

Domagoj VRSALJKO, Vera KOVAČEVIĆ

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije

Uleknuće platenki od polietilena visoke gustoće

UDK 678.742.2:678.01

Stručni rad / Professional paper

Primljeno / Received: 9. 10. 2013.

Prihvaćeno / Accepted: 14. 3. 2014.

Sužetak

Analiza pojedinih slučajeva produkta u kemijskom inženjerstvu i zahtjeva tržišta za bolju kvalitetu pomaže u rješavanju problema i pronalaženju novih proizvoda koji se odlikuju dodanom vrijednošću, prema zahtjevima kupaca. U ovom radu dijelom je ispitana problematika negativne pojave uleknuća platenki na bazi polietilena visoke gustoće (PE-HD) tijekom skladištenja. Ispitivanja su dio analize slučaja produkta – platenki koji ne odgovara zahtjevima proizvođača ni tržišta. Spektroskopskom (FTIR) i toplinskom (DSC) analizom potvrđena je identičnost PE-HD-a kao osnovne polimerne komponente u formulaciji, a termogravimetrijom (TG) je utvrđena odsutnost punila u slučaju platenke koja pokazuje uleknuće, kao i platenke bez uleknuća. Tako je isključen utjecaj neodgovarajuće formulacije materijala. Dokazane razlike u debljini stijenke platenki, koja je znatna u slučaju kada dolazi do pojave uleknuća, mogu biti jedan od mogućih uzroka problema, uz uvjete ekstrudiranja i dizajn produkta – platenki, što nije bilo predmet ispitivanja u ovom radu.

KLJUČNE RIJEČI:

debljina stijenke platenke
platenka
polietilen visoke gustoće, PE-HD
spektroskopska analiza
toplinska analiza
uleknuće platenke

KEY WORDS:

high-density polyethylene, PE-HD
plastic bottle
spectroscopic analysis
swale of plastic bottle
thermal analysis
wall thickness of plastic bottle

Swale of High-density Polyethylene Bottles

The analysis of particular case studies of products in chemical engineering by taking into account demands from the market for improved quality behavior may help in solving the problem and looking for new products with added value in compliance with the customers' requirements. This paper partly investigates the problem of the negative appearance of plastic bottles based on high-density polyethylene (PE-HD) that swale during storage. This study is part of case study analysis – plastic bottle products inadequate both for the producers' and market demands. The results of spectroscopic (FTIR) and thermal (DSC) analysis confirmed the identity of PE-HD as the basic polymer component, and thermogravimetry (TG) was used to determine the absence of filler in the formulation of plastic bottles that swale and those that do not. In this way the effect of inadequate formulations has been eliminated. However, the results of significant dif-

ferences in wall thicknesses observed in plastic bottles that swale, may be one of the causes of the problem, besides the conditions of extrusion and design of plastic bottles, which was not the issue of the present work.

Uvod / Introduction

Sve je raširenija uporaba puhane plastične ambalaže (platenki) za punjenje sadržaja pri temperaturama okoline i povišenim temperaturama.

Tijekom skladištenja takvih platenki pojavio se problem uleknuća. U ovom radu postavljen je zadatak da se otkriju razlozi uleknuća na dijelu platenki tijekom skladištenja.

U analizi karakteristika konstrukcije i materijala te razmatranju mogućih utjecaja uvjeta postupka puhanja na pojavu uleknuća mogu pomoći spektroskopske i toplinske metode, kao i metode analize dizajna produkta.

Dizajn platenke može se predstaviti kao problematika produktnog inženjerstva kao treće paradigme u kemijskom inženjerstvu koja je usmjerena na proizvod,¹ tj. studiranje slučaja (*e. case study*) u razvoju novog proizvoda za tržište – platenke koja neće pokazivati uleknuća tijekom skladištenja. Metodologija dizajna proizvoda temelji se na razvoju koncepta (ideje o proizvodu), inicijalnom pregledu situacije, dizajnu sustava (odabrana ideja za proizvod) koji se konceptijski dekomponira u podsustave te detaljnom dizajnu proizvoda (predlaže se inicijalna kompozicija proizvoda i proces proizvodnje), uz testiranje i redefiniranje prije proizvodnje (prototip i eksperimentiranje) i konačno definiranje proizvodnje (utvrđuju se mogućnosti na temelju odabira proizvoda i odgovarajuće proizvodnje za tržište).

