

Prilozi za povijest industrije plastike u Hrvatskoj: Proizvodnja poli(vinil-klorida)

Privedio: Ivo GASPERČIĆ

Od početka proizvodnje poli(vinil-klorida) u Kaštelima kod Splita prošlo je 60 godina. Ta proizvodnja bila je ujedno prva takve vrste u tadašnjoj Jugoslaviji i među malobrojnim u Europi. Kao službeni početak rada tvornice uzima se kraj 1949. godine, a prve količine emulzijskog poli(vinil-klorida), PVC-E-a, proizvedene su 1950. godine.

Odlukom *Vlade FNRJ* donesenom 1946. osnovan je *Jugovinil*, poduzeće za proizvodnju plastičnih masa i kemijskih proizvoda. Kada se te godine raspravljalo o lokaciji, od nekoliko mogućih između Omiša i Trogira u posljednji je trenutak odabran Kaštel Sućurac. Izgradnja i razvoj *Jugovinila* temeljili su se na blizini izvora električne energije i karbida, te vode (rijeka Jadro, vlastiti vodovod), a važan je bio i položaj uz more (otpadne vode), blizina relativno velikoga grada (prometnice, stručnjaci) te radna snaga iz nerazvijenoga i siromašnoga zaleđa.

Tvornica je sagrađena na uskom pojasu širine oko 120 m i dužine 400 do 500 metara, između naselja Kaštel Sućurca i Kaštel Gomilice, u ono vrijeme relativno dovoljno udaljena od tih naselja. Prostor je bio gotovo nenaseljen i tek će se poslije približavati novi objekti i stambene zgrade. Već je tada, a posebice poslije, prostor širen nasipavanjem mora (novi pogon suspenzijskoga PVC-a sagrađen je na nasutom zemljištu).

Ključni stručnjaci došli su iz cijele tadašnje države, a izobrazba vlastitih kadrova obavljala se u tadašnjim središtima kemijske industrije.

Početak proizvodnje – opis postupka

Godine 1950. proizvedeno je samo 3 tone PVC-E-a u prahu, načinjenoga prema švicarskoj licenci diskontinuiranim, šaržnim postupkom, nominalnog kapaciteta 3 000 t/god. Proces se odvijao u 10 horizontalnih rotirajućih autoklava s po 6 m³ reakcijskog prostora.

Proizvodnja emulzijskog PVC-a

U očišćeni autoklav ulijeva se tzv. *flota*, demineralizirana voda s otpljenim katalizatorom (vodikov peroksid), emulgatorom (sulfonati) i puferom (fosfati), a zatim se savitljivom cijevi ulijeva monomer, vinil-klorid (VC) u kapljevitom stanju. Do godine 1965. VC je čuvan u kapljevitom stanju pri niskoj temperaturi od oko -20 °C, a poslije pod tlakom od nekoliko bara pri sobnoj temperaturi. Zatim se autoklav zarotira i preko dvostrukog plašta zagrijava reakcijska smjesa vrućom vodom do reakcijske temperature od 52 do 60 °C. Toplina nastala zbog egzotermne reakcije polimerizacije odvodi se preko istog plašta rashladnom vodom, što omogućuje održavanje stalne temperature, a to je važno za postizanje željene molekularne mase PVC-a.

Godinama se opisana operacija izvodila ručno pa su operatori bili pravi majstori. Proces polimerizacije u početku je trajao dosta dugo, više od 20 sati, ali je već u drugoj polovini pedesetih skraćen na 14 do 15 sati vlastitim unaprjeđenjima procesa.

Neizreagirani VC (3–4 %) odlazio je u atmosferu kroz za tu namjenu otvorene žaluzine i tek je od druge polovine sedamdesetih godina prošlog stoljeća veći dio odlazio na rekuperaciju. Dobivena emulzija sušena je raspršivanjem u struji vrućeg zraka, a PVC prah odvajao se od zraka u multiciklonima i u platnenim vrećastim komorama. Na kraju se praškasti proizvod pakirao u papirnate vreće od 25 kg.

