

Uređuje:
Ana ŠVOB

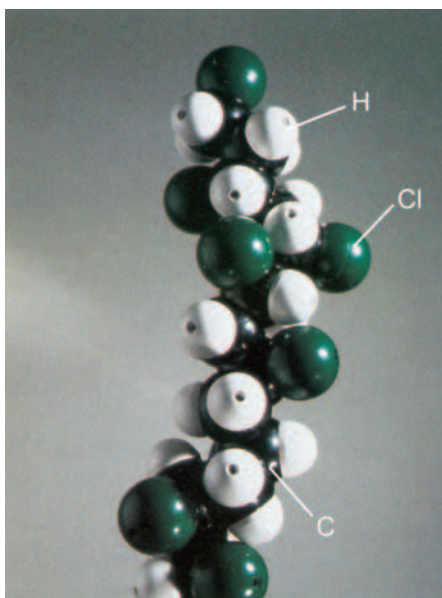


PVC – tema i dilema

Uvod

Nedavno je objavljena vijest o ponovnome pokretanju petrokemijske proizvodnje u Hrvatskoj i u svezi s tim nastavku proizvodnje vinil-klorida (VC-a) u tvornici *DINA - Petrokemija d.d.* na otoku Krku, te preseljenju postrojenja za proizvodnju PVC-a iz Zadra i Splita na Krk. Ta se odluka podudara s nezapamćenim zanimanjem tržišta za PVC tijekom 2004, kada je cijena polimerizata PVC-a porasla za trećinu. Stoga se kao tema ove rubrike nametnuo poli(vinil-klorid) koji je godinama predmet sukoba mišljenja i djelovanja dviju suprotstavljenih skupina: za jednu je to vrijedna i dugovječna plastika, a za drugu materijal koji u okoliš unosi štetne tvari kao što su klor, omekšavala i teški metali. Spominju se pri tome dječje igračke i ftalati, požari i dioksini, nesreće itd. O tome je u više navrata pisano u ovoj rubrici. Podsjetimo na najvažnije: *Klor, spojevi klora i okoliš*¹, *Jesu li igračke od PVC-a opasne?*², *Vrata, prozori i igračke od PVC-a*³. Ovaj put pišemo o otpadu PVC-a te nekim prigovorima PVC-u i odgovorima njegovih proizvođača, a glavni izvori podataka su tzv. *Green Paper*⁴, koji razmatra ekološka pitanja PVC-a, te nedavno objavljena analiza životnoga ciklusa PVC-a (e. *Life cycle analysis, LCA*) i materijala koji su mu glavni takmaci.⁵ No, najprije malo povijesti.

Monomer vinil-klorid od kojega je načinjen PVC (slika 1) sintetizirao je u laboratoriju Justus von Liebig 1835. Njegov student Victor Regnault publicirao je 1839. svoja opažanja o bijelome prahu nastalom u začepljenoj ampuli vinil-klorida izloženoga sunčevome svjetlu. PVC je sintetizirao Baumann 1872, no prije PVC-a, još 1860, Hofmann je sintetizirao poli(vinil-bromid). Osnovu za tehničku proizvodnju PVC-a otkrio je 1912. Fritz Klatte. Sve se ovo zbivalo u Europi, no komercijalna proizvodnja PVC-a započela je u SAD-u kasnih dvadesetih godina prošloga stoljeća.⁶ Tada je Waldo Semon, koji se bavio gumom, tražeći sintetičko ljepilo slučajno otkrio kako iskoristiti PVC.⁷ Nijemci su počeli s industrijskom proizvodnjom PVC-a u tridesetim, a Britanci u četrdesetim godinama 20. stoljeća. Godine 1965. proizvedeno je u svijetu tri milijuna tona PVC-a.



SLIKA 1. PVC polimer

Godine 2000. proizvedeno je više od 20 milijuna tona PVC-a (u EU oko 8 milijuna tona), što je petina cjelokupne proizvodnje plastike. Jedna trećina PVC-a je meki (sadrži omekšavala), a dvije trećine tvrdi. Prosječna godišnja potrošnja PVC-a po stanovniku u razvijenim zemljama iznosi 16 kilograma, a u zemljama u razvoju manje od jednoga kilograma.⁸ Smanjenje te razlike u potrošnji za samo 2 % značilo bi povećanje proizvodnje PVC-a za milijun tona godišnje. Sirovina za PVC – nafte ili plina (43 %) i kuhinjske soli (57 %) – ima još dosta, premda se nafti nazire kraj. No, treba naglasiti da je to polimer koji troši najmanje nafte. Hoće li u budućnosti znatan dio PVC-a dolaziti iz oporabljena materijala, tj. od otpadnoga PVC-a? O tome više u nastavku.