Prednosti platenki u odnosu na staklene boce jesu niža cijena, manja masa, jednostavnija proizvodnja i rukovanje te raznovrsniji dizajn. Postupak puhanja platenki u proizvodnji ambalaže, koji se razvio u drugoj polovini 20. stoljeća, ima namjenu korištenja svojstva fleksibilnosti plastičnog materijala kao što je polietilen.² Sadržaj platenke može se dozirati stiskom, kao npr. za deterdžente, te je u tom slučaju nužno da materijal ambalaže dobro podnosi deformaciju. Plastična ambalaža u širokoj je primjeni u području kućanskih potrepština, ali i za kozmetiku i prehrambenu industriju, te je znatno pridonijela rastu potrebe za plastikom. Godišnja proizvodnja od 2 milijuna tona plastike sredinom prošlog stoljeća narasla je u ovom stoljeću na više od 280 milijuna tona godišnje.³ Velik napredak u razvoju tehnologija i novih materijala omogućava proizvodnju višeslojnih i visokobarijernih platenki otpornih i na visoke temperature. To je omogućilo pakiranje hrane i lijekova koji zahtijevaju punjenje pri povišenim temperaturama, uz zadržavanje visokih kriterija u pogledu barijernih svojstava za okuse, mirise, kisik i paru.

Razvoj platenki / Plastic bottle development

Prilikom definiranja osnovnih zahtjeva u vezi s potrebnom platenkom najvažniji je podatak što će biti njezin sadržaj. Odabir polimernog materijala za ambalažu ovisi o namjeni i sadržaju. Prije razvoja platenke treba odgovoriti na mnoga pitanja, kao što je agregatno stanje sadržaja kojim se platenka puni, njegova viskoznost, je li sadržaj homogen ili heterogen, raslojava li se s vremenom te treba li ga protresti prije uporabe. Također je potrebno definirati kompatibilnost ili moguću nekompatibilnost sadržaja i materijala platenke.

Za procjenu primjenjivosti platenke važni su i odgovori na pitanja koliko je sadržaj osjetljiv na vlagu i kisik te sadržava li upakirani proizvod komponente koje utječu na sklonost platenke pucanju. Za odgovarajuću primjenu platenke potrebno je također definirati ispušta li upakirani sadržaj plinove i pri tome stvara predtlak, odnosno apsorbira li plinove (npr. kisik) iz vršnog područja proizvoda i pri tome stvara podtlak. Daljnja su pitanja puni li se proizvod vruć ili hladan i koju bi količinu proizvoda platenka trebala sadržavati (masa ili volumen), te smatra li se proizvod opasnim i je li to na kakav način regulirano.

Osnovni koraci u razvoju platenke / Main steps in plastic bottle development

Može se utvrditi nekoliko osnovnih koraka u konkretnom dizajnu i razvoju platenki:

1. detaljno definiranje zahtjeva za bocu: proizvod koji će sadržavati, uporaba, distribucija, estetika
2. definiranje zahtjeva proizvodnje i punjenja – izbor postupka kalupljenja te sustava punjenja i pakiranja
3. odabir materijala (boja, prozirnost, kompatibilnost, barijerna svojstva)
4. skiciranje prijedloga oblika
5. crtež boce
6. model (brza izrada prototipova)
7. crtež kalupa
8. definiranje i izrada kalupne šupljine
9. završavanje crteža
11. izrada proizvodnoga kalupa
12. uzorkovanje i ispitivanje proizvodnoga kalupa
13. početak proizvodnje.

Tijekom usavršavanja dizajna neke korake treba ponoviti i više puta, osobito ako se nedostaci boce uoče tek tijekom skladištenja ili u uporabi.

Čimbenici koji utječu na izgled / Factors affecting the appearance

Izgled platenke marketinški je iznimno važan tijekom prodaje, ali i nakon kupnje. Obično se osobito vodi računa o prednjoj strani, za koju se želi da bude što veća i izraženija te pogodna za lijepljenje naljepnice, o njezinoj prozirnosti i boji, mehaničkoj stabilnosti i nepromjenjivosti oblika te minimiziranju mogućih deformacija uzrokovanih promjenom tlaka u boci.

