

Nevenka MARIĆ
DIOKI d.d., Zagreb

DIOKI-jevi materijali za proizvodnju plastomernih pjenastih proizvoda

ISSN 0351-1871

UDK 678.746.2:678.02

Stručni rad / Professional paper

Primljeno / Received: 22. 4. 2009.

Prihvaćeno / Accepted: 25. 5. 2009.

Sažetak

Tijekom 50-godišnjeg rada u DIOKI-ju su se pratile i primjenjivale novosti u postupcima proizvodnje polimernih materijala, preradbenim postupcima te u poboljšanim svojstvima gotovih proizvoda. U članku su prikazani DIOKI-jevi polimerni materijali namijenjeni proizvodnji pjenastih proizvoda. OKIROL® E/EF je pjeneći polistiren u obliku zrnja u kojem se nalazi pjenilo i svi potrebni dodaci, namijenjen preradi u blokove u kontinuiranom ekspanderu za izradu izolacija te za parno pjenjenje izolacijskih ili ambalažnih otpresaka. DOKI® POLISTIREN, OKITEN® i DINALEN® plastomerni su materijali koji se tijekom preradbenog postupka uz dodatak pjenila i drugih sastojaka prevode u pjenaste proizvode. Detaljnije je opisan postupak ekstrudiranja pjenaste polietilenske folije i pjenastih polistirenskih ploča te korelacija postupka i njihovih primjenskih svojstava.

KLJUČNE RIJEČI:

pjeneći polistiren
ekstrudirana pjenasta polietilenska folija
ekstrudirana pjenasta polistirenska ploča
pjenaste plastomerne tvorevine

KEYWORDS:

expandable polystyrene
extruded polyethylene foam foils
extruded polystyrene foam panels
thermoplastic foams

DIOKI materials for the production of thermoplastic foams

Summary

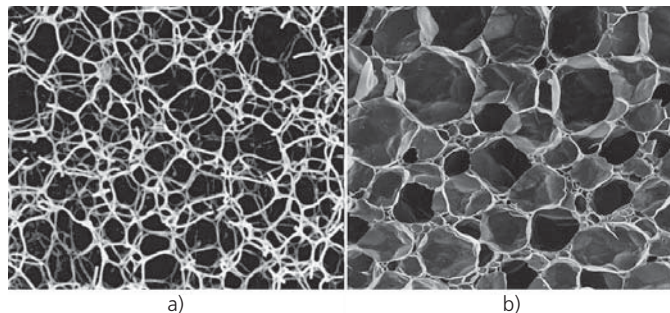
During DIOKI's 50 years long history, the company has monitored and applied new polymer production and processing technologies, and improved the properties of finished products. This paper presents the DIOKI products intended for the manufacturing of thermoplastic foams. OKIROL® E/EF is expandable polystyrene produced in the form of polymer beads, containing blowing agent and other additives, processed in a continuous expander and widely used for the manufacturing of blocks for panels intended for insulation in the building construction industry, and for the manufacture of insulation and packaging articles on steam moulding machines. DOKI® POLYSTYRENE, OKITEN® and DINALEN® are thermoplastics materials which, with addition of blowing agent and other necessary ingredients during polymer processing, can be used for production

of expanded polymers. The paper also provides a more detailed description of extrusion used for the production of polyethylene foamed foils and polystyrene foamed panels in correlation with their final properties.

Uvod / Introduction

Mnogi se polimerni materijali raznim postupcima primjenom fizičkih ili kemijskih pjenila i dodataka prevode u proizvode ćelijaste strukture. Gustoća proizvedene pjenaste tvorevine može biti i više od 30 puta niža u odnosu na polazni polimer.

Danas se od plastomera komercijalnim postupcima proizvode pjenaste polimerne tvorevine s otvorenim i zatvorenim ćelijama (slika 1).¹⁻⁴



SLIKA 1 - Morfološki izgled otvorenih (a)⁵ i zatvorenih (b)⁶ ćelija
FIGURE 1 - Morphologies of open-cell (a)⁵ and closed-cell structure (b)⁶

Na tržištu su prisutni plastomerni materijali u obliku zrnja u kojem se nalazi pjenilo i svi potrebni dodaci. Pjeneći polistiren (PS-E) jedan je od takvih materijala.

