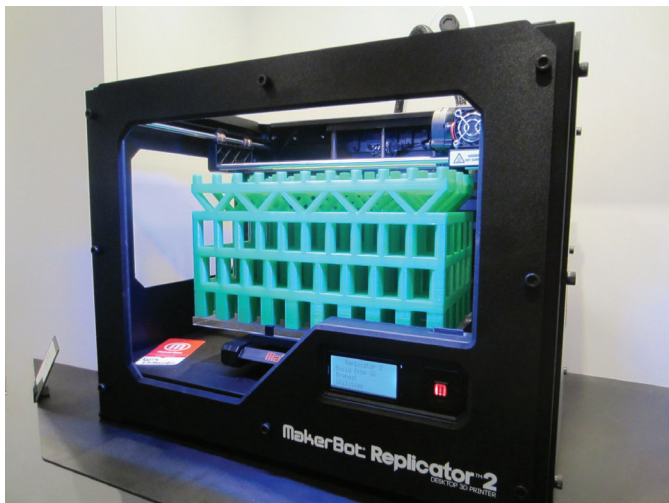


tehnološke zabilješke

Uređuje: Dušan Ražem

Što je novo u trodimenzionalnom tiskanju? Trodimenzionalno tiskanje ulazi u naš život!



3D tiskanje nije neka novost, ono je poznato već 20 godina. Međutim, prva monografija o njemu tek je nedavno objavljena.¹ Inženjeri kemije i kemijske tehnologije saznali su o njemu tek nedavno, kad je ušlo u kemiju.^{2,3} 3D tiskanje koje se brzo razvija danas nudi brojne utržive primjene. Donijet će ih još više u budućnosti, a njegov mogući velik utjecaj na društvo teško je predvidjeti. Svjedočimo uzbuđljivom trenutku kada tehniku, koja se prvotno primjenjivala uglavnom za izradu alata i prototipova, prihvaćaju za masovnu proizvodnju velike tvrtke poput General Electric, Ford, Mattel⁴ i Airbus,⁵ i nova rastuća poduzeća. Npr. Projekt URBEE 2 (slika 1) izgradnje zelenog auta s tiskanom šasijom ima cilj masovnu proizvodnju do 2015.⁶ Prošle godine Srinivasan i Bassan izjavili su da će "3D tiskanje prijeći iz izrade prototipova u tvornice".⁷ Sada već svjedočimo ubrzanju tog procesa.



Slika 1 – Projekt URBEE (© korecologic.com)

Projekt "Tiskaj mi Stradivariusa" s tiskanom violinom na naslovnici objavio je prije dvije godine *The Economist*.^{8,9} U članku stoji: "Baš kao što nitko nije mogao predvidjeti utjecaj parnog stroja 1750. ili tiskarske preše 1450., ili tranzistora 1950., tako je nemoguće predvidjeti dugoročni utjecaj 3D tiskanja. Ali tehnologija dolazi i vjerojatno će rasturiti svako područje kojega se dotakne. Tvrtke, zakonodavci i poduzetnici trebali bi početi razmišljati o njoj ovog časa. Barem jedna stvar izgleda jasna: iako će 3D tiskanje stvoriti pobjednike i gubitnike u kratkom roku, na duge staze ono će proširiti područje industrije i mašte." (slika 2) Nesumnjivo, ono će također preobraziti znanost i svakodnevni život.



Slika 2 – 3D tiskano sjenilo za svjetiljku. (© 3Dizingof.com, dizajner: Dizingof)

Suprotno od "složenih struktura napravljenih na skupe i kompleksne načine koje se združuju na još kompleksnije načine",¹⁰ primjena 3D tiskanja sastoji se od uzastopnog polaganja slojeva odgovarajućeg materijala i njihova stapanja. Ovaj pristup potpuno je različit od tradicionalnih tehnika strojne obrade, u kojima se materijal uklanja s početnog bloka da bi se stvorio željeni oblik. 3D tiskanje, koje se također naziva i aditivna izrada, opisano je u Wikipediji kao "proces u kojemu se gradi trodimenzionalni čvrsti predmet bilo kojeg oblika na osnovi digitalnog modela".¹¹

Mary Gehl tvrdi da je 3D tiskanje bilo patentirano već kasnih 1970-ih, ali o tome se nije našao nikakav pisani trag.¹² Naziv "3D tiskanje" skovao je profesor Ely Sachs s Massachusetts Institute of Technology (MIT), Boston, 1995. kad je radio na modifikaciji pisača na mlaz tinte (*inkjet*).¹³

Proces 3D tiskanja i njegove prednosti

Nacrt, koji je stvoren metodom računalom potpomognutog dizajna (CAD) ili je dobiven trodimenzionalnim skeniranjem, treba predati pisaču. Tada se slojevi koji odgovaraju slojevima 3D modela uzastopno tiskaju i tiskani slojevi stapaju. Orijentacija narezivanja jed-

na je od najvažnijih i najtežih odluka i ne može se kompjuterizirati ili automatizirati, već je moraju donijeti inženjeri. Tip 3D pisaača i materijal određuju debljinu kriški. Ona iznosi tipičnih 0,1 mm za polimere i 30 µm za metale.

