

Igor ČATIĆ, Maja RUJNIĆ-SOKELE, Gordana BARIĆ  
Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

# Sistematizacija proizvodnje šupljikavih proizvoda

ISSN 0351-1871

UDK 678.01/.02:678.7

Pregledni rad / Review paper

Primljeno / Received: 28. 4. 2008.

Prihvaćeno / Accepted: 12. 2. 2009.

## Sažetak

Po svom obujmu šupljikave tvorevine čine najrasprostranjeniju skupinu polimernih tvorevina jer njihova gustoća može biti od 1,2 do 20 % kompaktnoga proizvoda. Tijekom sistematizacije postupaka proizvodnje ili izradbe pjenastih proizvoda u sklopu tehnološkog projekta Injekcijsko prešanje polimera i ostalih materijala<sup>1</sup> pokazalo se nužnim proizvode s čelijama podijeliti u dvije temeljne skupine: pjenaste tvorevine i tvorevine s jednom šupljinom. Razrađena sistematizacija bit će popraćena navođenjem glavnih materijala i proizvodnih postupaka, a preuzeta je u izvorima.<sup>2,3</sup>

## KLJUČNE RIJEČI:

pjene  
polimeri  
proizvodi s jednom šupljinom  
sistematizacija  
šupljikavi proizvodi

## KEY WORDS:

foams  
hollow products  
polymers  
products with one hollow  
systematisation

## Systematisation of production of parts with hollows

### Summary

Regarding their volume the products with hollows form the most widespread group of polymer parts since their density can be 1.2 to 20% of compact product. During the systematization of production processes or the production of foamed parts as part of the technological project of Injection moulding of polymers and other materials,<sup>1</sup> it proved necessary to divide the parts with cells into two basic groups: foamed parts and parts with one hollow. The developed systematization will be accompanied by mentioning the main materials and production procedures, and has been taken over in the sources.<sup>2,3</sup>

## Uvod / Introduction

Šupljikave polimerne tvorevine dijele se u dvije osnovne skupine, pjenaste i one s jednom šupljinom. Te su tvorevine jedinstvenih svojstava, prema kojima se bitno razlikuju od onih načinjenih od ostalih ma-

terijala ili nešupljikavih proizvoda. Proizvodnja šupljikavih polimernih tvorevina ima svoje uzore u prirodnim šupljikavim proizvodima poput spužva, drveća, kostiju i šupljikavoga kamenja od lave.

Pjenaste tvorevine na osnovi prirodnoga lateksa s amonijevim karbonatom kao pjenilom pravljene su još četrdesetih godina 19. stoljeća, a od plastike od početka 20. stoljeća.

## Osnove proizvodnje šupljikavih tvorevina / Basic principles of production of parts with hollows

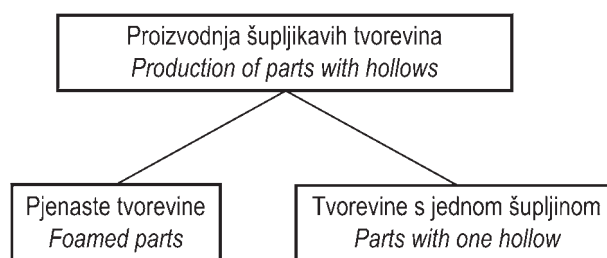
Razvoj umjetnih šupljikavih polimernih tvorevina<sup>a</sup> uvjetovan je, među ostalim, i optimiranjem omjera svojstava proizvoda i njegove cijene. Za postizanje tog cilja vrlo su se pogodnima pokazali šupljikavi proizvodi. Razvijen je niz postupaka kojima je svrha pravljenje takvih proizvoda od većine skupina polimera.

## Kriteriji klasifikacije proizvodnje šupljikavih tvorevina / Classification criteria of production of parts with hollows

Moguće je navesti sljedeće kriterije klasifikacije proizvodnje šupljikavih tvorevina:

- broj šupljina u tvorevini
- presjek tvorevine
- stupanj krutosti
- vrsta upotrijebljenoga polimera
- gustoća otpjenka
- polazno stanje polimera
- postojanje kemijske(ih) reakcije(a)
- visina tlaka preradbe
- vrsta proizvodnje.

Broj šupljina u tvorevini može biti od jedne do vrlo velikoga broja. To je prvi kriterij podjele ove skupine postupaka (slika 1).<sup>1</sup>



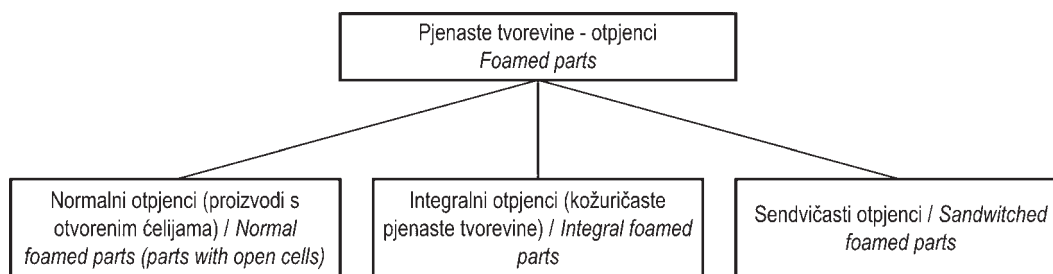
SLIKA 1 - Temeljna podjela postupaka proizvodnje šupljikavih tvorevina<sup>1</sup>

