

Posvećeno 20. obljetnici Društva inženjera plastičara i gumara i časopisa Svet polimera

## ZRELOST PLASTIKE I GUME

Igor Čatić, Gordana Barić, Đurđica Španiček

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje / University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture

### THE MATURITY OF PLASTIC AND RUBBER

ABSTRACT: The materials can be divided into organic and inorganic polymers and non-polymers. We analysed by means of the S-curve and the historical development, the fossil plastic, bioplastic and rubber. On this basis it was concluded that the plastic and rubber entered into the mature stage.

Keywords: bioplastics, historical development, new systematisation of materials, plastics and rubber, production

U povodu dviju obljetnica kolega iz Srbije da upoznaju zainteresiranu stručnu javnost s područjem plastike i gume, pozvani smo da napišemo prilog. Počasni pozivom, odabrali smo temu *zrelost plastike i gume*. Zašto baš nazivi materijala u naslovu? Opća javnost u pravilu prepoznaje materijale od kojih je nešto načinjeno, a pritom je potpuno nezainteresirana kako je načinjen proizvod.

Obrada teme u zamišljenom obliku opterećena je ponajprije nepreciznom terminologijom. Stoga će se najprije morati navesti precizno nazivlje, a zatim s tako definiranim nazivljem proučiti prošlost plastike i gume. To je posebno važno jer postoji predodžba da je plastika stara tek malo više od stoljeća, a da guma potječe iz prve polovine 19. stoljeća. Taj je povijesni pregled vrlo važan zbog odluke da je kao osnovni kriterij prosudbe zrelosti navedenih materijala izabrana *S-krivulja*. Prethodni je zaključak – navedeni su materijali i proizvodnja dijelova od njih ušli u zrelu fazu.

### Preciziranje nazivlja<sup>1</sup>

Klasična podjela materijala je ona na metale i nemetale. Neki su pridodali i kompozite. Prvi autor nikada nije saznao zašto je načinjena baš takva podjela, a s područjem materijala profesionalno je povezan dulje od pola stoljeća.<sup>2</sup> U jednom trenutku formuliran je iskaz. „Polimeri su prastari, ništa osobito povijesno, nego nešto beskrajno općenito jer sežu tamo do postanka osnovnih prirodnih organskih polimera: bjelančevina, polisaharida i nukleinskih kiselina te anorganskih prirodnih polimera geopolimera, poput gline“ /1/. Uviđom u to predavanje pronađen je poticaj. Izvorna misao ticala se tehnike. Nju je zapisao glasoviti njemački filozof Oswald Spengler u svom djelu *Čovjek i tehnika* (1931.). Ona glasi: „Tehnika je prastara, ništa osobito povijesno, nego nešto beskrajno općenito jer seže preko čovjeka daleko natrag u život životinja, i to svih životinja“ /2/.

<sup>1</sup> Teško je prisjetiti se svih koraka koji su doveli do stajališta koja slijede. Dobar program za provjeru plagiranja vjerojatno bi pronašao puno slučajeva, ponajprije samoplagiranja. To znači da nije naveden izvor, bez obzira čiji je.

<sup>2</sup> Sveučilišnu karijeru započeo je 1. septembra 1965. kao asistent na području metala.

Krajem prvog desetljeća ovog stoljeća započelo se s promišljanjem nove podjele materijala. Koja je u zaokruženom obliku objavljena u tekstu *Polymers and non-polymers – a new systematisation of substances and materials* /3/. Iz teksta proizlazi da se sada stvari i materijali dijele u dvije osnovne skupine. To su polimeri i nepolimeri, pri čemu jedni i drugi mogu biti anorganski i organski (slika 1).<sup>3</sup>

### Koncept S-krivulje

Tvrđnja da su plastika i guma ušle u zrelu fazu temelji se na upotrebi koncepta *S-krivulje* /4/. Nekada su ideje o novim proizvodima u pravilu dolazile od pojedinaca, često sasvim slučajno. Danas je za uspjeh novog proizvoda nužan ispravan marketinški pristup. Praksa marketinga stara je više tisućljeća, ali upotreba naziva marketing kao komercijalnih aktivnosti kupovanja i prodaje proizvoda postala je popularna krajem 19. stoljeća /5/. Proučavanje prošlosti i razvoja marketinga kao akademskog područja pojavilo se dvadesetih godina prošlog stoljeća /6/. U međuvremenu je koncept *S-krivulje* postao moćan marketinški alat.