Nakon ozbiljnih početnih teškoća i navodno prijevremenog odlaska inozemnih stručnjaka, proizvodnja se postupno uhodavala i do kraja pedese-

tih godina prošlog stoljeća se udvostručila zahvaljujući unaprjeđenjima A. Damjanića i V. Andonova. No smatra se ipak da je postupak s rotirajućim autoklavima već pedesetih godina bio zastario.

Vinil-klorid bio je vlastite proizvodnje dobiven sintezom etina i klorovodika. Etin (acetilen) se dobivao iz karbida proizvedenog u Dugom Ratu kod Omiša, a klorovodik sintezom produkata elektrolize natrijeva klorida.



Zapušteni ostatci *Jugovinila* u Kaštel Sućurcu

Tvornica se, dakle, sastojala od pogona:

- klor-alkalna elektroliza (živin proces, vodik, klor, natrijev hidroksid)
- klorovodik i solna kiselina
- dobivanje etina
- sinteza vinil-klorida
- pogon za proizvodnju emulzijskog PVC-a
- termoelektrana na ugljen
- pripadni energetske objekti i održavanje.

Smatra se da je u to vrijeme *Jugovinil* bio jedna od najvećih tvornica takve vrste u Europi. Na proizvodnju PVC-a odmah se nastavila i preradba tog polimera u samom *Jugovinilu* i izvan njega. *Jugovinil* je bio osnivač kasnijih samostalnih poduzeća kao što su *Jugoplastika* i *Jadroplastika*. Njegovi kadrovi bili su osnivači ili su sudjelovali u stvaranju i drugih poduzeća: *Cetinke*, *Trilj*, *OHIS-a*, *Skoplje*, te *HIP-a*, *Pančevo*, a svojim PVC-om i omekšavalom *Jugovinil* je opskrbljivao *Vinilplastiku* u Zadru i preradbu u Bačkoj Palanki.

U međuvremenu je započeta i proizvodnja omekšavala, uglavnom DOP-a.

Osnovani su brojni laboratoriji, kontrolni, razvojni, poluindustrijski, te bogata stručna knjižnica. Sedamdesetih godina 20. stoljeća nije bilo važnijega stručnog časopisa na koji ta knjižnica nije bila pretplaćena.

Zahvaljujući i mjerama državne ekonomske politike i monopolu na tržištu, *Jugovinil* je potkraj 50-ih godina 20. stoljeća imao jako dobar ekonomski položaj. Plaće su bile relativno visoke, gradili su se brojni stanovi i društveni objekti, a bilo je novca i za druge namjene (npr. za potporu *Hajduku*).

Proizvodnja suspenzijskog PVC-a

U proljeće 1960. godine započela je proizvodnja suspenzijskog PVC (PVC-S) praha s nekoliko vertikalnih fiksnih autoklava od 8 m³ kupljenih u inozemstvu. To je bio pionirski pothvat ostvaren vlastitim snagama i

znanjem (B. Levi i I. Pavičić), jer su u to vrijeme informacije o takvim postupcima bile jedva dostupne, pa i na Zapadu.

Prethodno su provedeni pokusi u poluindustrijskom laboratoriju koji je bio u sklopu intelektualno jake jedinice *Istraživanje i razvoj*. Tek su poslije ugrađeni novi reaktori - autoklavi, koje je izradilo zagrebačko *Jedinstvo*. Konačni broj od 16 autoklava postignut je 1968., a sustav miješala je i dalje bio iz uvoza.

Iako je proizvodnja suspenzijskog PVC-a, razvijena vlastitim snagama i znanjem, bila hvalevrijedan pothvat, ona je dijelom odredila i u negativnom smislu usmjerila kasniju budućnost ove proizvodnje. Naime, zbog velikih uspjeha u proizvodnji zanemarena je modernizacija. Izgradnja novih pogona je kasnila, što je iskoristila konkurencija.

Već se 60-ih godina javljaju teškoće u poslovanju i neke naznake krize. *Jugovinil* nije više mezimac države, a javlja se i jača konkurencija na području preradbe PVC-a (*Cetinka*).

