

Joanna LUDWICZAK*

WŁAŚCIWOŚCI TERMOIZOLACYJNE WTÓRNEGO POLIETYLENU O STRUKTURZE KOMÓRKOWEJ

W pracy zaprezentowano koncepcję ponownego wykorzystania wtórnego polietylenu niskiej gęstości (LDPE), który jest jednym z najczęściej wykorzystywanych tworzyw polimerowych w przemyśle opakowaniowym. LDPE o strukturze komórkowej wytworzono w procesie porowania z wykorzystaniem metody ciągłej. Określono wpływ ilości chemicznego środka porującego na morfologię oraz współczynnik przewodności cieplnej spienionego LDPE po procesie recyklingu. Wytworzony materiał o strukturze komórkowej charakteryzuje się dobrymi właściwościami termoizolacyjnymi.

1. WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się zwiększone zapotrzebowanie na tworzywa sztuczne na świecie. Wraz ze wzrostem ilości produkowanych tworzyw polimerowych zwiększa się ilość odpadów. W 2013 roku ilość wytworzonych odpadów w Europie wyniosła 25 mln ton, z czego odpady opakowaniowe stanowią ponad 62% wszystkich odpadów. Przemysł opakowań zdominowany jest przez butelki, folie, worki oraz różnego rodzaju pojemniki z polietylenu (PE), polipropylenu (PP), polistyrenu (PS) i poli(tereftalanu etylenu) (PET) [8]. Ze względu na obowiązującą legislację (Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów) zagadnienie recyklingu ma coraz większe znaczenie także w naszym kraju. Każdego roku ilość materiałów odpadowych przygotowanych do ponownego użycia ma rosnąć, aż w 2020 roku połowa z nich będzie przetwarzana [2]. Jedną z metod recyklingu jest wytworzenie nowego produktu z materiałów odpadowych, równocześnie nadając im nowe właściwości, co jest możliwe dzięki produkcji pianek polimerowych. Materiały zawierające pory otwarte lub zamknięte wytwarzane są w procesie

* Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Wyb. Wyspiańskiego 27, 50-377 Wrocław, joanna.ludwiczak@pwr.edu.pl.

ciągłym lub okresowym, z wykorzystaniem chemicznych oraz fizycznych środków porujących [3-5, 9, 10]. Porofory stanowią źródło gazu, który po rozpuszczeniu w polimerze, po dekompresji powoduje nukleację oraz wzrost porów w matrycy polimerowej [1]. Proces wytłaczania porującego jest procesem ciągłym, podczas którego uzyskuje się pianki polimerowe o porach zamkniętych, charakteryzujące się niską gęstością, obniżonymi kosztami materiałowymi oraz polepszonymi właściwościami termoizolacyjnymi. Dzięki tym właściwościom znajdują zastosowanie jako opakowania do żywności, części samochodowe i elementy samolotów o dobrej izolacji akustycznej, sprzęt sportowy o zmniejszonej masie i dużą zdolnością pochłaniania energii, materiały biomedyczne [7]. W pracy zaproponowano proces wytłaczania porującego do ponownego wykorzystania LDPE po recyklingu w izolacjach cieplnych. Wytworzenie pełnowartościowych produktów z polimerów wtórnych, charakteryzujących się nowymi właściwościami, przyczyni się do lepszego gospodarowania odpadami w Polsce.

2. METODYKA BADAŃ

Do procesu wytłaczania porującego użyto polietylen niskiej gęstości LDPE Malen E FGAN 23, D-003 firmy Basell Orlen Polyolefins, przeznaczony jest do wytwarzania folii opakowaniowej o grubości powyżej 25 μm . Typowe właściwości badanego materiału przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Typowe właściwości LDPE Malen E FGAN 23, D-003

Właściwości	Metoda	Wartość
Gęstość	PN EN ISO 1872-2	0,922 g/cm ³
Wskaźnik szybkości płynięcia (MFR)	PN EN ISO 1872-2 (190 °C /2,16 kg)	0,70 g/10 min
Temperatura topnienia	PN EN ISO 1872-2	114 °C

Materiał wtórny przygotowano przy użyciu wtryskarki BOY podczas 10 cykli przetwórczych, profil temperaturowy: 150-170-185-185-185 °C.

Do wytworzenia struktury porowatej użyto chemiczny środek spieniający (CBA) Hydrocerol CF firmy Clariant w ilości 0,5; 1,0; 2,0%.

