

# Polietileni za sve namene

**K**ompanija QENOS je jedini proizvođač polietilena vrhunske klase u Australiji. Proizvodna postrojenja nalaze se u blizini Melburna i Sidneja. Godišnji instalisani kapaciteti su: 500.000 tona etilena, 215.000 tona polietilena visoke gustine, 70.000 tona polietilena niske gustine i 130.000 tona linearnog polietilena niske gustine, uključujući metalocenski linearni polietilen niske gustine.

Godine 2008. QENOS je postao podružnica kompanije China National Bluestar (Group) Co. Ltd., zajedničkog ulaganja između China National Chemical Corporation (ChemChina) i američke kompanije Blackstone Group. ChemChina je preduzeće u državnom vlasništvu koje zapošljava preko 100.000 radnika i ima godišnji prihod od preko 30 milijardi USD.

Materijali QENOS-a nalaze primenu za ekstrudiranje cevi, proizvodnju šupljih tela, rotaciono livenje, ekstrudiranje filma, ekstruziono prevlačenje i injekciono presovanje.

## Postrojenja Qenosa

ALTONA CHEMICAL COMPLEX nalazi se na lokaciji koja je 15 km udaljena od Melburna. Zauzima površinu od 103 hektara.



Qenos, Altona

**Dr Predrag Mičić je član Inostranog uredništva časopisa Svet polimera. Radi u firmi Qenos. Pre odlaska za Australiju 1992, radio je u HIP-Petrohemiji u fabrici PENG, koja je nedavno proslavila važan jubilej, 35 godina od početka rada**

Proizvodnja je započela ranih 60-ih godina prošlog veka i danas je to najveći proizvodni centar za petrohemijske i plastiku u Australiji. Postoje tri postrojenja QENOS-a na ovoj lokaciji i to za proizvodnju olefina i polietilena.

U prvom postrojenju se iz etana proizvodi oko 250.000 tona godišnje etilena, dok se u drugom postrojenju godišnje proizvodi oko 100.000 tona polietilena visoke gustine (PE-HD) polimerizacijom na niskom pritisku. Treće postrojenje je započelo s radom 1967. kao Hoechst Australia i sada godišnje proizvodi 115.000 tona PE-HD-a. Primene se kreću od boca za mleko, cevi za transport vode i gasa, do ambalaže za opasne proizvode.

QENOS BOTANY COMPLEX je udaljen 17 km od Sidneja i u njemu rade četiri postrojenja: Olefines, Alkatuff, Alkathene i Site Utilities. U olefinskom postrojenju se iz etana proizvodi 250.000 t/g etilena za potrebe dva proizvodna polietilenska postrojenja i za treća lica. U postrojenju ALKATHENE

polimerizacijom na visokom pritisku dobija se oko 70.000 t/g polietilena niske gustine (PE-LD). U postrojenju ALKATUFF proizvodi se na niskom pritisku oko 130.000 t/g linearnog polietilena niske gustine (PE-LLD). Glavna primena ovih polietilena je za dobijanje istezljivog (streč) filma, ambalaže za hranu, rotaciono livenje (kao što su npr. rezervoari za vodu), injekciono presovanje i ekstruziono prevlačenje.

Kompanija QENOS je uložila dosta napora i finansijskih sredstava da svojim kupcima i prerađivačima učini dostupnim informacije koje mogu da im omoguće uspešnije poslovanje.

U nastavku teksta prikazaće se neke korisne informacije vezane za polietilenske cevi.

## POLIETILENSKE CEVI

### Polietileni

Materijali za cevi imaju visoku čvrstoću i izuzetno visoku žilavost. U kategoriji materijala za dobijanje cevi pod pritiskom, PE100 spada u najvišu klasu. Osim dobro poznatih svojstava PE-HD cevi, kao što su zavarljivost, fleksibilnost, hemijska postojanost i abraziona čvrstoća, cevi na bazi PE100 imaju čvrstoću na puzanje, zareznu žilavost i otpornost na brz razvoj napukline.

