

Właściwości elektryczne recyklatowych kompozytów z napełniaczem hybrydowym

Streszczenie. *Przeprowadzono badania kompozytów na osnowie recyklatu polietylenowego i napełniaczy hybrydowych tj. organicznych w postaci pyłu drzewnego - PD (wielkość cząstek do 0,1 mm) oraz nieorganicznych w postaci pyłu poliestrowo-szklanego RPGF (wielkość cząstek do 0,1 mm). Określono wybrane właściwości elektryczne kompozytów w zależności od zawartości pyłu poliestrowo-szklanego. Analizowano wpływ procesu starzenia kompozytów w środowisku WGS na badane właściwości. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem ilości napełniacza hybrydowego do 30% następuje wzrost odporności na łuk elektryczny małej mocy oraz wytrzymałości dielektrycznej. Analizowano możliwości aplikacji kompozytów na wyroby elektrokonstrukcyjne.*

Słowa kluczowe: właściwości elektryczne, recykling, tworzywa elektroizolacyjne, starzenie

Wstęp

Do najczęściej stosowanych materiałów konstrukcyjnych należą kompozyty polimerowe, które stanowią przeszło 70% wszystkich stosowanych materiałów polimerowych i według prognoz na przyszłe lata ich udział będzie wzrastać [1,2]. Jest to podyktowane szeregiem korzystnych ich właściwości oraz możliwością szybkiego uzyskiwania nowych materiałów, w których osnową jest tworzywo termoplastyczne o zdefiniowanych właściwościach i opanowanej technologii przetwarzania. Przy wdrażaniu nowych materiałów kompozytowych szczególną uwagę zwraca się na aspekty późniejszego recyklingu wytworzonych z nich wyrobów [3]. Stąd też w ostatnich latach wzrosło zainteresowanie takimi materiałami, które wytworzone są na osnowie termoplastycznej i modyfikowane są napełniaczami pochodzenia organicznego. Istnieje już szereg produkowanych przemysłowo kompozytów zawierających napełniacze takie jak mączka drzewna, włókna celulozowe, lniane, konopne, szałowe, jutowe i inne. [4,5,6]. Większość przedstawianych prac naukowych i informacji przemysłowych dotyczy napełniacza w postaci mączki drzewnej. W pracach tych określono możliwości zastosowania takiego napełniacza uwzględniając pochodzenie surowca, wielkość cząstek, sposób przygotowania i obróbki dodatkowej oraz koncentracji w kompozycie. Poza szeregiem korzystnych ich właściwości kompozyty z udziałem tych napełniaczy wykazują się znaczną absorpcją wilgoci z otoczenia co w dłuższym okresie eksploatacji powoduje pogorszenie właściwości, zarówno elektrycznych jak i mechanicznych. Również ich odporność na mikroorganizmy jest obniżona [7]. Stąd też podjęte zostały prace zmierzające do ograniczenia zdolności absorpcyjnych wysokonapełnionych kompozytów polimerowych modyfikowanych pyłem drzewnym poprzez modyfikowanie ich napełniaczem nieorganicznym w postaci pyłu będącego odpadem z procesu szlifowania laminatu poliestrowo-szklanego. Określono wpływ zastosowanego napełniacza hybrydowego o różnej zawartości poszczególnych składników na wybrane właściwości elektryczne nowych materiałów oraz analizowano wpływ procesu starzenia na te właściwości. We wcześniejszych pracach dotyczących

kompozytów polimerowych z udziałem napełniaczy nieorganicznych wykazano możliwości poprawy właściwości kompozytów, co wykorzystano w niniejszej pracy [7,8]. Wykorzystane do wytworzenia nowego materiału surowce tj. osnowa polimerowa oraz napełniacz hybrydowy są pochodzenia odpadowego. Zastosowanie tych materiałów to kierunek racjonalnego wykorzystania odpadów i jednocześnie zmniejszenie zagrożenia dla otaczającego środowiska.

Kompozyty z napełniaczami hybrydowymi

Do wytworzenia kompozytów zastosowano jako osnowę recyklat polietylenowy pochodzący z odpadów pokablowych. Materiał ten w postaci rozdrobnionej posiadał cząstki o wielkości do 8 mm i kształcie nieregularnym. Ze względu na sposób pozyskiwania (rozdrabnianie mechaniczne odpadów) recyklat został poddany procesowi czyszczenia celem eliminacji zanieczyszczeń (cząstki metalowe, włókna, folia polimerowa). Materiał zdefiniowano poprzez gęstość - 0,93 g/cm³ oraz wskaźnik szybkości płynięcia MFR 1,98 g/10min (T - 210⁰C, L - 31,10 N).