PVC otpad

U ovoj je rubrici otpad bio česta tema, pa je pisano o građevinskome, zdravstvenome, tekstilnome, ambalažnome, opasnome, elektrotehničkom i elektroničkom otpadu, otpadu od automobila itd. PVC se pojavljuje u svim spomenutim vrstama otpada, a ukupna će mu se količina povećavati. Naime, količina otpada nekoga materijala / proizvoda je funkcija njegove potrošnje i mjesta uporabe. Budući da se najviše PVC-a rabi u

građevinarstvu (u Europi 57 %), gdje ima i najdulje vrijeme trajanja (više od 50 godina), količina toga otpada će sve više rasti. U Europskoj Uniji je 1999. nastalo oko 4,1 milijun tona otpadnoga PVC-a, od čega je 3,6 milijuna tona bio otpad nakon uporabe (e. *post-consumer*), a 0,5 milijuna tona otpad prije uporabe (e. *pre-consumer*) koji nastaje pri izradbi proizvoda od PVC-a, njihovoj obradbi i ugradnji. U PVC otpadu nastalom nakon uporabe 1 milijun tona potječe iz građevinskoga sektora, isto toliko iz komunalnoga otpada, približno 0,7 milijuna tona potječe od ambalaže i isto toliko od starih vozila i elektrotehničke i elektroničke opreme. Procjenjuje se da će se u EU otpad koji potječe nakon uporabe PVC-a povećati do 2010. za 30 % i od sadašnjih 3,6 milijuna tona narasti na 4,7 milijuna tona, a do 2020. povećat će se za 80 % i iznositi 6,2 milijuna tona. Po sadašnjem sastavu PVC otpada dvije trećine je mekani, a jedna trećina tvrdi.⁴

Odlaganje PVC otpada

Dosad je najčešći način zbrinjavanja svih tipova PVC otpada bilo odlaganje koje je po hijerarhiji zbrinjavanja otpada i najnepoželjnije. U EU se godišnje odloži 2,6 do 2,9 milijuna tona PVC otpada (oko 0,7 % ukupnoga komunalnoga otpada), mehanički se uporabi mali udjel (oko 100 000 tona), a oko 600 000 tona se spali.⁴ Procjenjuje se da je u proteklih 30 godina odloženo nekoliko desetaka milijuna tona PVC otpada. Kako se on ponaša u odlagalištu? To je bio predmet studije koju su od 1996. do 1999. izradili stručnjaci triju tehničkih sveučilišta u Švedskoj (Göteborg) i Njemačkoj (Hamburg-Harburg i Linköping), a naručitelji su bile europske udruge koje imaju veze s PVC-om. Ispitivana su bila oba tipa PVC-a, tvrdi i meki.

Zaključci su studije sljedeći:

- PVC se ne razgrađuje u odlagalištu;
- omekšavala i stabilizatori mogu *izaći* iz polimera, ali su njihove izmjerene koncentracije u eluatu iz odlagališta ispod praga rizika (ispitivani su eluati odlagališta otpada iz Njemačke, Švedske i Italije);

ustanovljeni vinilklorid u deponijskome plinu ne potječe od PVC-a, nego od drugih spojeva klora.^{9,10}

PVC otpad će u odlagalištu komunalnoga otpada pridonijeti stvaranju dioksina i furana ako dođe do požara, ali nije utvrđeno koliko. No, valja naglasiti da je PVC relativno teško zapaljiv materijal zbog visokoga sadržaja klora. Temperature zapaljenja PVC-a (330 °C do 400 °C) i njegova samozapaljenja (400 °C) znatno su više od vrijednosti temperatura tzv. ekoloških materijala.¹

Relativno niska cijena odlaganja PVC otpada je (bio) razlog za nerazvijanje njegove oporabe. Cijena odlaganja PVC otpada u zemljama članicama EU je ista kao za komunalni otpad, a kreće se od 8 €/t u Španjolskoj do 200 €/t u Njemačkoj. Odlaganje je miješanoga komunalnoga otpada, kao što je građevinski otpad u kojem ima i organskoga udjela, skuplje, prosječno 50 €/t. No, od 2005. je u zemljama EU zabranjeno odlaganje neobrađenoga organskoga otpada (uključivo i plastike), stoga će se morati povećati drugi načini zbrinjavanja otpada, pa i PVC otpada.