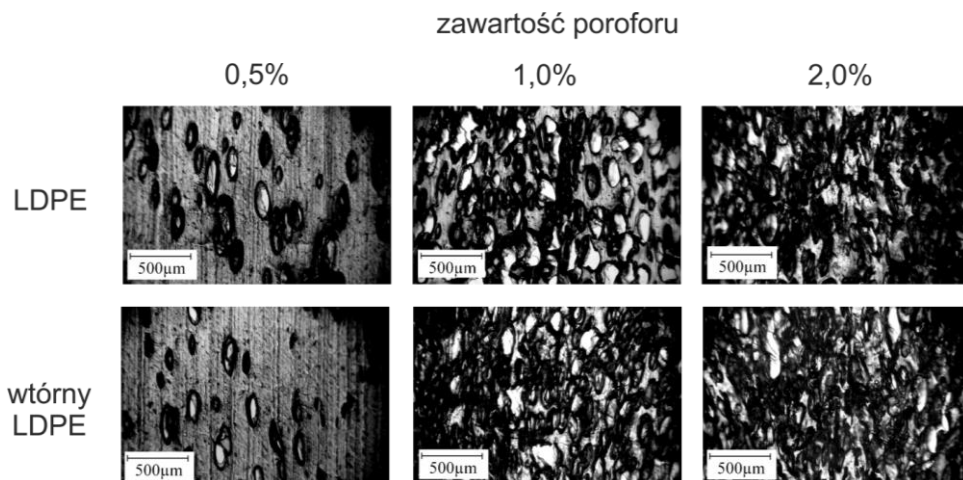
Proces porowania prowadzono metodą ciągłą przy użyciu wytłaczarki jednoślismkowej. Temperatura wynosiła odpowiednio 150-165-185-195-165 °C, prędkość wytłaczania 20 obr/min. Otrzymano próbki o przekroju prostokątnym.

Morfologię materiałów scharakteryzowano przy użyciu mikroskopu PZO Biolar PI przy powiększeniu 60 razy. Próbki o grubości 0,1 mm do badań mikroskopowych przygotowano za pomocą mikrotomu.

Współczynnik przewodności cieplnej (λ) oznaczano za pomocą aparatu Thasys THA01 (Hukseflux Thermal Sensors, Holandia), stosując glicerol jako medium wypełniające komorę pomiarową.

3. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

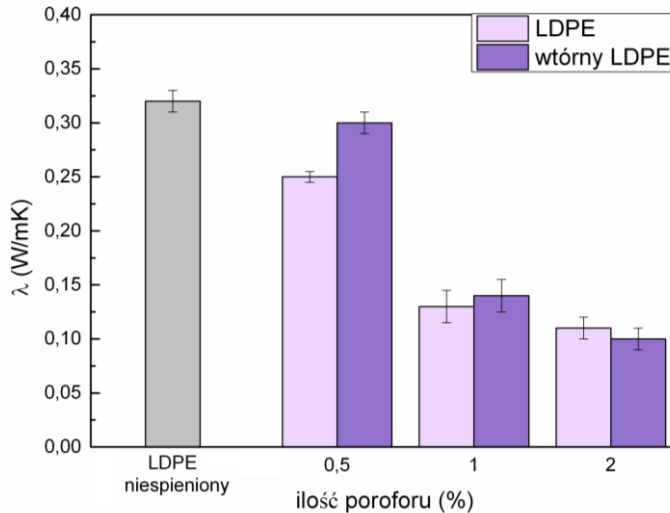
Struktury komórkowe w materiałach pierwotnych oraz wtórnych wytworzono z wykorzystaniem tych samych warunków przetwórczych. W pracy [6] opisano zależności pomiędzy ilością dodanego środka chemicznego (0,5; 1,0; 2,0%) a gęstością oraz wielkością komórek w spienionym LDPE. Stwierdzono, że wpływ dodatku 1,0% oraz 2,0% poroforu jest korzystniejszy w porównaniu z ilością 0,5% środka porującego. Większa ilość CBA powoduje obniżenie gęstości oraz zmniejszenie wymiarów komórek pierwotnego oraz wtórnego LDPE w odniesieniu do niespionionej matrycy polimerowej. Nie odnotowano znacznego wpływu 10-krotnego recyklingu na gęstość, także na morfologię LDPE (rys. 1).