Predmet se izgrađuje uzastopnim polaganjem slojeva polimera, metala ili čak bioloških stanica koji izlaze iz raspršivača i njihovim očvršćavanjem i stapanjem s prethodnim slojevima. Poslije svakog sloja radna površina se spušta za debljinu sloja prije nanošenja sljedećeg sloja da bi se izbjeglo iskrivljavanje materijala prilikom fuzioniranja.

Koja vrsta tinte se upotrebljava u 3D tiskanju?

Metalni prahovi, polimeri, smole, pijesak, organski materijali (npr. stanice, ali i čokolada), razne smjese, gotovo bilo što... Postupak 3D tiskanja može se pogledati na internetskoj stranici YouTube.¹⁴

Prednosti 3D tiskanja su:

- Izbjegavanje troškova povezanih s alatima.
- Dobivanje predmeta bilo kojeg oblika i kompleksnosti koje bi bilo teško ili nemoguće napraviti tradicionalnim metodama.¹⁵ Raspršivači za nove pisaače koji su razvijeni u tvrtki General Electric dobar su primjer za dijelove koji se sastoje od 20 komada neobičnih oblika koji su, međutim, vrlo jednostavno otisnuti.¹⁶
- Stvaranje vrlo malo otpada, suprotno tradicionalnim "oduzimajućim" tehnikama proizvodnje u kojima se mora ukloniti mnogo materijala. Time se smanjuje zagađenje.
- Niska cijena izrade prototipa za dio ili predmet, mogućnost da se provjeri njegovo ponašanje u radu, da ga se poboljša, i tek onda pristupi masovnoj proizvodnji. Može se provesti računalna analiza naprezanja na prototipu zrakoplova ili dijela za vozilo i optimizirati oblik sa stanovišta funkcionalnosti, nezavisno od njegove složenosti. To ubrzava proizvodnju.
- Strojevi za 3D tiskanje mogu raditi 24 sata na dan, sedam dana u tjednu, što je teško postići s opremom kojom rukuju ljudi.
- 3D tiskanje može biti jeftinije, brže i prilagodljivije za proizvodnju u manjem mjerilu. Međutim za masovnu proizvodnju polimernih proizvoda primjena tradicionalnih tehnika, kao što je oblikovanje brizganjem, mogla bi danas imati prednost pred 3D tiskanjem. Ovo bi se moglo promijeniti s brzim padom cijena 3D tiskanja.

Područje 3D tiskanja aktualno je i uzbudljivo. Ono uključuje ne samo stolne pisaače za kućnu upotrebu po pristupačnim cijenama, nego i mnogo veće industrijske strojeve, nove materijale prikladne za tiskanje i prilagođavanje tehnike novim primjenama, npr. u kemiji i medicini. Wikipedija tvrdi¹¹ da su za inovacije zaslužni amateri "uradi sam", pojedinci koji nameću trendove, akademski istraživači, pa čak i hakeri.

Softver i hardver iz otvorenih izvora i samorazmnožavajući 3D pisaači

Svi smo navikli na besplatan softver u otvorenom pristupu. Što kažete na slobodan pristup hardveru?^{17,18} S dolaskom jeftinih 3D pisaača (današnje cijene počinju od 1000 dolara),¹⁹ strojevi koji rade s mikrokontrolerima, kao *Arduino*²⁰ i *Raspberry*,²¹ podržani besplatnim softverom u otvorenom pristupu, mogli bi stvarati individualiziranu znanstvenu opremu, što otvara nove obzore koji se danas teško mogu i zamisliti. Možete kupiti jedan 3D pisaač iz otvorenog izvora, kakvog pruža RepRap inicijativa,²² i proizvesti drugi za svog prijatelja. Većina dijelova pisaača napravljena je od plastike, što znači da se RepRap samoumnožava da bi proizveo komplet dijelova koje samo treba složiti. Naravno, naziv samoumnožavanje ovdje ima drugačije značenje nego u supramolekularnoj kemiji, gdje dolazi do spontanog slaganja objekata. U svakom slučaju, RepRap²²

podržava širenje 3D pisaača, a time i njihove mnoge primjene. Druga mogućnost je da se nacrti 3D pisaača nabave putem interneta.²³ Čini se da mogućnostima nema granica, a neke nisu ni pozitivne, što raspravlja članak pod izazovnim naslovom "Kako 3D tiskanje može uništiti gospodarstvo budućnosti".¹⁵