Mnogo je čimbenika koje treba uzeti u obzir prilikom razvoja platenke. Vezano uz stabilnost oblika boce, važno je uzeti u obzir minimalnu debljinu stijenke, ali i raspodjelu debljine stijenke po opsegu. Postojanje tankih mjesta na platenki može pridonijeti stvaranju napuklina zbog zaostalih naprezanja i utjecaja okolnog medija, kao i nastajanju rupica. Deblja područja na platenki djeluju kao vodiči topline i uzrokuju nejednoliko hlađenje i skupljanje materijala, što dovodi do deformacije boce. Tijekom izrade platenke, ali i tijekom njezina životnog ciklusa, ima slučajeva kada se proizvod hladi ili grije, kao i slučajeva u kojima sadržaj platenke može isparavati ili apsorbirati plin iz vršnog prostora. Kod pojedinih proizvoda može se dogoditi da on migrira kroz stijenku plastične ambalaže, što dovodi do pojave podtlaka ili predtlaka, koji mogu izrazito negativno utjecati na estetiku platenke. Vrlo često su i male promjene izgleda boce proizvođačima potpuno neprihvatljive jer kupci zbog takvih efekata zaključuju da se s proizvodom dogodilo nešto nepredviđeno i odlučuju se za kupnju drugog proizvoda (često konkurentskoga). S druge strane, savitljive stijenke, odnosno primjena savitljivijih materijala za izradu platenke neće spriječiti promjenu oblika, ali mogu spriječiti nastajanje napuklina, pa i pukotina zbog unutrašnjih naprezanja te omogućiti estetski povoljniji konačni oblik.

Zbog navedenih problema proizvođači platenki danas rabe specijalne oblike kalupa i pomoćna rebra te odabiru primjenu krućih materijala za izradu platenki debljih stijenki. Preciznost specifikacija debljine stijenke stoga je vrlo važna i ovisi o kritičnoj debljini koja je potrebna za odgovarajuća uporabna svojstva platenke. Ovisno o proizvodu, mogu se koristiti i jednosmjerni i dvosmjerni ventili na brtvi ili poklopcu, kojima se razlika tlakova izjednačava.

Označena mjesta na platenkama na slici 1 pokazuju da do uleknuća dolazi na istom dijelu boce. Interes proizvođača sadržaja platenke, kao i cilj ovog istraživanja, bio je utvrditi razlog takva selektivnog uleknuća platenke, odnosno mogući utjecaj materijala PE-HD-a koji je primijenjen za izradu neispravne platenke u odnosu na ispravnu ambalažu platenki koja nije pokazala takva uleknuća. Također je moguće da su platenke proizvedene od istog PE-HD-a, ali da je uzrok pojava uleknuća u različitom sastavu formulacije platenke zbog efekata nekih komponenata, kao npr. punila koje se obično dodaje radi sniženja cijene ambalaže, ali se njime mogu promijeniti i uporabna mehanička svojstva.

Eksperimentalni dio / Experimental part

Uzorci / Samples

Za analizu pojave uleknuća skladištenih platenki upotrijebljeno je šest platenki od PE-HD-a u kojima se nalazio isti proizvod iz iste proizvodne šarže, koje su kupljene od istog proizvođača i punjene u isto vrijeme i u istim uvjetima. Tijekom skladištenja, kod dijela platenki došlo je do pojave uleknuća, koja je označena krugovima (slika 1).



SLIKA 1 – Uleknuća na platenkama

FIGURE 1 – Swale in plastic bottles

Metode ispitivanja / Testing methods

Za karakterizaciju upotrijebljenih PE-HD materijala za izradu platenki koje se ispituju primijenjeno je nekoliko metoda. Infracrvena spektroskopija s Fourierovom transformacijom (FTIR) provedena je na uređaju *Spectrum One* tvrtke *Perkin Elmer* uz korištenje ATR modula. Spektar je snimljen u području od 4 000 do 650 cm^{-1} , s rezolucijom od 4 cm^{-1} .

