

Zenon Tartakowski*, Janusz Michalski**

ANALIZA WPŁYWU MODYFIKATORÓW–POPIOŁÓW LOTNYCH NA WŁAŚCIWOŚCI DIELEKTRYCZNE KOMPOZYCJI POLIOLEFINOWYCH

Streszczenie: Kompozycje polimerowe z recyklatów folii polimerowych posiadają szereg korzystnych właściwości dielektrycznych. Modyfikacja fizyczna tych kompozycji polietylenem pozwoliła uzyskać nowy materiał elektroizolacyjny. Zastosowanie jako modyfikatorów kompozycji popiołów lotnych może spowodować dalszą zmianę właściwości kompozycji. Wcześniejsze badania kompozycji polimerowych pozwoliły określić wpływ granulacji i koncentracji modyfikatora-popiołów lotnych na ich właściwości mechaniczne i przetwórcze. Poniżej przedstawiono badania dielektryczne nowych wieloskładnikowych kompozycji poliolefinowych i określono zmiany ich właściwości w zależności od koncentracji i wielkości cząstek napelnacza — popiołów lotnych.

Słowa kluczowe: recykling, popioły lotne, modyfikacja, właściwości dielektryczne

1. Wstęp

Możliwość modyfikacji właściwości tworzyw sztucznych powoduje, że stosowane są na wyroby spełniające określone wymagania w różnych dziedzinach np. budownictwo, opakowania, materiały elektroizolacyjne, medyczne. Szczególnie duże znaczenie jako materiały konstrukcyjne mają kompozycje polimerowe gdzie matrycę stanowi termoplastyczne tworzywo sztuczne zaś fazą dyspersyjną jest modyfikator [1, 2].

Modyfikatory oprócz poprawy właściwości kompozycji powinny:

- wykazać zdolność do mieszania się z polimerem tworząc jednorodną kompozycję,

* Instytut Inżynierii Materiałowej, Politechnika Szczecińska, e-mail: tarzen@safona.tuniv.szczecin.pl

** Instytut Elektrotechniki, Politechnika Szczecińska

- posiadać temperaturę przemian wyższą od polimeru,
- być obojętne w stosunku do polimeru oraz otoczenia.

Spśród wielu stosowanych modyfikatorów duże znaczenie przywiązuje się do takich związków które są tanie, łatwe w pozyskaniu i nie wymagają dodatkowego przygotowania przed wprowadzeniem do polimeru. Takimi modyfikatorami są np. związki pochodzenia mineralnego lub odpadowego jak np. popioły lotne. Dotychczasowe badania kompozycji polimerowych modyfikowanych napełniaczami wykazały, że istotny wpływ na właściwości uzyskanego materiału mają zarówno właściwości polimeru i napełniacza, ich wzajemny udział w kompozycji oraz wielkość cząstek i ich kształt [3, 4].

Wprowadzeniu napełniacza do kompozycji zawsze towarzyszą zmiany części lub całego kompleksu właściwości. Zmiany te mogą być związane z budową strukturalną polimeru jak i krystalizacją w polimerze (tworzenie faz krystalicznych i amorficznych). Wykorzystując modyfikację jako metodę zmiany właściwości materiału polimerowego a tym samym uzyskania nowego materiału konstrukcyjnego przeprowadzono badania nad możliwością modyfikacji recyklatowych kompozycji polimerowych przy użyciu drobnodispersyjnych napełniaczy.

Jako materiału polimerowego użyto recyklatu z folii wielowarstwowej typu Pa/Pe, natomiast jako modyfikatora użyto popiołów lotnych będących odpadem ze spalania węgla kamiennego. Wcześniejsze badania kompozycji polimerowych typu Pa/Pe oraz po ich modyfikacji recyklatem polietylenowym Pe rec wykazały, że materiały te posiadają szereg korzystnych właściwości mechanicznych, elektrycznych oraz termicznych co pozwala prognozować ich zastosowanie na wyroby przemysłu elektrotechnicznego [5, 6]. Jednocześnie badania kompozycji polimerowych (PP, PE) modyfikowanych popiołami lotnymi wykazały znaczną poprawę ich właściwości takich jak mechaniczne, termiczne, trybologiczne [7].

