

samo jedan ili dva negativna kalupa, čime se omogućuje veća fleksibilnost za tvorevine. Prema tome, osim jednostranih dijelova postupkom puhanja mogu se izrađivati i zatvorena šuplja tijela. Također, može se primijeniti i postupak praoblikovanja injekcijskim prešanjem, nakon kojeg slijedi preoblikovanje i spajanje. Prilikom ispitivanja parametri prerade bili su nepromjenjivi, odnosno temperatura folije na početku oblikovanja bila je 220 °C, a tlak plina 39 bara. Optička i dodirna mjerenja orijentacije vlakana uz uzdužnu os, kao i vrijeme upuhivanja plina pokazali su da jednoliko raspoređen (hidrostatički) tlak plina dovodi do jednolike debljine stijenke u tvorevini. To je zato što jednoliko raspoređen tlak smanjuje tečenje matrice i klizanje vlakana. Dodirna mjerenja pokazala su da nema stanjivanja na najvišoj točki. Pomalo veća debljina u optičkom mjerenju uzrokovana je pripremom i krajnjim kutom gledanja. Time postupak *Twin-O-Sheet* sprječava neželjeno kretanje vlakana i matrice tijekom postupka preoblikovanja, dovodi do ujednačene debljine stijenki te omogućuje proizvodnju zatvorenih šupljih tijela u jednom koraku.

www.4spepro.org/view.php?article=005866-2016-02-08&category=Composites

Recikliranje gumenih proizvoda pri sobnoj temperaturi

Istraživači s britanskog *Sveučilišta Durham* razvili su postupak kemijskoga katalitičkog recikliranja gumenih proizvoda pri sobnoj temperaturi. Moguće je recikliranje automobilskih pneumatika, gumenih rukavica i ostalih gumenih proizvoda. Dugi lanac molekula ugljikovodika i nezasićenih ugljika u tim gumenim materijalima tradicionalno se vrlo teško reciklira i obrađuje, posebno automobilske pneumatice. Tradicionalni način uporabe gumenih proizvoda je razdvajanje kaučukovih smjesa mijenjanjem temperature, usitnjavanje grijanjem ili za lomljenje njihovo zamrzavanje. Takav usitnjeni proizvod zatim se miješa s novim elastomerom kako bi se proizveo novi materijal, no često s gubitkom u tvrdoći ili savitljivosti. Ti gubici znače da se većina reciklirane gume ne upotrebljava ponovno za namjenu za koju su izvorno napravljeni, već su reciklirani i upotrebljavaju se za druge tvorevine niže kvalitete. To često znači da je smanjena korist od uporabe. Ovim kemijskim procesom uporabe moguće je otpadne gumene proizvode upotrijebiti za izvornu namjenu. Njihova unakrsna metateza razgrađuje elastomere u viskoznu kapljevину koja se tada može preoblikovati bez degradacije. Proces se također može upotrijebiti za stvaranje mljevine, ali po mnogo nižoj cijeni. Proces upotrebljava katalizatore *Grubb's* kako bi razbio polibutadienske (PBD) lance na dvostruke veze putem unakrsne metateze. Kako se lanac razbija, materijal se pri sobnoj temperaturi raspada u situ mljevinu gume. Povišenjem temperature i vre-

mena reakcije poboljšava se proces razbijanja, čime se, također pri proizvodnji mljevine, nudi brži način u olakšavanju raspadanja smjese. Dobiiveni materijal ima nisku molekulu masu i niže oligomere, što oboje vodi do lakše upotrebe oporabljene gume. Time ova uporaba gumenih proizvoda može postati energijski učinkovitija i rezultirati kvalitetnijim proizvodom uporabe.

www.gizmag.com/durham-tire-recycling-ruber

Stezni alati

Novi stezni alati tvrtke *Norelem* lako se montiraju, lagani su i imaju samostalno centriranje, s niskim momentom trenja (slika 14). Izrađeni su od nehrđajućeg čelika, s promjerom osovine od 4 do 85 mm. Stezni alat sastoji se od dva prstena; unutarnji i vanjski dio je cilindričan. Umetnuti su u prvrt glavine ili navojem na vratilo. Ovisno o vrsti vijaka, centralna matica klina stišće konusnu površinu unutarnjega i vanjskog prstena jednu o drugu u aksijalnom smjeru. Zatim s traženim momentom stezanja, stezni alat čvrsto se fiksira i osigura od aksijalnog pomicanja na osovini. Ovisno o proizvodu, stezni alat zahtijeva samo minimalan površinski tlak, može biti potopljen u spoj glavine vratila, prikladan je za vrlo tanke stijenke komponenata glavine vratila te ima povećan raspon tolerancije za osovinu i glavinu vratila. Stisni diskovi pogodni su za spajanje šupljeg vratila na osovinu.