Razvoj plastike prošao je tri temeljne faze: prirodna plastika /7/ te umjetna plastika<sup>4</sup> koja može biti bioplastika i fosilna plastika /8/. Guma je također prošla tri faze: prirodni kaučuk te uzgojeni i sintetski kaučuk. Za ova posljednja dva vrijedi ista napomena kao za umjetnu plastiku. Naime, uzgoj je ljudska djelatnost.

*S-krivulja* bit će analizirana samo za razvoj cjelokupne plastike (slika 2). Pritom se kao početna vrijednost uzima godina 1950., kada je svjetska proizvodnja plastike bila 1,5 milijuna tona /9/. Godine 2015. proizvedeno je 322 milijuna tona plastike /9/. To je povećanje u 65 godina od 215 puta.

Ono što treba posebno naglasiti jest činjenica da su između tridesetih i šezdesetih godina 20. stoljeća razvijene sve vrste širokoprimjenjive plastike: polietileni, poli(vinil-klorid), polistiren, poli(etilen-tereftalat) i

<sup>3</sup> U međuvremenu je slika nadopunjavana. Stoga je to inačica iz 2017.

<sup>4</sup> Pod nazivom umjetna plastika podrazumijeva se sva plastika koju je načinio čovjek. I bioplastika je umjetna plastika jer ju je također načinio čovjek.