Međutim, pjenilo i potrebni dodaci, prije svega su to nukleatori (poput talka i staklenih vlakana) i stabilizatori ćelijaste strukture, teško topivi u polimernoj taljevini, a koji ograničavaju difuziju plina (najčešće glicerilmonostearat GMS i titanati),⁴ mogu se u plastomerni materijal dodati i tijekom postupka prerade.

Na taj se način najčešće ekstrudiranjem proizvode pjenaste polietilenske folije i pjenaste polistirenske ploče.

Proizvodi ćelijaste strukture predmet su brojnih istraživanja koja se predstavljaju na stručnim skupovima^{7,8} te u mnogim znanstvenim i stručnim časopisima.^{2,4}

DIOKI prati novosti u preradbenim postupcima i krajnjim primjenama plastomernih pjenastih proizvoda.

Tijekom 50-godišnje povijesti u DIOKI-ju su se putem raznih organizacijskih oblika odvijale aktivnosti razvoja i istraživanja, među ostalim i kao dio razvojnoistraživačkih projekata *Novi polimerni materijali i aditivi*, *Novi polimerni materijali na osnovi polimernih smjesa i kompozita te Kompozitni materijal i razvoj punila*, a koji su obrađeni u citiranim studijama.⁹

Diokijevi materijali poput DINALENA® 20 korišteni su u eksperimentalnom radu u poluindustrijskome mjerilu za izradu koncentrata u

gnjetilici, dvovaljku i granulatoru s različitim udjelima kemijskog pjenila te u raznim recepturama probnih mješavina namijenjenih za pjenjenje *DINALENA*[®] uz pomoć dodatka azodikarbonamida (ADC).¹⁰

Odgovarajuća primjenska svojstva pjenastih proizvoda dobivaju se i miješanjem različitih plastomera.

U cilju proizvodnje podtlačnih izolacijskih ploča (e. *vacuum insulation panels*, VIP) različite toplinske provodnosti opisan je eksperiment sa smjesom polistirena opće namjene (PS-GP) i polietilena niske gustoće (PE-LD).

Upotrijebljena su četiri različita polistirena masenoga protoka taljevine (MFR) od 2 g/10 min do 8 g/10 min, s vrijednošću staklišta T_g (DSC) od 368 K (95 °C) do 380 K (107 °C) i \bar{M}_w od $225 \cdot 10^3$ do $280 \cdot 10^3$, te PE-LD masenoga protoka taljevine 3,7 g/10 min, tališta $T_m = 378$ K (105 °C) i \bar{M}_w od $260 \cdot 10^3$.

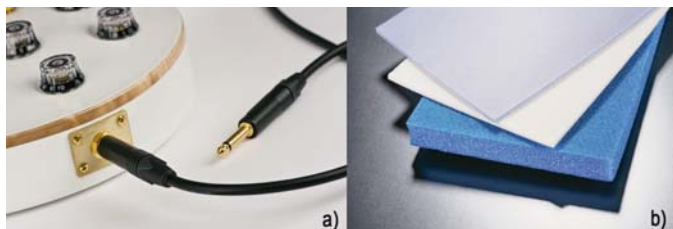
Rezultati su pokazali da PE-LD jako utječe na gustoću pjenaste tvorevine, kao i na udio otvorenih ćelija u proizvodu iz mješavine (e. *blend*) PS/PE i anorganskog punila.

Većim udjelom otvorenih ćelija u mješavini PS/PE s punilom dobiva se proizvod niže toplinske provodnosti.³

Poboljšanje električnih i mehaničkih svojstava moguće je postići i dodatnim umreživanjem s pomoću kemijskih spojeva, radioaktivnim zračenjem ili infracrvenim zračenjem.

Polietilen niske gustoće zahvaljujući razgranatoj strukturi polimerne molekule posjeduje čvrstoću taljevine koja mu omogućava lagano pjenjenje s pomoću butana tijekom ekstrudiranja u foliju, profil ili cijev, za razliku od polietilena linearne molekulske strukture kao što su linearni polietilen niske gustoće (PE-LLD) i polietilen visoke gustoće (PE-HD).

Međutim, relativno malim umreživanjem s pomoću silana s azido-funktionalnom skupinom ili organskih peroksida postiže se dobivanje proizvoda ćelijaste strukture zadovoljavajuće kvalitete.⁷ Pri tome se gubi mogućnost recikliranja ovako dobivenih proizvoda (slika 2).