Diferencijalna pretražna kalorimetrija (DSC) provedena je na instrumentu *Mettler Toledo DSC 823*. DSC ispitivanja provedena su u inertnoj atmosferi dušika (protok 50 ml/min), u području od 25 do 200 $^{\circ}\text{C}$ pri brzini od 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Prije samog mjerenja proveden je jedan mjerenju identičan ciklus grijanja i hlađenja kojim se obrisala toplinska prošlost uzorka. Masa uzorka bila je 10 ± 1 mg, izmjerena vagom *Mettler Toledo AB204-S*.

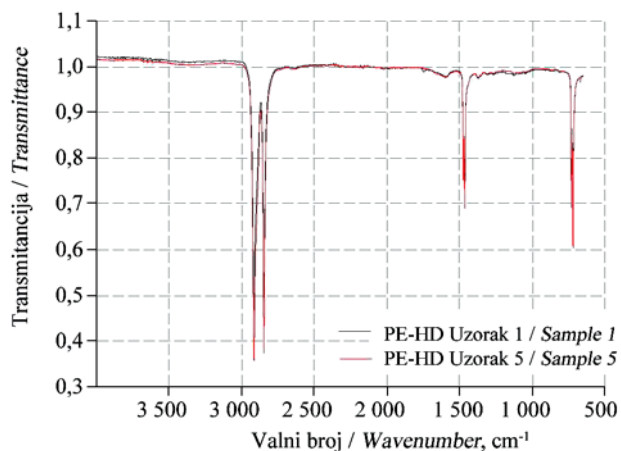
Termogravimetrijska (TGA) analiza provedena je na instrumentu *TA Q500*. TGA analiza sastojala se od dva segmenta: u prvome je uzo-

rak (mase oko 10 mg) u struji dušika zagrijavan brzinom od 30 °C/min do 600 °C, zatim je promijenjen plin u okolini uzorka pa se, umjesto u dušiku, zagrijavanje nastavilo u struji zraka brzinom od 20 °C/min do 700 °C.

Debljine stijenki izmjerene su mikrometrom *Meba*.

Rezultati i rasprava / Results and discussion

Uzorki za analize uzimani su s plastenke koja je označena brojem 1 (uleknuća) i usporedno s plastenke s oznakom 5 (nema uleknuća). Rezultati FTIR analize prikazani su na slici 2.



SLIKA 2 – Rezultati FTIR analize plastenki na bazi PE-HD-a s uleknućem (1) i bez uleknuća (5)

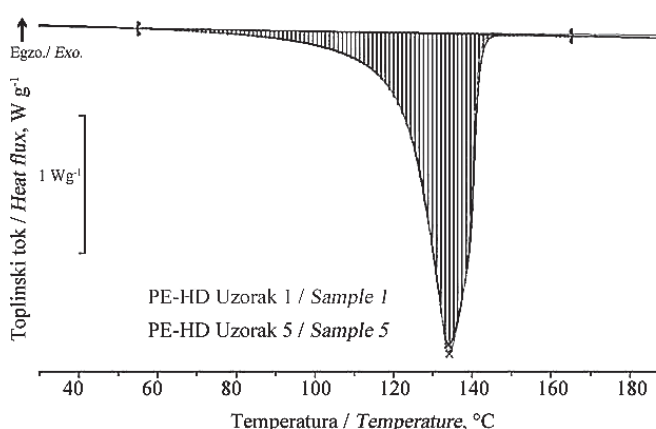
FIGURE 2 – FTIR results of plastic bottles based on PE-HD with swale (1) and without swale (5)

FTIR spektri na slici 2 pokazuju za PE-HD očekivane karakteristične vrpce i potvrđuju da je riječ o PE-HD-u. Na slici se vidi da nema razlike u položajima i intenzitetima pojedinih vrpca uzorka PE-HD materijala s plastenke 1 (koja je pokazala pojavu uleknuća) i usporednog uzorka PE-HD-a s plastenke 5 (koja nije pokazala uleknuće). Osobita pozornost dana je proučavanju razlika u dubletu na 719 i 730 cm^{-1} koje bi upućivale na eventualne razlike u gustoći pakiranja kristalnih domena u uzorcima, te razlika u omjeru vrpca na 1 378 i 1 369 cm^{-1} koje bi upućivale na eventualne razlike u količinama CH_3 grupa koje imaju mogućnost savijanja.