P	<ul style="list-style-type: none"> <li>organski proizvod sinteze i anorganski polimeri (npr. plastomerni materijal i staklena vlakna)</li> </ul>	Kompozitni proizvodi: <ul style="list-style-type: none"> <li>organski proizvod sinteze (npr. polietilenska vlakna i plastomerna matrica)</li> <li>organski proizvod sinteze i uzgojeni proizvod (npr. duromerna matrica i juta)</li> <li>organski proizvod sinteze i anorganski polimeri (npr. duromerna matrica i staklena vlakna)</li> <li>organski proizvod sinteze i metali (npr. plastična matrica i metalno ojačavalno)</li> <li>organska multislojna vlakna (npr. zaštitni prsluci)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>plastično gumeno keramički proizvodi</li> <li>hibridni tekstil (npr. ugljik/aramidni, aramid/stakleni)</li> </ul>	Kiborzi: <ul style="list-style-type: none"> <li>životinjski</li> <li>ljudski</li> <li>biljni</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>organskoanorganski hibridi (npr. plastično-zeolitni hibrid)</li> <li>anorganskoorganski polimeri [npr. poli(organosiloksan) i plastika]</li> <li>organsko xxx + osnovni organski polimer (xxx i protein)</li> <li>organski polimerno/organsko nepolimerni hibrid [npr. poli(laktik-ko-glikolna kiselina) i lipid]</li> </ul>	
P	Kompozitni materijali	Kompozitne tvorevine	Hibridni proizvodi (neživo)	Hibridni proizvodi (živo i neživo)		
P	Hibridne tvorevine (živi i/ili neživi materijali)			Hibridni materijali		
P	Kompozitni materijali* i kompozitne tvorevine (neživo)			Hibridni materijali i tvorevine (živo i neživo)		
P	Složenci (materijali i proizvodi)					R7
P	<b>Metali</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>čelici, Al-slitine, itd.</li> </ul>	<b>Plastomeri</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>npr. polisilazani</li> </ul> <b>Elastomeri</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>polisiloksani</li> </ul>	<b>Duromeri</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>PF, UP, PUR, itd.</li> </ul>	<b>Plastomeri</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>PE, PVC, PS, PA, itd.</li> </ul>	<b>Elastomeri</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>guma</li> <li>elastoplastomeri</li> </ul>	
P	Anorganske nepolimernne tvari i materijali	Anorganski sintetski polimeri (neživo)	Organski sintetski polimeri (neživo) <i>Fosilna plastika</i>	Kemijski modificirani biopolimeri od prirodnih i uzgojenih proizvoda (živo) <i>Bioplastika</i>	Npr. ulja	
P	Anorganske tvari i materijali		Organske tvari i materijali			R6
T	KONTROLIRANE ANORGANSKE REAKCIJE		KONTROLIRANA ORGANSKA SINTEZA	KONTROLIRANA BIOSINTEZA		
T	UMJETNA TEHNIKA					
P			NEŽIVI ORGANSKI PRIRODNI PROIZVODI (npr. prirodni plin)	ŽIVI ORGANSKI PRIRODNI PROIZVODI (npr. brnista)		R5
P			FITOPOLIMERI (npr. drvo)	ŽIVOTINJSKI POLIMERI (npr. koža, kosti)		R4
	ŽIVI ORGANSKI PRIRODNI PROIZVODI					
P	Biopolimerni organizmi (mikroorganizmi i makroorganizmi)					R3
P	<b>PRIRODNO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>samorodni metali: zlato, živa</li> <li>metalne rudače</li> </ul>	<b>PRIRODNO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>cirkon</li> <li>glina</li> <li>gips</li> <li>mica (tinjac)</li> <li>zeoliti</li> </ul>	<b>PRIRODNO:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>bjelančevine (proteini)</li> <li>nukleinske kiseline</li> <li>polisaharidi</li> </ul>		PRIRODNO	
P	Prirodni nepolimerni anorganski makromolekulni spojevi (nepolimeri)	Prirodni geopolimeri (prirodni anorganski polimeri)	Biopolimeri (prirodni organski polimeri)		Prirodni nepolimerni organski makromolekulni spojevi (npr. lipidi)	R2
	A	B	C		D	
P	PRIRODNI ANORGANSKI MAKROMOLEKULNI SPOJEVI (nežive prirodine - minerali)		PRIRODNI ORGANSKI MAKROMOLEKULNI SPOJEVI (žive prirodine - živi organizmi)			R1
T	GEOLOŠKI PROCESI NEŽIVOVA		BIOSINTEZA (SINTEZA ŽIVOVA)			
P	MAKROMOLEKULNI SPOJEVI (tvar)					R0
P	KOLOIDI I NANOČESTICE					R-1
P	MOLEKULE					R-2
P	ATOMI (10 <sup>-10</sup> m)					R-3
P	...					
P	KVARKOVI (10 <sup>-20</sup> m)					R-x
P	MATERIJA					
T	PRIRODNA TEHNIKA					
T	OPĆA TEHNIKA					Razine

Slika 1. Podjela tvari i materijala na polimere i nepolimere /3/ P - proizvod, T - tehnika, R - razina

polipropilen. Od tada se razvijaju pretežno konstrukcijska plastika (e. *engineering plastics*) i modifikacije. Na slici 2 ucrtana je *nova plastika*. To vrijedi za svaku novu plastiku, mješavinu, smjesu ili kompozit. No njezin potencijal za sada je malen.

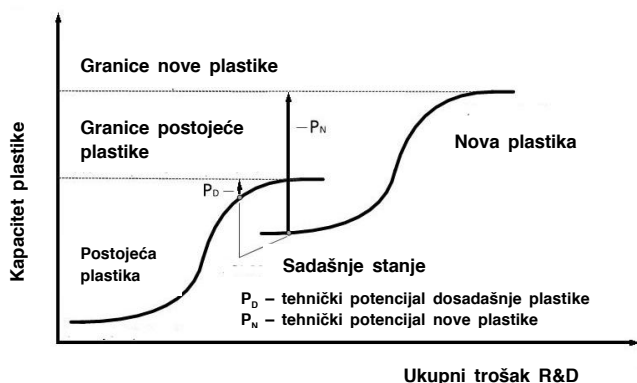
Naime, prema prognozama, teško je očekivati pojavu neke nove vrste širokoprimejivije plastike. Stoga se može prihvatiti teza da je plastika ušla u zrelu fazu i da će istraživačko-razvojni naponi biti usmjereni na inovacije i kombinacije postojećih vrsta.