SLIKA 14 – Stezni alati

www.etmm-online.com/firm-and-secure-grip-with-multi-purpose-clamping-sets-a-518369/&cmp=nl-229

Aditivna proizvodnja

Pripremila: Jelena PILIPOVIĆ

Upotreba 3D tiskanja za pravljenje keramičke strukture od silikonskih polimera

Znanstvenici iz tvrtke *HRL Laboratories d.o.o.* u Malibuu, u Kaliforniji, uspjeli su dobiti tvorevine visoke čvrstoće koje mogu izdržati temperature iznad 1650 °C, što nadilazi ograničenja tradicionalnih keramičkih tvorevina. Do sada tipičan postupak dobivanja keramičkih tvorevina bilo je sraščivanje praha keramičke sirovine pri visokim temperaturama. Ti su proizvodi, međutim, dosta porozni i niske čvrstoće.

Razvijena je keramika koja se dobiva od prepolimera kao što su materijali tipa siloksan s kosturom od silicij – kisika. Tvorevine se izrađuju aditivnom proizvodnjom na 3D pisačima i dobiva se materijal niske gustoće i visoke čvrstoće. Time se dobije jedinstvena rešetkasta mikrostruktura. Ti su materijali slični silikonima koji se upotrebljavaju za kalupe za injekcijsko prešanje za medicinu. No dok su takve polimerne komponente mekane i fleksibilne, upotreba silicija i molekula na osnovi kisika vodi do tvrde keramike postojane pri visokim temperaturama. Tajna tog otkrića je sastav pripravka smjese, koja može biti tiskana u 3D pisaču u tvorevine bilo kojeg oblika. Dobivena se tvorevina u 3D pisaču očvršćuje pod UV svjetlom, a zatim pali pri povišenim temperaturama od oko 980 °C kako bi se dobila potpuno gusta keramika koja je deset puta čvršća od drugih usporedivih materijala. Predviđa se primjena tako dobivene keramike u mlaznim motorima, minijaturnim dijelovima elektromehaničkih i elektroničkih sustava.

www.plasticsnews.com/article/20160127/NEWS/160129853/using-3-d-printing-polymers-to-create-ceramic-structures#utm_medium=email&utm_source=pn-newproducts&utm_campaign=pn-newproducts-20160127&email_newprods

Aditivna proizvodnja ide naprijed – potencijal za ljudska tkiva i organe

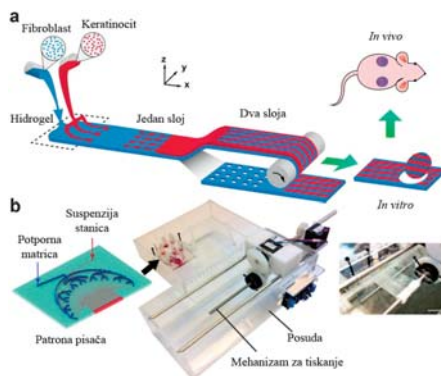
Dok je dosadašnja primjena 3D tiskanja omogućila izradu 3D modela ključnih kirurških operacija, npr. 3D tiskano srce, 3D tiskana replika mozga i sl., novi tip 3D pisača, takozvani biopisač, u budućnosti bi mogao izrađivati mišiće, kosti i druge vrste tkiva koji bi bili pogodni za usađivanje u ljude. Dosadašnja istraživanja, provedena na glodavcima, pokazala su kako se stanice mogu tiskati u slojevite uzorke radi stvaranja ljudskog tkiva ili složenih većih organa. Problemi koji se javljaju prilikom tiskanja većih struktura jesu to što ispadnu gnjecavi i brzo se raspadnu jer u biotiskanim tkivima nedostaju krvne žile koje su potrebne za opskrbu hranjivim tvarima i kisikom. Istraživači su stvorili biorazgradljivi materijal koji daje tiskanom tkivu oblik, zajedno sa stanicama suspendiranim u *tinti* na bazi vode te biorazgradljivom polimeru raspoređenom u rešetkastom uzorku i privremenoj vanjskoj strukturi. Tkivo također ima sustav *mikrokanala* koji omogućuje da se hranjive tvari i kisik iz tijela rasprši u strukturu dok se sustav krvnih žila ne formira. Takve biotiskane kosti, mišići i hrskavice implantirani u glodavce sazrijevaju u funkcionalna tkiva, zajedno s mrežom krvnih žila. No pritom se javlja pitanje, što s tim tkivima dugoročno?

Studenti sa *Sveučilišta u Torontu* razvili su 2014. godine 3D biopisač *PrintAlive* (slika 15) koji može brzo načiniti umjetnu kožu iz ljudskih

stanica potrebnu za presađivanje kože kod žrtva požara. 3D biopisač *PrintAlive* za sada je upotrijebljen za poboljšanje zacjeljivanja rana kod miševa s ugroženim imunim sustavom, a očekuje se i presađivanje kože kod svinja. Kad su oba sloja kože, epidermis, gornji sloj, i dermis, unutarnji sloj, teško oštećeni, potrebno je najmanje dva tjedna da se stanice kože uzgoje u laboratoriju prije presađivanja na pacijenta. Do sada znanstvenici su imali problema u pokušaju pravljenja umjetne kože za presađivanje s pomoću 3D pisaača zbog složenosti tiskanja nekoliko uzastopnih složenih slojeva, od kojih se svaki sastoji od različitih vrsta stanica. No umjesto da pokušava replicirati pravu ljudsku kožu potrebnu za presađivanje, 3D biopisač *PrintAlive* stvara neku vrstu živog zavoja od hidrogela (slika 16).