Poplava primjena

Na prelasku stoljeća inženjeri i dizajneri počeli su intenzivno upotrebljavati 3D tiskanje da bi brzo i jeftino izgradili alate i prototipove, koji se sada naširoko upotrebljavaju u raznim industrijama. Kako je već spomenuto, URBE 2, prototip "zelenog" auta tiskane karoserije, približava se proizvodnji,^{6,24} a GE se priprema proizvoditi složene dijelove za sljedeću generaciju mlaznih motora.¹⁶ Primjene 3D tiskanja proširuju se na industrijsko oblikovanje, inženjerstvo, arhitekturu, zubarstvo, medicinsku industriju, proizvodnju nakita, obrazovanje i mnoge druge djelatnosti, ne samo za izgradnju prototipova već i za proizvodnju u umjerenom mjerilu. Kako je spomenuto na početku, velike tvrtke započele su s programima uključivanja 3D tiskanja u masovnu proizvodnju. Nedavno je u Muzeju suvremene umjetnosti u Krakovu, na izložbi poljsko-britanskog održivog oblikovanja izložen 3D tiskani bicikl. Na internetu, između ostalog, možete pronaći tiskani motocikl,²⁵ nakit,²⁶ bikini²⁷ i dijelove kopački Nike.²⁸

Najdojmljivije primjene 3D tiskanja vjerojatno su na području regenerativne medicine.²⁹ Danas se upotrebljavaju protetski implantati zubi ili kostiju^{30–32} tiskani tako da točno pristaju pacijentu. Pacijentica stara 83 godine s teško inficiranom donjom čeljusti dobila je tiskani implantat točno po svojoj mjeri.³² Poznato je da su umjetne proteze ruke skupe. Međutim, 17-ogodišnji Easton LaChappelle napravio je pomoću 3D tiskanja robotsku protezu ruke koju pokreću moždani valovi i koja košta svega 250 dolara.³³ Ova naprava, nadahnuta željom da se pomogne potrebitima, privukla je pozornost nizozemskog proizvođača piva Heineken koji je naručio 500 takvih robotskih ruku za posluživanje piva u njihovim barovima.³⁴

Drugi primjer je umjetno uho koje su stvorili istraživači i liječnici sa sveučilišta Cornell pomoću 3D tiskanja od brizgavih gelova koji se sastoje od živih stanica, kolagena iz repa štakora i stanica hrskavice iz kraljevog uha.³⁵ Kolagen je poslužio kao skela za rast hrskavice. Nakon što prođe provjere sigurnosti i učinkovitosti, postupak bi se mogao za tri godine početi primjenjivati na djeci koja su rođena s urođenim izobličenjima nazvanima mikrotia, kao i na osobama koje su izgubile dio uha ili cijelo uho zbog raka ili neke nesreće. Ovaj uzbudljiv razvoj otvara novo razdoblje biopisaača, također nazvanih pisaačima organa ili računalom potpomognutim napravama za tkivno inženjerstvo, koji će moći tiskati ljudske organe i tako smanjiti ili potpuno otkloniti potrebu za donorima organa. Čak i s današnjim slabim mogućnostima može se modelirati ljudsko srce koje zadovoljava sve potrebe pacijenta.³⁶

Nove uzbudljive primjene 3D tiskanja u protetici se pojavljuju gotovo svakodnevno. Nedavno je preživjeli od raka dobio novo lice, čiji su neki dijelovi napravljeni tiskanjem.³⁷ 3D tiskanjem napravljeno je tkivo umjetnih jetara od matičnih stanica.³⁸ Nešto teže se prave funkcionalni implantati krvnih žila.^{39,40}

3D tiskanje pomaže u oblikovanju lijekova.⁴¹ Anthony Atala iz Instituta za regenerativnu medicinu Wake Forest, Winston – Salem, SAD, vodeći je stručnjak za biotiskanje, koje uključuje tiskanje slojeva stanica zajedno s umjetnom skelom. Ovom metodom mogu se praviti minijaturne i pojednostavljene verzije ljudskih organa, koji se mogu smjestiti na mikročip i opskrbiti zamjenom za krv. Oni se onda mogu upotrijebiti za istraživanje ljudskog odziva ne samo na nove lijekove nego i na otrove i bolesti. Tako se mogu izbjeći te vrste istraživanja na životinjama ili na kulturama ljudskih stanica. Skupina eksperata s nekoliko medicinskih i kemijskih ustanova koju vodi A. Atala upravo je dobila 24 milijuna dolara od Ministarstva obrane SAD-a za ta istraživanja.⁴¹

