

– francuski i njemački te malo slabije engleski, talijanski i ruski! Posebno kada stručnjak zna i cijeni znanje, kada s lakoćom uči i primjenjuje naučeno cijeli radni vijek. Osobito kada rukovoditelj s pažnjom i suosjećanjem rukovodi *svojim kadrovima*. Ponajviše kada inženjer rijetko griješi u poslu i kada se njegovo mišljenje prihvaća i cijeni.

Dolazak Ranke Čatić u *ELKU* poklapa se s pokretanjem prve linije za ekstrudiranje (1966.), slijedi razvoj telefonskih (1970.) i srednjona-

ponskih kabela (1974.) te kabelskih materijala (1982. – 1985.), a odlazak se podudara s razvojem optičkih kabela (1988.). Kod nekih je još živo sjećanje na entuzijizam, uzbuđenje i ponos u proljeće 1985., prilikom izrade prototipa kabela *XHP 48-A 1×400/35 mm<sup>2</sup> 110 kV*, u čijem je projektom timu vrlo cijenjena članica bila Ranka Čatić.

Koliko ostaje u primjeni, u zapisima, u sjećanju nakon 25 godina rada? Ostaje jako puno, ali je to teško vidjeti jer se sva ostavština pretvara u

*opće dobro* – ostavština postaje poznata, naša, svakodnevna. Primjerice, sada se malo tko sjeća zašto i kako treba odvojiti PVC (sa ftalatnim omekšavateljima) od polietilenskih (PE) materijala u kabelima, ali svi to rade.

Ostaje još puno neodgovorenih *zašto* nakon odlaska dragih i cijenjenih osoba, no nije na nama da dajemo konačne odgovore.

Krešimir ŠINTIĆ

## 4D tiskanje – nove mogućnosti aditivne proizvodnje

Privedile: Jelena i Ana PILIPOVIĆ

### 4D printing – new possibilities of additive manufacturing

*In a unique research collaboration between Stratasys' Education, R&D departments and MIT's Self-Assembly Lab, a new process is being developed, known as 4D Printing. The project is financed by the U.S. Army Research Office with a budget of \$855,000. In essence, the fourth dimension represents change - 4D printing simply refers to 3D printers that create objects that can transform over time and, in some cases, self-assemble. With water as its activation energy, this technique promises new possibilities for embedding programmability and simple decision-making into non-electronic based materials.*

Što je to četvrta dimenzija u aditivnim proizvodnim postupcima, primjerice u tiskanju polimernih tvorevina?

Pojam dimenzije karakteristika je prostora, on identificira prostor i točke u njemu.<sup>1</sup> Dimenzije su se razvijale kako su se povećavale spoznaje o samom prostoru. Prvi oblik opisivanja prostora bio je ravan prostor koji je imao dvije dimenzije. To su duljina i širina. Moralo je proći dugo vremena da prostor dobije i treću dimenziju, visinu. Opis prostora A. Einsteina uvodi nas u novi svijet dimenzija. Prostor dobiva još jednu dimenziju, koja je i prije toga postojala, a to je vrijeme. Time prostor postaje četverodimenzionalan.<sup>2</sup>

No kako razumjeti tu četvrtu dimenziju, vrijeme, u 4D tiskanju? Tek se stručna javnost privikava na činjenicu da se 3D tiskanjem, aditivnim proizvodnim postupkom koji je revolucionirao postupke proizvodnje, mogu načiniti prototipovi, tvorevine, kalupi i alati komplicirane geometrije od različitih materijala, od polimera i metala do ljudske hrskavice, pa čak i ljudske hrane.