SLIKA 15 – Biopisač 3D *PrintAlive*

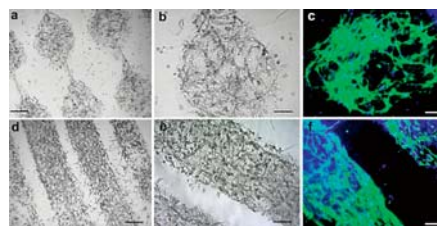


SLIKA 16 – Način rada biopisača 3D *PrintAlive*

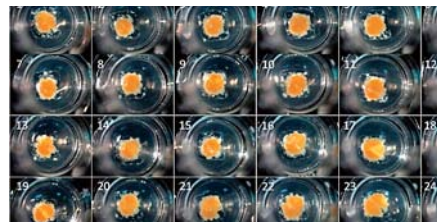
Tako je razvijena posebna patrona za pisaač. Primjenjujući pacijentove stanice keratinocita i fibroblasta, biopisač stvara biopolimer u 3D strukturi koji ima sposobnost oponašati slojeve epidermisa i dermisa na koži pacijenta, uz ispis s uzorcima točki i pruga, što je brže i zahtijeva mnogo manje stanica nego ispis kontinuiranih listova stanica kože (slika 17). Patrona pisaača sadržava dva odvojena sitna kanala ispunjena stanicama epidermalnoga i dermalnog sloja kože zajedno s kapljevnom koju zahtijeva svaki tip stanice. Kad kapljevina izađe iz pisaača, očvršćuje se u gel i oba se sloja tiskaju zajedno jedan preko drugoga stvarajući biorazgradljivu prevlaku za liječenje opekline.

Također, za testiranje sigurnosti farmaceutskih proizvoda s pomoću 3D biopisača američka biotehnoška tvrtka *Organovo* sa sjedištem u San Diegu 2014. godine stvorila je *exVive3D*,

3D model jetre od samo nekoliko milimetara u promjeru (slika 18). 3D pisaač sastoji se od dvije ispisne glave, od kojih jedna daje podršku matrici, a druga stavlja ljudske stanice jetre u nju. Takvi dobiveni modeli sastavljeni su od žive ljudske stanice jetre s ugrađenim hepatocitima, zvjezdastim i endotelnim stanicama, baš kao prava velika jetra. Također, proizvode jetrene proteine, albumin, fibrinogen i transferin te sintetiziraju kolesterol. Osim toga, stanice su raspoređene u 3D orijentaciji u odnosu jedna na drugu. Nasuprot tome, kulture stanica jetre koje se trenutačno upotrebljavaju za testiranje lijekova su dvodimenzionalne i stoga ne mogu uvijek funkcionirati na isti način kao i pravi organi. *ExVive3D* ostaje funkcionalan najmanje 42 dana. Tako se omogućuje procjena učinka lijekova tijekom duljeg trajanja ispitivanja od onoga koje nudi standardna 2D kultura stanice jetre. Također, modeli su pokazali mogućnost razlikovanja strukturno povezanih otrovnih i neotrovnih spojeva te otkrivanje metabolita (molekule koje su proizvod metabolizma tijela).



SLIKA 17 – Izgled stanica keratinocita i fibroblasta tiskanih zajedno



SLIKA 18 – Model jetre *exVive3D*

mobile.philly.com/health/?wss=/philly/health&id=368867631;

www.ibtimes.co.uk/printalive-3d-bioprinter-creates-living-bandage-skin-grafts-treat-burn-victims-1467240;

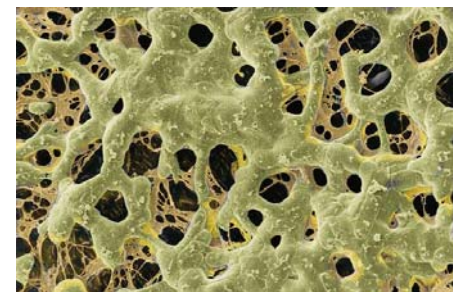
www.gizmag.com/organovo-exvive3d-liver-models/34843/