S vremenom se javlja nedostatak vlastitog VC-a za potrebe proizvodnje PVC-a, a u svijetu se sve više upotrebljava jeftiniji petrokemijski monomer. Osim toga, početkom tog desetljeća dio dokazanih, sposobnih stručnjaka odlazi iz poduzeća iz različitih razloga; neki se vraćaju u svoje sredine, neki odlaze željni afirmacije u novim, sličnim tvornicama, neki zbog političkih sukoba, a neki kao profesori na novootvoreni *Kemijsko-tehnološki fakultet* u Splitu.

Unatoč svemu ostvareni su zavidni rezultati:

- unaprijeđenje polimerizacije PVC-E-a omogućilo je udvostručenje proizvodnje
- unaprijeđenje i povećana proizvodnja VC-a
- uvedena je proizvodnja kopolimera vinil-klorid/vinil-acetata
- izrađen je *Pravilnik o nagrađivanju inovacije i unaprjeđenju*
- sredinom 60-ih ugrađena je moderna tlačna destilacija vinil-klorida, koja je omogućila povećanje proizvodnje monomera te povećala sigurnost i poboljšala radne uvjete
- dio prerade seli se u nove, moderne pogone za proizvodnju umjetne kože, folija, cijevi, roleta i različitih granulata i dr., tako da sedamdesetih godina *Jugovinil* proizvodi gotovo sve proizvode koji se izrađuju od PVC-a.

Daljnja važna unaprjeđenja, a osobito u proizvodnji PVC-S-a, sredinom 70-ih, omogućila su povećanje proizvodnje, smanjenje utroška VC-a, ostalih sastojaka i energije, smanjena je emisija monomera i izloženost zdravlja radnika utjecaju proizvodnih postupaka. Proizvodnja PVC-E-a dostigla je rekordnih 10 000 t/god., a PVC-S-a gotovo 36 000 t/god., što je, uz jednak broj autoklava, tri puta više nego desetak godina prije.

U ljeto 1975. u rad je pušteno novo postrojenje za sušenje suspenzijskog PVC-a, a to je dodatno omogućilo konkretiziranje rezultata unaprjeđenja. To je bila jedna od najrentabilnijih investicija jer je bila relativno jeftina i ostvarena u pravo vrijeme. Sušenje je godinama radilo punim kapacitetom uz optimalan utrošak energije i ostale troškove te uz osjetno bolje uvjete rada u odnosu na stari pogon sušenja.

Utjecaj VC-a na ljudsko zdravlje

Spoznaje o štetnom djelovanju vinil-klorida na ljudsko zdravlje 1974. zatekle su pogone *Jugovinila* u teškom stanju. To otkriće dovelo je svuda u svijetu proizvodnju PVC-a u delikatnu situaciju. Do tada je upravo ta grana imala natprosječan rast i dobru zaradu. No ubrzo je došlo do oporavka. Gase se manji i stariji pogoni, a pronalaze se i nova rješenja za smanjenje emisije VC-a i njegove koncentracije u zraku, otpadnim vodama i polimeru. Dodatna nepovoljna okolnost je i sve veća proizvodnja i konkurencija polietilena, koja je tih godina premašila proizvodnju PVC-a.

Izgradnja novih pogona

Nastala situacija naposljetku je dovela do odluke o izgradnji novih, modernijih pogona. Najprije se sredinom 1975. napušta proizvodnja vlastitog monomera i počinje se uvoziti jeftiniji petrokemijski VC. U tu svrhu izgrađeni su kuglasti spremnici i pristanište za brodove tankere nosivosti do 10 000 tona. Godine 1975. konkretizira se projekt izgradnje novog pogona za proizvodnju emulzijskog PVC-a prema licenciji tvrtke *Hoechst*, u to vrijeme jednoga od vodećih svjetskih proizvođača PVC-E-a. Ukupna investicija je, zajedno sa svim popratnim troškovima, iznosila oko 40 milijuna dolara. Čak su se i njemački stručnjaci divili izgledu i funkcionalnosti postrojenja.