Umjetni sustavi za modeliranje stanične komunikacije

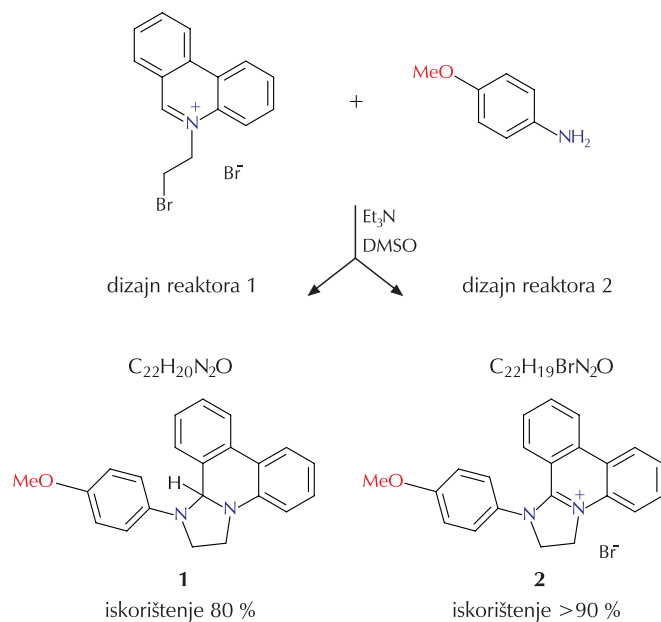
Nedavno su Gabriel Villar i sur. sa sveučilišta u Oxfordu objavili da su 3D tiskanjem dobili tkiva koja omogućuju stvaranje umjetnih sustava kao modela komunikacije među stanicama.⁴² Sustav se sastoji od desetina tisuća vodenih kapljica, svaka pikolitarskog obujma, unutar jednog lipidnog dvosloja, koje čine kompaktan materijal s odjeljenjima koja mogu međusobno komunicirati. Upotrebom tiskanih heterolognih kapljica i njihovom funkcionalizacijom pomoću membranskih proteina može se stvoriti specifični komunikacijski kanal. Prema autorima, takve mreže mogu imati različite primjene. Mogu se upotrebljavati kao sučelja sa živim tkivima, podloge za tkivno inženjerstvo ili oponašati živa tkiva i na taj način prevladavati ograničenja sintetičkih modela stanica koji nemaju mogućnost kooperacije.

Dizajn može uključivati i četvrtu dimenziju – vrijeme – budući da se mreža kapljica može programirati da nakon tiskanja prijeđe u različite predviđene oblike. Mijenjanje objekta nakon što je otisnut, uključujući tako vrijeme kao koordinatu, suština je 4D tiskanja, o čemu će još biti riječi.⁴³ U radu Gabriela Villara i suradnika, mreža koja se sastoji od dvije pruge kapljica s različitim koncentracijama soli koje su uzdužno povezane, spontano je nakon tri sata prešla u mrežu u obliku cvijeta s četiri laticice.⁴² Nadalje, spontano je mogla prijeći u šuplju kuglu ili u neki drugi oblik. 3D tiskanje moglo bi se upotrijebiti da se žive stanice organiziraju unutar biomaterijala, prirodnih ili umjetnih, što otvara mogućnosti za nova istraživanja.⁴⁴

3D tiskane reakcijske posude za kemijske sinteze

Kemija je još jedno područje na kojem se upotrebljava 3D tiskanje. Lee Cronin i sur. sa sveučilišta u Glasgowlu razvili su reakcijske posude za kemijske sinteze i analize upotrebom 3D tiskanja.² Shema na slici 3 prikazuje postupak. Treba izabrati reakciju, oblikovati odgovarajuću reakcijsku posudu, otisnuti je, provesti reakciju i pratiti je *in situ* pomoću otisnutih komponenata za spektroskopsku i elektrokemijsku analizu. Potom se može ako treba modificirati dizajn, reagensi i katalizatori da bi se optimizirao proizvod.

Tako je dobiven ranije nepoznati organski heterociklički spoj $C_{21}H_{17}BrN_2O$.² Također su sintetizirali i kristalizirali dva nova anorganska nanoklastera formule $(C_2H_5N)_mNa_n[W_{19}M_2O_{61}Cl(SeO_3)_2(-H_2O)_2]Cl_2 \cdot xH_2O$ (gdje je $M = Co^{II}$ ili Mn^{II}).² Što je zanimljivo i još važnije, Croninova skupina pokazala je da na produkt reakcije između 4-metoksianilina i 5-(2-bromoetil)fenantridinijum bromida znatno utječe oblik reakcijske posude (slika 4);² uz nepromijenjene ostale reakcijske uvjete dobivali su oko 80 % prinosa $C_{22}H_{20}N_2O$ (1) ili 90 % prinosa $C_{22}H_{19}BrN_2O$ (2).



Slika 4 – Shema reakcija u 3D tiskanoj reakcijskoj posudi. Ishod reakcije ovisi o obliku tiskanih reakcijskih posuda.

Lee Cronin kaže: "Ovaj pristup predstavlja jeftinu, automatiziranu i preinačivu osnovicu za kemijska otkrića, koja tipičnim sintetskim laboratorijima čini dostupnim tehnike koje su do sada bile rezervirane samo za kemijsko inženjerstvo."