Hidrogelovi na bazi alginata

Glavni je cilj u području inženjerstva tkiva potraga za odgovarajućom 3D podlogom analognom prirodnoj izvanstaničnoj matrici. Ona bi trebala dostaviti stanice na željeno mjesto u tijelu pacijenta podržavajući formiranje novog tkiva. Nedavno su se počeli upotrebljavati različiti hidrogelovi za oponašanje izvanstanične matrice nekoliko tkiva. U tom smislu aditivna proizvodnja može se iskoristiti da oponaša prirodne strukture tkiva tiskajući sloj po sloj, čime

omogućuje proizvodnju konstrukcije s kompleksnim strukturama ili zamršene vanjske i unutarnje geometrije u biološkoj proizvodnji. Prednost aditivne proizvodnje je precizno pozicioniranje različitih materijala, tipova stanica i bioaktivnih tvari. Jedan aspekt 3D biopisača je razvoj novih hidrogelova koji bi bili prikladni kao biološke tinte. Takvi su hidrogelovi hidrofili polimeri prirodnoga ili sintetičkoga podrijetla. Odgovarajući hidrogelovi trebali bi pokazivati kontrolirano oticanje i kinetiku razgradnje, kao i podesiva mehanička svojstva, prilagođenu kemijsku i fizičku strukturu, gustoću za vlaženje, difuzivnost i poroznost. Opskrba kisikom i hranjivim tvarima hidrogelom ovisi o poroznosti, promjeru pora i njihovoj međusobnoj povezanosti, a to su i presudni parametri koji utječu na rast stanica i proliferacije u 3D matrici.

Nedavno je razvijen novi sustav hidrogela temeljen na oksidiranom alginatu kovalentno umreženim sa želatinom (*ADA-gel*). *Alginat di-aldehid (ADA)* sintetiziran je kontroliranom oksidacijom natrijeva alginata i nakon toga dijaliziran najčišćom vodom tijekom sedam dana (slika 19). Istraživanja su pokazala kako ovaj hidrogel pruža odgovarajuću strukturu pora potrebnu za razvoj stanica te da je riječ o obećavajućoj matrici koja podupire i promiče rast i oporavak prirodnih tkiva te da je pogodna biotinta za biološku proizvodnju.



SLIKA 19 – Hidrogel na bazi alginata

www.materialstoday.com/amorphous/articles/s1369702115003375

3D pisaač za djecu – *ThingMaker*

Tvrtka igračka *Mattel* svojim novim 3D pisaačem *ThingMaker*, uz popratni program za modeliranje, omogućila je djeci tiskanje vlastitih igračka kod kuće (slika 20). Bežičnim povezivanjem 3D pisaača s mobilnim uređajem pokreću se programi (aplikacije) *ThingMakera* za modeliranje za iOS i Android. Korisnicima je omogućena upotreba stotine unaprijed osmišljenih modela te se mogu odlučiti žele li izraditi igračku ili nakit, uz mogućnost tiskanja gotove modelirane igračke ili miješanja i sparivanja od stotine dijelova koji se nakon tiskanja mogu spojiti zajedno sa zglobovima. Također, omogućeno je tiskanje s pomoću različitih filamenta materijala i boja. Značajke 3D pisaača *ThingMaker* koje ga čine prikladnijim za djecu

od tipičnog 3D pisača je jednostavna upotreba te to što ima automatsko zaključavanje vrata za veću sigurnost djece. Vrata, naime, ostaju zatvorena dok se igračka ne ohladi na sigurnu temperaturu i dok se ne ohladi glava ekstrudera. Kao i kod drugih 3D pisača, ograničenje je vrijeme koje je potrebno za tiskanje igračke. Tiskanje tipičnoga plastičnog lika, npr. lutke, dinosaura ili nakita, može trajati do 12 sati. Cijena ovakvog pisača bit će 300 USD.



SLIKA 20 – 3D pisač *ThingMaker*

www.gizmag.com/mattel-thingmaker-3d-printer-children

Novi 3D pisač koji izrađuje tvorevine u vrlo kratkom vremenu

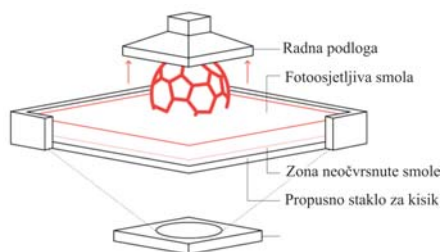
Tvrtka *Carbon* iz Redwood Cityja u Kaliforniji načinila je novi 3D pisač koji može izrađivati tvorevine u kratkom vremenu, u usporedbi s pisačima koji su trenutačno na tržištu. Upotrebom novih materijala njihov pisač *M1* usmjerava UV svjetlo na smolu kako bi se proizveli prototipovi i funkcionalne tvorevine (slika 21) koji mogu, u usporedbi sa sličnim proizvodima, biti više elastični, kruti, tvrdi te postojani pri povišenim temperaturama i pritom tiskani pri visokoj brzini.



