

Janusz Michalski\*, Zenon Tartakowski\*\*

## **WPŁYW PMMA (POLIMETAKRYLANU METYLU) NA WŁAŚCIWOŚCI DIELEKTRYCZNE RECYKLATOWYCH MATERIAŁÓW ELEKTROIZOLACYJNYCH**

**Streszczenie:** Istotny wpływ na właściwości wieloskładnikowych kompozytów polimerowych ma ich skład. Większość kompozytów wykonanych z tworzyw recyklatowych charakteryzuje się niemieszalnością termodynamiczną składników. Właściwości kompozycji są inne w porównaniu do właściwości jej składników. W efekcie selektywnego oddziaływania poszczególnych składników ze sobą nowy kompozyt może uzyskać szereg nieprzewidywalnych cech. Na przykładzie wieloskładnikowej kompozycji z tworzyw recyklatowych określono wpływ jednego z jej składników — PMMA na właściwości dielektryczne. Nowe kompozyty badano pod kątem zastosowania ich jako materiały elektroizolacyjne.

**Słowa kluczowe:** recykling, polimetakrylan metylu, modyfikacja, właściwości dielektryczne, kompozyty wieloskładnikowe

### **1. Wstęp**

Przemysł elektrotechniczny jest jednym z największych odbiorców tworzyw sztucznych. Szczególnie duże zastosowanie występuje w grupie materiałów izolacyjnych. Materiały te ze względu na swoją rolę muszą posiadać szereg cech, które warunkują ich pracę w różnych warunkach. Od materiałów tych wymaga się dużej stabilności właściwości w trakcie eksploatacji (np. kable energetyczne układane w ziemi do 20 lat). W ostatnich latach można zauważyć, że przy doborze materiałów coraz częściej zwraca się uwagę aby wykonany wyrób po okresie eksploatacji lub po jego uszkodzeniu można było poddać procesowi recyklingu. Stąd też pewne grupy

---

\* Instytut Elektrotechniki, Politechnika Szczecińska

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

materiałowe dotychczas stosowane są zamieniane innymi. Najczęściej stosowanymi tworzywami termoplastycznym na elementy izolacyjno-konstrukcyjne są polichlorek winylu, polietylen oraz polistyren. W większości materiały te są jednorodne i z ich późniejszym recyklingiem nie ma problemów [1, 2]. Wzrastające potrzeby odbiorców oraz zwiększone wymagania odnośnie właściwości materiałów wywołały konieczność poszukiwania nowych materiałów. Do grupy tej należą kompozyty polimerowe stanowiące mieszaniny polimerów z polimerami lub innymi związkami chemicznymi. Istniejące niedoskonałości właściwości materiałów jednorodnych są ulepszone na drodze ich modyfikacji innymi związkami. Polietylen stosowany w większości na izolacje przewodów charakteryzuje się dużym spadkiem właściwości dielektrycznych i mechanicznych pracując w podwyższonej temperaturze. Modyfikując go napełniaczami mineralnymi lub poliamidem uzyskuje się podwyższenie temperatury pracy oraz wytrzymałości mechanicznej i twardości. Polistyren również wykazuje spadek właściwości pracując przy długotrwałym obciążeniu termicznym. Właściwości te ulegają poprawie po procesie modyfikacji związkami nieorganicznymi, drobnodispersyjnymi mineralnymi lub innymi polimerami [3, 4].

Nowe kompozycje polimerowe mogące mieć zastosowanie jako materiały elektroizolacyjne są tematem szeregu prac prowadzonych wspólnie przez Instytut Elektrotechniki i Instytut Inżynierii Materiałowej Politechniki Szczecińskiej. Szczególną uwagę zwrócono na kompozycje polimerowe wykonane z tworzyw recyklatowych. Badano materiały takie jak np. kompozycje PS/PE, PVC/PE, PA/PE, PE modyfikowany recyklatem z pianek poliuretanu (PUR), oraz PE i PP modyfikowany dolomitom [5, 6].