## Povijesni razvoj plastike i gume

Plastika i guma bitno su starije od onoga što se podrazumijeva pod tim nazivima. Stoga je na ovome mjestu opisu prošlosti tih materijala posvećen odgovarajući opseg teksta.

### Starost bioplastike i kompozita

Bioplastika je novost, izvješćuju mediji. No, opisujući bioplastiku kao primjer novih materijala, događa se

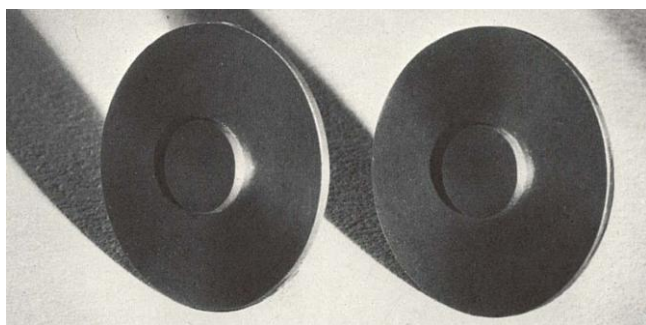


Slika 2. S-krivulja za razvoj plastike (poticaj za ovakav prikaz potječe iz /4/)

slično kao svojevremeno s kompozitima. O kompozitima se u drugoj polovini 20. stoljeća pisalo također kao o *novim* materijalima. Pritom se nesusvesno ili svjesno zaboravljalo da je riječ samo o usavršenim, naprednijim materijalima. Definijski, takvi materijali spominjani su još u biblijsko doba. Svakako, komponente ondašnjih i današnjih kompozita bitno su različite. I bioplastika se neopravdano smatra *novim i modernim* materijalom. Premda su kompoziti i bioplastika te od njih načinjeni proizvodi u uporabi jako dugo.

Moderna industrijska primjena organskih makromolekulnih materijala počela je oko 1850. s velikom skalom proizvoda upravo od biomaterijala – umreženih (vulkaniziranih) kaučukovih smjesa /10/ te umjetnog roga (mliječnog kamena), kako su zvali kazeinsku plastiku, *galalit*. Koju čine kazein i formaldehid. Izvorno je kazeinska plastika starija od 16. stoljeća /11/. Slijedio je razvoj celuloznog nitrata i celuloznog acetata. U knjizi *Practical Plastics Illustrated* iz 1947. navedeno je: „Dva od mnogih istaknutih i dalekosežnih događaja modernog svijeta bila su otkrića *Parkesita* (parkezin), plastike celuloznog tipa koju je izumio engleski kemičar Alexander Parkes 1864., te Baekelandov izum prve sintetske plastike fenol-formaldehida, poznatijeg kao *bakelit*, 1907. To su temelji na kojima je izgrađena suvremena i velika plastičarska industrija“ /12/. Ubrzo je razvijen i sintetski kaučuk, izopren (F. Hofmann, 1909.) /13/.

Godine 1920. H. Staudinger objavljuje rad pod nazivom *O polimerizaciji*. Time počinje razdoblje polimerijske kemije. U dvadesetim i tridesetim godinama



Slika 3. Poklopci bobine, prvi sintetski - bakelitni otpresci. Načinjeni su od kombinacije fenola i azbesta (izvor: J. H. DuBois *Plastics History U.S.A.*, Cahne Books, Boston, 1972.)

20. stoljeća počinje industrijska proizvodnja danas najproširenijih polimera: polietilena, poli(vinil-klorida) i polistirena. Posljednja širokoprimejiva sintetizirana plastika, polipropilen, razvijena je 1956. /10/.