Pogon je započeo s proizvodnjom u srpnju 1981. Investicija se pokazala opravdanom, velikim se dijelom sama isplatila, i da nije došlo do poznatih događaja 1990. i poslije, još bi vjerojatno donosila prihode.

Nakon nekoliko godina rasprava i dilema da li dograditi i donekle modernizirati stari pogon za proizvodnju suspenzijskog PVC-a ili izgraditi novi, odlučeno je da će se graditi novi pogon. Ugovor za izgradnju pogona prema američkoj licenciji *BF Goodrich* potpisan je 1978., a projektiranje i izgradnju vodila je engleska tvrtka *SimChem*. Radilo se o vrhunskom proizvodnom postupku, posebice s ekološkog aspekta. Osnovu procesa činili su *veliki* reaktori ($3 \cdot 62,5 \text{ m}^3$) koji se rijetko otvaraju, jedanput mjesečno ili čak rjeđe, što je jedna od glavnih prednosti pred klasičnim, starim pogonom. To je moguće zahvaljujući elektropoliranoj stijenci reaktora od nehrđajućeg čelika premazanog posebnim lipofobnim premazom koji sprječava neugodno sljubljanje nastalog polimerizata za unutrašnjost reaktora. Proces je bio računalno vođen. Rezultat, izvanredna kvaliteta polimera uz optimalne energijske i ostale utroške.

Neizreagirani vinil-klorid (konverzija 82 – 85 %) uklanjao se u koloni za odstranjivanje, *stripiranje* suspenzije, pa su u atmosferu odlazile samo zanemarive količine monomera. To je daljnja bitna karakteristika novog postupka.

Na sličan način obrađivane su i otpadne vode. One su se, oslobođene vinil-klorida, obrađivale u posebnim bazenima.

Troškovi realizacije ukupnog projekta iznosili su oko 80 milijuna USD. Objektivni troškovi iznosili bi manje, oko 60 milijuna USD, ali je u njih uključeno i ono što tu nije pripadalo. Pogon je uspješno započeo proizvodnju u kolovozu 1984., ali je sve do 1990. radio samo sa 65 – 80 % kapaciteta.

Kapaciteti početkom 1990.

Tih su godina intenzivirane aktivnosti radi povećanja kapaciteta i modernizacije preradbe, također sa zakašnjenjem u odnosu na konkurenciju.

Jedan od većih propusta u koncepciji razvoja *Jugovinila*, koji datira još iz ranijeg razdoblja planske i dogovorne ekonomije, jest u tome što nisu svojedobno iskorištene prednosti vlastite proizvodnje baznih proizvoda: klor, natrijeve lužine, klorovodika, hipoklorita i drugih. Naime, na temelju tih sastojaka bilo je, uz postojeću infrastrukturu, moguće proizvoditi razne derivate te gotove proizvode za kućanstvo i druge namjene. Tada se na tim proizvodima dobro zarađivalo, a povećao bi se i broj produktivno zaposlenih, posebice stručnih radnika.

I tako je *Jugovinil* u 1990., a time i u novu državu ušao sa sljedećim kapacitetima:

– PVC-E, novi	25 000 t/god.
– PVC-S, novi	50 000 t/god.
– PVC-S, stari obnovljeni	15 000 t/god.

Kapaciteti preradbe iznosili su godišnje približno 50 000 tona prerađevina, uglavnom od PVC-a.

Već se osamdesetih godina u *Jugovinilu* javljaju gubitci. Loše financijsko stanje imalo je više uzroka:

- kasni prelazak na jeftiniji petrokemijski monomer
- kasna, a time i skuplja izgradnja novih pogona te njihov start u nepovoljno vrijeme
- prevelik broj zaposlenih
- stihijska izgradnja pogona PVC-a i prerade u bivšoj državi, što je dovelo do zasićenja tržišta
- skuplji vinil-klorid *DINA*-e (nakon 1984.) nego na svjetskom tržištu
- sve nepovoljniji uvjeti financiranja.