Usporedni rezultati DSC analize uzorka PE-HD-a prikazani su na slikama 3 i 4. Radi usporedbe krivulje su normalizirane. Slika 3 prikazuje endotermne signale taljenja uzorka PE-HD-a za izradu plastenke s uleknućem (1) i plastenke bez uleknuća (5). Na slici je vidljivo da se početak i kraj te vrh signala kristalizacije nalaze kod oba uzorka na istim temperaturama, što upućuje na činjenicu da je riječ o istim polimernim materijalima. Položaj vrha signala taljenja na 135 °C potvrđuje da je riječ o PE-HD-u. Na slici 4 prikazani su rezultati DSC analize određivanja egzotermnog signala kristalizacije koji potvrđuju sve utvrđeno tijekom analize endotermnog signala taljenja.

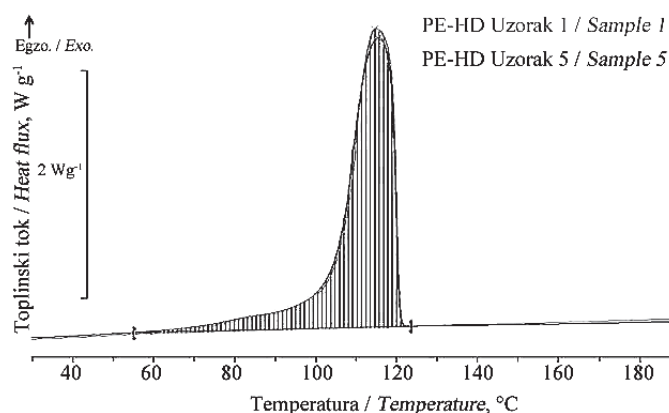
Rezultati TGA analize plastenke 1, koja je pokazala uleknuće, i uzorka plastenke 5, koja nije pokazala uleknuće, prikazani su na slikama 5 i 6. TGA rezultati na slikama 5 i 6 ilustriraju da sav PE-HD pirolizira, što potvrđuje da u ispitivanim uzorcima nema punila.

FTIR i DSC analize također su potvrdile da je u oba slučaja riječ o istom polietilenu visoke gustoće. Sve tri analize potvrđuju da je PE-HD koji se upotrebljava za izradu plastenki identičan i da pojava uleknuća nije u vezi s odabirom PE-HD komponente u formulaciji. Time je isključen utjecaj vrste materijala na pojavu uleknuća. Stoga je odlučeno da se ispitaju



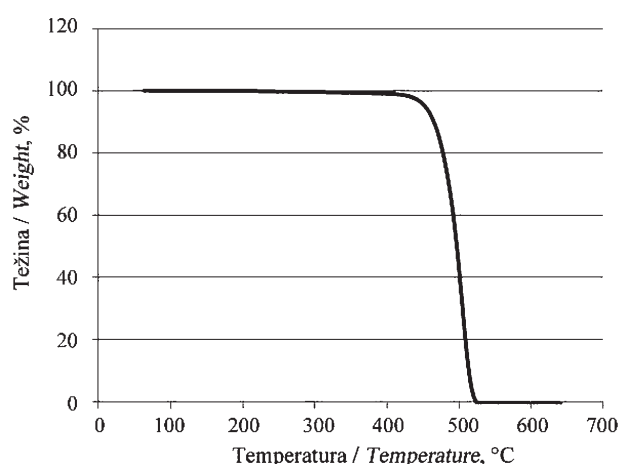
SLIKA 3 – DSC određivanje endotermnog signala taljenja uzorka PE-HD-a za izradu plastenke s uleknućem (1) i plastenke bez uleknuća (5)

FIGURE 3 – DSC assignment of PE-HD melting peak in samples of plastic bottles with swale (1) and without swale (5)



SLIKA 4 – Određivanje egzotermnog signala kristalizacije u uzorcima PE-HD-a s plastenki koje pokazuju uleknuća (1) i plastenki bez uleknuća (5)

FIGURE 4 – Determination of egzotermic peak of crystallization in PE-HD samples from plastic bottles with swale (1) and without swale (5)