Istotny wpływ na właściwości materiału ma jego skład oraz udział poszczególnych składników w kompozycji. Poniżej przedstawiono wyniki badań wieloskładnikowych kompozycji polimerowych i określono wpływ jednego ze składników — PMMA na badane właściwości dielektryczne. PMMA jest materiałem którego ilość w odzyskiwanych odpadach tworzyw sztucznych może wynieść do 10%.

## 2. Materiał badawczy

Badaniom poddano kompozycje materiałowe o składzie przedstawionym w tabeli 1. Próbkę do badań wykonano zgodnie z opracowaną technologią przedstawioną w poprzednich publikacjach [5].

## 3. Metodyka badań

Celem badań było określenie następujących właściwości dielektrycznych wykonanych kompozycji polimerowych:

- rezystywności skrośnej,
- przenikalności dielektrycznej,
- wytrzymałości dielektrycznej,
- odporności na łuk elektryczny małej mocy,
- odporności na prądy pelzające.

**Tabela 1.** Skład badanych wieloskładnikowych kompozycji polimerowych

Tworzywo	Udział [%]						
PMMA	0	1	3	5	7	10	15
PE recyklat	60	59	57	55	53	50	45
PP recyklat	15	15	15	15	15	15	15
PS recyklat	15	15	15	15	15	15	15
PA/PE recyklat	10	10	10	10	10	10	10

**PMMA** — recyklat wykonano z wyrobów wykonanych metodą wtryskową (obudowy urządzeń). Recyklat określono gęstością  $1,17 \text{ g/cm}^3$  oraz wskaźnikiem szybkości płynięcia WSP/MFI —  $0,89 \text{ g/10 min}$  (21,6 N; 503 K).

**PE recyklat** — wykonano z odpadów pochodzących z osłon przewodów i kabli energetycznych. Cząstki recyklatu posiadały wielkość do 5 mm i kształt nieregularny. Materiał określono gęstością  $0,917 \text{ g/cm}^3$  oraz wskaźnikiem szybkości płynięcia WSP/MFI —  $1,84 \text{ g/10 min}$  (21,6 N; 503 K);

**PP recyklat** — uzyskano z odpadów materiałów opakowaniowych. Cząstki recyklatu posiadały kształt nieregularny i wielkość do 5 mm. Recyklat określono gęstością  $0,89 \text{ g/cm}^3$  oraz wskaźnikiem szybkości płynięcia MFI —  $1,56 \text{ g/10 min}$  (21,6 N; 503 K);

**PS recyklat** — wykonano z odpadów folii używanej do termoformowania. Folie o grubości do 1 mm poddano rozdrabnianiu w młynach nożowych. Uzyskany recyklat posiadał wielkość do 5 mm. Materiał określono gęstością  $1,05 \text{ g/cm}^3$  oraz wskaźnikiem szybkości płynięcia WSP/MFI —  $1,1 \text{ g/10 min}$  (21,6 N; 503 K);

**PA/PE** — recyklat z wielowarstwowych folii barierowych [5]. Materiał posiadał gęstość  $0,97 \text{ g/cm}^3$  oraz wskaźnik szybkości płynięcia WSP/MFI —  $11,34 \text{ g/10 min}$  (21,6 N; 503 K);

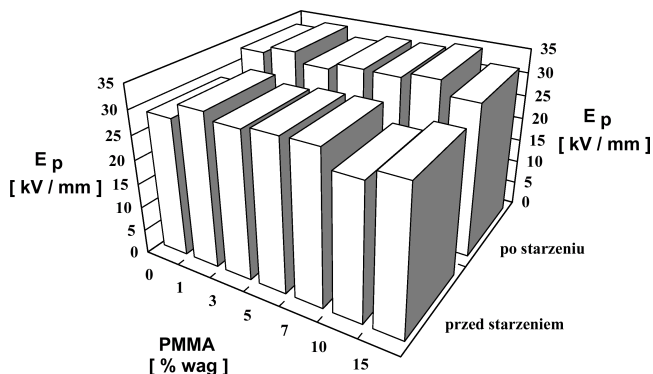
Jednocześnie kompozycje poddano badaniom właściwości przetwórczych i mechanicznych. Ma to istotne znaczenie dla opracowania technologii przetwórstwa wykonanych materiałów. Badania właściwości dielektrycznych prowadzono w specjalnych warunkach klimatycznych — klimat WGS (wilgotna gorąca stałego) przez okres 12 tygodni [7]. Właściwości przetwórcze kompozycji określano badając wskaźnik szybkości płynięcia WSP/MFI na urządzeniu firmy MELT FLOW T.Q. w szerokim zakresie temperatur i naprężeń ścinających.

