



Priredila: Maja Rujnić-Sokele

Mogućnosti uporabe pjenećeg polistirena

Pjeneći i ostali polistireni

Polistiren je relativno jeftin tvrd plastični materijal, proizveden polimeriziranjem monomera stirena. Polistiren visoke molekularne mase rabi se za prevlake, dok je polistiren niže molekularne mase namijenjen injekcijskom prešanjju. Osnovni je nedostatak polistirena njegova krhkost i nepostojanost kada je izložen UV svjetlosti, kao i zapaljivost. Ostali oblici polistirena uključuju pjeneći polistiren (PS-E), koji se proizvodi uvođenjem inertnoga hlapljivog otapala kao pjenila, te polistiren visoke žilavosti (PS-HI), koji se pravi umješavanjem malih čestica butadienskog kaučuka. PS-E se primjenjuje većinom kao izolacijski materijal u graditeljstvu, kao izolator za jednokratne spremnike za hranu i kao zaštitna ambalaža. Osnovna primjena polistirena visoke žilavosti je ambalaža za brzu hranu.¹

Pjeneći polistiren pripada među širokoprimjenjive plastomere, a riječ je o čvrstome pjenastome materijalu jedinstvenih svojstava kao što su veoma mala težina, izvrsna izolacijska svojstva, trajnost i odlična prerađljivost. Pjeneći polistiren rabi se u mnogim primjenama koje uključuju npr. pravljenje ploča za toplinsku izolaciju u graditeljstvu, ambalažu te oblaganje vrijedne robe pjenastim jastučićima (slika 1). PS-E je među najpopularnijim materijalima u graditeljstvu, jer se pjenaste izolacijske ploče rabe za zidove, krovove i podove. Uz tu tradicionalnu primjenu u graditeljstvu, pjeneći polistiren široko se primjenjuje i u građevinarstvu, za temelje putova, oblikovanje šupljina, flotaciju, drenažu, modularne konstrukcijske dijelove, pjenaste opeke itd. Svi se ti proizvodi oslanjaju na izvrsna mehanička svojstva proizvoda od PS-E-a u kombinaciji s brzim postavljanjem i neznatnim kasnijim održavanjem. Primjer ambalažne uporabe PS-E-a je ambalaža za jaja, meso, ribu ili piletinu.²

Pjeneći polistiren razvijen je 1952., a riječ je o materijalu u obliku zrna ili granula koji se sastoji od polistirena koji sadržava do 7 mas. % hlapljivog ugljikovodika koji je najčešće pentan. Male količine pentana oslobađaju se iz zrna. Pentan koji je umiješan u PS-E zrnju zapaljivi je plin koji može stvarati eksplozivne mješavine sa zrakom. Određena količina pentana prirodno se ispušta iz zrnja kao plin u atmosferu. Pentan je mješavina izomera, fizikalnih svojstava navedenih u tablici 1.⁴



SLIKA 1 - Ambalaža za popunu praznog prostora u paketima od PS-E-a³

Pentan se može zapaliti pri relativno niskoj koncentraciji od 1,3 vol. % u zraku pa je u svim zatvorenim prostorima važno dobro prozračivanje koje može pomoći u sniženju koncentracije pentana u zraku. Pentanske pare teže su od zraka pa je vjerojatnije da će koncentracija pentana biti veća pri tlu.⁴

Gospodarenje otpadnim PS-E proizvodima

Od ukupne količine plastičnog otpada u komunalnom čvrstom otpadu, koja iznosi oko 7 mas. %, samo oko 0,1 % zauzimaju proizvodi od pjenećeg polistirena.⁵ Proizvodi od PS-E-a u graditeljstvu imaju dug rok uporabe zbog svoje trajnosti pa je odlaganje takvih proizvoda minimalno. Postoji nekoliko mogućnosti za gospodarenje građevinskim

PS-E otpadom, od kojih svaka ima svoje prednosti i mane. Općenito je najbolja izravna ponovna uporaba mljevenjem čistog PS-E otpada i njegovo dodavanje novomu materijalu tijekom proizvodnje. Takav se otpad može rabiti i za poboljšanje kvalitete tla. Alternativa je taljenje PS-E otpada i ekstrudiranje radi izradbe polistirena opće namjene, za proizvode kao što su posude za biljke, vješalice i zamjena za drvo (slika 2).⁶ Kao dio miješanog otpada, PS-E se može reciklirati za pravljenja klupa za parkove, stupova za ograde i prometnih znakova. Osim toga, PS-E otpad može se i spaliti, a budući da je ogrjevna vrijednost pjenećeg polistirena neznatno viša od ugljena (40 MJ/kg),⁷ u modernim spalionicama PS-E otpušta većinu svoje energije kao toplinu, čime pridonosi djelotvornijem spaljivanju kućnog otpada. Pritom emitira samo ugljikov dioksid, vodu i pepeo u tragovima. Dobivena energija može se iskoristiti za grijanje stana ili stvaranje električne struje.