W charakterze napełniacza hybrydowego zastosowano:

- pył drzewny (PD) o wielkości cząstek do 0,1 mm będący odpadem poprodukcyjnym pochodzącym z obróbki wykańczającej elementów drewnianych (drewno - sosna). Odpad ten stanowił 82% udziału wagowego powstałego odpadu z procesu technologicznego szlifowania. Cząstki pyłu posiadały kształt nieregularny, gęstość nasypowa materiału wynosiła 0,218 g/cm³, chłonność wilgoci z otoczenia do 12% w temperaturze otoczenia 25⁰C.
- pył poliestrowo szklany (RPGF) będący odpadem pochodzącym z procesu szlifowania laminatu poliestrowo-szklanego zawierający do 30% cząstek włókna szklanego o wielkości do 0,1 mm. Gęstość nasypowa materiału wynosiła 0,380 g/cm³, chłonność wilgoci z otoczenia do 5% w temperaturze otoczenia 25⁰C.

Z powyższych materiałów wykonano dwa rodzaje kompozytów zawierających 30% napełniaczy hybrydowych o składzie (osnowa kompozytu 70% PErec):

A- 15% PD + 15% RPGF,

B- 10% PD + 20% RPGF.

Wstępnie przygotowane składniki były poddawane procesowi suszenia w temp. 80⁰C przez okres 24 godzin. Również suszono recyklat polietylenowy. Proces homogenizacji materiałów prowadzono przy użyciu wylączarki jednoślismakowej WT-32 prod. Metalchem Gliwice. Otrzymana z procesu wylączarka była chłodzona w wodzie, a następnie granulowana przy użyciu granuladora nożowego. Materiał przed dalszym procesem przetwórczym – wtryskiem – poddano procesowi suszenia przez okres 24 godzin w temperaturze 60⁰C.

Próbki do badań właściwości elektrycznych (kształt prostokątny 100x110x2) oraz mechanicznych (wiosełka, beleczki) wykonano metodą wtryskową do formy metalowej posiadającej system chłodzenia zgodnie z obowiązującymi normami.

Metodyka badań

Przeprowadzone badania zgodnie z obowiązującymi normami pozwoliły określić wybrane właściwości elektryczne, mechaniczne oraz przetwórcze materiałów takie jak wytrzymałość elektryczna, oporność skrośna i powierzchniowa, odporność na działanie łuku elektrycznego małej mocy, wytrzymałość przy rozciąganiu statycznym, udarność, twardość i wskaźnik szybkości płynięcia. Badania starzeniowe 9 tygodniowe kompozytów przeprowadzono przy użyciu pełnoklimatycznej komory FEUTRON 3251 w warunkach wilgotnego gorąca stałego (WGS) stosując temperaturę +40⁰C i wilgotność 95 ± 3%. Próbkę każdorazowo przed pomiarem, po 1 tygodniowym procesie starzenia, poddawano reklimatyzacji przez okres 0,5 h w temperaturze 25 ± 2⁰C.

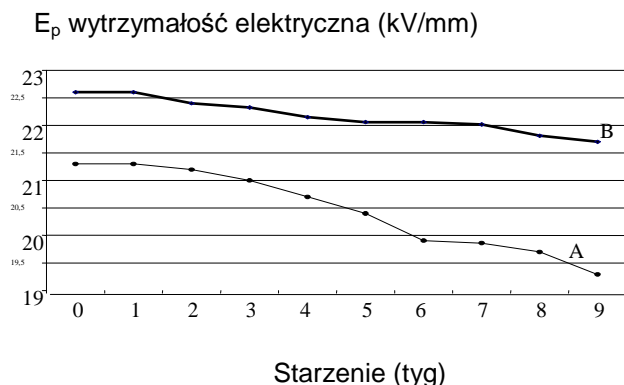
VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014

W badaniach dotyczących oddziaływania łuku elektrycznego na powierzchnię próbek posłużono się metodologią przedstawioną we wcześniejszych pracach [7,9].

Wyniki badań

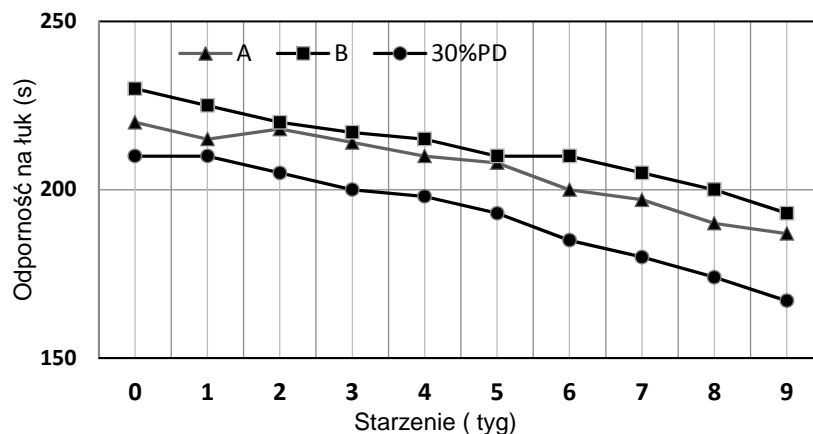
Przeprowadzone badania wykazały, że zastosowanie napełniaczy hybrydowych pozwala na uzyskanie korzystnych właściwości nowego materiału. Właściwości te uzależnione są od odpowiedniego doboru poszczególnych składników napełniacza. Podstawowym celem było uzyskanie kompozytu wykazującego zmniejszoną absorpcję wilgoci z otoczenia przy minimalizacji obniżenia innych właściwości decydujących o przyszłej aplikacji materiału. Szczególnie istotne były badania starzeniowe, które w przypadku materiałów kompozytowych, pozwalają prognozować przebieg ich właściwości przy długotrwałym narażeniu w środowisku niekorzystnym dla materiału (np. duża wilgotność, podwyższona temperatura, obecność związków zasadowych i kwasowych). Na przykładzie wybranych właściwości elektrycznych pokazano wpływ napełniaczy hybrydowych na wytrzymałość elektryczną i odporność na łuk małej mocy kompozytów po okresie 9 tygodni starzenia w klimacie WGS.