SLIKA 21 – Savitljiva poliuretanska tvorevina debljine 5 mm koja može izdržati udarac a da se ne deformira ili slomi

Za taj projekt tvrtka *Carbon* u tri je godine poduzetničkim financiranjem prikupila 140 milijuna USD. *M1* upotrebljava projektor kako bi precizno usmjerio UV svjetlo i kisik na polimer-

nu smolu očvršćujući je u čvrstu tvorevinu (slika 22). Niz slika projicira se kroz kisikom propusno staklo u spremnik pun smole. Kontrolirajući protok kisika kroz staklo, dolazi do stvaranja zone s neočvrstnutom smolom između tvorevine i stakla, čime se kontrolira stalan dotok smole. Radna podloga podiže se skupa s gotovom tvorevinom.



SLIKA 22 – Shematski prikaz rada 3D pisača *M1*

Time se dobije 100 puta brži ispis nego kod drugih 3D pisača, ovisno o složenosti objekta – npr. za tiskanje priključaka za radiofrenkvenciju potrebno je 40 minuta umjesto 12 sati, a tiskanje njih 8 odjednom traje ukupno samo 43 minute. Za takav način ispisa zaslužan je najvećim dijelom softver koji dnevno generira milijun podataka, uz precizno praćenje zrake UV svjetla, kretanje tiskanog objekta, stope tiskanja, upozoravanja na mogućnost pogreške pri promjeni sobne temperature itd. 3D pisač *M1* dostupan je na tržištu od 1. travnja 2016. godine. Za takav pisač potrebno je izdvojiti 40 000 USD godišnje za najam, uz koji se dobije ažuriranje softvera, dok je za naknadu za ugradnju potrebno još 10 000 USD te za svakih 20 litara smole od 79 do 399 USD. Analitičari, međutim, upozoravaju da bi takav način tiskanja proizvoda mogao ugroziti stabilnost i čvrstoću gotove tvorevine.

www.bloomberg.com/news/articles/2016-04-01/this-company-does-3d-printing-at-a-speed-no-one-else-can-match

Revolucionarni novi 3D pisač u boji *Stratasys J750*

Tvrtka *Stratasys* lansirala je na tržište novi 3D pisač *Stratasys J750* (slika 23) koji omogućuje korisnicima tiskanje tvorevina u različitim bojama usporedno sa širokim rasponom savitljivih i čvrstih materijala, bez završne obrade, i sve to u isto vrijeme u istom tiskanom modelu. Upotrebom šest glava može se tiskati stotine digitalno razvijenih materijala, krutih ili savitljivih, prozirnih ili neprozirnih, u gotovo bilo kojoj boji (korisnici mogu birati među više od 360 000 različitih nijansi boja), sa složenim teksturama. Radna komora 3D pisača *J750* ima dimenzije 490 × 390 × 200 mm.

Stroj ima poseban vanjski spremnik za materijal u kojem se drže ispisni ulošci smola. Rezolucija

novih ispisnih glava je 14 μm, za razliku od sadašnjih 3D pisača koji imaju rezoluciju 16 μm. Novo korisničko sučelje softvera omogućuje korisnicima da jednostavno odaberu materijale, optimiraju izradu i upravljaju slojevima ispisa. Boje tekstura učitaju se preko VRML datoteke uvezene iz CAD softvera. Tako se u istom tiskanom modelu može kombinirati niz boja, materijala i svojstava materijala ubrzavajući time proizvodnju realističnih modela, prototipova i funkcionalnih tvorevina za gotovo bilo koju primjenu – za proizvodnju alata, kalupa, uređaja i naprava i sl., bez potrebe gubitka vremena za završnu obradu bojenjem i montaže (slika 24). Cijena navedenog 3D pisača za sada nije poznata.



SLIKA 23 – 3D pisač *Stratasys J750*



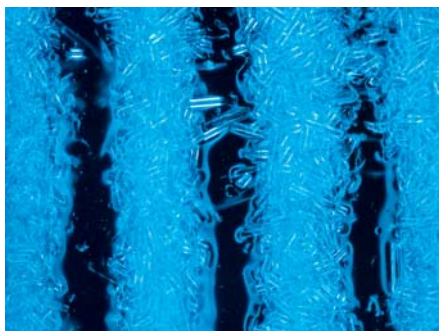
SLIKA 24 – Neke tvorevine izrađene na pisaču *J750*

www.fabbaloo.com/blog/2016/4/4/stratasys-astonishing-new-j750-color-3d-printer-evolutionary-and-revolutionary
blog.stratasys.com

Aditivna proizvodnja kompozitnih tvorevina

Inženjeri sa *Sveučilišta u Bristolu* razvili su novi postupak 3D tiskanja koji može tiskati kompozitne tvorevine. Novi postupak temelji se na izmjeni običnog 3D pisača koji radi na temelju taložnog očvršćivanja s fokusiranim laserskim modulom i ultrazvučnim uređajem za poravnanje zrake. U postupku se upotrebljavaju ultrazvučni valovi tako da se pozicioniraju i oblikuju milijuni mikroskopskih staklenih vlakana (promjera 14 μm i duljine 50 μm) u ojačavalo koje daje konačnoj tiskanoj tvorevini potrebnu čvrstoću (slika 25). Vlakna se nalaze u matrici,

fotoosjetljivoj epoksidnoj smoli koja s pomoću fokusiranoga laserskog snopa očvršćuje. Precizna orijentacija vlakana može se kontrolirati prebacivanjem uzorka ultrazvučnog vala (slika 26). Na 3D pisaču može se namjestiti brzina ispisivanja od 20 mm/s. Ultrazvuk omogućuje primjenu različitih vrsta čestica ojačavala (npr. različitog promjera) i načina ojačavanja (smjera), što vodi stvaranju novih vrsta kompozitnih tvorevina ojačanih vlaknastim ojačavala načinjenih aditivnom proizvodnjom.