SLIKA 2 - Ravnala načinjena od recikliranoga pjenećeg polistirena⁶

Iako se danas velika količina pjenastih polistirenskih proizvoda nalazi na odlagalištima,

TABLICA 1 - Fizikalna svojstva pjenila⁴

Svojstvo	normalni pentan	izopentan
Vrelište (101,3 kPa), °C	35 – 38	24 – 30
Plamište* (TCC metoda), °C	-45	-50
Donja granica eksplozivnosti u zraku, vol. %	1,4	1,3
Gornja granica eksplozivnosti u zraku, vol. %	7,8	7,6
Relativna gustoća pare (zrak=1)	>2	>2
Gorište, °C	>200	>400

*Plamište se definira kao temperatura pri kojoj određeni materijal dobije dovoljno kisika da stvori zapaljivu smjesu.

**Gorište se definira kao temperatura pri kojoj se zapaljiva smjesa automatski zapali uz dovoljnu opskrbu kisikom.

oni djeluju stabilizirajuće, kao i ostali plastični otpad, jer su inertni i netoksični. Zbog svojih svojstava proizvodi od PS-E-a prozračuju zemljište, čime se potiče rast biljaka na obradivim zemljištima. Ti se proizvodi ne razgrađuju, ne ispuštaju nikakve tvari u podzemne vode i ne stvaraju eksplozivni metan.⁵

Mogućnosti uporabe PS-E otpada

PS se može reciklirati vlažnim postupcima. Dominantni oblik PS-a su pjenasti proizvodi, što nosi određene izazove, uglavnom zbog toga što se otpad mora komprimirati za transport, a dodatci koji su uneseni tijekom pjenjenja mogu biti teško odvojivi. Pokušaji recikliranja PS ambalaže, npr. iz *McDonaldsa*, nisu urodili komercijalnim uspjehom. Tvrtna *Amoco Foam Products* rabila je reciklirani PS (uključujući ambalažu iz *McDonaldsa*) u ekstrudiranim izolacijskim pločama, međutim trošak je bio veći od izradbe istog proizvoda od novog materijala. Švicarska tvrtka *Rastra AG* rabi reciklirani PS-E i beton za izoliranje betonskih ploča.¹

Proizvodi od PS-E-a imaju nasipnu gustoću između 10 i 80 kg/m³. Velik obujam i mala masa otpada imaju velik utjecaj na ukupne troškove recikliranja pjenastih polistirenskih proizvoda, zbog visokih troškova sakupljanja i transporta. Samo je čisti pjenasti PS otpad pogodan za recikliranje, a za proizvodnju granulata primjenjuju se uobičajeni postupci.²

Nekoliko je mogućnosti primjene recikliranoga pjenastog polistirenskog otpada:⁸

- pjenasti otpad može se granulirati i miješati s izvornim PS-E-om radi izradbe novih proizvoda, npr. određene vrste izolacijskih ploča
- PS-E regranulat može se miješati s gipsom ili cementom, čime se prave lagani građevni elementi
- iskorišteni pjenasti proizvodi mogu se samljeti i pomiješati sa zemljom i kompostom, čime se potiče prozračivanje. Istraživanja su pokazala da biljke bolje rastu na takvom zemljištu.
- otpadni pjenasti proizvodi mogu se i rasti i pretvoriti u granulat polistirena opće namjene te rabiti za izradbu jednostavnih proizvoda kao što su vješalice, kućišta videokasete i CD-a ili posude za biljke.

Postupak uporabe pjenastoga polistirenskog otpada *CreaCycle*[®]

Omjer volumena prema masi pjenećeg polistirena utječe na visoke troškove transporta (gustoća otpada je oko 6,5 kg/m³) pa veliki kamioni s velikom volumnom nosivošću od 110 m³ mogu prevoziti samo 600 do 700 kg polistirena. Kako bi se smanjio volumen, sakupljači pjenećeg polistirena rabe

mlinove, no, na žalost, smanjenje volumena je faktora samo 2 ili 3. Pjenasti otpad najviše se prikuplja od građevinske i ambalažne industrije. Građevinski pjenasti otpad sadržava bromirana sprječavala gorenja, no obje vrste pjenastog otpada se ne razlikuju. Treba pretpostaviti kako su obje vrste prisutne u otpadu, što, na žalost, sprječava proizvodnju recikliranog polistirena visoke kvalitete. Najveći se dio prikupljenoga pjenastog otpada spali ili rabi za izolacijske ploče, koje ne zahtijevaju visoku čistoću reciklata, a imaju i vrlo nisku tržišnu vrijednost. Zahtjeve primjene kao što su injekcijsko prešanje i ponovno pjenjenje pjenećeg polistirena zahtijevaju vrlo nizak stupanj toplinske razgradnje i visoku čistoću, što konvencionalni postupci recikliranja teško mogu postići.⁹