Spaljivanje PVC otpada

Zasada je spaljivanje PVC otpada po učestalosti drugi način zbrinjavanja toga otpada u EU, i to većinom u spalionicama komunalnoga otpada. Naime, PVC otpad se spaljuje i u spalionicama bolničkoga otpada, jer se taj polimer mnogo rabi u medicini. U EU se godišnje spali prosječno oko 600 000 tona PVC-a, što je oko 10 % spaljene plastike, odnosno oko 0,7 % ukupne količine spaljenoga otpada, no 2 % kalorične vrijednosti komunalnoga otpada. (Prosječna kalorična vrijednost mekoga PVC-a je oko 20 GJ/t, tvrdoga oko 16 GJ/t, a komunalnoga otpada oko 10 GJ/t.) Predviđa se da će se 2020. u EU spaljivati 2,6 milijuna tona PVC otpada. Dobivanje energije iz spalionica otpada je sve izvjesnije. Iskorištenje energije sadržane u otpadu pretvorene u električnu energiju iznosi u tom slučaju 20 do 25 %, a u konvencionalnim energanama na ugljen, naftu ili plin od 40 do 42 %.¹¹

PVC otpad pridonosi između 38 % i 66 % (prosječno 50 %) sadržaju klora u otpadu koji se spaljuje. (Taj doprinos se smanjuje, jer se PVC manje rabi u ambalaži, a povećavaju se i drugi načini oporabe.) Drugi glavni izvori klora u komunalnome otpadu su živežne namirnice (17 %) i papir (10 %). Spaljivanjem PVC-a i drugih sastojaka otpada koji sadrže klor nastaje u dimnome plinu klorovodik koji se mora neutralizirati ukoliko se ne koristi posebni postupak gdje se HCl hvata i ponovno koristi.

Ispituje se i spaljivanje komunalnoga otpada s većim udjelom PVC otpada, oko 7 %, te s

tim u svezi korozija opreme, nastajanje dioksina i teških metala.¹² Svi kiseli plinovi stvoreni za vrijeme spaljivanja komunalnoga otpada (uz HCl su glavni oksidi sumpora) moraju se neutralizirati prije ispuštanja u atmosferu, za što postoje četiri postupka: suhi, polusuhi, polumokri-mokri i mokri. U svim postupcima nastaju čvrsti ostatci koji predstavljaju opasni otpad, osim u mokrome gdje nastaje tekući otpad, a sve to treba opet zbrinuti. Stoga spaljivanje PVC otpada u spalionicama komunalnoga otpada povisuje cijenu spaljivanja, koja varira ovisno o zemlji, načinu neutralizacije i zbrinjavanju ostataka. Dodatna cijena spaljivanja PVC-a u usporedbi sa spaljivanjem komunalnoga otpada je oko 20 €/t za mokri postupak, do preko 300 €/t za suhi postupak.⁴

Spaljivanje PVC-a s komunalnim otpadom povećava ostatak nastao čišćenjem dimnih plinova (37 % za suhi postupak, 34 % za polusuhi i 42 % za polumokri-mokri); dvaput povećava sadržaj soli (kloridi kalcija, natrija i kalija) koje mogu iscuriti iz toga ostatka, a povećava i sva druga curenja. Dosad nije ustanovljeno da manji sadržaj klora smanjuje nastanak dioksina u spalionicama, no zna se da je PVC glavni izvor klora u spalionicama komunalnoga otpada, kao i da je njihov prinos emisiji dioksina od 1993. do 1995. bio oko 40 %. Valja, međutim, naglasiti da je za stvaranje odnosno nestvaranje dioksina bitna temperatura spaljivanja i koncentracija kisika, i da su se zadnjih deset godina emisije dioksina i furana iz spalionica otpada znatno smanjile, ponegdje i za 98 %.¹³