U međuvremenu (1987.) *Polikem* je započeo proizvodnju u novom, modernijem pogonu kapaciteta približno 35 000 t/god. PVC-M-a, pa su ukupni kapaciteti proizvodnje poli(vinil-klorida) u masi (PVC-M) u Hrvatskoj dosegli oko 150 000 t/god. Tih su godina svjetski kapaciteti bili oko 20 milijuna t/god., od čega je 75 - 80 % otpadalo na suspenzijski PVC, dok su PVC-E i PVC-M sudjelovali s oko 10 %. Na tržištu se pojavio i mikrosuspenzijski PVC (PVC-MS), koji je kombinacija emulzijskoga i suspenzijskog PVC-a, a ima primjenu kao PVC-E.

Tako je Hrvatska s udjelom manjim od 1 % u svjetskoj populaciji mogla proizvoditi približno 7/8 % svjetske proizvodnje ovog materijala. Ili, prema drukčijem načinu izračuna, proizvodnja više od 30 kg PVC-a godišnje po stanovniku bila je u samome svjetskom vrhu!

Takav nerazmjer imao je i negativan učinak; nuždan je bio izvoz, koji je, zbog udaljenosti tržišta, financijskih barijera zemalja uvoznica, često rezultirao gubitkom.

Sve navedeno, a i još se našlo dodatka, uzrokovalo je ulazak u 1990-e s povećanim gubitkom i dugovima. Kao rezultat sljedio je prvi stečaj potkraj godine. Već 1991. *Jugovinil* obnavlja proizvodnju s upola manje zaposlenika, ali su neki uvjeti postali još nepovoljniji:

- gubitak većeg dijela nekadašnjeg tržišta
- ratna zbivanja i neko vrijeme neposredna ratna opasnost (blizina ratne luke *Lora*).

Napadi na *Jugovinil - Adriachem*

U to vrijeme javljaju se prvi organizirani i institucionalizirani napadi na tvornicu uz opravdanja da je *Jugovinil* socijalistički mastodont, zagađivač i trovač, simbol socijalizma i sl. Pridružuju im se lokalni ljubitelji prirode. Nova lokalna vlast imala je potpuno neodređen odnos prema tvrtki i zauzima se za vremensko ograničavanje proizvodnje. Početkom 1992. godine tvrtka mijenja naziv u *Adriachem*. U srpnju 1992. dolazi do razdvajanja; bazni dio, uglavnom PVC i energana, ulazi u sustav *INA*-e kao *INAVINIL*, dok prerada pod nazivom *Adriachem* ostaje kao pravni sljednik *Jugovinila*. U *INA*-i se taj potez opravdavao spašavanjem hrvatske bazne industrije, ali je možda upravo to razdvajanje tvrtke ubrzalo njezinu propast. Potkraj 1994. zatvara se obnovljeni i donekle moderniziran stari pogon za proizvodnju suspenzijskog PVC-a. To je, navodno, bio ustupak lokalnoj vlasti, onoj istoj od koje je taj projekt dobio nagradu Grada Kaštela.

Traženje strateškog partnera – zatvaranje *Adriavinila*

U ljeto 1995. prestao je s radom i novi pogon PVC-E-a, u početku privremeno, što se pretvorilo u trajno. Time je *INAVINIL* sveden na novi pogon PVC-S-a te na prastaru i zastarjelu toplanu na ugljen, jer je lokalna vlast otežala s lokacijskom dozvolom za izgradnju nove toplane na mazut ili plin, čime je još više otežana perspektiva tvornice. Iznenada 1996. *INA* prepušta vlasništvo nad *INAVINILOM Splitskoj banci*, i to unatoč rekordnoj proizvodnji u 1995. od 55 000 t/god. te izradi novih prospekata i radu na prihvaćanju *ISO* normi.