### Zahtevi za cevi

Radni pritisci za cevne sisteme mogu da budu do 2,5 MPa, npr. za transport vode. Kod cevi za transport gasa, pritisci su obično ispod 1,0 MPa. Sposobnost cevi da izdrži ove pritiske od velike je važnosti, a dimenzije i pritisci definisani su standardima. Zahteva se vrlo visoka otpornost na nastajanje napuklina, iz razloga širokog opsega okruženja i tehnika instalacije koje se mogu primeniti. Cevi mora-

ju da imaju i odličnu postojanost na atmosfersko starenje.

Oznaka PE100 znači da PE-HD pripada klasi MRS 10, gde je MRS najniže zahtevano naprezanje (*Minimum Required Stress*). Najniža čvrstoća na puzanje u zidu cevi na 23 °C tokom 50 godina je 10 MPa. Međutim, postoji i čitav niz drugih poboljšanih svojstava, kao što je poboljšana žilavost materijala. To za rezultat ima visoku otpornost na spori rast napukline (SCG) i visoku otpornost na brz rast napukline (RCP).

## Prethodni tretman granula

Polietilen je hidrofobni materijal. Međutim, kod kompaunda polietilena sa čađi koja je higroskopna, mogu da nastanu problemi ako sadržaj vlage u kompaundu pređe 0,03 odsto. Za vreme ekstrudiranja vlaga može da prouzrokuje nastanak šupljina u zidu cevi i hrapavu površinu cevi. Takvi problemi mogu se sprečiti sušenjem granulata na 70–90 °C u trajanju od 1,5 do 2 sata neposredno pre doziranja u levak ekstrudera. Sadržaj vlage treba da bude < 0,02%.



Šupljine i hrapava površina cevi usled zaostale vlage u kompaundu

## Ekstruder

Za ekstrudiranje cevi na bazi PE-HD-a i PE-MD-a koriste se jednodužni ekstruderi. Kako bi se postigli veliki kapaciteti, razvijeni su ekstruderi s poboljšanim sistemom napajanja. Ovi ekstruderi imaju nažljebljenu napojnu zonu koja se hladi i koja je izolovana od cilindra ekstrudera. Kao rezultat toga, poboljšana je efikasnost transporta materijala i povećan je kapacitet. Za postizanje optimalnog rada, ova zona treba da se hladi, kako bi se sprečilo topljenje granula. Koristi se voda protoka od oko 10 l/min. na temperaturi 10 do 20 °C.

Mogu se koristiti i barijerni puž-

ni vijci, kao i elementi za mešanje koji doprinose homogenizaciji polimernog rastopa.

## Problemi pri ekstrudiranju cevi i načini rešavanja

Ekstrudiranje cevi je verovatno najkompleksniji postupak ekstrudiranja polietilena usled zahteva za visokim kapacitetom u kombinaciji sa debljinom zida ekstrudirane cevi i malom brzinom hlađenja. Odavno nije neobično da prečnici nekih cevi prelaze 1.000 mm s debljinom zida od 100 mm. To čini 500 kg materijala po dužnom metru cevi.

Zahtevi za postizanje ogromnih kapaciteta proširili su korišćenje ekstrudera s nažljebljenom zonom cilindra u zoni napajanja ispod dozirnog levka. Ova zona se hladi vodom kako bi se sprečilo prevremeno topljenje granula materijala. Sa ovakvim žljebovima postiže se bolji transport materijala. Međuza-visnost između poboljšanog transporta čvrstih granula i brzog topljenja dovodi do visokih proizvodnih kapaciteta, ali može da dovede i do određenih problema ako se dovoljno ne razumeju mehanizmi ekstrudiranja.

Mnogo češće nego što je bilo koji drugi problem pri ekstrudiranju cevi, postavlja se pitanje visokih zahteva u pogledu kapaciteta proizvodnje i održavanja stabilnosti procesa na način eliminisanja otpada usled dobijanja cevi čije su debljine zida van specifikacije.

Možda je najveći pojedinačni problem prilikom ekstrudiranja pulsiranje ekstrudata, a ekstruderi sa nažljebljenom napojnom zonom u tome nisu izuzetak.

Dva parametra ekstrudiranja koja su indikator kvaliteta jesu pritisak rastopa i temperatura rastopa.