Oporaba PVC otpada

Udruge europskih proizvođača PVC-a (ECVM), proizvođača omekšavala (ECPI) i stabilizatora (ESPA) te prerađivača PVC-a (EuPC) donijele su dragovoljno u ožujku 2000. dokument nazvan *Vinyl 2010*.¹⁴ Njime je ukazano na moguće ekološke i zdravstvene rizike PVC-a te se obvezalo da će u

sljedećih deset godina slijediti odgovorno upravljanje proizvodom i otpadom. Dokument se temelji na programu kemijske industrije *Odgovorna briga* (e. *Responsible Care*) više puta spominjanome u ovoj rubrici, a postavljena su četiri cilja:

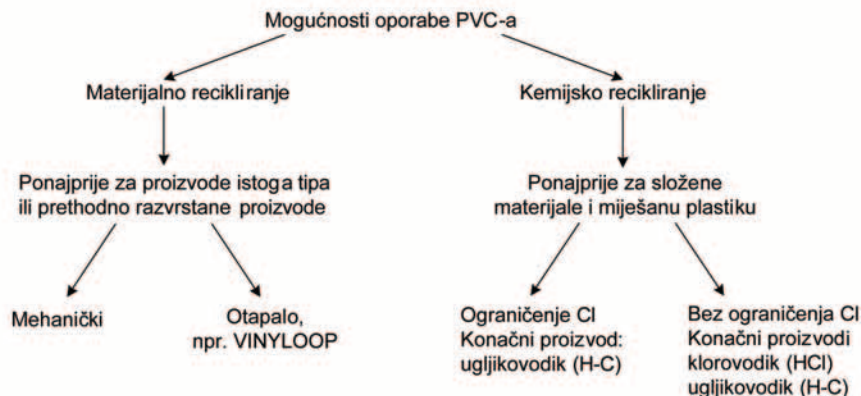
- neprekidno smanjivanje opterećenja okoliša i djelotvorno korištenje resursa u proizvodnji;
- održiva primjena dodataka u primjeni PVC-a;
- odgovorno postupanje s PVC proizvodima na kraju njihova korištenja;
- projekti, osoblje i sredstva (25 milijuna €/godina) za postignuće tih ciljeva.

Kao rezultat ove akcije prestala je od početka 2001. uporaba kadmija kao stabilizatora i započeo program zamjene olova kao stabilizatora nekim prihvatljivijim, s ciljem da se njegova uporaba smanji od postojećih 120 000 t u 2000. na 80 000 t u 2010.¹⁵ Sljedeći cilj akcije je bitno povećati uporabu PVC otpada. Stoga PVC *branša* planira do 2010. izgraditi u Europi kapacitete za uporabu 300 000 tona PVC otpada.¹⁶

Osim energetske, postoje i druge mogućnosti oporabe PVC-a, prikazane na slici 2.

Mehanička uporaba PVC otpada znači da se pritom koriste samo mehanički postupci, uglavnom sjeckanje, prosijavanje i mljevenje. Dobiveni reciklat (u praškastome obliku) može se preraditi u novi proizvod. Kakvoća PVC reciklata, koja može jako varirati ovisno o stupnju onečišćenja i sastavu prikupljenoga materijala, određuje stupanj do kojega reciklat može zamijeniti novi materijal. Reciklat visoke kakvoće može se uporabiti za isti vrstu primjene PVC-a, a reciklat niske kakvoće iz miješane frakcije otpada može se uporabiti samo kao dodatak za proizvode koji se rade od drugoga materijala (e. *down-cycled*).

Mehanička je uporaba PVC otpada nastalog prije uporabe isplativa i ide u EU vrlo dobro (1998. se uporabilo 85 % toga



Slika 2. Mogućnosti oporabe PVC-a

otpada) no, otpada nakon uporabe se oporabilo manje od 5 %. Tu je važno uspostaviti procese odvojenoga prikupljanja plastičnoga materijala, jer PVC može imati negativni učinak na uporabu druge plastike u miješanome plastičnom otpadu. PET i PVC imaju slične gustoće, pa ih je teško odijeliti, a prisutnost PVC-a predstavlja dodatni trošak u uporabi PET boca. (Važno je označavanje materijala!)