Obecnie prowadzone badania kompozycji poliamidowo-polietylenowych (Pa/Pe) modyfikowanych popiołami lotnymi mają na celu określenie wpływu zawartości napełniacza oraz jego wielkości na wybrane jej właściwości dielektryczne. Badania prowadzono w specjalnych warunkach tj. przy wilgotności 95%, temperaturze $+40^{\circ}\text{C}$ oraz w 12 tygodniowym cyklu badawczym [8]. Dokonano analizy uzyskanych wyników badań i porównano je z innymi badanymi kompozycjami poliolefinowymi.

2. Materiał badawczy

Badaniom poddano kompozycje polimerowe składające się z:

- recyklatu 3 warstwowej folii barierowej typu PA/PE. Odpady folii opakowaniowej PA/PE poddano procesowi rozdrabniania i aglomerowania w młynie nożowym. Uzyskany aglomerat posiadał wielkość do 4 mm. Materiał oznaczono symbolem 3 PA/PE oraz scharakteryzowano określając gęstość — $0,97\text{ g/cm}^3$ i wskaźnik szybkości płynięcia — MFI — $11,34\text{ g/10 min}$ ($21,6\text{ N}$, 503 K) [5];
- popiołów lotnych — odpad powstający podczas spalania węgla w elektrociepłowni. Materiał oznaczono symbolem PL. Cząstki popiołów lotnych posiadały wielkość do $0,200\text{ mm}$ i poddane zostały procesowi rozdziału na grupy granulometryczne. Do badań użyto popiołów o następującej wielkości cząstek:

- do 0,041 mm,
- 0,041–0,063 mm,
- 0,063–0,1 mm,
- 0,1–0,2,mm.

Z powyższych materiałów wykonano kompozycje materiałowe zawierające 5%, 10% i 15% napełniacza popiołowego PL. Sposób wykonania kompozycji oraz próbek do badań właściwości elektrycznych przedstawiono w poprzednich publikacjach [4, 5].

Próbki do badań wykonano metodą wtryskową przy użyciu wtryskarki ślimakowej typu MonoMat 80. Parametry procesu dobrano doświadczalnie

3. Metodyka badań

Kompozycje polimerowe poddano badaniom pozwalającym określić następujące właściwości dielektryczne:

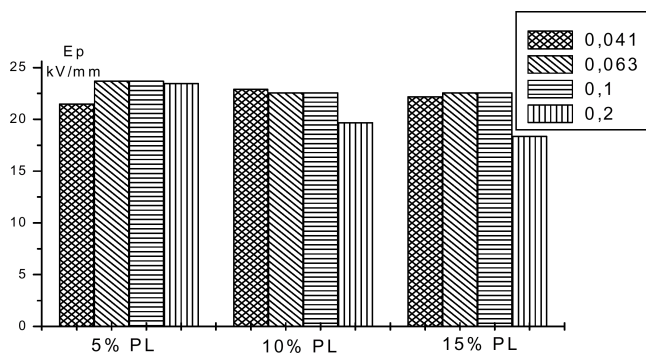
- wytrzymałość dielektryczna,
- stratność dielektryczna,
- odporność na łuk małej mocy,
- odporność na prądy pełzające,
- przenikalność dielektryczna.

Badania prowadzono na próbkach w wymiarach 100×110 mm poddanych działaniu klimatu WGS (wilgotna gorąca stałego) w pełnoklimatycznej komorze typu Feutron przy następujących parametrach: temperatura +40°C, wilgotność względna 95%, czas działania klimatu 12 tygodni. Przebieg zmian określano co tydzień.

Badania morfologiczne prowadzono przy użyciu mikroskopii optycznej w świetle przechodzącym i odbitym (typ MBO) oraz przy użyciu elektronowej mikroskopii skaningowej (SEM typ JOEL JSM 100).