**Pritisak rastopa** (pritisak u alatu) glavni je faktor koji određuje kapacitet ekstrudera. On treba da bude stabilan (odstupanja +/-1 odsto) kako bi se osigurala konzistentnost isticanja rastopa iz alata. **Temperatura rastopa** treba da bude što je moguće manja, a kod ekstrudiranja cevi u opsegu je 200–230 °C. Temperatura i pritisak rastopa često se mere na istom mestu, obično u adapteru odmah nakon vrha pužnog vijka, a pre alata.

## Problemi

Problemi pri ekstrudiranju cevi kompleksni su i najvažnije je razumeti gde se problem pojavljuje. Uvek je važno znati šta je referentna tačka. Kod ekstrudiranja cevi to su karakteristike materijala koji se ekstrudira s najmanje teškoća, što znači sa što nižom temperaturom i pri stabilnom pritisku.

### A. Nizak stabilan pritisak i veliki kapacitet

Ovo je optimalna situacija – niska temperatura rastopa i odlična stabilnost rastopa. Obično se sreće kod male viskoznosti materijala, tj. kod lako tečljivih materijala kao što su npr. PE80 tipovi. Oni obično imaju relativno visoku vrednost masenog protoka rastopa – MFR ( $\approx 1,0$  g/10 min. pri opterećenju od 5 kg na 190 °C). Tradicionalni PE80 tipovi imaju široku raspodelu molekulskih masa (MWD), što takođe doprinosi lakom ekstrudiranju.

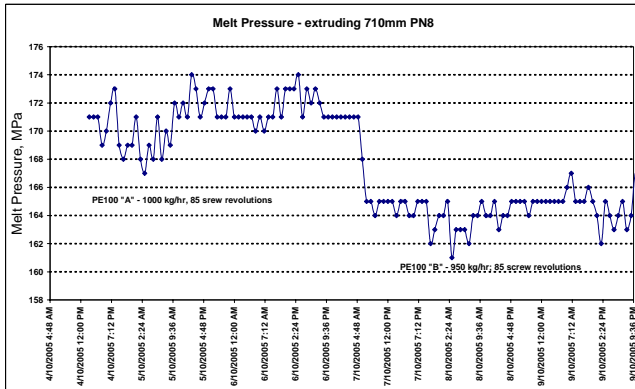
### B. Visok stabilan pritisak i veliki kapacitet

Dobar kvalitet pri ekstrudiranju dobija se korišćenjem materijala veće viskoznosti, kao što je PE100. Vrednosti MFR-a komercijalnih tipova PE100 u opsegu su 0,15–0,4 g/10 min. pri opterećenju od 5 kg na 190 °C. Očekivano je da temperatura rastopa bude veća, što je obično ograničavajući parametar za kapacitet, usled mogućeg problema s vremenom indukcije oksidacije (*Oxidative Induction Time – OIT*). OIT je mera toplotne postojanosti materijala i mogućeg oštećenja materijala tokom ekstrudiranja cevi.

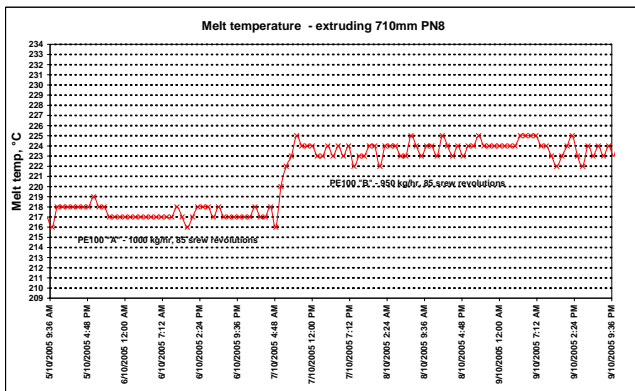
Dalja optimizacija kapaciteta moguća je korišćenjem materijala manje viskoznosti (veće vrednosti MFR-a) ili optimizacijom temperatura u cilindru i alatu, radi postizanja optimalne tečljivosti.

Obično će optimizacija temperature cilindra biti u smislu podešavanja veće temperature, radi smanjenja viskoznosti rastopa.