Dodatci, klasificirani kao opasni (olovo, kadmij, PCB-i), koji se prestaju rabiti u novome PVC-u, i dalje će se pojavljivati u PVC otpadu, posebice građevinskome, predstavljaju dodatni problem pri materijalnome recikliranju.

Mehaničko recikliranje cijevi, profila i podova koje bi dalo materijal visoke kvalitete, nije zasada profitabilno, jer je cijena recikliranja znatno iznad cijene odlaganja ili spaljivanja. Recikliranje ambalažnoga otpada koje daje proizvod niske kvalitete, također nije isplativo. Izolacija kabela je jedini dio PVC otpada koji se nakon uporabe može isplativo oporabiti, zbog sadržaja vrijednih metala kao što su bakar i aluminij.

Oporaba PVC otpada uz pomoć otapala koristi potpunu topivost PVC-a u nekim otapalima. Nedavno patentiranim VIG postupkom na taj se način oporabljuje PVC izolaciju kabela. PVC se otapa u diklormetanu i dobije se želatinozna masa iz koje se u miješalici izdvoje metalni dijelovi i potpuno odvoje u strujnome kanalu. Zaostali se PVC preša i suši, diklormetan se hvata i vraća u proces.¹⁷

Drugi je postupak uporabe PVC-a otapanjem tvrtke Solvay S.A. pod nazivom VINYLOOP®, rezultat udruživanja četiriju partnera: *Adriplast*, *Solvin Italia*, *Technometal* i *Vulcaflex*.⁸ Istraživanja su počela krajem 1997, prvi je patent prijavljen u ožujku 1998, a početkom 2002. počelo je s radom prvo postrojenje. Postupak je prikladan za uporabu PVC-a iz materijala i kompozita iz kojih se inače ne da izdvojiti kao što su poliesteri, poliolefini, staklo, prirodni tekstil, poliuretani, metali, razni tipovi gume te papir.

To je šaržni postupak koji se provodi u zatvorenome kružnome toku uz primjenu organskoga otapala (npr. metiletiketona) koji se potpuno reciklira. Usitnjeni materijal se uvodi u reaktor s otapalom u kojemu se otapa PVC. Nakon odjeljivanja netopljivih dijelova (poliester, staklo, prirodna vlakna, metalni dijelovi itd.) PVC otopina se uvodi u reaktor za obaranje, gdje se uz primjenu vodene pare otopina odjeljuje kao azeotropna smjesa. Ona se zatim hladi i pomoću dekantiranja odijeli tekućina i voda. Otapalo se reciklira i vraća u proces, PVC se, kvalitete slične originalnome materijalu, suši i gotov je za novu uporabu.

Kemijsko ili sirovinsko recikliranje PVC-a postaje sve popularnije, posebno za miješani otpad s visokim sadržajem PVC-a. Pri kemijskome recikliranju plastičnih materijala cijepaju se molekule polimera u manje molekule. To mogu biti monomeri koji se uvode izravno u proizvodnju novoga polimera, ili druge tvari koje se dalje mogu koristiti u kemijskoj industriji kao sirovine. U slučaju PVC-a osim cijepanja polimera (ali ne u vinil-klorid!) oslobađa se i klor u obliku klorovodika.

U *Lindeovom* se postupku sa šljakom obrađuje otpad s visokim sadržajem PVC-a, najmanje 10 %, a idealno bi bilo više od 35 %, (podne obloge, kabeli, umjetna koža, stara vozila). Sirovina (otpad) grije se s pijeskom i kisikom pri 1 400 do 1 500 °C. Rezultat je solna kiselina, ugljikov monoksid, vodik i anorganska šljaka slična staklu koja se može upotrijebiti za cestogradnju. CO i vodik (sintezni plin) mogu se upotrijebiti za proizvodnju metanola ili tenzida, a HCl je osnovica za klor i VCM. Prvo poluindustrijsko postrojenje proradilo je početkom 2001. u francuskome Tavauxu.

Za uporabu mekanoga PVC-a, smjesa i teško odjeljivih mješavina s PVC-om (s manje od 10 % PVC-a), pogodan je postupak *DOW-BSL* (rabi se u pogonu u Schkopau). Otpad se uvodi u rotacijsku peć i toplinski razgrađuje pri 1 100 °C. Pritom se klorovodik raspada i prerađuje u solnu kiselinu, elektrolizom koje se pridobiva klor koji se može ponovno upotrijebiti u proizvodnji vinil-klorida i PVC-a.