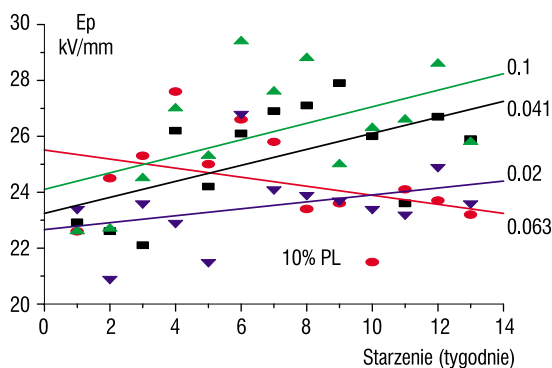
4. Wyniki badań

Podstawowym celem prowadzonych badań było określenie wpływu wielkości cząstek napełniacza oraz jego koncentracji na właściwości kompozycji modyfikowanej napełniaczem dyspersyjnym. Poznanie tych korelacji jest istotne przy projektowaniu materiałów, w których matryca polimerowa jest wykonana z tworzyw recyklatowych. Szeroka gama napełniaczy, które można zastosować do tworzyw charakteryzuje się dużą obojętnością względem matrycy i jednym z istotnych kryteriów ich doboru jest wielkość cząstek. Zastosowane w badaniach napełniacze popiołowe mają w większości kształt kulisty i są obojętne względem matrycy polimerowej. W zależności od swojej wielkości ich wpływ na kompozycję polimerową jest różny. Przebieg zmian wytrzymałości dielektrycznej E_p kompozycji zawierających 5%, 10% i 15% popiołów lotnych przedstawiony jest na rys. 1.



Rys. 1. Wpływ koncentracji i wielkości cząstek napełniacza w kompozycji Pa/Pe na wytrzymałość dielektryczną E_p (stan początkowy)

Przy 5% koncentracji napełniacza wytrzymałość dielektryczna jest podobna dla badanych granulacji. Wzrost koncentracji napełniacza powoduje spadek wytrzymałości dielektrycznej kompozycji zawierających cząstki popiołów o większej granulacji. Wpływ granulacji napełniacza na przebieg zmian wytrzymałości dielektrycznej E_p kompozycji Pa/Pe przedstawiono na rys. 2.

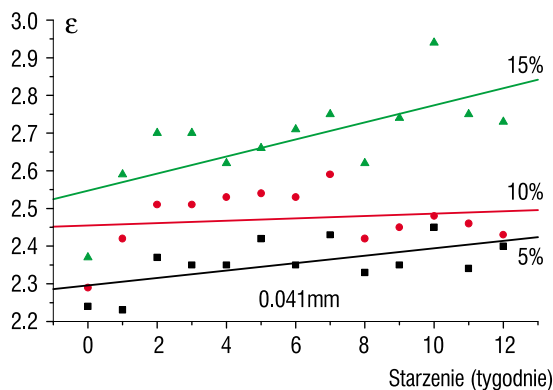


Rys. 2. Przebieg zmian wytrzymałości dielektrycznej E_p kompozycji PA/PE (10% PL) o różnej granulacji popiołów lotnych PL w 12 tygodniowym cyklu WGS

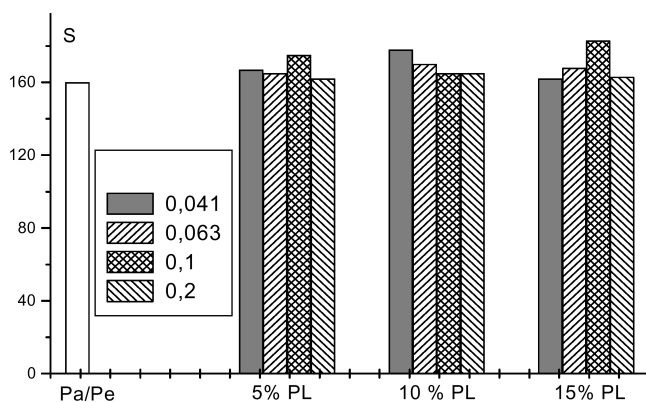
Widoczny spadek właściwości występuje dla kompozycji zawierających napełniacz o granulacji 0,041–0,063 mm. Przebieg zmian przenikalności dielektrycznej (kompozycji modyfikowanych popiołami lotnymi o granulacji do 0,041 mm w badanym okresie działania klimatu WGS przedstawiono na rys. 3. Dla wszystkich badanych materiałów zaobserwowano, wzrost przenikalności dielektrycznej ϵ przy wzrastającej koncentracji napełniacza.

Badania odporności na łuk małej mocy (12,5 kV) kompozycji Pa/Pe modyfikowanej napełniaczem popiołowym — PL o różnej granulacji oraz niemodyfikowanej

przedstawiono na rys. 4. Można zauważyć wpływ zarówno koncentracji jak i granulacji wypełniacza na badaną właściwość.