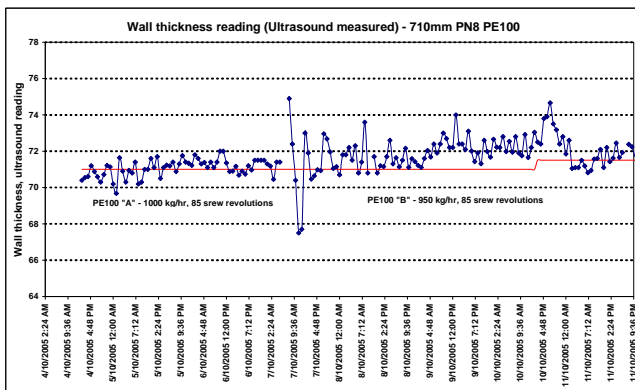
Na slikama 1, 2 i 3 prikazane su komparativne performanse dva tipa polietilena PE100 tokom šest dana proizvodnje u ekstruderu s nažljebljenom napojnom zonom s kapacitetom od 800 kg na sat.



SLIKA 1. Pritisak rastopa za PE100 "A" i "B"



SLIKA 2. Temperatura rastopa za PE100 "A" i "B"



SLIKA 3. Debljina zida za PE100 "A" i "B"

Veći pritisak rastopa i manja temperatura kod materijala "A" rezultat su povećanog specifičnog kapaciteta po obrtaju pužnog vijka u odnosu na materijal "B". To za rezultat daje veći kapacitet kod materijala "A" pri istom broju obrtaja pužnog vijka. To se odražava i na bolju kontrolu debljine zida cevi kod tipa "A".

To je primer procesa ekstrudiranja koji je pod kontrolom za oba materijala, sa stabilnim pritiskom rastopa, sa stabilnom temperaturom i debljinom zida cevi.

ako i postoji. Moguće rešenje je da se nizvodno smanje temperature u cilindru, kako bi se povećala viskoznost materijala i povećao kapacitet pumpanja pužnog vijka. Međutim, treba voditi računa da u prvim dvema zonama cilindra treba ostaviti visoku temperaturu, radi osiguranja kapaciteta topljenja.

Dalja optimizacija može da uključuje povećanje temperature u alatu, kako bi se smanjio otpor tečenju. Takođe, treba ukloniti i paket sita, radi daljeg olakšanja protoka. Kasnija optimizacija može da uključuje izbor odgovarajuće veličine

### C: Visok stabilan pritisak i mali kapacitet

Ovo je neželjena situacija gde je otpor u alatu previsok da bi ga pužni vijak prevazišao. Pužni vijak isporučuje dovoljno rastopa u alat, što ukazuje da je kapacitet topljenja dovoljan. Međutim, rastop se vraća unazad, što ugrožava kapacitet. Ova pojava se obično sreće kod viskoviskoznih tipova PE80 i PE100 koji imaju

jako izraženu zavisnost smanjenja viskoznosti u funkciji od brzine smicanja. Stabilnost rastopa je prihvatljiva (debljina zida), međutim kapacitet je dramatično mali. Temperatura rastopa je visoka i postoji verovatnoća problema usled OIT, ukoliko se forsira kapacitet proizvodnje prema željenom nivou. Trenutno rešenje ovog problema je ograničeno, ako i postoji. Moguće rešenje je da se nizvodno smanje temperature u cilindru, kako bi se povećala viskoznost materijala i povećao kapacitet pumpanja pužnog vijka. Međutim, treba voditi računa da u prvim dvema zonama cilindra treba ostaviti visoku temperaturu, radi osiguranja kapaciteta topljenja.

Dalja optimizacija može da uključuje povećanje temperature u alatu, kako bi se smanjio otpor tečenju. Takođe, treba ukloniti i paket sita, radi daljeg olakšanja protoka. Kasnija optimizacija može da uključuje izbor odgovarajuće veličine

granula kod ekstrudera s nažljebljenom zonom napajanja u cilju povećanja efikasnosti pumpanja. Kod ekstrudera s glatkom napojnom zonom mogućnosti su veoma ograničene, osim da se promeni geometrija pužnog vijka.