### Bioplastika

No spomenuti parkezin i kazein nisu bili prvi biopolimeri. Jedan od prvih tehnički uporabljivih proizvoda u današnjem smislu pojma biopolimer bile su gumene lopte. Smjesu su činili lateks iz kaučukovca i sok biljke *jutarnja slava* (e. *morning glory*). Prema saznanjima istraživača s *Massachusetts Institute of Technology* Dorothy Hosler i Michaela Tarkaniana (Nature, 1999.) drevni su stanovnici Srednje Amerike proizvodili gumu od lateksa oko 3 500 godina prije modernog pronalaska procesa vulkaniziranja te su pravili različite smjese za različite primjene. Možda je s toga geografskog područja najpoznatija proizvodnja gumenih lopti jer su u pretkolumbijsko vrijeme igre s loptom bile vrlo važne i predstavljale su neku mješavinu grčkih Olimpijskih igara i gladijatorskih borbi staroga Rima u kojim su sudjelovale ekipe različitih gradova ili područja. Uslučaju proizvodnje gumenih dijelova treba trajno naglašavati. Najprije se kaučukova smjesa praoblikuje, daje joj se početni oblik, praoblik, ovdje lopte. Umreživanje smjese lateksa i soka biljke *jutarnja slava* ostvareno je toplinom kuhanja /14/.



Slika 4. Gumena lopta (izvor: militar.org.ua) 28. 3. 2017.

Proizvodnja gume u Europi datira tek od 18. stoljeća. Možda je najpoznatiji gumeni proizvod iz tog razdoblja gumeno brisalo (gumica) traga olovke. Još se i danas vrlo često to veže uz engleskog kemičara Josepha Priestleya, no on je samo objavio tekst o neobičnom svojstvu modificiranog kaučuka da briše tragove olovke (e. *rub off*), koje je otkrio 1770. proizvođač instrumenata Edvard Nairne, koji je prvi počeo s prodajom gumica u Londonu.

Do otkrića gume kao prvi proizvođači biopolimera smatrani su Kinezi, koji su već u razdoblju od 1122. do 255. godine prije nove ere rabili različite prirodne smole, građene od kompleksnih organskih makromolekula, za lakiranje različitih proizvoda. Te se

smole mogu smatrati pretečom *šelaka*, bioplastike koja se i danas rabi u industriji namještaja. A bio je osnovni materijal za proizvodnju prvih gramofonskih ploča frekvencije vrtnje  $78 \text{ min}^{-1}$ .

Ono što je manje poznato jesu razni tipovi fosilnih polimernih smola - biopolimera, poznatih pod nazivom *sieburgit*, pronađenih u stijinama iz perioda eocena /7/. Bili su to sivo-bijeli grumeni nađeni pri vađenju smeđeg ugljena koji su prilikom gorenja imali izrazito aromatski miris. Zvali su ih *goreće kamenje*, a već prve analize provedene još 1884. dale su kao rezultat stiren i cimetnu kiselinu. Kasnijim je razvojem analitičkih metoda ustanovljeno da se nakon otapanja frakcija u tetrahidrofuranu dobiva polistiren s molnom masom od najmanje 1 000 000,00 Da koji sadržava do 80 % ataktnog polistirena. Vrlo je slična po sastavu i fosilna smola *kranzit*. Smole su nastale kao fosilizirane izlučevine drveća velikih širokih listova iz prapovijesti prije približno 55 - 35 milijuna godina /7/.

Iz tog perioda datira i poznati fosilni biopolimer *baltički jantar* /7/. Nekada se sakupljao po plažama Baltika ili se kopao u obalnom pojasu. Po sastavu je smjesa derivata kopoliestera nekih organskih kiselina i diterpenoidnog alkohola. Jantar je plastomer, djelomično topljiv u nekim organskim otapalima i moguće ga je oblikovati u kalupu. Prvi poznati artefakti datiraju iz višeg paleolitika, ali su poznatiji oni iz mezolitika (9 500 - 5 500 godina pr. n. e.) /7/. U neolitu je već poznata uporaba i trgovina jantantom, koja je znatno porasla u brončanom dobu. Kasnije je nazivan *zlatom sjevera*. Grci su ga cijenili i zbog njegovog svojstva statičkog elektriciteta. Već od 3000. do 2000. godine pr. n. e. bitumen se uvozio u Egipat, u prvom redu zbog potreba balzamiranja, ali su pronađene i mnogobrojne skulpture od asfalta /7/. Još se i danas koristi, ali uglavnom samo za nakit.