FIGURE 1 - Basic systematisation of production procedures of parts with hollows<sup>1</sup>

## Podjela otpjenaka prema presjeku i krutosti / Classification of foamed parts regarding cross-section and rigidity

Pjenaste tvorevine, otpjenci, mogu biti normalne, kožuričaste i sendvičaste (slika 2).<sup>2,1</sup>

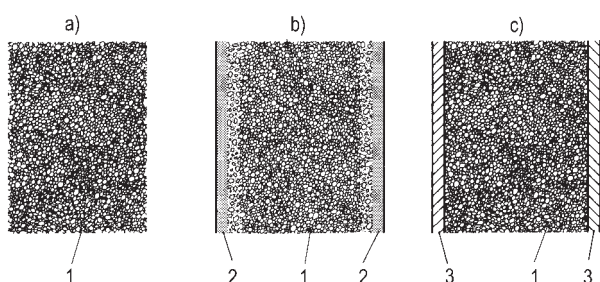
<sup>a</sup> Navedene prirodne šupljikave tvorevine poput ljudskih kostiju načinjene su od biomakromolekula. Riječju *umjetnih* naglašava se da se ovdje radi o tvorevinama koje su rezultat ljudskog znanja i rada. U nastavku se riječ ne će više rabiti.



SLIKA 2 - Podjela pjenastih tvorevina<sup>1,2</sup>  
 FIGURE 2 - Classification of foamed parts<sup>1,2</sup>

Normalni su otpjenci oni s otvorenim ćelijama, a integralni ili kožuričasti otpjenci načinjeni su od jednoga materijala te imaju kompaktnu površinu i pjenastu unutrašnjost. Sendvičaste su pjenaste tvorevine načinjene od dva ili više materijala, pri čemu su površinski slojevi kompaktni, a unutrašnjost je pjenasta.

Presjek navedenih otpjenaka prikazuje slika 3.<sup>2</sup>



SLIKA 3 - Vrste otpjenaka prema presjeku tvorevine; a – normalni otpjenci, b – integralni otpjenci, c – sendvičasti otpjenci; 1 – ćelijasta struktura, 2 – kožurica, masivan (kompaktan) rubni sloj, 3 – pokrivni sloj od metalnih, anorganskih ili organskih materijala<sup>2</sup>

FIGURE 3 - Types of foams according to cross-section; a- normal foams, b- integral foams, c- sandwich foams; 1 – cellular structure, 2 – skin, compact edge layer, 3 – cover layer of metals, inorganic or organic materials<sup>2</sup>

Pjenaste tvorevine razlikuju se i prema stupnju krutosti; mogu biti krute, savitljive i polusavitljive. U proizvodnji šupljikavih tvorevina rabe se duromeri, elastomeri i plastomeri, a njihovo polazno stanje može biti čvrstina, taljevina ili ostali oblici kapljevine. Proizvodni postupci mogu biti ciklički ili kontinuirani.

#### Podjela prema gustoći / Classification per density

Razlikuju se plastomerni otpjenci visoke i niske gustoće. Otpjenci visoke gustoće su oni kojih je gustoća od 75 do 90 % kompaktnoga materijala i upotrebljavaju se za trajnije konstrukcijske dijelove namještaja i vozila, u građevinarstvu itd. Otpjenci niske gustoće upotrebljavaju se za zvučne i toplinske barijere, apsorbiraju udarce (pakovanja) ili se koriste ondje gdje je potrebna plutavost (pomorska tehnika). Mogu biti kruti ili savitljivi, gustoće 1,2 (npr. EP pjene) do 20 % kompaktnoga proizvoda.<sup>4</sup>

#### Podjela prema ulazu u proces, vrsti kemijskih reakcija i vrsti upotrijebljenog polimera / Classification regarding input into process, chemical reactions and type of polymers

Prema ulazu u proces razlikuju se šupljikavi proizvodi načinjeni od prirodnina (nafta, prirodni plin) i uzgojina (npr. za polioli -- > različita ulja: ricinusovo, sojino, kikiriki i canola).<sup>3,5-7</sup>

Prema vrstama kemijskih reakcija postupci proizvodnje šupljikavih tvorevina mogu biti:<sup>b,1,2</sup>

- bez kemijske reakcije polimeriziranja i/ili umreživanja (nereakcijski postupci, npr. injekcijsko prešanje integralnih pjenastih otpresaka s izravnim upljinjavanjem ili ekstrudiranih pjenastih profila)
- uz kemijske reakcije (reakcijski postupci, npr. reakcijsko injekcijsko prešanje integralnih poliuretanskih pjenastih otpresaka – RIM).

Otpjenci se mogu praoblikovati postupcima kontinuiranoga i cikličkoga praoblikovanja.<sup>2</sup> Najvažniji su postupci pravljenja otpjenaka ekstrudiranje (npr. PUR, PS, PE, PVC, smjese s drvenim punilima itd.), injekcijsko prešanje (PS, PUR), parno pjenjenje (PS, PE, PUR, PVC, EP, PF itd.), srašćivanje (rotacijsko kalupljenje PS-a, PE-a i PTFE-a). Rabe se i postupci štrcanja (PUR, EP, UP itd.), izravnoga prešanja (PE, PVC, UP itd.), kalandriranja (kaučukove smjese, PVC, PET i elastoplastomeri, debljina kalandrata > 3 mm, gustoća ~ 0,5 g/cm<sup>3</sup>), zapjenjivanja (stvaranje fine guste pjene, a prave se otpjenci od PUR-a, PVC-a, EP-a, UP-a itd.) i ispiranja (PE, PVC, CA).<sup>c,2</sup> Od pjenastih priprema prave se tople oblikovani i puhani proizvodi.

