

citi i druge stanice koje tvore kosti, stanice koje oblikuju slušne kanale itd.

Hidrogel može biti alginat (koncentracije od 0,5 do 8 %), citosan, pluronik, kolagen ili agarosa. Hidrogeli također mogu biti polisaharidi, bjelančevine, polifosfazeni, poli(oksietilen)-poli(oksipropilen), blok-polimeri etilen-dimina, poliakrilne kiseline, kopolimeri akrilne kiseline, metakrilne kiseline, poli(vinil-acetat) ili polimeri na osnovi sulfona. Ovim se postupkom, ovisno o hidrogelu, stvaranje gela postiže uvođenjem odgovarajuće koncentracije dvovalentnih kationa (npr. Ca⁺⁺) kapljevitom hidrogelu (npr. u koncentraciji od 0,2 g/ml alginatne otopine).

Kada se željena tvorevina načini, ona se može izravno usaditi u tijelo ili dalje uzgajati kako bi stanice mogle rasti unutar

hidrogelnog oblika, npr. u vremenu od 1 do 30 dana.

Postupak omogućuje preciznu izradbu tvorevina različitih oblika, npr. mogu imati točno određen oblik hrskavice određenoga zglobnog sklopa, kosti, dijela kosti ili nastaloga oštećenja kosti. Ovim se postupkom mogu praviti potrebne tvorevine i za sisavce. Istodobno se bioinjekcijskim prešanjem smanjuje broj koraka nužnih pri pravljenju preciznih trodimenzionalnih bioloških izradaka. Postupak osigurava bolju raspoređenost matičnih stanica u tvorevini, čime je povećana učinkovitost ukupnoga sadržaja stanica u izratku.

Zahvala

Rad je pripremljen u sklopu znanstvenog projekta Primjena sustavnosne teorije u

raščlambi opće tehnike (2007. – 2010.). Autori zahvaljuju Ministarstvu znanosti, obrazovanja i športa na potpori.

Literatura

1. Čatić, I.: *Prirodna tehnika uzor je umjetnoj, čovjekovoj tehnici*, Polimeri 29(2008)3, 175-177.
2. Čatić, I., Razi, N., Raos, P.: *Analiza injekcijskog prešanja polimera teorijom sustava*, Društvo plastičara i gumaraca, 1991.
3. Čatić, I.: *Sintezologija sve važnija*, Sustavsko mišljenje 18(1)2-3(2009).
4. Bonassar, L. J., Rowley, J. A., Mooney, D. J.: *Injection molding of living tissues*, US Patent No. 6773713, 10. 8. 2004.
5. Alger, M. S.: *Polymer Science Dictionary*, Elsevier Applied Science, London 1989, str. 439.6.

Brtvljenje u prirodi i tehnici

Privedila: Đurđica ŠPANIČEK

Knjiga Dichtungstechnik Jahrbuch 2006. zanimljivošću teme, a riječ je o brtvljenju u prirodi i tehnici, prelazi okvire rubrike o prikazima knjiga. Stoga se u ovoj rubrici opširnije prenose temeljne misli o tome, i za tehniku važnom području djelovanja.

Najprije uobičajeni podatci o knjizi *Brtvljenje – Godišnjak 2006.* (urednici: Berger/Kiefer, Hüthig Verlag Heidelberg, ISBN 3-7785-2961-7).



Godišnjak o brtvljenju trajno je aktualan. Ono što ga izdvaja od sličnih izdanja jest činjenica da je upravo te godine kao primjer za jedno tako zahtjevno područje uzeta priroda i primjeri brtvljenja u prirodi. Priroda je jedinstvena i daje interesantna rješenja

za postupke brtvljenja. Stoga izdavači priručnika, u kojem je sakupljeno obilje različitih primjera iz područja brtvljenja, ali i ispitivanja, razmatranja uzorka zakazivanja te područja lijepljenja, navode kao cilj trijalog između znanosti, proizvođača brtvi i korisnika.

Može li se brtvljenje učiti od bionike? Priroda je izvor mnogobrojnih primjera postupaka brtvljenja, pa se odmah može postaviti pitanje je li biologija dovoljna kao izvor ideja. Jer proces brtvljenja poznat je i u kristalografiji i geologiji.

Bioničari uobičajeno pokušavaju preslikati mehanizme iz prirode za različite kreativne procese u različitim industrijskim granama. Upravo posljednjih godina pojavili su se mnogobrojni članci koji upućuju na kreativnu metodiku bionike, sinteze biologije i tehnike. I u *Polimerima* su višekratno objavljivani opširni tekstovi o utjecaju prirode na tehniku njemačkog bioničara W. Nachtigala (*Građevni materijal i lake konstrukcije u prirodi* (Polimeri 4(1983)9-10, 285-287 i *Bionika - granično područje biologije i tehnike*, Polimeri 17(1996)3, 151-162).