U našim je krajevima poznat stari materijal nazvan rogovina, koji je protein  $\alpha$ -keratin /7/, a dobivao se od rogova i kopita šupljorožaca. To je relativno mekana, vlaknata, savitljiva tvar, oblikovljiva pri  $140 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ta su plastomerna svojstva dokumentirana još u srednjem vijeku, dok uporaba datira još od kasnog neolita /7/.

Moglo bi se još nabrajati svima poznate biomaterijale kao što su koža, pergament, papirus ili bitumen i asfalt koji su stari Grci nazivali *mumia*, što upućuje na primjenu pri mumificiranju. No, prema sadašnjim spoznajama, prvim pripremljenim plastomerom u ljudskoj povijesti smatra se katran od brezove kore iz kasnoga nižeg paleolitika, dakle prije oko 22 000 godina /7/.

## Svjetska proizvodnja plastike i kaučuka

U svijetu je 2015. godine proizvedeno ukupno gotovo 350 milijuna tona polimernih tvari i materijala, od toga oko 322 milijuna tona plastike (što je 3,4 % više nego u 2014.) /9/ te 26,8 milijuna tona prirodnoga i sintetskoga kaučuka /15/.

### Struktura proizvodnje plastike

Od 322 milijuna tona proizvedene plastike, 229 milijuna tona su širokoprimjenjivi plastomeri (iznad 70 %),

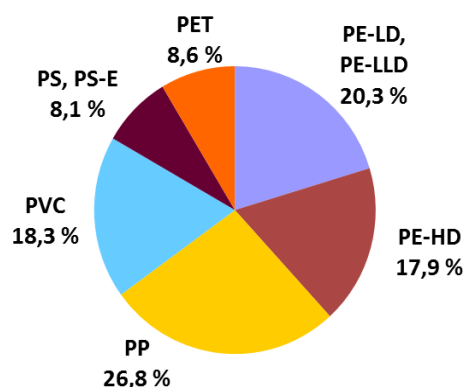
oko 25 milijuna tona ili 8 % su konstrukcijski plastomeri, a ostalo se odnosi na duromere, ljepila, boje, vlakna i slično /9/.

Od 1,5 milijuna tona plastike proizvedene 1950. godine pa 47 milijuna tona proizvedene 1976. došlo se do 99 milijuna tona u 1989. Te je godine proizvodnja plastike po volumenu bila izjednačena s proizvodnjom čelika (1 kg plastike = 1 L, 8 kg čelika = 1 L). Godine 2001. proizvodnja plastike dosegla je 204 milijuna tona, 2009. 250 milijuna tona itd. Od 1950. bilježi se porast proizvodnje plastike uz kraće prekide (godine 2008. i 2009.) od 8,6 % godišnje /9/.

Usporedbe radi, najviše je proizvedeno čelika 2014., 1,67 milijardi tona, a 2015. malo manje, 1,62 milijarde tona. Volumno, rekordna proizvodnja čelika iz 2014. bila je 209 milijuna  $\text{m}^3$  /16/.

Od već spomenuta 322 milijuna tona plastičnih materijala proizvedenih 2015. u svijetu, u Kini je proizvedeno 28 % i taj se udio godinama povećavao na štetu svih ostalih dijelova svijeta. Ukupno se u 2015. u Aziji proizvelo 41 % plastike, dok je udio Europe koja je godinama prednjačila u proizvodnji plastičnih materijala smanjen na samo 18 % ukupne svjetske proizvodnje /9/.