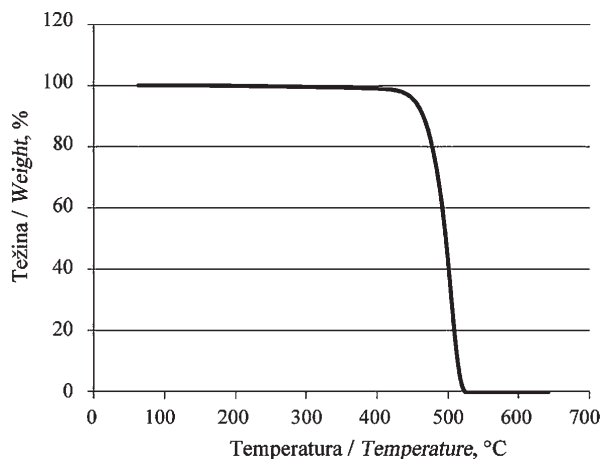


SLIKA 5 – Rezultat TGA analize PE-HD-a s uzorka plastenke 1 (s uleknućem)

FIGURE 5 – TGA result of PE-HD analysis from plastic bottle 1 (with swale)

parametri dimenzija plastenki, tj. debljine stijenki, i da se eventualno u razlici njihovih debljina potraži uzrok pojave uleknuća.

Da bi se izmjerila debljina stijenke, boce su razrezane na pola visine te im je po cijelom opsegu presjeka izmjerena debljina stijenke. U tablici 1 i na slici 7 dane su debljine stijenki mjerene na opsegu boce s razmakom od oko 25 mm, i to svih šest uzoraka boca koje su ispitane.



SLIKA 6 – Rezultat TGA analize PE-HD-a s uzorka plastenke 5 (bez uleknuća)

FIGURE 6 – TGA result of PE-HD analysis from plastic bottle 5 (without swale)

TABLICA 1 – Izmjerene debljine stijenki plastenki s uleknućem (1 – 3) i ispravnih (4 – 6)

TABLE 1 – Measured wall thicknesses of plastic bottles with swale (1 - 3) and without swale (4 - 6)

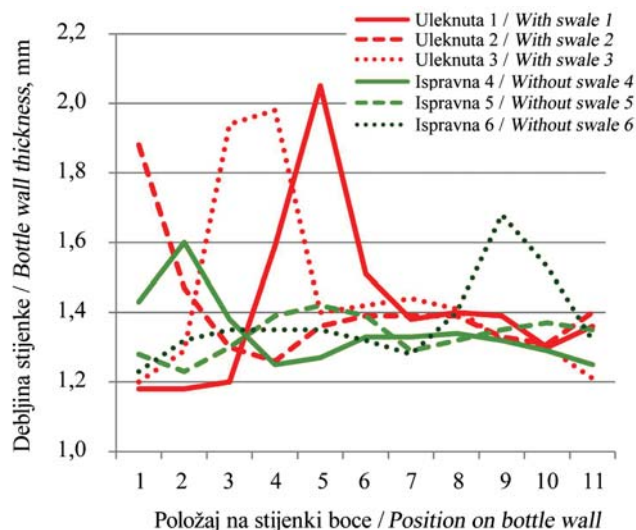
Debljina stijenke plastenke / Wall thickness of plastic bottles, mm					
Uleknute / With swale			Ispravne / Without swale		
1	2	3	4	5	6
1,18	1,88	1,20	1,43	1,28	1,23
1,18	1,47	1,29	1,60	1,23	1,32
1,20	1,30	1,94	1,38	1,30	1,35
1,59	1,26	1,98	1,25	1,39	1,35
2,05	1,36	1,40	1,27	1,42	1,35
1,51	1,39	1,42	1,33	1,39	1,32
1,38	1,39	1,44	1,33	1,29	1,28
1,40	1,39	1,41	1,34	1,32	1,40
1,39	1,33	1,32	1,32	1,35	1,68
1,30	1,31	1,30	1,29	1,37	1,53
1,36	1,40	1,21	1,25	1,35	1,32

Slika 7 ilustrira velike razlike u debljini stijenki plastenki koje su pokazale uleknuće (uzorci 1 – 3), za razliku od mnogo manjih razlika kod plastenki koje nisu pokazale uleknuće (uzorci 4 – 6).

U tablici 2 dane su mase pojedinih uzoraka plastenki te iznosi minimalnih i maksimalnih debljina stijenki.