Postoji čitav niz brtvenih sustava u ljudskom tijelu: otvori poput usta, nosa, očiju, ušiju, vaginalni, urinarni, rektalni, pa konačno i pore na koži. Unutrašnjost ljudskog tijela pokazuje isto tako različite brtvene sustave: izmjenično brtvljenje dišnoga i probavnog sustava, polupropusne membrane u plućima, srčani zalisci, povratni ventili u venama. Svi ti sustavi funkcioniraju pratički

danonočno. Čitav niz bolesti javlja se kada se poremeti funkcija brtvi u organizmu.

Zanimljivi su i brtveni sustavi u životinjskom svijetu. Već samo različiti oblici očiju i šarenice zadržavaju posebice brtvljenje očnih kapaka i kože guštera. Kod svih živućih bića zaštita očiju od najveće je važnosti: zaštita od ekstremnih klimatskih uvjeta, mehaničkih oštećenja i od prejakog djelovanja sunca. Za ovo posljednje uglavnom je odgovorna šarenica, koja se s pomoću prstenastog mišića može zatvoriti do potpuno male pukotine, a u tami se širom otvara. Načela rada šarenice mogu se primijeniti kod zaslona objektivna fotoaparata. Tehnika je prstenasti mišić šarenice zamijenila zaslonom objektivna za postizanje istog učinka.

Posebno je jako zastupljeno brtvljenje kod morskih ili slatkovodnih školjaka i puževa. Kod školjaka se obje polovine ljuske drže zajedno jakim mišićem. Brtvljenje aparata za žvakanje kod morskih ježeva daljnji je primjer savršenosti prirode: peterokutni ustroj zubnih nosača fascinirao je još Aristotela, prema kojemu je taj opis nazvan Aristotelova kupola. Na pet rotacijski simetrično poravnanih udloga nalazi se pet koncentričnih zubnih nosača koje pokreću mišići. Na donjem kraju pet zubi zatvara se hermetički, jer pet vrhova tvori točan kut od jedne petine punoga kruga. Gotovo polukružno gibanje vrhova zubi omogućuje morskom ježu da pase na koraljima i kamenju.

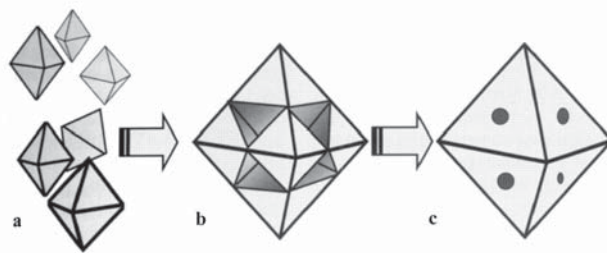
Mnogi brtveni sustavi otkriveni su i u biljnom svijetu, posebice kod kapsula sa sjemenjem ili sporama, što je inspiriralo niz tehničkih

rješenja. Većini je poznat mehanizam otvaranja i zatvaranja češera crnogorice, još jedan primjer brtvljenja u prirodi.

Manje su poznati slučajevi brtvljenja u neživoj prirodi, kao što je slučaj pora u kristalima i metalima pri povišenim temperaturama. Još 1991. Hasenpuch i Bonin pokazali su specifičnosti rasta kristala amonijeva heksaplatinata (IV) pri kojem nastaje pravilan istostrani oktaedar, koji se pri određenoj duljini brida zatvara i pri tome nastaje tetraedarska uključina, koja raste od unutarnjeg brida stvarajući novi oktaedar dvostruke veličine (slika 1).

Taj način kristalizacije razlikuje se od uobičajenog mehanizma rasta kristala i predstavlja savršeno brtvljenje pora ionskih materijala.

Kao poseban primjer spomenuto je drvo. Ono je pametni materijal jer posjeduje receptore koji mu na osnovi promjene energije i naprezanja javljaju gdje je potreban popravak. Razumijevanje toga samoiscjeljujućeg i optimirajućeg mehanizma drva omogućuje računalne simulacije tehničkih gradbenih jedinki sličnih karakteristika. Program optimalnog strukturiranja simulira adaptivnu mineralizaciju kosti, pri čemu se varira mo-



SLIKA 1 - Brtvljenje pri rastu kristala (a - pojedinačni oktaedri, b - bridno povezivanje u novi oktaedar, c - popunjavanje tetraedarskih praznina)

dule elastičnosti strukture u ovisnosti o naprezanju, a rezultat je prijedlog konstrukcije uz određene uvjete opterećenja.