### D: Nizak nestabilan pritisak i mali kapacitet

U pitanju je najnepoželjnija situacija koja će dovesti do prekomernih temperatura rastopa (OIT problem), kao i do nestabilnosti rastopa i nekonzistentnosti u debljini zida cevi. Pužni vijak ne isporučuje materijal u alat, pa je shodno tome pritisak u alatu nizak za efikasni protok rastopa kroz alat. Rastop se zadržava ispred alata, što vodi do njegovog pregrevanja.

Ova pojava se obično zapaža kod viskoviskoznih tipova PE80 i PE100 koji imaju jako izraženu zavisnost smanjenja viskoznosti u funkciji od brzine smicanja. Stabilnost rastopa je prihvatljiva (debljina zida), međutim kapacitet je dramatično mali.

Trenutno rešenje je da se povećaju temperature u prve dve zone ekstrudera, kako bi se olakšalo topljenje. Ovo povećanje može da ide i do 220 °C. Temperature nizvodno u ekstruderu kao i u alatu treba da budu niže (180–190 °C).

Kasnija optimizacija kod ekstrudera sa glatkom napojnom sekcijom je smanjenje dimenzija granula radi poboljšanja performansi topljenja.

Kod ekstrudera sa nažljebljenom napojnom sekcijom potrebno je optimizovati izbor veličine granula. Ovo iz razloga osiguranja maksimalne efikasnosti nažljebljene zone u pogledu transporta čvrstih granula, kao i generisanja pritiska za postizanje dovoljnog kapaciteta topljenja.

Takođe, potrebno je da napojna zona bude vrlo hladna sa temperaturom ulazne vode za hlađenje na nivou 10–15 °C.

Dr Predrag Mičić, QENOS,  
Australija  
www.qenos.com



### Biografija dr Predraga Mičića

Predrag Mičić je diplomirao na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu 1986. na odseku za polimere.

Prve dve godine radnog staža proveo je u Institutu „Mihajlo Pupin“ u Beogradu. U periodu 1988–1992. radio je u fabrici PENG u HIP-Petrohemiji, Pančevo, kao pogonski inženjer. U to vreme započeo je magistarske studije pod mentorstvom profesora Milenka Plavšića iz oblasti polimera. Godine 1992. odselio se u Australiju.

Po dolasku u Australiju, započeo je 1992. doktorat na projektu koji se bavio izučavanjem reologije smesa razgranatog i linearnog polietilena. Projekat je rađen na Kraljevskom institutu tehnologije u Melburnu (*Royal Melbourne Institute of Technology – RMIT University*), a industrijski partner bio je ICI Plastics.

Po završetku doktorata 1996, počeo je da radi u kompaniji ICI u Melburnu u oblasti plastičnih materijala (sa fokusom na polietilen, ali i na PP i PVC), sa zaduženjima oko razvoja proizvoda i pružajući tehničku pomoć kupcima ovih plastičnih materijala.

Od 1999. radio je u kompaniji Exxon Mobil u Australiji na polietilenu, s posebnom odgovornošću oko plasmana pojedinih tipova za cevi i film. Razvio je i komercijalizovao cevne materijale vrhunskog kvaliteta (prvo PE80, a zatim i PE100). Pored zaduženja za razvoj proizvoda, druge oblasti radnih zaduženja i odgovornosti bile su na unapređenju kvaliteta proizvoda, kao i povećanje kapaciteta komercijalnih pogona za proizvodnju poli-

etilena. Sve ove aktivnosti posebno su vezane za *Unipol* gasnu i suspenzionu tehnologiju za proizvodnju različitih vrsta polietilena.

Stručna i naučna aktivnost dr Predraga Mičića obuhvata publikovanje radova u više vodećih svetskih časopisa, a održao je i više zapaženih predavanja na raznim tehničkim skupovima širom sveta. Proveo je više meseci u Exxonovom tehničkom centru u Baytownu (SAD), kao i u Exxonovim proizvodnim pogonima širom SAD.