Komprimiranje i ponovno ekstrudiranje do vodi do toplinske razgradnje polistirena, a sprječavala gorenja mogu stvoriti toksične bromirane spojeve. U suradnji s *Fraunhoferovim institutom IVV*, tvrtka *CreaCycle GmbH* razvila je postupak *CreaSol*[®].⁹

Visoki transportni troškovi mogu se bitno smanjiti vrlo velikim smanjenjem volumena (faktora 50) otapanjem pjenastog otpada u kapljevinu. Kako kapljevina prema EU kriterijima nije opasna, sakupljeni pjenasti otpad može se ekonomično dopremati u reciklažni pogon u standardnim spremnicima. Pogon za recikliranje radi na načelu postupka *CreaSol*[®], koji se temelji na selektivnoj ekstrakciji. Riječ je o selektivnom otapanju polimera, zatim čišćenju otopine i odvajanju dodataka i nečistoća te taloženju ciljanog polimera (slika 3). U prvom se stupnju recikliranja nečistoće kao što su metali, drvo, drugi polimeri, organski otpad i prašina odvajaju filtriranjem dobivene oto-

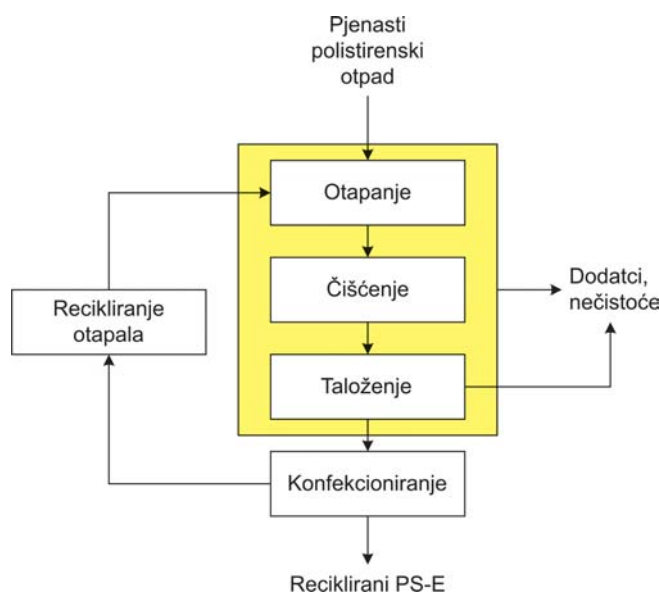
pine. Dodatak taložnog sredstva započinje taloženje čistog polistirena u obliku čestica. Pravi izbor parametara procesa i dodataka omogućuje proizvodnju pjenećeg polistirena kvalitete podjednake novomu materijalu. Čak se i PS-E otpad s velikim sadržajem nečistoća može preraditi u reciklirani PS visoke kvalitete.⁹

Rečenica za kraj

Mogućnosti recikliranja pjenastoga polistirenskog otpada su poznate, no ono ima više ograničenja od recikliranja drugih širokoprimjenjivih polimera, uglavnom zbog problema sa sakupljanjem i preradbom. Ukupni troškovi recikliranja pjenećeg polistirena viši su zbog visokih troškova sakupljanja pjenastog otpada i njegova transporta do pogona za recikliranje, pa se ni u budućnosti ne očekuje velik udio recikliranja PS-E materijala u ukupnom recikliranju plastičnog otpada.

LITERATURA

1. Hannequart, J.-P.: *Good practices guide on waste plastics recycling a guide by and for local and regional authorities*, Association of Cities and Regions for Recycling, 2004.
2. www.plasticseurope.org/Content/Default.asp?PageID=1154
3. www.nwpaperbox.com/LF-012.jpg
4. *Guidelines for Transport and Storage of Expandable Polystyrene Raw Beads*, PlasticsEurope, 2007.
5. *Building a better environment with EPS*, EUMEPS, 2002.
6. www.remarkable.co.uk
7. www.vencel.co.uk/products/civil/technical_info.htm
8. www.repsa.org.au/default.aspx?tabid=69
9. *EPS Collection Circle*, www.creacycle.de/eps-collection.html



SLIKA 3 - Koncept selektivne ekstrakcije pjenastoga polistirenskog otpada u reciklirani PS (postupak *CreaSol*[®])⁹