SLIKA 2 - Električni izolacijski sloj u koaksijalnom kabelu (a)¹¹ i folija umreženog materijala (b)¹²

FIGURE 2 - Dielectric in coaxial cable (a)¹¹ and cross-link sheet foam (b)¹²

Također je u literaturi opisano pjenjenje PE-LD-a u mješavini s do 15 % udjela PE-LLD-a s pomoću plina kao pjenila. Poboljšanje čvrstoće taljevine tumači se pojavom sinergizma.¹³

Materijali novije generacije proizvedeni s pomoću metalocenskih katalizatora, poput cikličkih olefinskih kopolimera (kopolimerizacija etilena i norbonena), također su našli primjenu u proizvodnji pjenastih tvorevina.

Njihova amorfna struktura i modul rasteznosti $\sim 2\,000$ MPa te mogućnost miješanja s PE-om, otvara prostor u poboljšanju mehaničkih svojstava pjenastih folija od PE-LD-a, prije svega utjecajem na povećanje njihove krutosti.

Proizvodnja pjenastih proizvoda važna je tržišna mogućnost za *DIOKI*-jeve polimerne materijale, od kojih su neki prisutni na tržištu već 50 godina, te se čini da je za *DOKI*[®] *POLISTIREN*, *OKITEN*[®], *DINALEN*[®] i *OKIROL*[®] *E/EF* sve rečeno i sve poznato.

Međutim, ovim člankom željelo se pokazati da su to i danas materijali koji su nužni u brojnim primjenama te da *DIOKI* nastoji

inovacijama u procesu proizvodnje spremno odgovoriti na nove tržišne zahtjeve.

DIOKI proizvodi polistirenski materijal u obliku zrnja u kojem se nalazi pjenilo i drugi potrebni dodaci registriranoga trgovačkog imena *OKIROL*[®] *E/EF*.

Također proizvodi i polistiren (PS) te polietilen niske gustoće (PE-LD), koji su, uz dodatak pjenila i drugih potrebnih sastojaka, namijenjeni proizvodnji pjenastih proizvoda. To su polistiren trgovačkog imena *DOKI*[®] *POLISTIREN* i polietilen niske gustoće zaštićenoga imena *OKITEN*[®] i *DINALEN*[®].

Ciljano tržište pjenastih plastomernih proizvoda su zvučna i toplinska izolacija u građevinarstvu (toplinska izolacija fasada i cijevi za centralno grijanje, izolacija krovova, zvučna izolacija ispod parketa...), u autoindustriji, za izradu ambalaže (pakiranje staklenih proizvoda, audiovizualnih uređaja poput računala i televizora i sl.), izradu sportske odjeće i opreme te za igračke.

Prepoznajući rast ovog tržišta, *DIOKI* je investirao u proizvodna postrojenja. Tako se od 2006. godine *OKIROL*[®] *E/EF*, molekulske mase polimera $\sim 200\,000$, polidisperznosti ~ 2 te ciljanoga, izvanredno ujednačenoga granulometrijskog sastava proizvedenog zrnja proizvodi jednostupnjevitim postupkom.¹⁴

***DIOKI*-jevi polimerni materijali s pjenilom / *DIOKI* polymer materials with foaming agent**

DIOKI proizvodi pjeneći polistiren (PS-E) *OKIROL*[®] *E* namijenjen proizvodnji krutih proizvoda ćelijaste strukture koji mogu doći u dodir s namirnicama te samoglasivu verziju *OKIROL*[®] *EF*. Pjenilo je smjesa n-pentana i i-pentana.

Ovisno o granulaciji, tržištu se nude četiri tipa, u verziji bez samoglasivog sredstva i s njime, u godišnjoj količini od blizu 14 000 t. To su: *OKIROL*[®] *E-3* i *OKIROL*[®] *E-3F*, *OKIROL*[®] *E-4* i *OKIROL*[®] *E-4F*, *OKIROL*[®] *E-5* i *OKIROL*[®] *E-5F*, *OKIROL*[®] *E-6* i *OKIROL*[®] *E-6F*. Najveći udio otpada na *OKIROL*[®] *E-4F* (oko 65 % ukupno proizvedenoga pjenećeg PS-a).

OKIROL[®] *E/EF* udovoljava kvalitetom zahtjevima europskoga i ostalih tržišta s obzirom na to da se koristi stiren i dodaci visoke čistoće od provjerenih dobavljača.

Reaktor i ostala oprema dobro su održavani i odgovarajuće su kvalitete, a poslovi se obavljaju kroz certificiran sustav sukladan zahtjevima normi.