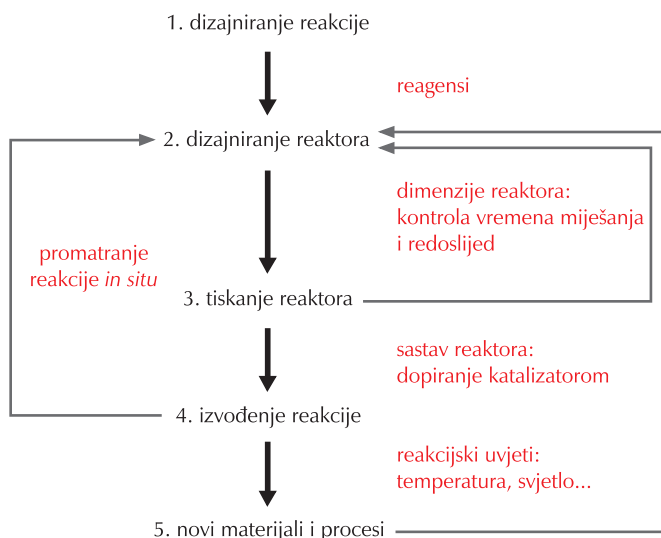
Zanimljivo da Croninova grupa također namjerava tiskati lijekove i trenutačno eksperimentira s ibuprofenom. Rezultati su, naravno, zanimljivi različitim skupinama, kao što su farmaceutske tvrtke ali i NATO-ovi generali, koje privlači ideja prijenosnog ormarića za lijekove na bojnopolju.³ Cronin jako podcjenjuje moguće zakonske, medicinske i praktičke probleme koje njegova istraživanja mogu uzrokovati: "Ne mogu zamisliti da bi kriminalci tiskali svoje droge, to ne." Međutim kriminalci bi sigurno mogli biti zainteresirani. Ali mogu se javiti i druge brige, kao što su krijumčarenje, falsificiranje ili zloporaba lijekova, rekreacijske droge, nezakoniti narkotici itd., kao i jednostavna zloporaba običnih lijekova izvan kontrole. Vjerujemo da je djelovanje Croninove skupine na području lijekova naivno, ako ne i neodgovorno.

Eksperimentirajući s 3D tiskanjem, Croninova skupina stvorila je za svega nekoliko sati niz pouzdanih i robustnih minijaturnih reaktora za kemijske sinteze od jeftinih materijala.⁴⁵ Naprave su iskušane provođenjem reakcija reaktivne aminacije i alkilacije, sinteze polioksometalata i sinteze zlatnih nanočestica.

Što je novo u 3D tiskanju?

Kao što je spomenuto na samom početku, primjene 3D tiskanja brzo napreduju od pravljenja alata i prototipova do masovne proizvodnje. Velike tvrtke kao GE, Ford, Mattel⁴ i Airbus⁵ i novonastala poduzeća kao Koreologic,⁶ snage su koje pokreću ovaj razvoj. Kako stvari stoje, veliki su izgledi da ste se i ne znajući, vozili avionom u koji su ugrađene komponente tiskane 3D tehnikom, što ga čini lakšim i bolje iskorištava gorivo.⁷ U bliskoj budućnosti veliki 3D pisari naširoko će se rabiti u industriji.^{4,5} Razvijat će se sve složeniji implantati i proteze i svi su izgledi da će 3D tiskanje jednog dana omogućiti individualizirane lijekove i smanjiti, ako ne i ukinuti, nedostatak donora organa.⁷

Naravno, 3D pisari će podržavati rad po narudžbi. Primjer personaliziranih kućišta za iPhone⁴⁶ oslikava kako proizvodnja točno po zahtjevima pruža kompetitivnu prednost inovativnim tvrtkama. Od mnogih drugih očitovanja trenda proizvodnje po narudžbi treba spomenuti personalizirane medicinske primjene, kao što su tiskana



Slika 3 – Shema Croninove reakcijske posude

proteza ruke na moždani pogon^{33,34} oblikovana za pojedinog pacijenta i djelomično 3D tiskana proteza lica.³⁶

Zahvaljujući brzom smanjivanju troškova i poboljšavanju programske podrške i/ili povećavanju raspona materijala koji se mogu izraditi tiskanjem, razvoj 3D tiskanja će se ubrzavati. Sve više profesionalnih i amaterskih dizajnera imat će pristup pisacima, što će obogaćivati njihove mogućnosti. Objekti će se moći tiskati u 3D u ranom stupnju oblikovanja, preinačavati, ponovno tiskati i tako dalje. Tako će brže dolaziti i do inovacija.

Može se očekivati da će se 3D tiskare otvarati posvuda.⁷ Sada se pisaci postepeno uvode u škole⁴⁷ i uskoro će postati uobičajeni u srednjim i visokim školama u Ujedinjenom Kraljevstvu i Finskoj.^{48,49} Djeci će se sigurno sviđati i rabić će ih za svoje projekte.

Združivanje novih materijala, nanorazmjera i tiskane elektronike dovest će do novih proizvoda s nezamislivim svojstvima, što će nadahnuti nove projekte i potaknuti stvaralaštvo.⁷ S druge strane, lakoća kopiranja potaknut će usijane rasprave o pravima na intelektualno vlasništvo, kao što su bile rasprave koje su potaknuli FilesTube i Shared, internetske stranice koje omogućuju kopiranje i dijeljenje glazbenih djela.