Od širokoprimjenjivih plastomera najprošireniji su polietileni. U 2015. proizvedeno je oko 46,5 milijuna tona polietilena niske gustoće i linearnoga polietilena niske gustoće (PE-LD i PE-LLD) ili 20,3 %, te polietilena visoke gustoće (PE-HD) približno 41 milijun tona ili 18 %. Pojedinačno je najviše proizvedeno polipropilena (PP), 61 milijun tona ili 26,8 %. Vrlo je visoka proizvodnja i poli(vinil-klorida) (PVC) od blizu 42 milijuna tona (18,3 %), a sve je prošireniji i poli(etilen-tereftalat) (PET), kojeg je proizvedeno gotovo 20 milijuna tona (8,6 %). Konačno, polistirena (PS) i pjenećeg polistirena (PS-E) proizvedeno je ukupno oko 18,5 milijuna tona (8,1 %) (slika 5) /9/.



Slika 5. Udio pojedinih vrsta širokoprimjenjivih plastomera u ukupnoj svjetskoj proizvodnji u 2015. (ukupno 229 milijuna tona) /9/

U najvažnije konstrukcijske plastomere ubrajaju se: akrilonitril/butadien/stiren (ABS), poliamidi (PA), polikarbonati (PC), poli(metil-metakrilat) (PMMA), poli(oksi-metilen) (POM) i poli(tetrafluoretilen) (PTFE). Njih je proizvedeno ukupno 25 milijuna tona ili 8 % ukupno proizvedene plastike /9/.



## Plastika i guma su stari, a sada i zreli materijali

Anorganski i organski polimeri stariji su od četiri milijarde godina /3,17/. Iz povijesnog razvoja plastike i gume proizlazi da su i ti materijali vrlo stari. U svakom slučaju, bioplastika je vrlo star, a ne nov ili čak revolucionaran materijal. Slično je i s kompozitima te biogumom starom oko 3 700 godina.

Kako širokoprimjenjiva plastika čini 70 % ukupno proizvedene plastike, drastično povećanje proizvodnje, prije svega sintetske plastike, može se pripisati povećanju primjene upravo te vrste plastike, među ostalim i seljenjem proizvodnje plastike na Daleki i Srednji istok. Taj će se trend nastaviti, osobito zbog sve važnije uloge Indije u plastičarskoj industriji.

Polazeći od zakonitosti *S-krivulje*, plastika i guma ušle su u zrelu fazu i do pronalaska neke nove vrste širokoprimjenjive plastike tako će i ostati.

## Literatura

1. Čatić, I.: *Od prirodnih do sintetskih polimera*, predavanje, Polimerni materijali i dodatci polimerima, Društvo za plastiku i gumu, Zagreb, 20. 11. 2009.
2. Spengler, O.: *Čovjek i tehnika*, Split, Laus, 1991.
3. Čatić, I., Barić, G., Rujnić-Sokele, M.: *Polymers and non-polymers – a new systematisation of substances and materials*, Rubber-Fibre-Plastics 9(2014)1, 50-57.
4. *S-Kurven-Konzept*, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/s-kurven-konzept.html>, 6. 1. 2017.
5. *English Language and Usage*, <http://english.stackexchange.com/questions/335201/etymology-of-marketing-how-when-did-it-change-meaning>.
6. *Jump up* Brian Jones, D. G. and Shaw, E. H.: *The History of Marketing Thought*, u: *Handbook of Marketing*, Weitz, R. and Wensley, R. (eds), London, UK, 2003, 50.
7. <http://www.dg-kunststoffgeschichte.de/de/e-plastory>, G. Lattermann, Pre- and Protohistoric Biopolymeric Materials, 25. 8. 2016.
8. Čatić, I.: *Plastika je zajednički naziv za bioplastiku i ...*, Svet polimera 19(1)12-14(2016).
9. *PlasticsEurope data*, [committee.iso.org/files/live/sites-its61/files/The%20Plastic%20Industry%20Berlin%20Aug%202016%20-%20Copy.pdf](http://committee.iso.org/files/live/sites-its61/files/The%20Plastic%20Industry%20Berlin%20Aug%202016%20-%20Copy.pdf), 28. 3. 2017.
10. Čatić, I.: *Proizvodnja polimernih tvorevina*, Društvo za plastiku i gumu, 2006.
11. Krätz, O.: *Stein aus Milch. Aufstieg und Niedergang des Galaliths*, u: *Chemie in unserer Zeit*. 38. 2004, 133-137; doi:10.1002/ciuz.200490023.
12. Smith, P. I.: *Practical Plastics Illustrated*, Odhams Press Ltd, London, 1947.
13. *The Moving Powers of Rubber*. Leverkusen, Germany: Lanxess AG: 20 (Wikipedia, [https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic\\_rubber](https://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_rubber), pristupljeno 25. 3. 2017.
14. <http://news.discovery.com/history/mesoamericans-were-the-first-polymer-scientists.html>, 14. 3. 2017.
15. <http://www.lgm.gov.my/nrstat/nrstats.pdf>, 28. 3. 2017.
16. [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_countries\\_by\\_steel\\_production](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_steel_production), 28. 3. 2017.
17. Harrison, M.: *Life on Earth likely started 4.1 billion years ago – much earlier than scientists thought* <https://phys.org/news/2015-10-life-earth-billion-years-agomuch.html>, 21. 2. 2017.