Uobičajeno za današnji način poslovanja, na *web*-stranici www.dioki.hr nalaze se detaljne tehničke informacije o primjeni i preradi pojedinog tipa *OKIROLA*[®] *E/E* te ostale važne informacije poput sukladnosti s odgovarajućim smjernicama Europske unije i europskim zakonodavstvom (e. *Technical Dana Sheet*, TDS). Rukovanje proizvodom na siguran način sukladno zahtjevima *REACH*-a (*Regulation (EC) No 1907/2006*) opisano je u sigurnosnim listovima (e. *Material Safety Dana Sheet*, MSDS).

OKIROL[®] *E/EF* najčešće se prerađuje u pjenaste blokove zatvorenih ćelija (poput procesa proizvodnje proizvoda za toplinsku izolaciju prikazanoga na slici 3) 2-stupnjevitim pjenjenjem u kontinuiranom ekspanderu (predekspaniranje, kondicioniranje i praoblikovanje) u izolacijske otpreske ili ambalažne otpreske dobivene parnim pjenjenjem (slika 4).

***DIOKI*-jevi polimerni materijali bez pjenila / *DIOKI* materials without foaming agents**

DOKI[®] *POLISTIREN* kao amorfni materijal te *OKITEN*[®] i *DINALEN*[®], koji uz amorfne dijelove sadržavaju i određeni udio kristalne strukture, pogodni su za pjenjenje tijekom ekstrudiranja s pomoću fizičkog pjenila (n-butana, i-butana, CO₂).



SLIKA 3 - Blok-forma ekspaniranog PS-a (a) za fasadne toplinsko-izolacijske ploče (b) (Foto: N. Marić)

FIGURE 3 - Expanded PS low density blocks (a) for panels (b) (Photo: N. Marić)

DOKI® POLISTIREN / DOKI® POLYSTIRENE

Dioki nudi tržištu dva tipa polistirena opće namjene za proizvodnju pjenastih proizvoda dodavanjem pjenila tijekom ekstrudiranja. To su *DOKI® POLISTIREN 680 L*, kojemu je maseni protok taljevine 4 g/10 min, te *DOKI® POLISTIREN 678 E* masenoga protoka taljevine 11 g/10 min.

Prerada se uobičajeno odvija na tandemsnoj liniji za ekstrudiranje koju čine dva ekstrudera. Prvi je dvopužni, s funkcijom miješanja i homogeniziranja polistirena i dodataka. Na njega se nastavlja drugi, jednopužni, s funkcijom hlađenja taljevine i ubacivanja plina. Ispjenjena taljevina izlazi kroz ravnu mlaznicu, hladi se i kao kontinuirana traka vodi do noža koji ploče siječe na željenu duljinu.

Tako proizvedeni pjenasti polistiren ima pravilne okrugle zatvorene ćelije prosječnog promjera 300 μm i gustoće 30 do 34 kg/m³ ovisno o koncentraciji nukleacijske tvari (talk - 3MgO SiO₂H₂O) i sredstva za upijavanje (butan).

Proizvod od tako upjenjenog polistirena su ploče različitih debljina znatno više pritiskne čvrstoće od ploča izrezanih iz blokova proizvedenih od pjenećeg polistirena OKIROL® E/F. I ove se ploče upotrebljavaju u građevinarstvu kao odlična toplinska i zvučna izolacija, ali se ugrađuju na mehanički zahtjevnijim mjestima građevine.

Tanje se ploče mogu toplo oblikovati, među ostalim i u različitu ambalažu kao što su podlošci za pakiranje hrane (slika 4).



SLIKA 4 - Ambalažni pjenasti polistirenski otpresak¹⁵

FIGURE 4 - Packaging article made of PS-E¹⁵

DINALEN® i OKITEN® / DINALEN® and OKITEN®

Tipovi *OKITEN®* i *DINALEN®* prije svega su namijenjeni proizvodnji filma ekstrudiranjem, što vrijedi i za *OKITEN® 245A*, *OKITEN® 245S*, *DINALEN® 30* i *DINALEN® 50*.

Zbog svoje visoke kvalitete, prije svega ujednačenih svojstava, ovi tipovi nalaze proširenu primjenu i na tržištu pjenastih polietilenskih proizvoda. *DIOKI* nudi tržištu četiri navedena tipa polietilena niske gustoće za proizvodnju folija/profila/cijevi za toplinsku i zvučnu izolaciju te za ambalažu. Zastupljeni su sukladno masenom udjelu tržišta pjenastog PE-LD-a, koje je manje od 1 % od ukupnog tržišta PE-LD-a.