Rys. 3. Wpływ koncentracji napelniacza na przebieg przenikalności dielektrycznej ϵ kompozycji PA/PE w 12 tygodniowym cyklu WGS



Rys. 4. Wpływ koncentracji i wielkości cząstek napelniacza PL w kompozycji PA/PE na odporność na łuk małej mocy [s] (stan początkowy)

Przeprowadzone badania morfologiczne kompozytów modyfikowanych napelniaczem wykazały ich równomierny rozkład w kompozycji szczególnie dla cząstek małych. Wraz ze wzrostem koncentracji (15% PL) napelniacza pojawiały się aglomeraty napelniacza, które niekorzystnie wpływały na właściwości dielektryczne oraz mechaniczne materiału (szczególnie widoczny spadek właściwości wytrzymałościowych i udarowości).

Jednym z aspektów prowadzonych badań było skorelowanie właściwości mechanicznych (wytrzymałość na rozciąganie, twardość, udarowość) z właściwościami dielektrycznymi. Można zauważyć, że wprowadzenie drobnodispersyjnych napelniaczy

popiołowych pozwoliło utrzymać dobre właściwości dielektryczne natomiast obniżeniu uległy cechy wytrzymałościowe a wzrosła twardość kompozycji. Zjawisko to wywołane jest istnieniem tylko adhezji mechanicznej między matrycą polimerową a napełniaczem. Również małe cząstki napełniacza stają się zarodkami krystalizacji dla polimerów zaś większe hamują jej rozwój powodując powstawanie układu krystaliczno-amorficznego.

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że:

- modyfikacja kompozycji poliolefinowych popiołami powoduje poprawę ich właściwości dielektrycznych,
- korzystnie jest stosować modyfikatory — napełniacze których cząstki posiadają wielkość do 0,041 mm,
- badania kompozycji w klimacie WGS dowiodły, że właściwości kompozycji są w miarę stabilne (dla określonej koncentracji i granulacji napełniacza) co pozwala na stosowanie materiału do pracy w środowisku wilgotnym i w podwyższonej temperaturze (+40°C),
- uzyskane nowe kompozycje polimerowe wykonane z materiałów recyklatowych oraz napełniane materiałem odpadowym mogą mieć zastosowanie jako materiały elektroizolacyjne co pozwoli na zastąpienie innych materiałów wykonywanych z tworzyw pierwotnych; ma to istotne znaczenie dla ochrony środowiska.

Uzyskane wyniki badań świadczą o celowości ich prowadzenia i są kontynuowane w kierunku poszukiwania aplikacji dla materiałów recyklatowych szczególnie z opakowań.

Literatura

- [1] **Ultracki L. A.:** *Commercial Polymer Blends*, London, Chapman & Hall, 1998
- [2] **Żuchowska D.:** *Polimery konstrukcyjne*. Warszawa, WNT, 1995
- [3] **Tartakowski Z.:** *Recyklingowe termoplastyczne tworzywa polipropylenowe jako materiały konstrukcyjne*, Zeszyt naukowy KBM PAN, Szczecin, 1996
- [4] **Tartakowski Z., Michalski J.:** *Recyklaty z wielowarstwowych opakowaniowych folii barierowych jako materiały konstytucyjne*. Eko-Plast, Nr 7, 1995
- [5] **Michalski J., Tartakowski Z.:** *Properties of PA/PE recycles*, IUPAC MACRO Seoul'96. Korea
- [6] **Michalski J., Tartakowski Z.:** *Possibility using composites materials with recycles of thermoplastics to electroinsulating devices*, 2nd ISCUEES Międzyzdroje 1996
- [7] **Tartakowski Z., Hudec I.:** *Modification of polyethylene with organic and inorganic fillers*, Konferencja IUPAC BRATYSLAVA. 25–28.08.1997
- [8] **Michalski J.:** *Badania środowiskowe jako kryterium poprawności doboru elementów i montażu urządzeń elektrycznych*, Konf. Naukowo-Techniczna JAWĘ '94 Lublin, 1994

ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE FLY ASH MODIFICATION ON THE DIELECTRICAL
PROPERTIES OF POLIOLEFINES

In the paper, influence of the concentration and size of fly ash modifiers of dielectrical properties Pa/Pe compositions presented. The possibility of applications of these materials for electroisolation application is described.