4D tiskanje

Za razliku od 3D tiskanja, u 4D tiskanju četvrta dimenzija je vrijeme.⁴³ Skylar Tibbits iz Laboratorija za samoorganizaciju (Self-assembly Laboratory), Massachusetts Institute of Technology (MIT), najavio je ovu tehniku na konferenciji TED u Los Angelesu 2013.¹⁰ Kako je već spomenuto, u 4D tiskanju tiskani objekt (ili više njih) se samoorganiziraju. To zahtijeva vrijeme, ali stvara nove mogućnosti. Npr. objekti koji se nalaze na nepristupačnim mjestima, kao što su podzemne cijevi za vodu, mogu se širiti ili sužavati, zavisno od protoka vode; tako se izbjegava kopanje da bi se zamijenile cijevi. Druge predložene primjene 4D tiskanja izgradnja su samoorganizirajućeg namještaja, vozila ili čak građevina. Upotrebljavajući specijalizirani 3D pisac Stratats je proizveo višeslojnu tkaninu⁵⁰ koja se sastoji od vlakana standardne plastike odijeljenih slojevima "pametnog" materijala. Ovaj materijal može apsorbirati vlagu i s njom egzotermno reagirati te na taj način dopustiti materijalu da se širi nakon što je otisnut. Poslije ukrućeni materijal stvara strukture koje se mogu savijati ili uvijati zahvaljujući drugom sloju.

Svakako da će 4D tiskani predmeti naći primjenu u popravljanju oštećenja na nedostupnim ili opasnim mjestima, kao što su dijelovi koji ispuštaju radioaktivnost u nuklearnim elektranama, napukle cijevi na morskome dnu ili oštećenja na svemirskoj postaji. U svakom slučaju, mogućnosti se čine uzbuđljivim.⁵¹ Ova nova ideja dopušta eksperimentiranje s materijalima, izvorima energije, oblikovanjem i drugim primjenama.

Mješavina ideja

Stvaralaštvo nema granica. Ako biste htjeli imati 3D tiskanu kopiju svog još nerođenog djeteta, japanska tvrtka Fasotec napraviti će vam je.⁵² Planira se izgradnja 3D tiskane zgrade koja izgleda kao Möbiusova vrpca.⁵³ Tvrtka upravo osnovana u Americi, Modern Meadow, proizvodi će sirovo meso upotrebljavajući biotintu, koja se sastoji od različitih vrsta stanica otisnutih u kalupe od agaroznog gela.⁵⁴ Tvrtku podupire jedan od najistaknutijih poduzetnika kapitalista Peter Thiel, suosnivač Paypala i jedan od prvih investitora u Facebook.

Izgledi za budućnost

Utjecaj 3D tiskanja na tehnologiju i svakodnevni život bit će golem. U već spomenutom članku u časopisu *The Economist* posljedice 3D tiskanja uspoređuju se s posljedicama parnog stroja, tiskarske preše i tranzistora.⁸ Prema Mary Gehl,¹² tiskanje će značajno rasti da bi dostiglo vrijednost od 3 milijarde dolara do 2016 i 5 milijardi do 2020. Kako cijene 3D pisaca padale, svjedočit ćemo

ne samo širenju industrije nego i eksploziji 3D tiskanja, od radnog mjesta do doma. Terry Wohlers iz istoimene tvrtke iz Fort Collinsa, SAD, tvrdi da će pristupačnija tehnologija vjerojatno prvo privući različite igrače kao što su studenti, istraživači, entuzijasti "uradi sam", hobisti, izumitelji i poduzetnici.⁵⁵ Oni će postati masovna pokretačka snaga brzog razvoja 3D tiskanja.

Kao što kaže Mary Gehl u članku *Što podrazumijeva 3D tiskanje*,¹² "Značajna mogućnost široke domaće upotrebe ove tehnologije ima strahovit potencijal da promijeni način na koji se stvari dobivaju, oblikuju i inoviraju." Prateće promjene neće se ograničiti samo na ekonomiju. Promjene koje se podrazumijevaju na zakonskom i sociološkom planu mogle bi biti slične, ali mnogo dublje, kao što su bile one koje je donio digitalni zapis u muzičku industriju. Mogućnost da se stvari lako kopiraju mogla bi povrijediti sva ključna područja zakona o intelektualnom vlasništvu, kao što su autorsko pravo, zaštita dizajna, patenti i trgovačke marke.