Izrazi li se količina pjenastih proizvoda od PE-LD-a volumno, tada je tržišni udio velik. Rast tržišta pjenastih polietilenskih proizvoda brži je od rasta tržišta polietilenskog filma na koji otpada najveći udio potrošnje PE-LD-a. Plasman pjenastih polietilenskih proizvoda ekonomičan je u krugu od 800 km od mjesta proizvodnje.

Tržište ekspaniranog *OKITENA®* i *DINALENA®* uključuje neumrežene i umrežene ekstrudirane pjenaste proizvode.

Ekstrudirani, neumreženi šupljikavi proizvodi, folije/profil/cijevi, od *OKITENA®* i *DINALENA®* odbijaju vodu, vrlo su postojani na kemikalije, lagani su, savitljivi, izdržljivi, odlično apsorbiraju udarce i vrlo su žilavi. U skladu su sa zahtjevima trajnosti materijala u graditeljstvu od 50 godina. Zbog toga se postavljaju npr. ispod parketa, njima se izoliraju cijevi centralnoga grijanja ili se omata namještaj, izrađuju sportski proizvodi za igre u bazenima, trodimenzionalne *puzzle* i sl. (slika 5).



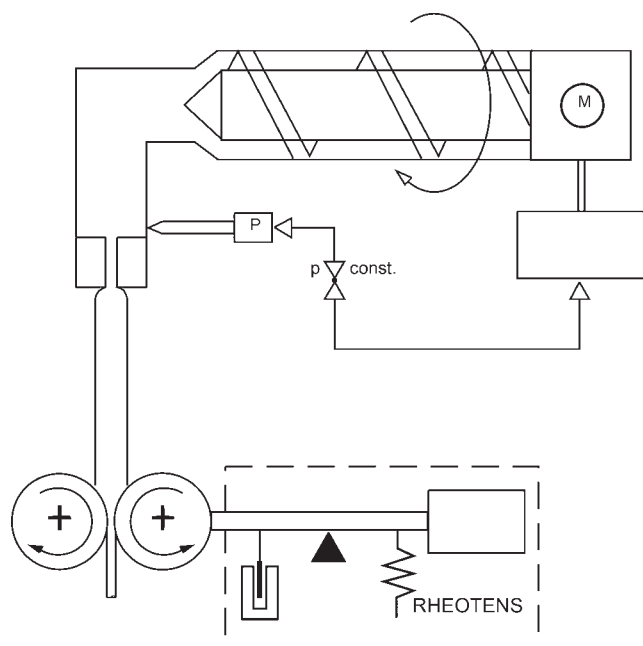
SLIKA 5 - Primjena pjenaste polietilenske folije za pakiranje¹⁶

FIGURE 5 - Application of extruded PE foams for packaging¹⁶

Navedeni *DIOKI*-jevi tipovi polietilena niske gustoće tijekom postupka prerade u pjenasti proizvod mogu se i umrežiti (kemijski, radioaktivnim zračenjem, IR, PE-X), što dovodi do bitnog poboljšanja svojstava (npr. izolatori u koaksijalnim kabelima) ili poboljšanja tvrdoće folija, ali se time onemogućava njihovo recikliranje.

Postupak proizvodnje pjenastih polietilenskih proizvoda s plinom kao pjenilom zahtjevan je s obzirom na strukturu polietilenske molekule, njezinu veličinu, tj. molekulu masu, raspodjelu molekulinih masa te razgranatost (udio dugolančanoga i kratkolančanoga grananja). Uspješna proizvodnja ekstrudirane PE folije ćelijaste strukture ovisi o uspostavljenoj ravnoteži između čvrstoće taljevine i tlaka plina za pjenjenje u rastućim ćelijama. Čvrstoća taljevine vezana je pak uz molekulu strukturu, molekulu masu, njezinu raspodjelu te udio dugolančanoga grananja⁴.