Ispituju se i drugi postupci, kao što su: kombinirani postupak hidrolize i pirolize (Stignaes u Danskoj, za otpad bogat PVC-om, s natrijevom lužinom), dvostupanjski postupak pirolize (*NKT – Watech* u Danskoj) i proces dehidrokloriranja miješanoga plastičnoga otpada (*REDOP*, Nizozemska).

Iz navedenoga je vidljivo da su se proizvođači i prerađivači PVC-a oštro uhvatili u koštac s uporabom svoga otpada, kao što su se i obvezali u dragovoljno donešenome dokumentu *Vinyl 2010*. No, ako i budu u EU do 2010. izgrađeni kapaciteti za uporabu 300 000 t/god. PVC otpada, to će biti samo 9 % europske količine toga otpada.

LCA PVC-a i alternativnih materijala⁵

Europski je parlament donio u travnju 2001. *Rezoluciju* o dokumentu *Green Paper* o utjecajima PVC-a na okoliš.¹⁸ U njoj se ističe da se usredotočila uglavnom na utjecaje PVC-a na okoliš sa stajališta upravljanja otpadom, a nije razmotrila ekonomske prednosti i nedostatke toga materijala. Ova *Studija* također nije analizirala sve aspekte PVC proizvoda kroz cijeli životni tijek i usporedila ih s alternativnim materijalima (PET, alu-

minij, drvo i dr.). Te je nedostatke obradila studija *LCA PVC-a* i glavnih materijala takmaca.⁵

Usporedbe su u *Studiji* rađene na razini primjene a ne materijala. Ovisno o vrsti proizvoda, utjecaj na okoliš može biti veći tijekom uporabe ili na kraju životnoga ciklusa, nego tijekom proizvodnje. Identificirano je oko 100 *LCA* koje se odnose na PVC, no samo njih 30 sadrži usporedbe na razini primjene. Procjene životnoga vijeka, *LCA*, jako ovise o cilju i obuhvatu, pa dvije studije o istome proizvodu mogu dati različite zaključke. Svrha tih analiza nije procijeniti utjecaje izlaganja i opasnosti kao što se radi u procjeni rizika, nego utvrditi bitne utjecaje na okoliš i faze u cijelome životnome ciklusu u kojima se oni javljaju.

Glavni su zaključci studije:

- u lancu životnoga ciklusa PVC-a glavni utjecaj na okoliš imaju proizvodnja intermedijera, osobito procesi vađenja nafte i soli za proizvodnju VCM-a;
- proizvodnje stabilizatora i omekšavala imaju znatnu ulogu u utjecaju na okoliš, a proizvodnja pigmenata malu, jer se rabe male količine;
- postoje novi postupci mehaničke uporabe temeljeni na selektivnome otapanju i to na ekonomski prihvatljiv način, no zasada se mali dio *post-consumer* PVC otpada oporabljuje. Energijska uporaba PVC otpada spaljivanjem zajedno s komunalnim otpadom postiže se u postojećim najnaprednijim (e. *state of the art*) spalionicama otpada;
- pozitivni su učinci rastućega mehaničkoga ili materijalnoga recikliranja smanjenje procesa vađenja sirovina te proizvodnje intermedijera i polimera, dok kemijsko recikliranje pruža drugu mogućnost uporabe PVC-a za drugi životni ciklus;
- tržište oporabljene plastike, nasuprot tržištu oporabljene metala, zasada nije dobro uređeno, pa tako ni potražnja za sekundarnim materijalom. No, brojni će novi postupci uporabe doprinijeti optimiranju okolišnih utjecaja PVC-a i konkurentnih materijala;
- korisnici ne prihvaćaju oporabljene proizvode sa smanjenim optičkim ili estetskim svojstvima, čak i ako su istih tehničkih svojstava. To posebno vrijedi za proizvode u građevinarstvu, elektronici i u automobilskoj industriji.

Studija sadrži niz usporedba primjena proizvoda (prozori, podovi, krovovi, cijevi, igračke, ambalaža, automobili, kabeli) od PVC-a i konkurentnih materijala.