Kako je u novonastalim uvjetima bilo teško nastaviti s proizvodnjom, tražio se strateški partner. Na međunarodnom natječaju odabran je mađarski *Borsodchem*, također relativno velik proizvođač PVC-a. Ogladna proizvodnja zadovoljila je potencijalnoga strateškog partnera koji je bio voljan kupiti *Adriavinil* za 23 milijuna DEM i zadržati najmanje 230 radnika. No tada je počela organizirana kampanja u kojoj su prednjačili mediji, *zeleni*, lokalna vlast, pa i neki nezadovoljni ili oštećeni nekadašnji zaposlenici. U tim okolnostima Vlada RH, iako je inače bila sklona takvom aranžmanu sa strateškim partnerom, nije imala hrabrosti donijeti pozitivnu odluku. Uzalud je *Borsodchem* angažirao dvije poznate svjetske konzultantske kuće čije su studije pozitivno ocijenile isplativost ulaganja i ekološke standarde.

Nakon što su Mađari odustali, jer nisu željeli raditi u neprijateljskom okružju, bilo je još bezuspješnih pokušaja sa strateškim partnerima. U veljači 2000. godine proizvedene su posljednje količine PVC-S-a, i tada je trajno zaustavljena proizvodnja PVC-a na tom lokaciji. Sljedio je stečaj potkraj 2001. godine, a zatim i likvidacija. Gotovo sav nekadašnji bazni dio prodan je privatnom poduzetniku za malo manje od 6 milijuna eura!

Od početka 2001. godine ne radi više ni *Polikem*, pa je na taj način, barem za sada, trajno ugašena proizvodnja ovoga polimera u Hrvatskoj. A radilo se o najmodernijim postupcima te vrste u svijetu, kapaciteta oko 120 000 t/god.!

Dio novog postrojenja za proizvodnju PVC-S-a (reaktori, kolona za stripiranje, sušionik), za koji se zainteresirao pogon *DINA*-e s Krka, demontiran je i prenesen na Krk tijekom 2004. i 2005. radi izgradnje pogona za proizvodnju PVC-a. Pogon sinteze VC-a na toj lokaciji obnovljen je 2010. i to će omogućiti zatvaranje vinilnog lanca.

Adriachem kao pravni sljednik *Jugovinila* još postoji kao prerađivač PVC-a, no godinama je proizvodnja znatno manja od mogućnosti i opstanak tvrtke je upitan.

Epilog

Na prostorima nekadašnjeg *Jugovinila*, odnosno *Adriachema*, trebao bi, prema pisanju *Slobodne Dalmacije* (7. 2. 2010.), ...*niknuti osmi Kaštel, investicija koja bi bila vrijedna više od pola milijarde eura, a koja uključuje nekoliko hotela, marinu, sportske objekte i terene, trgovački centar, stambene zgrade i društvene sadržaje s dva muzeja i jednom crkvom.*

Proizvodnja klora opršta se od kamenog doba*

Privedila: Đurđica ŠPANIČEK

Europske tvrtke moraju osuvremeniti pogone, dovesti ih u stanje *najnovije tehnike* kako bi povisile energijsku i sirovinsku učinkovitost te bolje čuvale okoliš. Ponegdje još i vrlo stara postrojenja imaju dozvolu za rad. Tako i tvrtka *Bayer* mora svoja postrojenja za proizvodnju učiniti ekološki prihvatljivima.

Postupak sa živom tehnologija je kamenog doba, izjavio je Philipp Mikes iz *Saveza za okoliš Koordinacija protiv opasnosti iz Bayera* u

Düsseldorfu. Još od jeseni 2007. klor se više ne smije dobivati na taj način.

Proizvođači klora vide to na svoj način: *To je dobro procijenjena i optimirana tehnika s odobrenjem*, naglasio je Reiner Muensted iz tvrtke *Bayer - Materialsience*.

Prema europskom zakonu o modernizaciji trebalo je sva postrojenja do listopada 2007. osuvremeniti prema smjernicama za integrirano izbjega-

* Ahrens, R.: *Chlorchemie verabschiedet sich von Steinzeittechnologie*, VDI-Nachrichten, 18. 5. 2010.