OKITEN® 245A, *OKITEN® 245S*, *DINALEN® 30* i *DINALEN® 50* imaju široke raspodjele molekulinih masa i velik udio dugolančanoga grananja kod viših molekulinih masa te su stoga vrlo pogodni za ovu primjenu. Za *DINALEN® 50* koji ima maseni protok taljevine 2 g/10 min i gustoću 921 kg/m mjerena je sila naprezanja taljevine, MT (e. *melt tension*) u *DINI* na instrumentu za mjerenje masenog protoka taljevine slično kako je u literaturi opisano¹⁷, te prikazano na slici 6.¹⁸



SLIKA 6 - Shematski prikaz instrumenta *Rheotens*, proizvođač tvrtka *Gottfert*¹⁸

FIGURE 6 - Schem of *Rheotens* apparatus manufactured by *Gottfert*¹⁸

Ekstrudat koji izlazi iz mlaznice instrumenta povezan je s kolotutom u neposrednoj blizini koji se kreće konstantnom kružnom brzinom te istovremeno s pomoću mjerne ćelije za silu bilježi otpor taljevine MT (e. *melt tension*). Nakon očitavanja naprezanja taljevine, povećava se obodna brzina i očita vrijednost frekvencija vrtnje okretaja kolotura kod kojega je došlo do pucanja niti ekstrudata kao BS (min^{-1}) (e. *break speed*). To je ujedno informacija o istezljivosti taljevine (e. *extensibility*).

Vrijednosti su za *DINALEN*[®] 50 iznosile za MT od 4,7 g (0,046 N) do 4,8 g (0,0471 N), a za frekvenciju vrtnje kod koje dolazi do pucanja niti ekstrudata od 142 do 148 min^{-1} .

Za usporedbu su izmjerene vrijednosti za *DINALEN*[®] 65 (MFR = 3,5 g/10 min i $\rho = 922 \text{ kg/m}^3$, koji nije namijenjen za ovu primjenu) te je dobiveno MT od 2,7 g (0,0265 N) do 3,2 g (0,03139 N), a BS od 207 do 158 min^{-1} .

Također je provedena usporedba s PE-LLD-om za uzorak s MFR = 0,7 g/10 min i $\rho = 921 \text{ kg/m}^3$ te je izmjeren MT od 1,8 g (0,01766 N), a BS je bio 285 min^{-1} , dok je za PE-LLD uzorak s MFR = 1 g/10 min i $\rho = 918 \text{ kg/m}^3$, MT iznosio 1,2 g (0,01766 N), a BS je bio 441 min^{-1} .

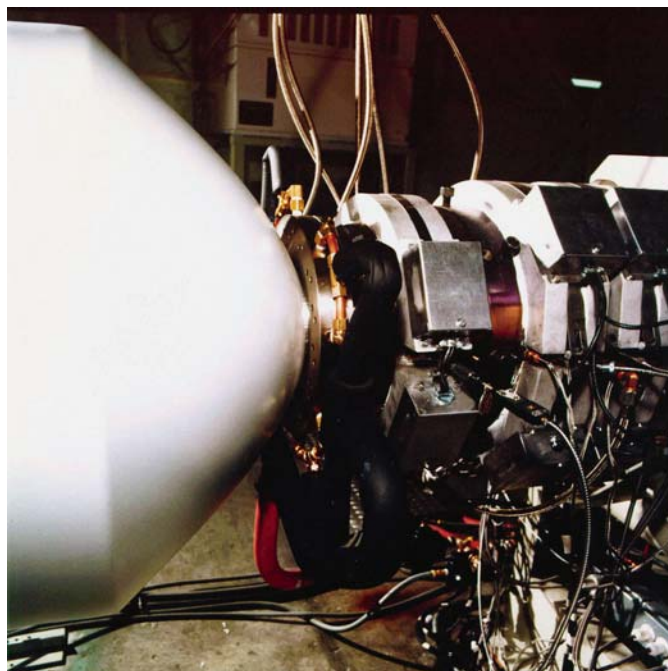
OKITEN[®] 245A bio je predmet ispitivanja čvrstoće taljevine u eksperimentalnom radu⁴ prema metodi ISO 16790.

Pokazalo se da povišenje MFR-a za PE-LD i PE-LLD vodi smanjenju naprezanja taljevine, odnosno njezinoj čvrstoći, i povišenju BS-a, tj. većoj izvlačivosti taljevine. To praktički znači ostvarenje tanjeg filma povećanjem brzine izvlačnih valjaka tijekom ekstrudiranja, što je poželjno za primjenu PE-LD-a za ekstrudirane tanke filmove pri velikim brzinama izvlačenja, a nije poželjno za proizvodnju pjenastih polietilenskih folija.