Na *Studiju* ima i kritičkih primjedaba. Tako Rossi¹⁹ prigovara autorima što nisu prepoznali mnoga ozbiljna ograničenja uporabe

LCA kao metode za informiranje ili stvaranje odluka. Ta metoda je manje djelotvorna kada se radi o toksičnim i opasnim tvarima, osim toga ona je više statičko nego dinamičko analitičko sredstvo, pa je računanje s budućnosti problematično, posebno za uporabu resursa. Daljnja zamjerka *Studiji* jest da nije vodila računa o toksičnim tvarima (dioksini u fazi proizvodnje PVC-a i spaljivanja PVC otpada, te omekšavala ftalata za mekani PVC). Navodi da je *Američka agencija za zaštitu okoliša* (EPA) utvrdila na temelju podataka iz industrije, da proizvodnja etilendiklorida (EDC) i vinil-klorid monomera (VCM) spada u 15 glavnih izvora emisija dioksina u SAD-u. (Doduše, ne navodi je li to 1. ili 15. mjesto, a ni koliko su stara postrojenja.) Navode se i neki radovi koji ističu da PVC znatno pridonosi stvaranju PCDD-a, PCDF-a i PCB-a pri spaljivanju miješane plastike.

Zamjerka *Studiji* je i što ne spominje da su omekšavala ftalati široko rasprostranjeni u okolišu i u ljudima u razvijenim državama, a da je *Direktiva o općoj sigurnosti proizvoda* u EU donijela privremenu zabranu šest ftalata (DEHP, DIDP, DINP, DBP, BBP i DNOP) za igračke i proizvode za djecu mlađu od tri godine. *Studija* je propustila uočiti kumulativni učin mnogih malih količina istih kemikalija iz brojnih PVC proizvoda. Što se tiče oporablivosti PVC-a, Ross navodi da je to jedan od najteže oporabljivih polimera te je

zato njegova uporaba tako niska, a spominjanje budućih eventualnih postupaka u studiji *Green Paper* zahtijevalo bi isto to za druge materijale s kojima se uspoređuje, a koji su također u tijeku istraživanja. Teška oporabljivost PVC-a navela je neke proizvođače automobila da taj materijal počinju izbjegavati ili čak izbacivati, navodi Ross. Činjenica je da je *General Motors* najavio još 1999. zabranu PVC proizvoda u svojim automobilima,²⁰ no njemačka *Udruga proizvođača i prerađivača PVC-a te zaštitu okoliša* (nj. *Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V.*) pruža podatke da PVC proizvodi daju optimalna rješenja u gradnji automobila.²¹

Umjesto zaključka

Je li PVC materijal prijateljski za okoliš? Ako se pod tom sintagmom misli na proizvod ili materijal koji nema uopće nikakav negativni utjecaj na okoliš tijekom svoga životnoga ciklusa, odgovor je – nije! Svaka proizvodnja koristi sirovine i energiju i stvara emisije i otpad, pa tako i proizvodnja PVC-a. No, ti utjecaji PVC-a nisu veći u usporedbi s alternativnim materijalima koji se rabe za određene primjene. Dakle, niti je PVC demonski materijal kako ga prikazuju neke ekološke udruge, niti je neškodljiva plastika koja ima samo prednosti u svim primjenama u kojima se rabi.