Właściwości mechaniczne określono poprzez wytrzymałość na rozciąganie, twardość i udarność. Wszystkie badania prowadzono na próbkach wykonanych zgodnie z obowiązującymi normami PN i ISO.

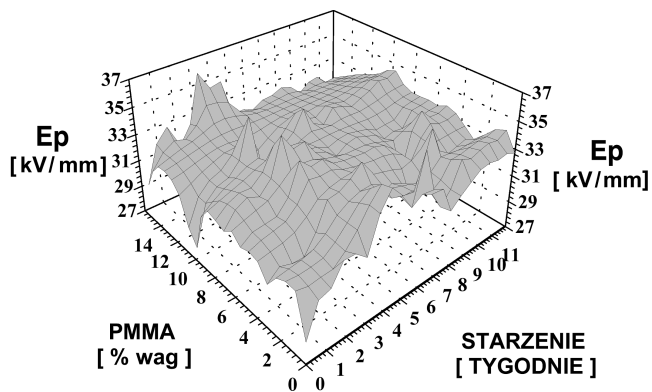
## 4. Wyniki badań

Przeprowadzone badania wykazały, że istotny wpływ na właściwości dielektryczne kompozycji polimerowych ma zawartość w nich polimetakrylanu metylu — PMMA. Wzrost zawartości PMMA powoduje spadek rezystywności skrośnej, współczynnika stratności dielektrycznej natomiast wzrost przenikalności dielektrycznej, wytrzymałości dielektrycznej oraz wytrzymałości na łuk elektryczny. Przebieg zmian badanych właściwości w okresie 12 tygodni dla poszczególnych koncentracji PMMA jest podobny.

Na rys. 1. przedstawiono przebieg zmian wytrzymałości dielektrycznej  $E_p$  [kV/mm] kompozycji w zależności od koncentracji PMMA przed i po procesie 12 tygodniowego starzenia. Zmiany wytrzymałości dielektrycznej  $E_p$  w trakcie badanego okresu starzenia w klimacie WGS dla kompozycji zawierających 0, 1, 3, 5, 7, 10, 15% PMMA przedstawia rys. 2.



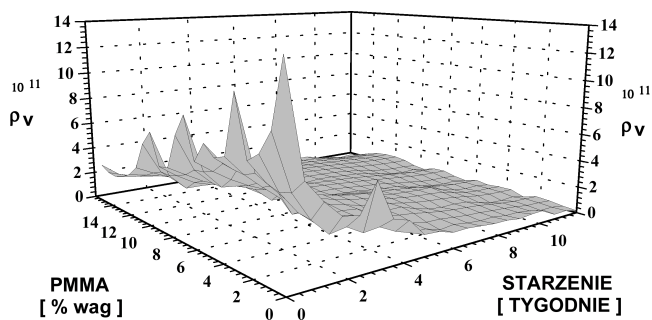
Rys. 1. Wytrzymałość dielektryczna  $E_p$  kompozycji zawierających PMMA



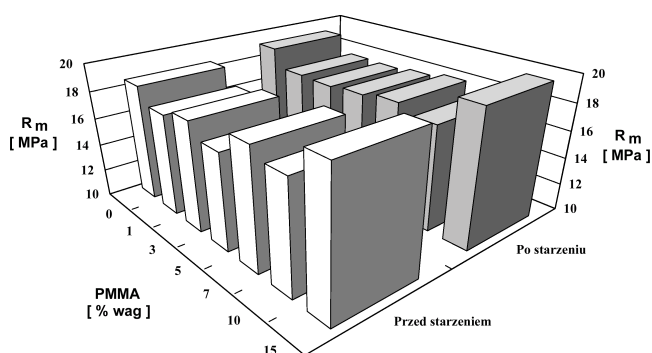
Rys. 2. Przebieg zmian wytrzymałości dielektrycznej  $E_p$  kompozycji zawierających PMMA w 12 tygodniowym cyklu WGS