Ekstrudiranje pjenaste polietilenske folije zatvorenih ćelija odvija se u nekoliko stupnjeva, a to su: taljenje i homogeno miješanje polimera i dodataka (glicerolmonostearat, talk), uvođenje pjenila (najčešće n-butan/i-butan, C_4H_{10}) uz stvaranje homogene smjese taljevine i plina, hlađenje i praoblikovanje taljevine, širenje, expandiranje plina i hlađenje folije¹⁹ (slika 7).

Tijekom proizvodnje pjenaste polietilenske folije od važnosti su, uz odabir odgovarajućeg PE-a, i parametri prerade. CCD kamerom

vizualizirane su mnoge reološke pojave poput bubrenja na mlaznici ili loma taljevine, a u radu J. Wanga i suradnika¹⁹ ova je metoda upotrijebljena kako bi se proučilo stvaranje pjenaste polietilenske folije prilikom njezina izlaska iz mlaznice te utjecaj sadržaja butana, talka (nukleator), glicerolmonostearata (modifikatora starenja), temperature mlaznice i njezine geometrije na izgled ekstrudata na samom početku pjenjenja na izlazu iz mlaznice.



SLIKA 7 - Detalj proizvodnje pjenaste polietilenske folije, nakon izlaska iz mlaznice²⁰

FIGURE 7 - Detail of production of extruded PE film after die²⁰

Zaključak / Conclusion

DIOKI ima 50-godišnju tradiciju u proizvodnji polimera, a pjenasti su proizvodi jedno od važnih područja njihove primjene.

Prepoznajući rast tržišta takvih proizvoda, *DIOKI* je investirao u modernizaciju proizvodnje pjenećeg polistirena te od 2006. godine proizvodi *OKIROL*[®] *E/EF* jednostupnjevitim postupkom u obliku zrnja u kojem se nalazi pjenilo i drugi potrebni dodaci, ciljanoga, izvanredno ujednačenoga granulometrijskog sastava proizvedenog zrnja.

DIOKI također proizvodi i polistiren te polietilen niske gustoće za proizvodnju pjenastih proizvoda uz potrebne dodatke u plasto-merni materijal tijekom preradbenog postupka. Dobro poznati tržišni nazivi *DOKI*[®] *POLISTIREN 680 L* te *DOKI*[®] *POLISTIREN 678 E*, *OKITEN*[®] 245A, *OKITEN*[®] 245S, *DINALEN*[®] 30 i *DINALEN*[®] 50 pružaju kupcima/prerađivačima mogućnost odabira materijala za proizvodnju ekstrudiranih proizvoda ćelijaste strukture.

LITERATURA / REFERENCES

- Lee, P. C. et al.: *Extruded open-cell foams using two semi-crystalline polymers with different crystallization temperatures*, ANTEC 2005, 2660-2664.
- Čatić I. i sur.: *Sistemizacija proizvodnje šupljikavih proizvoda*, Polimeri 29(2008)3, 164-169.
- Wong, C.-M. et al.: *Effect of Low Density Polyethylene on Polystyrene Foam*, ANTEC 2005, 2674-2678.
- Zečević, S.: *Processo di produzione di schiume termoplastiche tramite espansione via estrusione: problematiche connesse all'uso di polietilene e caratterizzazione dei materiali impiegati*, Univerita degli studi di Trieste, Facolta di ingegneria, Tesi di Laurea in Ingegneria Chimica, Anno Accademico 2005-2006.
- www.doodoovoodoo.com/images/Foam_Cells_IR9.jpg
- Cellular polyethylene - the material*, www.koep.de/wEnglisch/produkte/zellpolyethylen-der-werkstoff.php