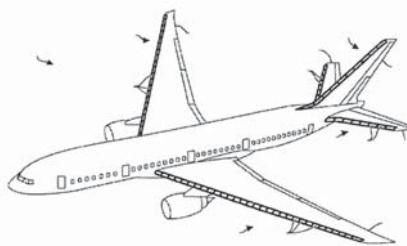
SLIKA 25 – Mikrostruktura kompozita

[/www.kurzweilai.net/how-to-modify-a-3-d-printer-to-print-high-performance-products](http://www.kurzweilai.net/how-to-modify-a-3-d-printer-to-print-high-performance-products)
www.materialstoday.com/composite-processing/news/3d-printing-composites-with-ultrasonic-waves

Boeing predlaže 3D ispis leda potrebnog za certifikaciju zrakoplova

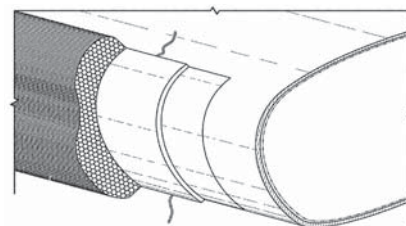
Tvrtka *Boeing* podnijela je američkom patentnom uredu zahtjev za patentiranje načina izrade umjetnog leda s pomoću 3D tiskanja plastičnih i kompozitnih oblika koji se mogu pričvrstiti na krila i druge površine zrakoplova radi simuliranja uvjeta zaleđivanja. Prema njima, time bi se pojednostavnili i snizili troškovi postupka certificiranja zrakoplova. Nakupljanje leda na rubovima

krila zrakoplova uzrokuje degradiranje aerodinamike zrakoplova i povećava rizik od kobnoga gubitka brzine. Upravo zbog toga američki *FAA* i druga nacionalna i međunarodna zrakoplovna tijela zahtijevaju da svi novi zrakoplovi budu certificirani za rad na siguran način u uvjetima zaleđivanja. Za sada se to radi tako da zrakoplov uđe unutar jako hladnoga zračnog tunela i ondje se na površini zrakoplova razviju mase leda. Zatim se to izmjeri i reproducira u staklenu vunu i smolu koja se hrapavi na istu teksturu koju ima led, a zatim mehanički pričvrsti na zrakoplov. S tim zategnutim umjetnim ledenim oblicima avion polijeće kako bi se vidjelo može li i dalje funkcionirati s tim opterećenjima. Takvo ispitivanje ima mnoge nedostatke: skupo je, sporo, neprecizno, ne dopušta kontrolu važnih varijabli te može oštetiti vrlo skupe zrakoplove. Kako bi se pri testiranju postigli umjetni ledeni oblici prilagođeni svakom posebnom zrakoplovu, tvrtka *Boeing* predložila je uvođenje postupka 3D tiskanja za stvaranje umjetnih ledenih oblika od smole i drugih materijala. Proizvodnja umjetnog leda počinje s računalnim modelom zrakoplova. Oblici su konstruirani da stanu točno na aerodinamičnu površinu, gdje su, na rubovima krila, stabilizatora i kormila, umjesto vijcima pričvršćeni s pomoću dvostranog ljepila (slika 27).



SLIKA 27 – 3D tiskani umjetni led koji se pričvršćuje na rubovima krila, stabilizatora i kormila (označano strelicama)

To stvara čvršći pridržaj, ali također omogućuje da se oblici lako skinu nakon što testiranje završi. Oblici leda modeliraju se na računalu, uz dodavanje raznih svojstava kao što su gustoća i tekstura. Zatim se prebacuju iz CAD datoteke u niz slojeva, za proizvodnju složenih struktura interijera koje oponašaju stvarne uvjete zaleđivanja (slika 28). Oblik leda može biti željene debljine, čvrstoće, krutosti ili bilo čega drugoga što je potrebno za procjenu sposobnosti zrakoplova da svladava različite vremenske uvjete. Također, oblici se mogu tiskati s identifikacijskim kodovima i markerima kako bi se sigurno postavili na pravo mjesto i ispravno posložili. Oblici se mogu izrađivati bilo kojim aditivnim postupkom ili glodanjem ili kombinacijom tih dvaju postupaka upotrebljavajući polimere, metal i kompozite.