## Biografije autora



Profesor emeritus Igor Čatić započeo je karijeru kao alatničarski zanatnik. Tijekom studija radio je u alatničarskoj radionici *Štanca*. Po završetku studija strojarstva na Strojarsko-brodogradbenom fakultetu (danas Fakultet strojarstva i brodogradnje) 1960. zapošljava se u MEG i TOZ-u. Od 1965. do umirovljenja 2006. radi na FSB-u. Doktorirao je na Institut für Kunststoffverarbeitung u Aachen-u 1972. kao stipendista Zaklade Alexander von Humboldt. Nastavničku karijeru započeo je na području proizvodnje plastičnih i gumenih tvorevina 1974. Najvažniji doprinos su mu područja izmjene topline u kalupima i sustavna analiza u polimerstvu, a kasnije i na drugim područjima. Član je osnivač Društva plastičara i gumaraca (1970.). Obavljao je dužnost urednika za inozemstvo u časopisu *Polimeri*. Fellow of Institute of Materials, Minerals and Mining je od 1978. Najvažnija priznanja za njegov rad su Nagrada za životno djelo s područja tehničkih znanosti (2016.) i SPE International Education Award (1998.). Objavljuje izvorne znanstvene radove na područjima jezika i filozofije. Priznati je popularizator znanosti.



Mr. sc. Gordana Barić je diplomirala na Ekonomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 1994., a magistrirala 2000. Od 1994. zaposlena je na Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu. Najprije na Katedri za preradu polimera gdje se bavila s proučavanjem stanja hrvatskoga, europskoga i svjetskoga tržišta u području polimerstva, razvojnih mogućnosti navedenih područja te njegovoga utjecaja na ekonomiju i život u cjelini. Od 2005. kao viša predavačica predaje ekonomske kolegije na Katedri za upravljanje proizvodnjom. Uredivala je rubriku *Iz svijeta plastike i gume* u časopisu *Polimeri* gdje je od 2003. bila izvršna urednica.



Prof. dr. sc. Đurđica Španiček je umirovljena redovita profesorica Fakulteta strojarstva i brodogradnje (FSB) Sveučilišta u Zagrebu. Diplomirala je 1970. na Kemijsko-tehnološkom fakultetu (danas Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije) na organskom smjeru. Na istom je fakultetu magistrirala i obranila doktorsku disertaciju. Od završetka studija zaposlena je u Zavodu za materijale FSB-a. Nastavna i istraživačka djelatnost vezana je uz odnos strukture i svojstava polimernih materijala i kompozita s posebnim težištem na istraživanju utjecaja djelovanja medija na mehanička svojstva. Uz obimnu nastavnu i istraživačku djelatnost posebno je bila angažirana u časopisu *Polimeri*, od 1985. godine kao članica Uredništva, a od 2007. do 2015. kao glavna urednica.