Mogu se očekivati duboke društvene promjene. U prvoj polovini 20. stoljeća u naprednim gospodarstvima stvoreno je potrošačko društvo obilježeno konzumerizmom i masovnom proizvodnjom standardiziranih roba, koje su mogli kupovati radnici koji su i sami postali potrošači. Npr. mogli su kupiti model T automobila koji je proizvodio Henry Ford.⁵⁶ Današnje društvo se promijenilo, tipični su postali proizvodnja u malim serijama, ciljana ekonomija, specijalizirani proizvodi, nove informacijske tehnologije, oslanjanje na uslužne djelatnosti i naglasak na tipove potrošača radije nego na društvenu klasu. To se u budućnosti može još više promijeniti s dolaskom 3D pisaca, što će ekonomiju učiniti još prilagodljivijom i promijeniti mnoge od naših suvremenih društvenih i ekonomskih odnosa u svjetskom mjerilu. Društvo će se pomaknuti od pasivnih kupaca prema društvu u kojemu su proizvodnja i potrošnja kontinuirani i u međusobnoj simbiozi. *Konzumerizam* će postati *prozumerizam*, gdje će se proizvodnja i upotreba stvari pomiješati, npr. moći ćete sami kod kuće proizvoditi dijelove potrebne za popravak svog kućanskog aparata ili si izraditi ogrlicu. Predviđanja izgleda za razvoj 3D tiskanja, kao i za razvoj društva, ipak ostaju nezahvalna.

Najnoviji razvoj

Područje 3D pisaca naglo se širi, gotovo svaki dan pojavljuje se nešto novo i uzbuđljivo. Očekuje se još brži razvoj i širenje 3D pisaca, jer mnogi patenti na ovom području istječu ili su već istekli, što će dovesti do novih investicija, inovacija i natjecanja.⁵⁷ Novi materijali za tiskanje uključuju ugljikova vlakna⁵⁸ i fiberglas.⁵⁹ Poljska *start-up* tvrtka Zortrax, koja je inicijalna sredstva dobila od Kickstartera, proizvodi vrlo pouzdane 3D pisace koji rade s programskom podrškom prilagođenom korisniku i koštaju manje od 2000 dolara. Tvrtka je potpisala ugovor s Dellom za isporuku 5000 komada.⁶⁰ Tvrtka 3D Systems iz Južne Karoline, koja se oglašava kao proizvođač "prvih i jedinih svjetskih 3D pisaca hrane profesionalno certificiranih i spremnih za kuhinju" prikazala je na sajmu CES dva 3D pisaca, ChefJet i ChefJetPro.⁶¹ ChefJet može tiskati šećer, čokoladu i kandirani šećer u bilo kojem zamislivom obliku. Veći pisac, ChefJetPro dodatno je opremljen s cijelom paletom prehrambenih boja i bojila, što omogućava tiskanje nevjerojatno složenih slastica.

Literatura

1. H. Lipson, M. Kurman, *Fabricated: The New World of 3D Printing*, John Wiley & Sons, New York, USA, 2013.
2. M. D. Symes, P. J. Kitson, Y. Yan, J. Craig, C. J. Richmond, J. T. Geoffrey, G. J. T. Cooper, R. W. Bowman, T. Vilbrandt, L. Cronin, *Nature Chem.* **4** (2012) 349–354, doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nchem.1313>.
3. T. Adams, *The 'chemputer' that could print out any drug*, *The Guardian* 2012, July 21.
4. C. Boulton, *Printing Out Barbies and Ford Cylinders*, *The Wall Street Journal* 2013, June 5.
5. P. Olson, *Airbus Explores Building Planes With Giant 3D Print-*