Przebieg zmian rezystywności skrośnej  $\rho_\nu$  badanych kompozycji przedstawiono na rys. 3. Badania w tak dobranych warunkach klimatycznych (wilgotność 95%, temperatura  $+40^\circ\text{C}$ ) mają duże znaczenie dla kompozycji wieloskładnikowych gdzie w skali mikro może istnieć duża nieciągłość matrycy polimerowej (polimeru o największym udziale w kompozycie) co w konsekwencji powoduje osłabienie materiału. Właściwości wytrzymałościowe  $R_m$  badanych materiałów przedstawia rys. 4.

Badania właściwości przetwórczych — wskaźnika szybkości płynięcia WSP/MFI wykazały jego spadek wraz ze wzrostem zawartości PMMA ( $T = \text{const}$ ,  $N = \text{const}$ ).



Rys. 3. Przebieg zmian rezystywności skrośnej  $\rho_v$  [ $\Omega\text{m}$ ] kompozycji zawierających PMMA w 12 tygodniowym cyklu WGS



Rys. 4. Wytrzymałość na rozciąganie statyczne  $R_m$  badanych kompozycji w zależności od zawartości PMMA

Dowodzi to, że dla zachowania odpowiednich parametrów przetwórstwa wraz ze wzrostem koncentracji PMMA należy zwiększyć temperatury przetwarzania co jednocześnie wydłuża cykl procesu przetwórczego.

## 5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań nowych kompozycji polimerowych z tworzyw recyklatowych wynika, że:

- istotny wpływ na badane właściwości dielektryczne ma skład kompozycji,
- wraz ze wzrostem zawartości PMMA w kompozycji następuje spadek badanych właściwości dielektrycznych,
- proces starzenia w klimacie WGS nie powoduje spadku badanych właściwości (zmiany w zakresie do 5%),
- wszystkie badane kompozycje mogą być stosowane na materiały izolacyjne pracujące w zakresie średnich napięć,

- przetwórstwo kompozytów jest zbliżone do przetwórstwa tworzyw pierwotnych,
- właściwości mechaniczne kompozytów ulegają zmianie w zakresie do 10% co jest prawidłowe dla wieloskładnikowych kompozycji polimerowych.

Badania wykazały, że istnieje możliwość wykorzystania mieszanek polimerowych których skład odpowiada składowi najczęściej spotykanemu dla tworzywowych odpadów komunalnych.

## Literatura

- [1] **Schlogl M.:** *Recycling von Elektro- und Elektronkschrott*. Vogel. 1995
- [2] **Brandrup G.:** *Die Wiederverwertung von Kunststoffen*. Hanser Verlag. Wien 1995
- [3] **Jurkowska B., Jurkowski B.:** *Sporządzanie kompozycji polimerowych*. WNT. Warszawa 1995
- [4] **Żuchowska D.:** *Polimery konstrukcyjne*. WNT, Warszawa 1995
- [5] **Tartakowski Z., Michalski J.:** *Recyklaty z wielowarstwowych opakowaniowych folii barierowych jako materiały konstrukcyjne*. Ekoplast. Nr 7. 1995, 79
- [6] **Michalski J., Tartakowski Z.:** *Properties of PA/PE recyclates*. 36th IUPAC Seoul. 1996
- [7] PN-92/E-04603/02 *Wyroby elektrotechniczne. Próby środowiskowe. Próba Ca-wilgotne gorąco stałe, stosowana głównie do urządzeń*

### THE INFLUENCE OF PMMA (POLIMETHYLMETACRYLATE) FOR DIELECTRICAL PROPERTIES OF RECYCLING ELECTROISOLATION MATERIALS

In paper, the research of multicomponent composition with PMMA is presented.  
The influence of PMMA for dielectrical properties is described.