Rys. 1. Morfologia materiałów porowatych w zależności od ilości poroforu

Współczynnik przewodności cieplnej (λ) określa własności termoizolacyjne materiałów. Struktura komórkowa może korzystnie wpływać na poprawę izolacyjności termicznej materiałów polimerowych, co wykorzystuje się w przypadku pianki poliuretanowej oraz spienionego polistyrenu – materiałów powszechnie stosowanych do izolacji cieplnej. Wartość współczynnika przewodności cieplnej (λ) dla niespionionego LDPE wynosi 0,32 W/mK (rys. 2). Dodatek 0,5% CBA wpłynął nieznacznie na obniżenie wartości λ dla LDPE oraz wtórnego LDPE. Odnotowano większą zmianę dla pierwotnego polimeru ze względu na wytworzenie większej ilości komórek, co

dokumentuje rys. 1. Potwierdza on także, że dodatek 1,0 oraz 2,0% CBA wpłynął na wytworzenie większej ilości komórek w LDPE, co powoduje obniżenie współczynnika przewodności cieplnej, odpowiednio do 0,13 oraz 0,11 W/mK (rys. 2). Podobną tendencję zauważono w przypadku wtórnego LDPE, przy większej ilości poroforu (1,0 oraz 2,0%) uzyskano wartość λ - odpowiednio 0,14 oraz 0,1 W/mK. Proces porównania umożliwił poprawę właściwości termoizolacyjnych wtórnego LDPE o ok. 60% oraz 70% przy zastosowaniu 1,0% oraz 2,0% CBA.



Rys. 2. Współczynnik przewodności cieplnej (λ) pierwotnego oraz wtórnego LDPE o strukturze komórkowej w zależności od ilości poroforu

4. PODSUMOWANIE

Technologia wytłaczania porującego może być wykorzystywana do uzyskania polietylenu o strukturze komórkowej w materiałach pierwotnych oraz wtórnych.

LDPE po procesie recyklingu jest podatny na wytwarzanie struktury komórkowej.

Wytworzenie struktury komórkowej w polietylenie umożliwia obniżenie wartości współczynnika przewodności cieplnej (λ).

Uzyskano wtórny LDPE o strukturze komórkowej charakteryzujący się poprawionymi właściwościami termoizolacyjnymi nawet do 70% w odniesieniu do niespionionego polimeru.

Publikacja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

LITERATURA

- [1] BALDWIN D.F., PARK C.B., SUH N.P., *An extrusion system for the processing of microcellular polymer sheets: Shaping and cell growth control*, Polymer Engineering & Science, 1996, Vol. 36, No 10, 1425–35.
- [2] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów oraz uchylająca niektóre dyrektywy.
- [3] KOZŁOWSKI M., *Lightweight Plastic Materials*, [w:] Thermoplastic Elastomers, El-Sonbati A. InTech; 2012. Pobrano z: <http://www.intechopen.com/books/thermoplastic-elastomers/lightweight-plastic-materials>.
- [4] KOZŁOWSKI M., KOZŁOWSKA A., FRĄCKOWIAK S., *Materiały polimerowe o strukturze komórkowej*, Polimery, 2010, Vol. 55, No. 10, 726–39.
- [5] LEE S-T. *Foam extrusion. Principles and Practice*. CRC Press LLC, USA 2000, 1–344.
- [6] LUDWICZAK J, KOZŁOWSKI M. *Spienianie odpadowych tworzyw sztucznych*. [w:] Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i ochronie środowiska, pod red T.M. Traczewskiej i B. Kaźmierczaka. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2014, 489–93.
- [7] PARK C.B., SUH N.P. *Filamentary extrusion of microcellular polymers using a rapid decompressive element*. Polymer Engineering & Science, 1996, Vol. 36, No. 1, 34–48.
- [8] PLASTICS – the Facts 2013. *An analysis of European latest plastics production, demand and waste date*. Pobrano z: <http://www.plasticeurope.co.uk>.
- [9] RODEHEAVER B.A., COLTON J.S. *Open-celled microcellular thermoplastic foam*. Polymer Engineering & Science. 2001, Vol. 41, No. 3, 380–400.
- [10] TSIVINTZELIS I., ANGELOPOULOU A.G., PANAYIOTOU C. *Foaming of polymers with supercritical CO₂: An experimental and theoretical study*. Polymer, 2007, Vol. 48, No. 20, 5928–39.

THERMAL INSULATION PROPERTIES OF POLYETHYLENE WASTE WITH CELLULAR STRUCTURE

The paper presents the concept of re-use of waste of low density polyethylene (LDPE), which is one of the most widely used polymer in the packaging industry. LDPE with a cellular structure was prepared by the foaming process using a continuous method. The influence of the amount of foaming agent on the cellular morphology and coefficient of thermal conductivity of the foamed LDPE after recycling process were presented. Obtained material with a cellular structure is characterized by good thermal insulation properties.