4D tiskanje, novi postupak koji je tek u razvoju, nastao je istraživačkom suradnjom tvrtki *Stratasys' Education, R&D departments* i *MIT's Self-Assembly Lab*,<sup>3</sup> a projekt financira američka vojska s 855 000 dolara.<sup>4</sup> Trenutačno nije komercijalno dostupan, no početak je inovativne proizvodnje uz upotrebu minimalne energije.<sup>3</sup>

U biti, četvrta dimenzija predstavlja promjenu. 4D tiskanje jednostavno znači mogućnost da se s pomoću 3D pisaa načine tvorevine koje se mogu transformirati tijekom vremena i u nekim slučajevima, čak samostalno sastaviti. Na taj način takav sustav omogućuje da se s pomoću 3D tiskanja bilo koji trodimenzionalni oblik pretvori u fleksibilnu strukturu.<sup>5</sup>

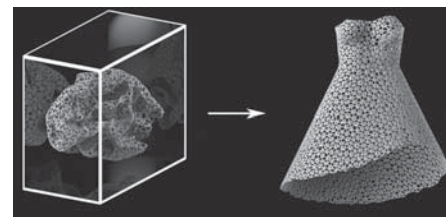
4D tiskanje nastoji razviti različite postupke tiskanja koji će zaobići sastavljanje kompleksne tvorevine od skupine različitih dijelova proizvedenih 3D tiskanjem. Također, taj postupak nastoji razviti materijale koji će se prilagoditi različitim uvjetima i mijenjati svojstva i oblik više puta. Umjesto da se izradi statički proizvod ili onaj koji jednostavno mijenja svoj oblik, pokušavaju se razviti prilagodljivi, biomimetički kompoziti (e. *biomimetic composites*), koji mogu na zahtjev, na osnovi vanjskih podražaja, reprogramirati svoj oblik, svojstva ili funkcionalnost. Takav materijal imao bi nemjerljive prednosti; npr. tiskana tkanina (vojničke odore) koja se može prilagoditi vanjskim uvjetima i tako maskirati vojnike ili ih sakriti refleksijom svjetla, ili metal koji se prilagođava uvjetima i time poboljšava učinkovitost, tj. radni učinak, svojstva i namjenu tenka ili kamiona. Laboratorij *Self-Assembly Lab* do sada je tiskao proizvode koji reagiraju uronjeni u vodu mijenjajući svoj oblik, npr. ravni komad plastike koji se složi u kocku, fleksibilni lanac koji se transformira u krutu konstrukciju oblikujući slova MIT (slika 1),<sup>4</sup> tiskana kocka koja se sklapa ili tiskana cijev koja se prema potrebi sama proširi ili skupi.<sup>6</sup>

Tako je velike tvorevine moguće načiniti u strojevima za aditivnu proizvodnju s malom radnom komorom (slika 2).



SLIKA 1 – Iz 3D u 4D<sup>6</sup>

Tako voda postaje aktivacijska energija kojom ovaj postupak pruža nove mogućnosti za jednostavno i lako oblikovanje tvorevina načinjenih od materijala koji nemaju u sebi nikakve elektroničke uređaje.<sup>3</sup>



SLIKA 2 – Izrada tvorevine 4D tiskanjem<sup>7</sup>

Novi postupak, iako se tek razvija, doista znači radikalnu promjenu u našem razumijevanju strukture. No budućnost će tek pokazati koliko su očekivanja o njegovoj svestranoj primjeni bila opravdana.

### KORIŠTENA LITERATURA

1. [elrunon.wordpress.com/2007/04/30/trivijalne-cinjenice-o-pojmu-dimenzije-i/](http://elrunon.wordpress.com/2007/04/30/trivijalne-cinjenice-o-pojmu-dimenzije-i/)
2. [sh.wikipedia.org/wiki/Prostor](http://sh.wikipedia.org/wiki/Prostor)
3. [www.stratasys.com/industries/education/4d-printing-project](http://www.stratasys.com/industries/education/4d-printing-project)
4. [gizmodo.com/why-is-the-us-army-investing-in-4d-printing-1442964294](http://gizmodo.com/why-is-the-us-army-investing-in-4d-printing-1442964294)
5. [gizmodo.com/this-is-why-4d-printing-is-cool-1473482371](http://gizmodo.com/this-is-why-4d-printing-is-cool-1473482371)
6. [www.ted.com/talks/skylar\\_tibbits\\_the\\_emergence\\_of\\_4d\\_printing](http://www.ted.com/talks/skylar_tibbits_the_emergence_of_4d_printing)
7. [boingboing.net/2013/11/28/kinematics-4d-printing-for-f.html](http://boingboing.net/2013/11/28/kinematics-4d-printing-for-f.html)