Iz rezultata je vidljivo da su mase plastenki slične i da stoga njihova masa ne utječe na pojavu uleknuća. S druge strane plastenke kod kojih se pojavljuje uleknuće (1 – 3 u tablici 2) imaju znatno veću razliku između maksimalne i minimalne debljine stijenke (slika 8) u odnosu na plastenke bez uleknuća (4 – 6). Razlike u debljini stijenke uleknute plastenke, vidljive na slici 8, potvrđuju činjenicu da razlika u debljini stijenki koja

je veća od 1,7 mm može biti uzrok slabog raspoređivanja napreznja i razlog pojave uleknuća tijekom skladištenja (tablica 2).



SLIKA 7 – Debljine stijenki uzoraka svih šest plastenki

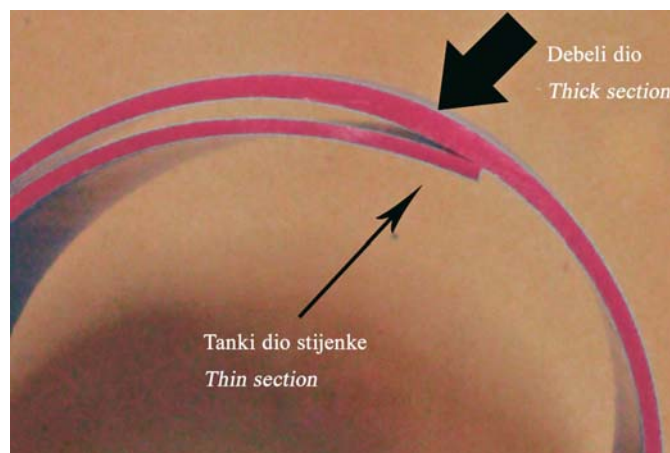
FIGURE 7 – Wall thicknesses of all six plastic bottles

TABLICA 2 – Minimalne i maksimalne debljine stijenki uzoraka plastenki (1 – 3 uleknute, 4 – 6 ispravne) uz razlike (Δ) između maksimalne i minimalne debljine i njihovu masu (m)

TABLE 2 – Minimal and maximal bottle wall thicknesses (1 - 3 with and 4 - 6 without swale), with differences (Δ) between maximal and minimal thicknesses and their bottle mass (m).

	Debljina stijenke plastenke / Wall thickness of plastic bottles, mm					
	Uleknute / With swale			Bez uleknuća / Without swale		
	1	2	3	4	5	6
Min. / Min	1,18	1,26	1,2	1,25	1,23	1,23
Maks. / Max.	2,05	1,88	1,98	1,60	1,42	1,68
Δ	0,87	0,62	0,78	0,35	0,19	0,45
Masa / Mass, g	91,17	91,70	91,26	90,70	90,82	91,81

Na slici 8 prikazan je presjek plastenki kod kojih je uočena negativna pojava uleknuća zbog razlika u debljini stijenki.



SLIKA 8 – Presjek stijenke uleknute plastenke

FIGURE 8 – Wall cross-section of plastic bottle with swale

Rezultati ispitivanja platenki pokazali su da vrsta PE-HD materijala od koje su platenke načinjene, kao i masa platenke ne utječu na pojavu uleknuća. Također je TGA analizom utvrđeno da u formulaciji platenke nema punila koja bi eventualno mogla utjecati na uočene negativne pojave na površini tijekom skladištenja.

Provedena ispitivanja pokazala su da je jedan od mogućih uzroka pojave uleknuća platenki tijekom skladištenja razlika u debljini stijenke, jer takva negativna pojava nije uočena kod platenki koje su imale ujednačenu debljinu stijenke.

Velike razlike u debljini stijenke platenke mogu biti posljedica promjena proizvodnih uvjeta tijekom ekstrudiranja priprema i njegova pretvaranja u platenku potrebnog oblika.

Stoga je za nastavak rješavanja problematike uleknuća platenki, koja nije obuhvaćena u ovom radu, potrebno ispitati stalnost parametara pri ekstrudiranju i puhanju te njihov utjecaj na promjenu debljine stijenke, kao i, posebno, korištenje jednosmjernih ili dvosmjernih ventila na brtvi platenke koji bi izjednačili tlakove u njoj. Kako je kalup stalna veličina, vjerojatno su uzrok pojave uleknuća nestabilni parametri pri pravljenu priprema tijekom ekstrudiranja i puhanja platenke, što nije bilo obuhvaćeno ovim ispitivanjem.