7. Park, C. P.: *Foam Extrusion of Linear Polyolefins by Lightly Cross-linking*, ANTEC 2005, 2587-2591.
8. Marić, N.: *From DINALEN® and OKITEN® to extruded PE foam sheet*, K-IPG, Zrenjanin, 2008.
9. Weissman, B. i sur.: *Umreženi ekspanzirani polietilen niske gustoće (EXLDPE)*, INA-razvoj i istraživanje, Zagreb, (1988)7371.
10. Reschner, A. i sur.: *Pridobivanje ekspanziranih folija na osnovi polietilena niske gustoće postupkom ekstrudiranja*, INA-razvoj i istraživanje, Zagreb, lipanj 1990. (primjerak broj 8786)
11. www.harmony-central.com/ProductImages/PRS-Guitars-Signature-Series-Cable/Large-PRSCables_Guitar_Hi.jpg
12. www.deccofelt.com/images/circles/big/cross_linked_polyethylene_foam-big.jpg
13. Ghijssels, A. et al.: *Melt Strength Behavior of Polyethylene Blends*, International Polymer Processing, 7(1992), 44-50.
14. Matijašić, V.: *Proizvodnja pjenećeg polistirena (PS-E)*, Polimeri, 29 (2008)1, 30-33.
15. [pactivnet.pactiv.com/ProductCatalog/Rooms/DisplayPages/LayoutInitial?Container=com.webbridge.entity.Entity\[OID5E2A4B43FBEC0414EBD628D1CFCBE5568\]](http://pactivnet.pactiv.com/ProductCatalog/Rooms/DisplayPages/LayoutInitial?Container=com.webbridge.entity.Entity[OID5E2A4B43FBEC0414EBD628D1CFCBE5568])
16. news.thomasnet.com/images/large/024/24905.jpg
17. Cheng, S., Phillips, E.: *Rheological Studies on Radiation Modified Polyethylene Resins*, ANTEC 2006, 2446-2454.
18. Wagner, M. H., Bernnat, A. and Schulze, V.: *The Rheology of Rheotens Test*, Rheotens 97, Technical Documentation Goettfert, Calculation Basis II, 8, 20. 9. 2001., 1-17.
19. Wang, J. et al.: *Initial expansion behaviour of butane-blown LDPE foam at extrusion die exit*, ANTEC 2005, 2627-2631.
20. www.pea.cc/dies.htm

DOPIŠIVANJE / CONTACT

Mr. sc. Nevenka Marić, dipl. ing. kemije
 Dioki d.d.
 Žitnjak bb
 Hr-10000 Zagreb
 E-adresa / E-mail: nevenka.maric@dioki.hr

Nove polimerne prevlake štite kulturnu baštinu od grafita

Priredila: Tatjana HARAMINA

Odjel za konstrukciju i prostorni razvoj korporacije *TECNALIA* koordinira *FP6* projekt u kojem je razvijen novi proizvod kojim će se kulturna baština izrađena od osjetljivih poroznih materijala zaštititi od grafita.

Grafiti se kao dio urbane kulture često zloupotrebljavaju. Usporedno s pravom umjetnošću, češće se događa da se grafiti- ma nagrđuju fasade, uništavaju spomenici te na taj način i kulturna baština i imidž grafita stradavaju zbog nepromišljenih vandala. To nije samo estetski problem već je posljedica toga i propadanje materijala zbog prodora boje, a zatim potrebnog čišćenja grafita. Kako bi se površina zaštitila od tih pojava, razvijena su sredstva za zaštitu od grafita. Ti proizvodi sprječavaju prodiranje pigmenta i boje u materijal omogućujući i lakše uklanjanje grafita s površine. Problem su, međutim, porozni materijali izloženi vanjskim uvjetima, od kojih se često izrađuju spomenici. Oni zahtijevaju

posebnu zaštitu, no trenutačno na tržištu ne postoji odgovarajuće sredstvo protiv grafita na njima.



Rad poznatog majstora grafita Banksyja (www.banksy.co.uk)

U tu je svrhu razvijen novi sustav za zaštitu kulturne baštine u sklopu trogodišnjeg projekta koji je financirala Europska komisija. U tom je projektu sudjelovalo 10 insti-

tucija uključujući tehnološka središta, mala i srednja poduzeća i javna poduzeća iz šest europskih zemalja: Španjolske, Njemačke, Poljske, Belgije, Italije i Slovenije.

Novo se sredstvo temelji na pH-osjetljivom kompleksu naboja polimera na bazi silicija (e. *silicon-based polymer charge complex*). Prevlaka je provjerena na osam podloga različite poroznosti u pet europskih zemalja (Španjolska, Njemačka, Italija, Belgija i Slovenija), u laboratorijskim i realnim uvjetima. Materijal je hidrofoban te sprječava prodiranje vode, dobro prianja i uz vrlo porozne podloge, ne mijenja izgled podloge i postojan je na starenje zbog djelovanja UV zračenja, kondenzacije te izlaganja prirodnim vremenskim uvjetima. Prevlaka ovoga zaštitnog sustava prihvatljiva je za okoliš, sprječava da kamen i ostali porozni materijali upijaju boju te je na taj način omogućeno lako čišćenje površine od grafita.

www.alphagalileo.org