#### Podjela prema visini tlaka preradbe / Classification regarding the processing pressure level

Proizvodnja šupljikavih tvorevina zahtijeva odgovarajući tlak preradbe. Prema visini djelujućeg tlaka preradbe postoje sljedeće skupine postupaka:<sup>1</sup>

- visokotlačni postupci (npr. endotermno injekcijsko prešanje integralnih pjenastih otpresaka)
- srednjotlačni postupci (npr. klasični postupak injekcijskoga prešanja integralnih pjenastih otpresaka)
- niskotlačni postupci (npr. injekcijsko prešanje integralnih plastomernih pjenastih otpresaka s uronjenim bridom kalupa ili rotacijsko kalupljenje integralnih otpjenaka)
- podtlačni postupci (npr. podtlačno parno pjenjenje PS-E-a).

#### Sistematika proizvodnje i obilježja pjenastih tvorevina / Systematisation and characteristics of foamed parts

Polimerni otpjenci nastaju uvođenjem pjenila uz kemijsku reakciju ili bez nje, koje stvara strukturu koja se bitno razlikuje od one masivnih (kompaktnih) tvorevina. Njihov se sastojak sastoji od finih membrana, što su ujedno i stijenke ćelija raspoređenih po cijeloj tvorevini. Čelije su ispunjene zrakom ili nekim drugim plinom i mogu biti različitih veličina, otvorene ili zatvorene.

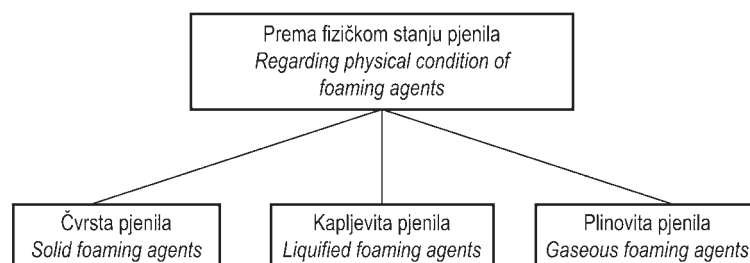
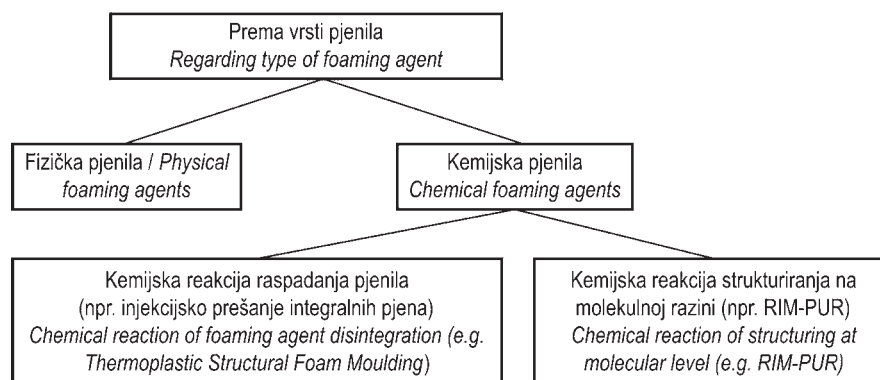
Podjelu pjenila prema njihovu fizičkom stanju prikazuje slika 4.

Nužna je još jedna podjela pjenastih tvorevina. Ta podjela uzima u obzir je li otpjenak dobiven fizičkim ili kemijskim pjenilom (slika 5).

Pjenila se dodaju reakcijskoj smjesi (npr. poliuretanske pjene), pri lančanoj polimerizaciji (npr. pjeneći polistiren) ili tijekom postupka praoblikovanja. Čvrsta pjenila otpuštaju plin (ugljkov dioksid) pri

<sup>b</sup> Zbivaju li se pri pravljenju šupljikavih proizvoda kemijske reakcije, riječ je o proizvodnji (procesna tehnika + izradbena tehnika), dok pri izradbi nema kemijskih reakcija (izradbena tehnika).

<sup>c</sup> U djelu *Plastics Encyclopedia and Dictionary* autori upozoravaju na potpun kaos u nazivlju. Primjerice, u navedenoj sistematizaciji, koja je u osnovi preuzeta iz navedenoga djela, nedostaje injekcijsko prešanje otpjenaka, ali se navodi u popisu naziva da se dokaže navedena zbrka u nazivlju.

SLIKA 4 - Podjela pjenila prema fizičkom stanju<sup>2</sup>FIGURE 4 - Classification of blowing agents according to physical state<sup>2</sup>

SLIKA 5 - Podjela pjenastih tvorevina prema vrsti upotrijebljenog pjenila (I. Čatić)

FIGURE 5 - Classification of foams according to type of used blowing agent (I. Čatić)

temperaturi preradbe. Kapljevite tvari, npr. ugljikovodici niskoga vrelišta i halogenirani ugljikovodici, topive su u smjesi, a pri temperaturama preradbe isparavaju. Plinovita pjenila (dušik, ugljikov dioksid) upuhuju se pod tlakom u rastaljeni materijal ili polimerizirajuću tvar, a mogu se u reakcijskoj smjesi pojaviti i kao jedan od proizvoda reakcije polimeriziranja. U suvremenoj proizvodnji pjena izbjegavaju se sva pjenila koja na bilo koji način utječu na okoliš i prirodu (npr. CFC – klorfluor-ugljikovodici).

Među pjenastim polimernim tvorevinama najvažnije su one od poliuretana i polistirena. Ostale pjenaste tvorevine prave se od poli(vinil-klorida), polietilena, polipropilena i još nekih plastomera te karbamidnih, fenol-formaldehidnih, poliesterskih i epoksidnih smjesa te smjesa na osnovi kaučuka.

### Neka od svojstava pjenastih tvorevina<sup>2,3</sup> / Some characteristics of foamed parts<sup>2,3</sup>

Najvažnija i često jedinstvena svojstva polimernih pjenastih tvorevina jesu: niska gustoća, niska toplinska provodnost, vrlo nizak specifični toplinski kapacitet, pogodna mehanička svojstva, visoka kemijska postojanost, dobra zvučna izolacija, plutavost te izvrsna i raznovrsna obradljivost. Tomu treba pridodati izvrstan omjer čvrstoće i težine otpjenka. Zbog stlačenoga plina u ćelijama, pjene posjeduju sposobnost apsorpcije visoke razine energije bez prenošenja na podlogu. To omogućuje uporabu pjenastih tvorevina kao pakovanja i za najosjetljivije uređaje. Uporaba otpjenaka proširena je na mnogim područjima. Osim već navedenih pakovanja, rabe se u građevinarstvu, industriji namještaja i vozila, u sportu i unutarnjem uređenju prostora, za izradbu odjeće i obuće te najraznovrsnije zvučne, toplinske i rashladne izolacije itd.

Neka od svojstava otpjenaka mogu se poboljšati raznim dodatcima, npr. ojačavalima, ili se ćelije ispune toplinskim izolatorima u obliku staklenih ili plastičnih mikrokuglica promjera od 5 do 100  $\mu\text{m}$  (sindiotaktni otpjenci).

### Teorijske osnove pjenjenja<sup>2</sup> / Theoretical principles of foaming<sup>2</sup>

Radi zaokruženosti teme, bit će objašnjene i teorijske osnove pjenjenja.

Prave li se pjenaste tvorevine jednim od reakcijskih postupaka preradbe, materijal nastaje tek nakon završetka kemijskih reakcija, čemu je prethodilo praoblikovanje. U tom su slučaju svojstva pjenastoga materijala ujedno uporabna svojstva pjenaste tvorevine.

Teško je općenito karakterizirati pjenaste materijale, pjene<sup>d</sup>, jer su prema svome podrijetlu vrlo različiti. Pjene su disperzijski sustavi koji slijede određene zakonitosti stvaranja ćelija, a pripadaju području koloidne kemije. Koloidni su sustavi smješteni prema svojim karakteristikama između pravih otopina (npr. otopina šećera u vodi) i suspenzija ili emulzija kod kojih su čestice dispergirane i toliko velike da su vidljive golim okom. Stoga se naziv koloidno stanje može primijeniti na svaku slabo topivu tvar.

Svaki se koloidni sustav sastoji od dvije faze: disperzne faze, koju čine čestice, i dispergatora (disperznoga sredstva) u kojem se čestice raspoređuju. Dispergator i disperzna faza mogu biti kapljeviti, čvrsti ili plinoviti pa postoje mnogobrojne kombinacije koloidnih sustava. Dim i prašina primjer su otopljenoga čvrstog tijela u plinu, dok su magla i kapljice kondenzirane pare na prašini primjer kapljevina dispergiranih u plinu.

<sup>d</sup> U literaturi i govornoj komunikaciji pjenasta tvorevina krati se u pjena. Za to nema valjana razloga jer bi riječ pjena trebalo sačuvati kao kraći izraz kada se posebno naglašava da razmatranja vrijede za materijal od kojega je načinjena pjenasta tvorevina.

U prirodi postoje mnogobrojni primjeri dispergiranih plinova, kapljovina i čvrstih tvari (čvrstina<sup>e</sup>) u čvrstoj fazi. Pjene su takvi sustavi gdje je jedna faza plinovita, a druga kapljevitost ili čvrsta. Pritom nije od važnosti činjenica da je tijekom dijela procesa plin dispergirani u kapljevitost.

U nastavku su razmatrane pjene kod kojih je plin dispergirani u čvrstini. Pritom je dispergator polimerna tvar, a disperzna je faza plinovita i čine ju jedan ili više plinova.

Kao dispergator se rabe umreživi polimeri kao što su poliuretani, epoksidi, fenol-formaldehidi te prirodni i sintetski kaučuci. Od plastomera se upotrebljavaju polistiren, polietileni, polipropilen i poli(vinil-klorid).

Disperzna je faza plinovita ili kapljevitost (npr. voda). Ako je disperzna faza zatvorena u ćelijama, riječ je o zatvorenim ćelijama; slobodno gibanje disperzne faze između ćelija obilježuje je otvorenih ćelija. Ne postoje pjene s potpuno zatvorenim ili potpuno otvorenim ćelijama. Posebnu skupinu čine pjene kod kojih su u polimernu matricu raspršene, dispergirane, šuplje staklene ili plastične kuglice. Takve se pjene nazivaju sindiotaktima.

Polimerne se pjene prave od reakcijski sposobnih sastojaka, plastomerne taljevine ili pjenećih čestica. Postupci proizvodnje temelje se na mehaničkome miješanju ili komešanju (*tučenje* smjese), kemijskim procesima stvaranja ćelija s pomoću reakcijskih tvari koje stvaraju plinove te fizičkim postupcima (otapanjem inertnih plinova u polimeru, stvaranjem ćelija sniženjem tlaka, isparavanjem kapljevitoga sastojka tijekom razvijanja topline).

Neovisno o procesu nastajanja, stvaranje ćelija moguće je podijeliti u tri faze (slika 6):<sup>2</sup>

- nastanak ćelija
- rast ćelija
- učvršćivanje ćelija.

Za stvaranje klica potrebna je velika energija. Rad za stvaranje mjehura  $W_m$ , ćelije polumjera  $r$  u kapljevitosti površinske napetosti  $\gamma$  jednak je:

$$W_m = 4\pi r^2 \gamma \quad (1)$$

Raspoloživa slobodna energija prijelaza iz kapljevitoga u plinovito stanje po mjehuru jednaka je:

$$W_s = 4\pi r^3 \rho_p W/3 \quad (2)$$

gdje su:  $W$  – slobodna energija za 1 g plina,  $\rho_p$  – gustoća plina.

Slobodna energija prijelaza iz kapljevitoga u plinovito stanje mora biti veća od potrebnoga rada stvaranja mjehura:

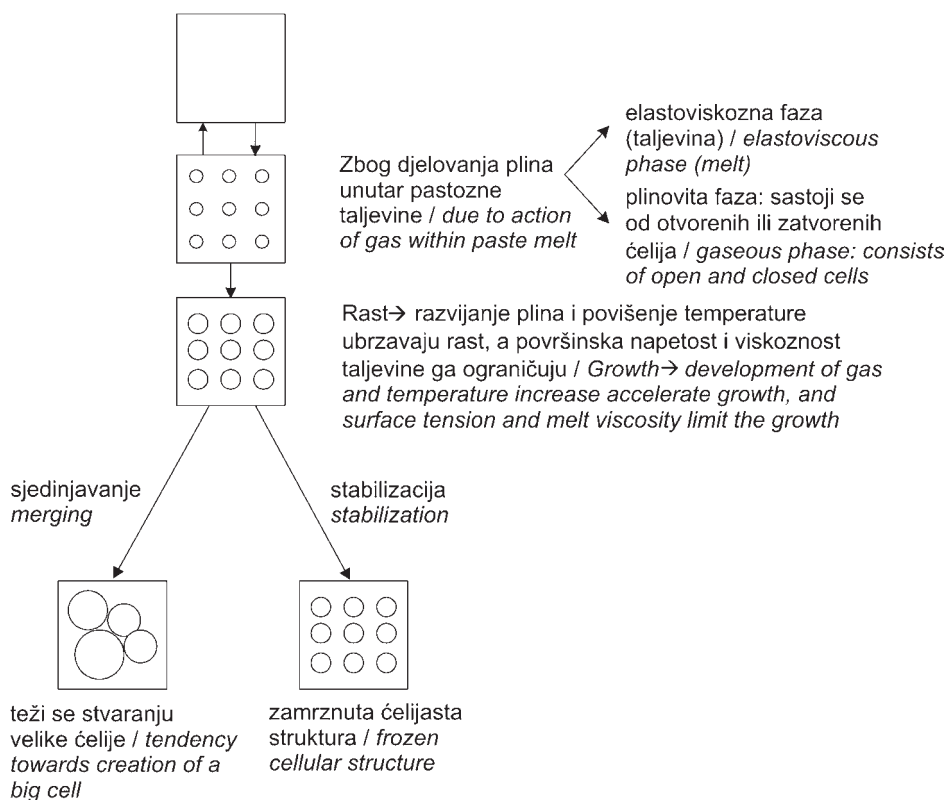
$$r \rho_p W = 3\gamma \quad (3)$$

Rast mjehura sprječavaju površinska napetost, viskoznost i tromost kapljevine. Polumjer mjehura obrnuto je proporcionalan tlaku plina. Stoga se dva susjedna mjehura različitih veličina nastoje sjediniti. Daljnje razvijanje plina i povišenje temperature malo pridonose stvaranju novih ćelija, oni povećavaju obujam postojećih. Povišenjem viskoznosti smanjuje se polumjer mjehura, što znači da je mehaničko pjenjenje ograničene mogućnosti stvaranja ćelija. Nastale ćelije moraju se stabilizirati površinski aktivnim tvarima.

Zbog prisutnosti plina u ćelijama opada čvrstoća pjenastih tvorevina. Analiza deformacija pjenastih profila pokazuje, međutim, mogućnost postizanja izvrsnoga omjera između mase profila i njegove krutosti. Suzdržljiva procjena izvrsnosti navedenoga omjera opisana je jednadžbom:

$$E_k / E_p = \rho_k / \rho_p \quad (4)$$

gdje su  $E_k$  i  $E_p$  moduli rasteznosti kompaktnoga i pjenastoga materijala, a  $\rho_k$  i  $\rho_p$  odgovarajuće gustoće.



SLIKA 6 - Stvaranje ćelija kod integralnih polistirenskih pjena<sup>2</sup>

FIGURE 6 - Creation of cells in integral polystyrene foams<sup>2</sup>

<sup>e</sup> U fizici postoji čvrsto stanje (e. *solid state*), a ne kruto stanje (e. *rigid state*). Zato nije moguće upotrebljavati prevladavajuću riječ krutina za tvari u čvrstome stanju, već čvrstina.

## Sistematizacija proizvodnih postupaka pravljenja pjenastih tvorevina / Systematisation of procedures for the production of foamed parts<sup>2</sup>

Polimerne pjenaste tvorevine prave se cikličkim ili kontinuiranim postupcima, uz kemijsku reakciju ili bez nje. Tijek proizvodnje pjenastih tvorevina prikazuje slika 7. Pjenaste su tvorevine poluproizvodi (npr. ekstrudirani trakovi ili profili) ili izradci (blokovi, otpresci).

Osnovno obilježje proizvodnje polimernih pjenastih tvorevina načinjenih uz kemijske reakcije jest u tome što se uz stvaranje praoblaka tvorevina zbivaju i reakcije polimeriziranja i/ili umreživanja i/ili pjenjenja. Primjerice, pri reakcijskom injekcijskom prešanju integralnih poliuretanskih pjenastih tvorevina (RIM) zbivaju se reakcije poliadicije, umreživanja i pjenjenja. Nasuprot tomu, pri pravljenju polistirenskih ekstrudiranih trakova pjenasta struktura postiže se fizikalnim pjenilom (izrada).

Brojni postupci injekcijskog prešanja pjenastih tvorevina iscrpnije su opisani u<sup>1</sup> (str. 222 – 242).

## Postupci injekcijskog prešanja šupljikavih tvorevina s jednom šupljinom<sup>1,2</sup> / Injection moulding of parts with one hollow<sup>1,2</sup>

Jedna od skupina postupaka injekcijskoga prešanja koja se najbrže širi jest pravljenje otpresaka s jednom šupljinom, prije svega postupcima tekućinskoga injekcijskog prešanja (e. *fluid-assisted injection moulding*) u koje se ubrajaju postupci injekcijskoga prešanja s pomoću kapljevine (e. *liquid-assisted injection moulding*) ili plina (e. *gas-assisted injection moulding*). Postupci injekcijskoga prešanja s pomoću plina stariji su i češći. Istodobno, sve važniji postaju postupci injekcijskoga prešanja s kapljevitim pjenilima, osobito vodom.

Tlakovi ubrizgavanja pri injekcijskome prešanju s pomoću vode mogu biti do 240 bara<sup>1</sup>, a kod injekcijskoga prešanja s pomoću plina od 300 do 350 bara, u nekim slučajevima i do 700 bara.<sup>2</sup> Uobičajeni su, međutim, tlakovi plina od 50 do 100 bara.<sup>2</sup>

Moguća je sljedeća podjela postupaka injekcijskoga prešanja s pomoću kapljevine ili plina:<sup>2,1</sup>

- postupci kod kojih nastaju vakuole (praznine) zbog nedostatnoga naknadnog tlaka
- postupci upuhivanja plina kroz mlaznicu ili izravno u kalupnu šupljinu (*GIT*-ni postupci)
- postupci ubrizgavanja brzo isparavajućih kapljevine niskoga vrelišta
- postupci ubrizgavanja kapljevine koje tijekom potiskivanja taljevine ne isparavaju (npr. voda, *WIT*-ni postupci)
- postupci pravljenja pjenastih tvorevina uz nastajanje brojnih, plinom ispunjenih mjehurića.

U osnovi su postupci vodnoga injekcijskog prešanja (e. *water-assisted injection moulding*) i plinskoga injekcijskog prešanja (e. *gas-assisted injection moulding*) slični.

## Vodno injekcijsko prešanje šupljikavih tvorevina / Water-assisted injection moulding of parts with hollows

Postoje postupci kapljevinskoga injekcijskog prešanja s pomoću vode, alkohola ili ukapljenoga dušika (postupak *MuCell*). Osnovni postupak vodnoga injekcijskog prešanja razvio je *IKV* s više svjetskih

proizvođača ubrizgavalica. Još su poznati postupci pod nazivima proizvođača ubrizgavalica: *Aquamold* (*Battenfeld*), *Aquapress* (*Feromatic Milacron*), a postupak *Watermelt* (*Engel*) sličan je *Aquapressu*. Postoji i postupak injekcijskoga prešanja s ukapljenim plinom pod nazivom *HELGA* (*Hettinga*).

U ovu skupinu postupaka moguće je uvrstiti npr. alkoholno injekcijsko prešanje i injekcijsko prešanje integralnih pjenastih otpresaka s izravnim upljinjavanjem superkrično ukapljenim plinom (*MuCell*<sup>®</sup>).

## Plinsko injekcijsko prešanje<sup>1,2</sup> / Gas-assisted injection moulding<sup>1,2</sup>

Kod plinskoga injekcijskog prešanja razlikuju se postupci s vanjskim i unutrašnjim djelovanjem plina. Među postupcima s vanjskim djelovanjem plina najpoznatiji su *GIT* i *GAT* (*Bayer*, *DuPont*, *Schade*) te injekcijsko prešanje *Airmould* (*Battenfeld*).

Postupci s unutrašnjim djelovanjem plina su brojniji. To su *GID* (*Krauss-Maffei*, *Dynamit Nobel*, *DrBoy*, *Maximator*), *GIP* (*Mannesmann-Demag*), plinsko injekcijsko prešanje *Airpress* (*Ferromatik Milacron*), *CINPRES* (*Peerless-Cinpres*), *ENCORE* (*Encore System*), *GASMELT* (*Cinpres+Gain*, *Engel*). Moguće je oblaganje cjevastoga pletiva plinskim injekcijskim prešanjem *GAFIM* (*IKV*).

Postupcima tekućinskoga injekcijskog prešanja prerađuju se plasto-meri, silikonski kaučuci i keramičke smjese (*GAPIM*).

## Zaključak / Conclusion

Tijekom rada na projektu *Injekcijsko prešanje polimera i ostalih materijala* dva glavna autora susrela su se s velikim teškoćama pri sistematiziranju postupaka proizvodnje šupljikavih proizvoda postupcima injekcijskoga prešanja. Tada je uvedena osnovna podjela takvih proizvoda na pjenaste i one s jednom šupljinom. Tijekom pisanja teksta<sup>2</sup> ta je podjela poopćena na sve postupke proizvodnje šupljikavih polimernih tvorevina. Pritom prevladavaju pjenaste tvorevine, čije je osnovno obilježje da imaju više, u pravilu mnogo ćelija. Postoje, međutim, sve brojniji postupci pravljenja tvorevina s jednom šupljinom. Za pojedinosti čitatelj se mora upoznati s odgovarajućom literaturom. Dio dostupne literature su izvori.<sup>1-3</sup> Stoga je osnovna namjera ovog rada da se čitateljstvo sustavno upozna s područjem šupljikavih proizvoda.

## Zahvala / Acknowledgement

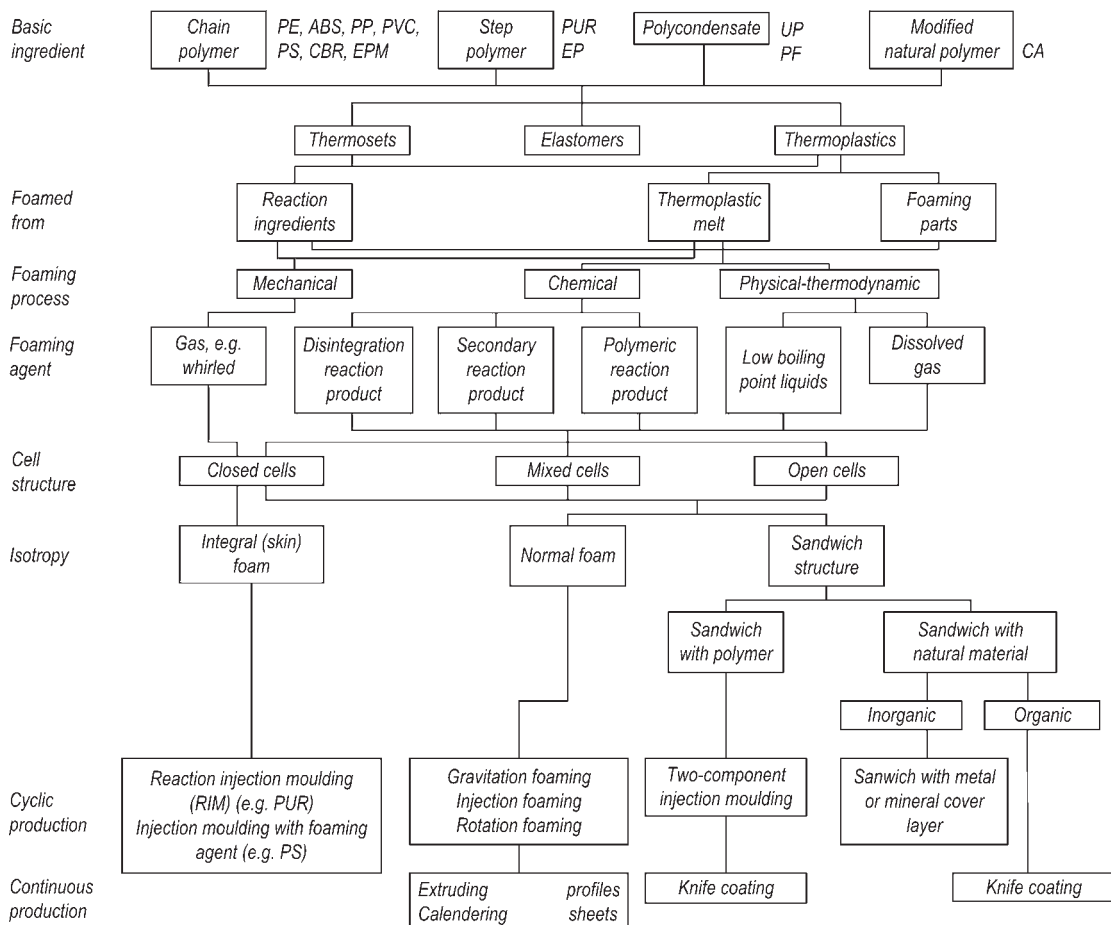
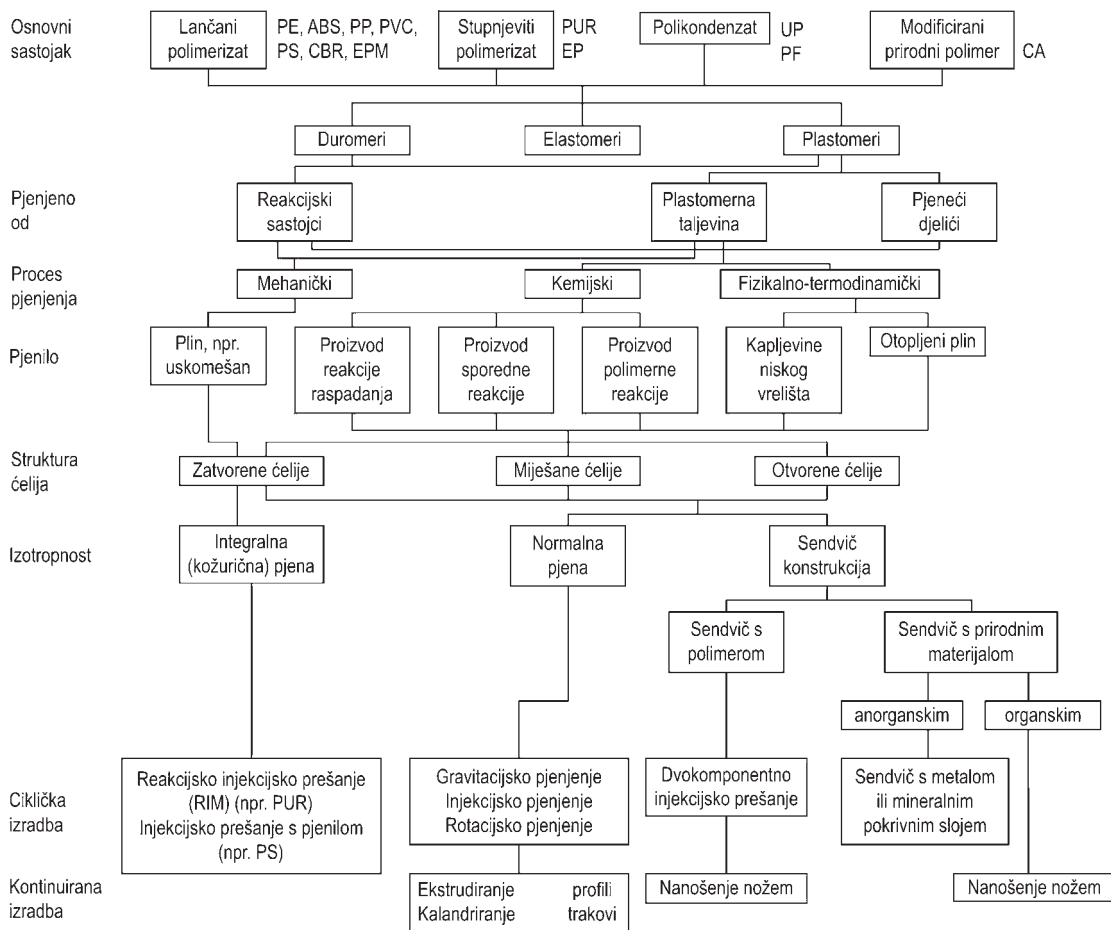
*Tekst je nastao u sklopu projekta Primjena sustavnosne teorije u raščlambi opće tehnike, koji financira Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa. Autori zahvaljuju MZOŠ-u na financijskoj potpori. Autori također zahvaljuju recenzentima na vrlo korisnim primjedbama.*

## LITERATURA / REFERENCES

1. Čatić, I., Johannaber, F.: *Injekcijsko prešanje polimera i ostalih materijala*, Društvo za plastiku i gumu i Katedra za preradu polimera FSB-a, Zagreb, 2004.
2. Čatić, I.: *Proizvodnja polimernih tvorevina*, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 2006.
3. Rogić, A., Čatić, I., Godec, D.: *Polimeri i polimerne tvorevine*, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 2008.
4. Sakharov, A. M., Pimenov, V. G.: *Low-density microcellular polystyrene foams: Thermally induced liquid-solid phase decomposition*, Polymer science, Series A 28(1996)10, 1133-1139, cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=3266645.
5. Rogić, A., Čatić, I.: *Novi pristup sistematizaciji polimera*, Polimeri 29(2008)1, 38-39.
6. Čatić, I.: *Uzgojeni – plastika i gorivo*, Polimeri 28(2007)4, 239-243.
7. en.wikipedia.org/wiki/Natural\_oil\_polyols.

## DOPISIVANJE / CONTACT

Prof. dr. sc. Igor Čatić  
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje  
Katedra za preradu polimera  
Ivana Lučića 5, HR - 10002 Zagreb  
Tel. / Phone: +386 1 61 68 191, Faks / Fax: +386 1 61 50 081  
E-adresa / E-mail: igor.catic@fsb.hr



SLIKA 7 - Tokovnik proizvodnje pjenastih tvorevina – uključuje samo dio postupaka<sup>2</sup>  
 FIGURE 7 - Flow chart for production of foamed parts<sup>2</sup>