Vrlo opsežan opis prirodnih mehanizama pokazuje kako je priroda dobar uzor za rješenje nekih problema brtvljenja u tehnici.

Priručnik nakon bioničkog uvoda ima sljedeća, vrlo detaljno obrađena poglavlja: Tehničke upute za održavanje čistog zraka – *TA Luft*; Spektar materijala i specijalite-ta; Analiza oštećenja, uzroci i izbjegavanje, ispitivanje brtvila; Brtve za kapljevine i lje-pila – sirovine i brtveni postupci; Statički i

dinamički brtveni sustavi; Rješenja za automobilsku industriju; Rješenja za kemijsku industriju i gradnju cjevovoda; Preradba i modifikiranje; Brtveni postupci; Informacije iz područja brtvljenja.

Priručnik ima 607 stranica i osim papirnato-g izdanje priložen je i na CD-u. U svakom slučaju, vrlo informativan priručnik s nizom korisnih informacija vezanih u prvom redu za područje brtvljenja, ali i ostali korisnici mogu naići na zanimljive podatke, posebice o materijalima, njihovim najpoznatijim trgovačkim nazivima i proizvođačima.

VIJESTI

Svila kao bioosnova za nanokompozite s anorganskim česticama

Priredila: Tatjana HARAMINA

Upotrebljavajući kao osnovu tanke svilene filmove, znanstvenici su ugradili anorganske nanočestice koje se povezuju sa svilenom osnovom, pri čemu nastaju čvrsti i fleksibilni materijali zanimljivih optičkih i mehaničkih svojstava s ravnomjerno dispergiranim nanočesticama ujednačene veličine.

Postupak je razvijen pod vodstvom V. Tsukruka na *Georgia Tech School of Materials Science and Engineering (Tehnička škola za znanost i inženjerstvo materijala, Georgia)* iz SAD-a, oponaša rast i slaganje prirodnih materijala koristeći sposobnost biomolekula da kemijski reducira ione metala u nanočestice, bez teških proizvodnih uvjeta poput visokog tlaka ili temperature.

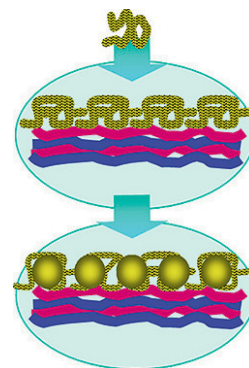
Takvi svileno-srebrni filmovi, tanji od 100 nm, prikladni su za savitljiva zrcala. Postupak bi se mogao primijeniti i na filmove koji reflektiraju samo određene valne duljine, antimikrobne prevlake, senzore od tankih filmova, katalitičke materijale, a potencijalno čak i za savitljive fotoćelije.

Nastale nanočestice veličine su od 4 do 6 nm, a okružene su biološkom školjkom od 1 do 2 nm. Monodispergirani fibroini (visokoelastični proteini koje stvaraju dudovi

svilci pri proizvodnji svile) osiguravaju dobru kontrolu razmještanja čestica stvarajući kompozit s jednolično dispergiranim česticama koje ostaju razdvojene. Budući da je svila protein, moguće je kontrolirati i projektirati različita svojstva površine. Optička svojstva ovise o materijalu nanočestice i veličini.

Proizvodnja počinje otapanjem čahura svile. Rotirajućim prevlačenjem (e. *spin-coating*) otopine na podloške od silicija priprema se višeslojni tanki film koji se zatim strukturira s pomoću nanolitografije. Potom se tako pripravljena osnova smješta u otopinu koja sadržava ione zlata, srebra ili nekoga drugog metala. U razdoblju od nekoliko sati do nekoliko dana stvaraju se čestice u osnovi. Relativno dugotrajan proces rasta pri sobnoj temperaturi i neutralnom pH u okolišu na bazi vode omogućuje preciznu kontrolu veličine čestica i razmještanja. Pri tome se ne moraju dodavati dezoksidansi, niti kemikalije koje bi mogle biti toksične za ovaj protein. Blagi uvjeti pripreme mogu sniziti troškove proizvodnje kompozita i njihov potencijalni utjecaj na okoliš. Osušeni film ima visoku rasteznu čvrstoću, elastičnost i žilavost. Svila je čvrsta poput poliamidnih

vlakana, ali može biti istegnuta i do 30 % prije nego što dođe do loma. Svileni film je vrlo robustan s kompliciranom strukturom kakva se ne nalazi kod sintetiziranih materijala. Kombinirajući peptide koji na sebe vežu srebro i zlato, mogao bi se proizvesti kompozit koji sadržava obje vrste čestica vrlo zanimljivih svojstava.



Rast čestica zlata na svilenoj osnovi

gtrresearchnews.gatech.edu/newsrelease/bio-enabled.htm