Dobitnik je značajnog priznanja „*Chairman's Award*“ od korporativnog centra za polimere na nivou Australije, za dostignuća u oblasti komercijalizacije plastičnih materijala, kao i nagrade ChemChina „*Science and Technology Award*“ u 2013. Ova nagrada je najveće priznanje za dostignuća u tehnologiji u ChemChina.

Sa 27 godina rada u petrohemijskoj industriji, dr Mičić je ekspert za polietilene. Tokom tog perioda bavio se proizvodnjom polietilena, razvojem tehnologije i proizvoda i tehničkom podrškom.

Glavna oblast ekspertske delovanja dr Predraga Mičića jesu razvoj i tehnička podrška za tipove polietilena koji se primenjuju za cevi pod pritiskom. Radio je na razvoju i komercijalizaciji nekoliko generacija tipova PE100.

Poslednjih godina odgovoran je za primenu licencne tehnologije QENOS-a, kao i za licenciranje ove tehnologije klijentima.

Član je Komiteta za standarde Australije i Novog Zelanda. Predstavnik je Australije u različitim radnim grupama ISO koje rade na razvoju specifikacija za tipove polietilena koji se koriste u proizvodnji cevi, kao i u radnim grupama za

integritet cevnih sistema i slična pitanja. Takođe, član je Tehničkog komiteta *Polyolefines Industry Pipes Association (PIPA)*.

Vlasnik je više patenata. Publikovao je brojne naučne radove i držao prezentacije na međunarodnim konferencijama u vezi primene polietilena.

Aleksandra Mihajlović

### Lični osvrt na članak o 35 godina rada fabrike PENG

Dr Predrag Mičić

Mnoga osećanja su se mešala dok sam u prošlom broju časopisa čitao članak i gledao slike kolega i mentora iz PENG-a sa kojima se moja karijera preplela, i koji su imali uticaj na izbore koje sam doneo i što se tiče posla, a kroz to i načina života. Sa nekima sam se susreo još na fakultetu. S većinom dok sam radio u PENG-u i ostao u kontaktu i do danas. Kada me je direktor instituta „Mihajlo Pupin“, gde sam počeo da radim nakon studija, pitao na „izlaznom razgovoru“ zašto napuštam firmu, odgovor je bio „hoću da idem u Petrohemiju koja je najkompleksnija i kao takva najizazovnija“ industrija za tehnološkog inženjera. I PENG me nije razočarao. Daleke 1988. zatekao sam veoma moderan pogon i dobar ambijent za rad. Ali najviše me je fasciniralo to što su proizvodna praksa i nauka bili tesno povezani. Doktorski radovi su bili izvedeni u PENG-u sa tematičkom polimerizacije etilena i više inženjera je započelo magistraturu. Sve to znanje je našlo primenu u proizvodnji i razvoju novih proizvoda.

PENG-ovi proizvodi su bili prepoznatljiviji po kvalitetu i to se nije promenilo tokom 35 godina postojanja fabrike. Što se mene lično tiče, iskustvo iz PENG-a mi je dobro poslužilo kroz moju karijeru u Australiji. Sposobnost da prevedem zahteve aplikacije u molekularnu strukturu polietilena i procesne parametre u procesu polimerizacije od početka je bila baza koju sam nadograđivao s novim saznanjima i iskustvima. Tu bazu sam poneo iz PENG-a gde su inženjeri proizvodnje bili uključeni u sve aspekte procesa proizvodnje PE-a, ali su se bavili i prerađivačkim tehnikama kod kupaca PENG-ovog polietilena.

Prijateljstva iz tog vremena su zauvek ostala sa mnom. I sada se sećam večere u mom stanu na Zelenom Vencu par dana pre migracije u Australiju, gde su tadašnji direktor Voja Bogdanović i Aleksandra Mihajlović došli da posete moju porodicu i požele sve najbolje za sledeću etapu u našem životu, za koju su znali da će biti uzbudljiva, ali i nimalo laka. Ja i danas vrlo često čitam vesti o Petrohemiji i PENG-u i veoma sam ponosan što sam bio deo tog kolektiva. Želim da čestitam PENG-u 35 godina rada i poželim još toliko produktivnih godina.



Prezentacija dr Predraga Mičića na konferenciji o plastičnim cevima u Španiji 2012.