- ers, *Forbes* 2012, July 11.
6. URBE2, korecologic.com, 2013, April 7.
 7. V. Srinivasan, J. Bassan, *Manufacturing The Future: 10 Trends To Come In 3D Printing*, *Forbes* 2012, July 12.
 8. Print me a Stradivarius, *The Economist* 2011, February 10.
 9. You can see other printed objects and listen to such a printed violin being played on about3dprinters.com (accessed January 16, 2013).
 10. K. Eng, Welcome to 4D printing: A Q&A with Skylar Tibbits at TED2013, blog.ted.com, 2013, March 1.
 11. 3D printing, Wikipedia.com, article retrieved 2012, May 8.
 12. M. Gehl, *The Implications of 3D Printing*, KHouse.org, 2012, September.
 13. Inventor of the Week: Emanuel Sachs, Massachusetts Institute of Technology 2007, December.
 14. Planetary Gears On A Printrobot 3D Printer, YouTube.com 2012, May 16.
 15. How 3-D Printing Could Disrupt the Economy of the Future, Bloomberg.com 2013, May 15.
 16. GE challenges makers to design jet engine parts, 3D print complex components, 3ders.org 2013, June 11.
 17. J. M. Pierce, *Science* **337** (6100) (2012) 1303–1304, doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1228183>.
 18. J. M. Pearce, C. M. Blair, K. J. Laciak, R. Andrews, A. Nosrat, I. Zelenika-Zovko, *J. Sus. Dev.* **3** (2010) 17–19.
 19. J. Mason, 3D Printing: The 'Replicator Revolution' Is Here, Yahoo.com 2013, January 5.
 20. www.arduino.cc.
 21. bukobot.com/raspberry-pi.
 22. www.RepRap.org.
 23. Eventorbot! Open source DIY 3D printer. Free plans, instructables.com 2012.
 24. M. Matus, The 3D-Printed Urbee 2 Hybrid Car is Light, Strong, and Nearing Production, inhabitat.com 2013, March 3.
 25. S. Sheppard, Full Scale 3D Printed Motorcycle from Inventor, youtube.com 2008, December 2.
 26. E. Kuneinen, The Jewellery Sector and 3D Printing, 3dprintingindustry.com 2012, October 30.
 27. N12: 3D Printed Bikini, shapeways.com 2012.
 28. R. Park, Nike Has Just Done It – First 3D Printed Football Cleat, 3dprintingindustry.com 2013, February 25.
 29. C. Thompson, How 3D Printers Are Reshaping Medicine, *CNBC* 2012, October 10.
 30. Engineers pioneer use of 3D printer to create new bones, *BBC News* 2011, November 30.
 31. A. Clark Estes, The Reality of 3D-Printed Body Parts, TheWire.com 2011, December 2.
 32. C. Brandrick, Artificial medical implants built with 3D printing, Techworld.com 2012, February 7.
 33. G. Mone, You Built What?!: A Remote-Controlled Robo-Arm, *Popular Science* 2012, December 6.
 34. S. Holbrook, Teen Creates 3D Printed, Brain-Powered Prosthetic Arm, Makezine.com 2013, February 8.
 35. Bioengineers, physicians 3-D print ears that look, act real, *Cornell University News* 2013, February 20.
 36. Stanford researchers use 3D printing to model organs, Yahoo.com 2013, June 19.
 37. Cancer survivor gets new lease of life thanks to 3D Printing, 3dPrintingNews.co.uk 2013, April 9.
 38. World's first 3D liver printing from stem cells, 3ders.org 2012, November 12.
 39. C. Brandrick, 3D Printer Uses Sugar to Create Blood Vessels, TechHive.com 2012, July 3.
 40. Z. Walton, 3D Printers Are Getting Better At Printing Blood Vessels, WebProNews.com 2012, September 14.
 41. J. Hsu, Tiny 3D-Printed Organs Aim for 'Body on a Chip' LiveScience.com 2013, September 16.
 42. G. Villar, A. D. Graham, H. Bayley, *Science* **340** (6128) (2013) 48–52, doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1229495>.
 43. J. Wakefield, TED 2013: 4D printed objects 'make themselves' *BBC News* 2013, February 28.
 44. G. Wallace, S. Beirne, 3D printing empowers the lab, abc.net.au 2013, April 16.
 45. P. J. Kitson, M. H. Rosnes, V. Sans, V. Dragone, L. Cronin, *Lab Chip* **12** (2012) 3267–3271, doi: <http://dx.doi.org/10.1039/c2lc40761b>.
 46. The 'Polchemy 3D Printed iPhone Case' Stands Out, Trendhunter.com 2012, August 8. Link.
 47. D. Nosowitz, Gallery: 3-D Printing's Dream Projects, Popsci.com 2011, April 4. Link.
 48. G. Fabb, 3D Printing Becomes Standard Equipment for UK Schools, fabbaloo.com 2014. Link.
 49. E. Kuneinen, Finnish Government Grants Funds for 3D Printing Trial in Schools 3D Printing Industry 2013, September 19. Link.
 50. www.Stratasys.com.
 51. K. Torgovnick May, See self-assembly and 4D printing in action, blog.ted.com 2013, April 4. Link.
 52. Shape of an angel – 3D printed copy of your unborn child, Biotexture.com 2013. (In Japanese) Link.
 53. Architect plans 3D-printed buildings, *BBC News* 2013, January 21. Link.
 54. K. Moskvitch, Modern Meadow aims to print raw meat using bioprinter, *BBC News* 2013, January 21. Link.
 55. T. Wohlers, *Additive Manufacturing and 3D Printing – State of the Industry*, Wohlers Associates, Fort Collins, Colorado, USA, 2013. ISBN: 0-9754429-9-6.
 56. H. Ford, Wikiquote.org, article retrieved 2013, January 16. Link.
 57. J. Hornik, D. Roland, Many 3D Printing Patents Are Expiring Soon: Here's A Round Up & Overview of Them, 3DPrintingIndustry.com 2013, December 29. Link.
 58. M. Burns, 3D Printing Goes Carbon Fiber, TechCrunch.com 2014, January, 28. Link.
 59. V. Young, Carbon Fiber 3D Printer Also Prints With Fiberglass And Nylon, psfk.com 2014, February 4. Link.
 60. Zortrax M-200.
 61. D. Prindle, Whether you like it or not, 3D printed food is on the way, 2014, January 13. Link.

Izvor: doi: <http://dx.doi.org/10.1002/chemv.201300064>

Autor: Helena Dodziuk

Datum objavljivanja: 12. veljače 2014.

Copyright: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim