

# Novi pristup sistematizaciji polimera

Ana ROGIĆ, Igor ČATIĆ\*

Veleučilište u Karlovcu, Karlovac,

\*Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb

## Uvod

U pripremljenom poglavlju knjige *Polimeri i polimerne tvorevine*<sup>1</sup> jedan od recenzentata upozorio je na potrebu usuglašavanja sistematizacije podjele polimera s temeljnim procesima polimerizacije, a u skladu s preporukama IUPAC-a iz 1997.<sup>2</sup> Tijekom 2007. u kontekstu pretvaranja hrane u plastiku i osobito u gorivo, pojavila se potreba razlikovanja pojmova onoga što neposredno nudi priroda, onoga što je rezultat uzgoja biljaka i životinja te što je rezultat jedne od reakcija sinteze. To je dovelo do prijedloga usavršene sistematizacije polimernih materijala uvođenjem još jednoga kriterija. Namjera je teksta da se pokrene uključivanje predloženoga kriterija uz već postojeće i u normativni sustav, npr. IUPAC.

## Osnovni pojmovi

Za proširenu sistematizaciju polimera potrebna su tri pojma: prirodna, uzgojna i sintezina. Naziv prirodne za proizvode prirode upotrijebio je Ivan Kukuljević Sakcinski još 1886.<sup>3</sup> U časopisu *Polimeri* prvi je put upotrijebljen u tekstu.<sup>4</sup> Približno u isto vrijeme objavljen je *Zakon o zaštiti prirode*.<sup>5</sup> U njemu je prirodna definirana kao svaka izvorna sastavnica prirode (npr. biljka, životinja, mineral, fosil, voda, tlo i drugo). U osnovi prirodna se uobičajeno naziva sirovina, prirodna neprerađena tvar. Kao rezultat čovjekove volje i djelovanja u posljednjih desetak tisuća godina uzgajaju se biljke i životinje, a rezultat su poljoprivredne kulture i domaće životinje. Zajednički naziv uzgojna prvi je put upotrijebljen u tom smislu istoga dana tijekom okruglog stola *Zelena kemija i polimeri*<sup>6</sup> i tijekom televizijskog predstavljanja skupa *Polimerni materijali i dodatci polimerima*.<sup>7</sup> Na ovome se mjestu po analogiji uvodi naziv sintezina<sup>1</sup>, što znači proizvod sinteze. Navedeni nazivi rabiće se dosljedno u prijedlogu usavršene sistematizacije polimera.

Polimerne tvari i materijali prave se modificiranjem ili sintezom, od proizvoda prirode, prirodna, ili od uzgojenoga, uzgojna. Osnovna tvar na ulazu u proizvodnju polimera može biti na osnovi živoga, biljaka i

životinja, te neživoga, fosilnih goriva. Fosilna goriva: nafta, plin i ugljen pridobivaju se iz prirode i stoga su prirodne te definicijski odgovaraju opisu iz članka 7 (46) *Zakona o zaštiti prirode*,<sup>5</sup> odnosno to su uobičajeno sirovine. Od prirodna se među ostalim prave sintetski polimeri, pa i biorazgradljiva plastika.

Tvari i materijale na osnovi živoga, biljaka i životinja, uvriježilo se nazivati *prirodni-ma*.<sup>2</sup> To je samo djelomično točno. Danas se u proizvodnji rijetko upotrebljavaju žive prirodne koje bi opravdale naziv prirodni materijal. Takva iznimka je šumsko drvo, npr. kaučukovac, koje je istodobno sirovina i materijal. U pravilu se od živoga upotrebljavaju uzgojne, npr. celuloza se može pridobiti od prirodnog drva i načiniti od uzgojenog drva. Modificiranjem celuloze pravi se npr. celulozni acetat (CA). Slično je s kaučukom; moguće je razlikovati prirodni kaučuk i uzgojeni, plantažni kaučuk. To valja razlikovati bez obzira na to jesu li svojstva od prirodnoga i uzgojenoga podudarna. Od uzgojenih biljaka: kukuruza, šećerne trske i ricinusova prave se škrob, šećer i ricinusovo ulje. Od kukuruza (zrnja i stabljike) prave se intermedijeri za plastiku: mliječna kiselina, homopolimeri i kopolimeri p-dioksanona (PDO), metanol i etilen-glikol.<sup>8</sup> Na osnovi šećera iz šećerne trske mogu se načiniti polietilen (PE) i poli(vinil-klorid) (PVC). Od ricinusovog ulja proizvode se poliuretani (PUR) i poliamidi (PA)<sup>9</sup>. Pamuk se također uzgaja na plantažama. Od uzgojenih, domaćih ovaca striženjem njihova runa dobiva se vuna. Svila također može biti prirodna, ali je najčešće iz uzgoja, od dudova svilca. Osnovno obilježje prirodnih polimera je da nastaju reakcijama biopolimerizacije.

Polimerne sintezine prave se postupcima polimeriziranja i/ili umreživanja i/ili pjenjenja. Reakcijsko injekcijsko prešanje integralnih poliuretanskih pjenastih tvorevina primjer je takvog dobivanja sintetičkih proizvoda (poliadiacija, umreživanje i pjenjenje).

Predložena sistematizacija temelji se na tri-ma kriterijima podjele polimera: polimernoj osnovi na ulazu u proces (prirodna ili uz-

gojna), temeljnim procesima polimerizacije (stupnjevite i lančane reakcije) te ponašanju pri povišenim temperaturama (duromeri, elastomeri i plastomeri).

## Podjela polimera prema podrijetlu osnove na ulazu u proces

Ovaj izvorni kriterij podjele polimera je posljedica kulturološkijske raščlambe uporabe uzgojna za plastiku i gorivo.<sup>8</sup> Riječ je o društvenom kriteriju procjene nekoga tehničkog rješenja.

Klasična podjela polimera je na prirodne i sintetske, a prirodni mogu biti nemodificirani i modificirani. Takva podjela nije precizna i valja je napustiti.

Predlaže se podjela prema podrijetlu osnove na ulazu u proces. Tada je moguće razlikovati modificirane polimere i sintetske polimere.

Modificirani polimeri su skupina materijala nastalih na osnovi živoga, prirodnoga ili uzgojenoga. Mogu biti: duromeri (kazeinska plastika), elastomeri (na osnovi prirodnoga ili uzgojenoga) i plastomeri (derivati celuloze).

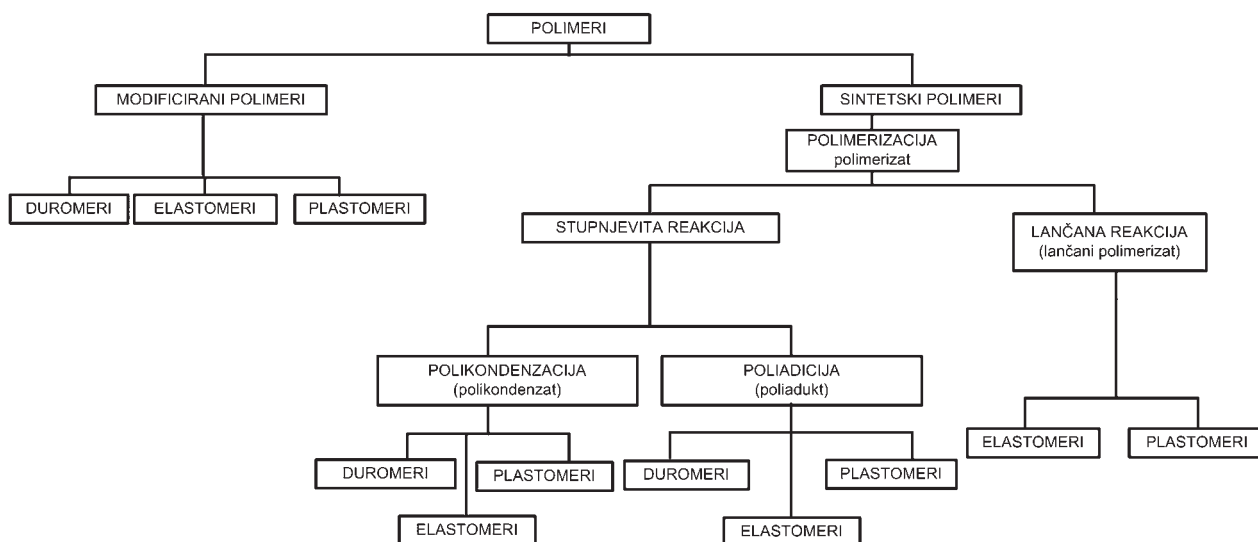
Od prirodna, sirovina, dakle prirodnih neprerađenih tvari: nafte, plina ili ugljena nizom se procesa prave intermedijeri (međuprodukti), a od njih procesima polimerizacije polimerizati. Od polimerizata (čisti polimer i ostatak) te niza dodataka prave se zatim sintetski polimerni materijali. Kod nekih polimernih tvorevina, kod svih duromera, kaučukovih smjesa i nekih plastomera procesima očvršćivanja sastojaka (polimeriziranje i/ili umreživanje i/ili pjenjenje) prethodi pravljenje početnog oblika tijela, praoblikovanje. Zbiva li se to u kalupima, kalup je šaržni reaktor.<sup>10,11</sup>

## Podjela polimera prema temeljnim procesima polimerizacije

Ova podjela pretrpjela je više promjena. Stariji poznavatelji sjećaju se jednostavne podjele na tri vrste procesa: polimerizacije,

<sup>1</sup> Naziv je provjeren u raspravi s jezikoslovcima.

<sup>2</sup> Prirodne poput šumskog kestena ili prirodnih ruža često se naziva *divljima*.

SLIKA 1 - Vrste polimerizacije i polimera<sup>1</sup>

poliadicije i polikondenzacije.<sup>12</sup> Ta je, relativno jednostavna podjela napuštena. Jedan od mogućih razloga jest i taj što je riječ polimerizacija upotrebljavana u općem smislu, a u podjeli iskorištena je za jednu polimerizaciju, onu lančanu, npr. karakterističnu za pravljenje polietilena.

Slijedila je podjela za koju se zauzimao npr. P. Flory. Prema toj podjeli sintetski polimerizati nastaju *lančanom* ili *stupnjevitom* polimerizacijom. Stupnjevita polimerizacija može biti *kondenzacijska* ili *adicijska* (polikondenzacija i poliadicija). Reakcije polimerizacije nazivaju se i *polireakcijama*.

Najnovija podjela prema mehanizmu i kinetici reakcije razvrstava polimere u dvije skupine:<sup>2</sup>

- stupnjevite reakcije polimerizacije (postupne, polikondenzacijske)
- lančane reakcije polimerizacije.

Polikondenzacijom se prave duromeri, elastomeri i plastomeri, uz odvajanje molekula. Najpoznatiji duromerni polikondenzat je prva sintetska plastika, fenol-formaldehid (PF). Tu je odvojena molekula voda, a proces se odvija tijekom reakcijskog praoblikovanja u kalupu. Od plastomera dobivenih polikondenzacijom najpoznatiji su poliamidi (PA) i polikarbonat (PC), gdje se molekule odvajaju kod proizvođača tih plastomera. Polikondenzacijom se pravi i elastomerna tvar, silikonski kaučuk (MQ).

Druga vrsta stupnjevite reakcije polimerizacije temelji se na reakciji adicije. Na taj se način prave duromerni poliadukti, npr. epoksidi (EP) i umreženi poliuretani (PUR), od plastomera linearni poliuretan, a elastomerna tvar je poliuretanski kaučuk (TPUR).

Primjer proizvoda lančane polimerizacije je plastomer, polietilen (PE), a elastomerna tvar je butadienski kaučuk (BR).

### Podjela polimernih materijala prema ponašanju pri povišenim temperaturama

Česta podjela polimernih materijala je ona prema ponašanju polimera pri povišenim temperaturama. Preciznije, prema promjeni njihova modula smičnosti u ovisnosti o temperaturi. Na temelju te podjele polimerni materijali (polimerizati s dodatcima) dijele se u tri temeljne skupine: duromere, elastomere i plastomere. Posebnu skupinu čine elastoplastomere.

Slika 1 prikazuje sistematizaciju polimera prema osnovi (prirodnine i uzgojine), procesu polimerizacije i vrsti polimernih materijala prema ponašanju pri povišenim temperaturama.

### Zaključak

Predložena sistematizacija temelji se na dva sada već klasična kriterija podjele polimera: temeljnim procesima polimerizacije i ponašanju polimernih materijala pri povišenim temperaturama. Uvođenje kriterija podrijetla osnove kao ulaza u proces: prirodine ili uzgojine omogućuje precizniju podjelu polimera. U sistematizaciji se rabe relativno nove riječi prirodina i uzgojina te novostvoreni naziv za proizvod sinteze – sintezina.

### Zahvala

*Autori zahvaljuju svima koji su svojim primjedbama pridonijeli poboljšanju ovog teksta. Tekst je nastao u sklopu projekta Primjena sustavnosne teorije u raščlambi opće tehnike koji financira Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa. Zahvaljujemo MZOŠ-u na financijskoj potpori.*

### LITERATURA

1. Rogić, A., Čatić, I., Godec, D.: *Polimeri i polimerne tvorevine*, odobreni udžbenik za veleučilišnu nastavu, u tisku.
2. IUPAC: *Nomenklatura i terminologija iz područja polimera i polimernih materijala III*, Kemija u industriji, 47(1998)12, B1-B56, prijevodi 7 IUPAC-ovih izvještaja, prijevod V. Jarm.
3. Kukuljević Sakcinski, I.: *Glasoviti Hrvati prošlih vjekova*, Matica hrvatska, Zagreb, 1886., 269.
4. Čatić, I.: *Zašto je moguć korjenit razvoj materijala a samo inovativni proizvodnih postupaka i proizvođač?*, Polimeri 24(2003)2-4, 64-73.
5. *Zakon o zaštiti prirode*, Narodne novine 162/2003.
6. Čatić, I., Godec, D.: *Sirovine za plastiku*, okrugli stol Zelena kemija i plastika u sklopu savjetovanja Polimerni materijali i dodatci, Zagreb, 15. studenoga 2007.
7. Čatić, I.: *Polimerni materijali i dodatci polimerima*, Trenutak spoznaje, Hrvatska televizija, I. program, 15. studenoga 2007.
8. Čatić, I.: *Uzgojine za plastiku i gorivo*, Polimeri 28(2007)4, 239-243.
9. Rujnić-Sokele, M.: *Bioplastika*, okrugli stol Zelena kemija i plastika u sklopu savjetovanja Polimerni materijali i dodatci, Zagreb, 15. studenoga 2007.
10. Čatić, I., Razi, N.: *Kalup - središnji element proizvodne linije za preradu polimera*, savjetovanje Kalup središnji element proizvodne linije za preradu polimera, Društvo plastičara i gumaraca, Zagreb, 1986, 01/01-14.
11. Čatić, I., Španiček, Đ.: *Das Werkzeug als Chargenreaktor bei der Herstellung von Polymererzeugnissen durch Reaktionsformen*, Plaste und Kautschuk 39(1992)10, 347-350.
12. Menges, G.: *Werkstoffkunde der Kunststoffe*, Carl Hanser Verlag, München, 1970.