Ako se ustanovi da ni osiguranje stalnih procesnih parametara ne rezultira stalnošću debljine stijenke, bit će potrebna daljnja rekonstrukcija oblika

platenke, što se teže prihvaća zbog već prisutne prepoznatljivosti dizajna proizvoda – platenke s odabranim sadržajem na tržištu.

Zaključak / Conclusion

Analiza problema pojave uleknuća platenki na bazi PE-HD-a do koje dolazi tijekom skladištenja, pokazala je da u danom slučaju uzrok nije u osnovnoj polimernoj komponenti u formulaciji, kao ni u dodatku punila, jer su rezultati spektroskopske i toplinske analize potvrdili njihovu identičnost s uzorcima platenki koje nisu pokazale uleknuća.

Međutim, provjera debljine stijenki platenki potvrdila je da uzorci koji pokazuju uleknuća imaju velike razlike u debljini stijenke, za razliku od uzoraka platenki koje nisu pokazale uleknuća, što može dovesti do nejednolike raspodjele naprezanja kao jednog od razloga pojave uleknuća.

Razlike u debljini stijenki mogu biti posljedica neodgovarajuće prerade, što nije bilo predmet ispitivanja u ovom radu.

LITERATURA / REFERENCES

1. Costa, R., Moggridge, G. D., Saraiva, P. M.: *Chemical product engineering: An Emerging Paradigm Within Chemical Engineering*, AIChE, 52(2006)6, 1976-1986.
2. Lee, N. C.: *Practical Guide to Blow Moulding*, Smithers Rapra Technology, Shawbury, 2006.
3. *The compelling Facts About Plastics 2012, The analysis of European plastics production, demand and recovery for 2012*. PlasticsEurope, Brussels, 2013.

DOPISIVANJE / CONTACT

Doc. dr. sc. Domagoj Vrsaljko
Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije
Marulićev trg 19, HR-10000 Zagreb
E-pošta/E-mail: dvrsal@fkit.hr

4. radionica *Polimeri iz perspektive kemičara i strojara*

Priredila: Tatjana Haramina

Na Fakultetu strojarstva i brodogradnje 22. travnja 2014. održana je 4. radionica *Polimeri iz perspektive kemičara i strojara*. Na poziv organizatorica doc. dr. sc. Tatjane Haramine i dr. sc. Ane Pilipović (FSB) te prof. dr. sc. Jelene Macan (FKIT) odazvalo se pedesetak sudionika zainteresiranih za različite teme iz područja polimerstva, pretežno studentica i studenata preddiplomskog, diplomskog i poslijediplomskog studija, kao i bivših studenata FSB-a koji su se iz gospodarstva vratili na jedno poslijepodne u fakultetske klupe.

Cilj je radionice povezati (buduće) stručnjake iz polimerstva koji razmatraju iste probleme iz različite perspektive. Prva predavanja, koja već tradicionalno održavaju organizatorice, edukativnog su karaktera. Ove godine predstavljene su teme *Utjecaj oblika na svojstva polimera* (J. Macan), *Mehanička spektroskopija polimernih nanokompozita* (T. Haramina) i *Uvod u PolyJet Matrix postupak* (A. Pilipović). Osim njih Lovro Fulanović, stipendist na Institutu *Jožef Stefan* u Ljubljani, održao je predavanje o dielektričnoj spektroskopiji. Zanimljivo predavanje o temi *REACH regulative* održao je student Fabian Losch s *Instituta za tehnologiju* iz Karlsruhea, Njemačka (nj. *Karlsruher Institut für Technologie*), koji boravi na FSB-u u sklopu programa akademske mobilnosti *ERASMUS*. U završnom dijelu skupa studenti Drago Bogdanović (FSB), Antonia Mihaljević (FKIT), Karlo Piha (FSB) i Saša Boršić (FSB) održali



Sudionici 4. radionice *Polimeri iz perspektive kemičara i strojara*

su kratka predavanja o temama vezanima uz polimere u sportu, istine i laži o štetnosti polimera te uz napredne polimerne materijale.

Sve četiri radionice koje su dosad održane rezultat su entuzijastičnog volontiranja organizatorica, a sudjelovanje na njima je besplatno.