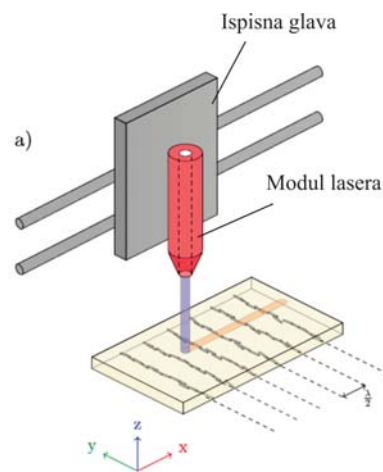
SLIKA 28 – Sekcije leda tiskane u nizu slojeva kako bi se simulirali stvarni uvjeti zaleđivanja www.gizmag.com/boeing-3d-printing-ice-certification

Može li 3D tiskana plastična udloga poslati gips u prošlost?

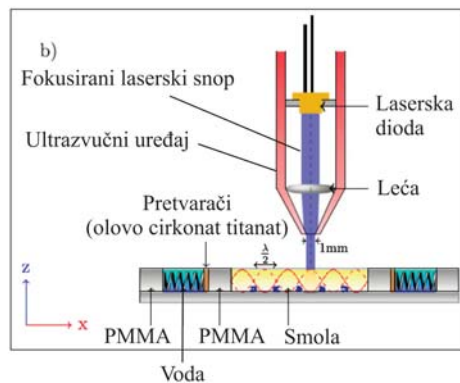
Plastična 3D udloga *NovaCast* tvrtke *Mexican startup Mediprint* tiskana je po mjeri i prema potrebi svakog pacijenta te, za razliku od zatvorenoga gipsa ili navlake od staklenih vlakana, ima oblik otvorenoga plastičnog okvira (slika 29). Time se slomljene kosti drže čvrsto na mjestu pritom ostavljajući ozlijeđenom dijelu tijela da diše. Osim toga, za razliku od gipsa, njezina plastična konstrukcija ne apsorbira znoj ili druge kapljevine. Kao rezultat toga, manje je vjerojatna pojava kožnih čireva, infekcije i svrbeža. Također, lakša je do 10 puta od gipsa, može se privremeno ukloniti, nevidljiva je X-zrakama te se može namočiti. Iako će bolnicama koje upotrebljavaju ovaj postupak biti potreban jedan ili više 3D pisača, 3D skener nije potreban jer je umjesto njega dovoljno samo niz ključnih mjera ruke ili noge pacijenta. Ispis takve udloge trenutačno traje u prosjeku tri i pol sata, no očekuje se da će se prije puštanja sustava u komercijalne svrhe smanjiti na jedan sat.



SLIKA 29 – Plastična udloga *NovaCast* www.gizmag.com/mediprint-novacast-3d-printed-cast/



(a) Modul lasera je pričvršćen za ispisnu glavu.



(b) fokusirani laserski snop očvršćuje smolu unutar šupljine ultrazvučnog uređaja. Na slici su prikazani poprečni presjeci nakupina staklenih vlakana koji leže u filteru, odvojeni s pola valne duljine laserske svjetlosti.

SLIKA 26 – Shematski prikaz pisača s ultrazvučnim modulom

Upotreba robotske ruke za zavarivanje – 3D ispis bicikla od nehrđajućeg čelika

Metalni okviri bicikla obično su napravljeni postupkom selektivnog taljenja ili srašćivanja praha čelika u kojem se upotrebljava laser. Studenti nizozemskog *Delft University of Technology (TU Delft)* aditivnim postupkom nataljivanja napravili su bicikl od nehrđajućeg čelika (slika 30). Za razliku od tradicionalnih 3D pisaca koji izrađuju tvorevine horizontalno na ravnoj površini, upotrijebili su 3D pisac *Mataerial* koji robotskom rukom izbacuje mlaz smole na horizontalnim ili vertikalnim površinama. Ti stupovi smole mogu biti zaobljeni i povezani zajedno dok se izrađuju i završno očvršćuju. Taj novi postupak 3D tiskanja zavarenog metala počinje spuštanjem kapljice rastaljenog metala, zatim se, nakon što očvrstne, dodaje druga kapljica na vrh te se taj postupak nastavlja dok se ne načini cijeli metalni stup. Kontrolom zavarivanja moguće je kontrolirati usmjerenje stupaca, čak i ispreplesti ih jedan s drugim. Pri tome nisu potrebni popratni materijali te se mogu načiniti prilično velike tvorevine. Okvir bicikla napravljen je u nekoliko glavnih dijelova koji se zatim ručno zavaruju jedan s drugim. Takav gotov bicikl teži kao i tradicionalni bicikl s čeličnim okvirom te se može voziti i po neravnim kamenim ulicama.



