procjenjuje se kako u Češkoj djeluje oko 640 prerađivača.

Najčešći je preradbeni postupak injekcijsko prešanje, zahvaljujući prije svega novootvorenim pogonima tvrtki *Hyundai i Kia*, za čije potrebe dijelove proizvode tvrtke u Češkoj i Slovačkoj. Za novootvorene automobilske pogone rade i domaće i tvrtke u stranom vlasništvu (*Visteon, Key Plastics, Möllertechn, Faurecia, Omnium, Delphi i Hanwha*).

Slovačka plastičarska industrija slijedi trendove u susjednim zemljama i posljednjih godina bilježi visoke stope rasta. U Slovačkoj djeluje oko 130 prerađivača plastike, a potražnja za materijalima rasla je posljednjih godina po prosječnoj stopi od čak 9 % te dosegla u 2008. gotovo 400 000 tona. Poput zemalja u okružju, i rast slovačke plastičarske industrije potaknula je izgradnja pogona za proizvodnju automobila, koja je od te zemlje stvorila svjetskoga predvodnika u proizvodnji automobila po stanovniku. Najviše materijala utroši se za proizvodnju folija, kojom se bavi nekoliko velikih tvrtki. Očekuje se kako će prelazak na euro početkom 2009. još više olakšati priljev svježega kapitala.

I Mađarska je ulaskom u EU ubrzala gospodarski rast, ali je već u 2007. došlo do nagloga usporavanja, a zatim je u 2008. stopa rasta BDP-a pala na samo 2 %, što je najslabije u opisanoj regiji. Visoka porezna opterećenja te nesigurno poslovno okruženje doveli su do nagloga smanjenja broja zainteresiranih stranih investitora. Još u 2007. potrošnja plastike rasla je po stopi od 5 %, ali je u 2008. taj rast usporio na manje od 2 %, a potrošnja dosegla 760 000 tona koje se prerađuju u više od 600 plastičarskih tvrtki. Oko 24 % mate-