Literatura

1. Švob, A.: *Klor, spojevi klora i okoliš*, Polimeri, 18(1997)3-4, 189-193.
2. Švob, A.: *Jesu li igračke od PVC-a opasne?*, Polimeri, 19(1998) 1, 4.
3. Švob, A.: *Vrata, prozori i igračke od PVC-a*, Polimeri, 21(2000) 5, 159-160.
4. N. N.: *Green Paper, Environmental issues of PVC*, COM (2000)469, 26/7/2000.
5. N. N.: *Life Cycle Assessment of PVC and of principal competing materials*, Project Coordination PE Europe GmbH, Commissioned by the EU, April 2004.
6. N. N.: *PVC and the environment*, Norsk Hydro, Petrochemical Division, Oslo, 1992.
7. N. N.: *PVC*, Material World, Jan. 2005, 24.
8. N. N.: *Precipitated Waste*, Macplas, May 2002.
9. N. N.: *Studie zum Langzeitverhalten von PVC*, GAK, 12(1999), 880.
10. Wollenweber, M., Bodderas, E.: *PVC: Stabil auf der Deponie*, VDI 38/2000.
11. N. N.: *PVC- Recycling*, Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e. V. Bonn, Dec, 2001.
12. N. N.: *Industrie will in Zukunft mehr PVC-Abfälle verbrennen*, VDI, 41/2001.
13. Švob, A.: *Spalionice otpada, dioksini i pepeo*, Polimeri, 24(2003)1, 25-27.
14. www.vinyl2010.org/index3.html.
15. N. N.: *Industrie lehnt politische Vorgaben für PVC ab*, VDI 37/2000.
16. N. N.: *PVC-Daten, Fakten, Perspektiven*, Arbeitsgemeinschaft PVC und Umwelt e.V. Bonn, May, 2003.
17. Haas, L.: *Wackelpudding aus PVC*, VDI 15/2001.
18. N. N.: *European Parliament resolution on the Commission Green Paper on environmental issues of PVC*, Official Journal of the European Communities, 24. 1. 2002.
19. Rossi, M.: *Reaching the Limits of LCA – Critique of the EU PVC LCA Report*, Clean Production Action, Juni, 2004.
20. Pryweller, J.: *GM plans to ban PVC*, Urethanes Technology, (1999)10-11, 12.
21. www.agpu.com/download/prodinfauto.pdf.

G. Polaski, J. Means, B. Stull, P. Waren, K. Allen, D. Mowrey, B. Carney

Bonding Elastomers: A Review of Adhesives and Processes

Rapra Technology Ltd., Shawbury, 2004

140 stranice, 19 tablica, 29 slika, format 29,8 cm · 21 cm, ISBN 1-85957-495-5, meki uvez, cijena 136 €.

Sadržaj: *Foreword; Introduction; Adhesive Application; Moulding; Environmentally Preferred Adhesives; Aqueous Adhesives; Troubleshooting; Testing; Markets; Future Trends in Rubber-to-Metal Bonding; Abbreviations; Abstracts from the Polymer Library Database; Subject Index; Company Index.*

Postoji oko 20 tipova kaučuka, svaki sa svojim jedinstvenim fizičkim i kemijskim svojstvima. Smješavanjem se svojstva pojedinoga kaučuka mogu poboljšati, ali nemoguće je načiniti smjesu na osnovi jednoga kaučuka koja bi zadovoljila sva područja primjene. Isto tako još nije razvijeno ljepilo kojim bi se osigurala potrebna čvrstoća lijepljenoga spoja te postojanost na okolišne

utjecaje, a koje se može primijeniti za sve polimerne materijale.

Pri lijepljenju elastomernih proizvoda izbor ljepila ovisi o sastavu kaučukove smjese, načinu umreživanja, uvjetima uporabe lijepljenoga proizvoda, materijalu na koji se taj gumeni proizvod lijepi, postupku proizvodnje i geometriji gumenoga proizvoda. Na izbor vrste ljepila utječu i ostali čimbenici, uključujući boju, električnu provodnost i način uporabe proizvoda.

Raprin izvještaj o lijepljenju elastomernih proizvoda, ljepilima i postupcima daje vrlo široki prikaz o tome kako kvalitetno zaljepiti elastomerni dio za određenu podlogu (čelik ili plastiku) kako bi se dobio što kvalitetniji spoj. Detaljno se opisuje cijeli niz elemenata važnih za postupak lijepljenja, od pripreme podloge, izbora odgovarajućega ljepila, pri-

preme ljepila i njegova nanošenja, do uvjeta u kalupu. Nadalje, opisuje se ispitivanje lijepljenih spojeva, te analiza i uklanjanje potencijalnih grešaka i budući trendovi na području lijepljenja elastomera.

Ovaj je izvještaj načinjen na osnovi dugogodišnjega praktičnoga rada njegovih autora te iskustva proizvođača gumenih dijelova.

Osim opisa lijepljenja u izvještaju se nalazi i popis tvrtki koje se bave ovim područjem, bilo kao proizvođači ljepila bilo kao njihovi korisnici. U izvještaju je navedeno 364 sažetka radova koji obuhvaćaju područje lijepljenja elastomera, a koji se nalaze u *Raprin*oj bazi *Polymer Library Database*.

Gordana BARIĆ