SLIKA 30 – 3D tiskani bicikl od nehrđajućeg čelika

www.gizmag.com/stainless-steel-3d-printed-arc-bicycle

Recikliranje rabljenih plastičnih torbi i primjena za taložno očvršćivanje

Recikliranjem polietilenskih i polipropilenskih vrećica, torbi i folija te izradom regranulata moguće je ponovnim ekstrudiranjem dobiti žicu (filament) koja se može primijeniti u aditivnom postupku taložnog očvršćivanja. Takav su proizvod tržištu prikazale tvrtke *Terracycle* i *3D Brooklyn*. Od 45 recikliranih torbi dobije se oko 0,45 kg žice, čija cijena iznosi 24 USD.

<http://www.gizmag.com/terracycle-3d-brooklyn-3d-printer-filament-recycled-snack-bags>

Godina oceana – Adidas pridonosi smanjenju onečišćenja oceana plastikom

Svjetski poznat sportski brand *Adidas* predstavio je inovativni koncept obuće, 3D tiskani

Ocean Plastic, središnji đon cipele, i time pokazao da industrija može pridonijeti smanjenju onečišćenja oceana plastikom. Taj koncept cipele (slika 31) sastoji se od gornjeg dijela koji je izrađen od plastike prikupljene iz oceana i središnjeg đona koji je napravljen 3D tiskanjem od recikliranog poliestera i mreža. Riječ je o prvom prototipu cipele na svijetu kojemu je gornji dio izrađen samo od prediva i filamenata dobivenih recikliranjem otpada iz oceana i mreža stajačica u dubokome moru.



SLIKA 31 – Tenisica *Adidas* u cijelosti izrađena od recikliranoga plastičnog otpada izvađenog iz mora

<http://www.eppm.com/industry-news/year-of-oceans-adidas-champions-marine-plastic-footwear>

3D tiskana komponenta za paljenje motora može izdržati nadzvučne brzine leta

U *NASA*-inu istraživačkom centru *Langley* u Virginiji tvrtka *Orbital ATK* uspješno je, na nadzvučnoj brzini, testirala tiskani dio motora potreban za paljenje. Komponenta je tijekom 20 dana izložena visokim temperaturama pri nadzvučnoj brzini, kao i propulzijama vjetra u zračnom tunelu. Napravljena je aditivnim postupkom proizvodnje poznatim kao fuzija slojeva praha – PBF (tj. postupcima koji upotrebljavaju materijal u obliku praha, npr. SLM, SLS, EBM). U postupcima sloj tvorevine nastaje od praškaste metalne legure s pomoću lasera ili snopa elektrona. Višak praha koji služi kao potporna struktura zatim se uklanja, a komponente se poliraju. PBF postupak potreban je zbog složenosti komponente motora za paljenje, koja bi inače zahtijevala više dijelova i mnogo dulji i skuplji proizvodni proces. PBF postupcima mogu se napraviti novi i inače komplicirani prototipovi te obaviti testiranje brzo i jeftino. Takva komponenta motora upotrebljava se za držanje i održavanje stabilnog izgaranja u uvje-

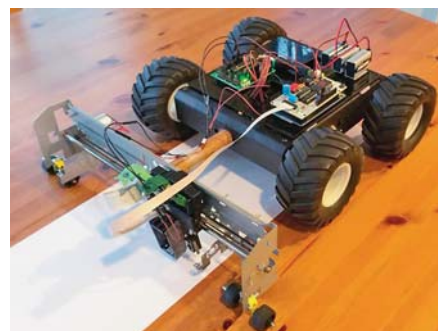
tima nestabilne nadzvučne brzine gdje motor radi na brzinama većim od 5 maha (6125 km/h).

<http://www.gizmag.com/atk-orbital-hypersonic-3d-printed>

Robotski 3D pisac na kotačima

Kad je riječ o aditivnim postupcima, treba svakako istaknuti *Addibot*, 3D pisac montiran na pokretni robot (slika 32). Dok je konvencionalni 3D postupak uglavnom ograničen na proizvodnju tvorevina određene veličine unutar radnog prostora, *Addibot* omogućuje beskonačne mogućnosti 3D ispisa tvorevina velikih dimenzija.

Prvi prototip robota opremljen je spremnicima s vodom, s obzirom na to da voda ima slične karakteristike kao i kapljicine tiskarskih boja, radi primjene na klizalištima pri popravku izrezbarenog leda (slika 33). Osim spremnicima opremljen je pumpom i izmjenjivačem topline za hlađenje vode iznad ledišta. Nakon što se dosegne ledište, voda se izbacuje na pukotine na površini leda te smrzava dodiranjem površine u 700 ms. Time je *Addibot* postao dokaz prvog koncepta mobilnog 3D ispisa kojim bi se u budućnosti, uz primjenu različitih asfaltnih materijala, trebalo okrenuti postupku popunjavanja rupa (pukotina) na cestama.



SLIKA 32 – *Addibot*



SLIKA 33 – *Addibot* za popunjavanje pukotina na ledu

www.gizmag.com/addibot-3d-printer-roads