Na rysunku 1 porównano wytrzymałość elektryczną kompozytów A i B. Jak widać już 5% wzrost zawartości napełniacza nieorganicznego RPGF w kompozycie B zwiększa jego wytrzymałość elektryczną. Porównując badany kompozyt B z kompozytem zawierającym 30% napełniacza drzewnego można stwierdzić, że po 9 tygodniach starzenia w tych samych warunkach wytrzymałość elektryczna kompozytu B jest wyższa o 24,6 % .



Rys. 1. Porównanie wytrzymałości elektrycznej badanych materiałów A i B (starzenie w atmosferze WGS)

Wzrost zawartości napełniacza nieorganicznego RPGF w kompozycie ogranicza absorpcję wilgoci w procesie starzenia, co skutkuje mniejszym obniżeniem wytrzymałości elektrycznej. Również uzyskane zmiany odporności na łuk elektryczny wykazały, że materiał zawierający w swoim składzie 20% RPGF posiada wyższą odporność w porównaniu z materiałem zawierającym 15% RPGF oraz kompozytem zawierającym 30% PD (rys.2).



Rys. 2. Porównanie odporności na łuk elektryczny małej mocy kompozytów z napełniaczem hybrydowym A i B oraz kompozytem zawierającym 30% PD (starzenie w atmosferze WGS)

Pomimo wzrostu odporności na łuk elektryczny badane powierzchnie materiałów uległy deformacji w różnym stopniu. Należy zauważyć, że kompozyty z napełniaczem hybrydowym charakteryzowały się mniejszą degradacją powierzchni w porównaniu z kompozytami zawierającymi tylko napełniacz w postaci pyłu drzewnego.

Właściwości mechaniczne niestarzonych kompozytów z napełniaczami hybrydowymi wykazały wytrzymałość przy rozciąganiu statycznym w granicach 22-27 MPa, natomiast po procesie 9 tygodniowego starzenia nastąpiło obniżenie wytrzymałości do 16-18 MPa. W przypadku materiału zawierającego tylko napełniacz drzewny obniżenie wytrzymałości wynosiło do 40%. Te znaczące różnice w wytrzymałości są efektem zmniejszonej absorpcji wilgoci kompozytów z napełniaczem hybrydowym.

Przetwórstwo kompozytów z napełniaczem hybrydowym jest prowadzone przy zachowaniu tych samych parametrów technologicznych co innych materiałów kompozytowych z napełniaczami w ilości do 30% (osnowa polietylen).

Na uwagę zasługuje nieznaczne obniżenie skurczu powtryskowego wyrobów, co ma istotne znaczenie dla wyrobów precyzyjnych.

Wnioski

Przeprowadzone badania i uzyskane wyniki potwierdziły celowość wykonanej pracy. Napełniacze hybrydowe są coraz częściej stosowane jako dodatki pozwalające wytworzyć kompozyty o określonych właściwościach. Badania potwierdziły, że zmiana ilościowa napełniacza pozwala uzyskać korzystniejsze właściwości materiału. Dodatek napełniacza nieorganicznego do kompozytu spowodował obniżenie absorpcji wilgoci co w konsekwencji zmieniło i inne właściwości materiału. Należy przypuszczać, że dalszy rozwój kompozytów polimerowych będzie się opierał na wszechstronnym stosowaniu napełniaczy hybrydowych o różnych właściwościach.

Literatura

- [1] Królikowski W.; *Polimerowe kompozyty konstrukcyjne*, PWN, Warszawa, 2012.
- [2] Utracki L. A.; *Commercial Polymer Blends*, Chapman and Hall, London, 1998.
- [3] Dyrektywa WEEE (Waste of Electrical and Electronic Equipment) 2002/96/EC.
- [4] Faruk O., Błędzki A. K., Fink H-P., Sain M., *Biocomposites reinforced with natural fibers*, 2000–2010, *Progress in Polymer Science* 37 (2012) 1552-1596.

VIII Konferencja Naukowo-Techniczna – i-MITEL 2014

- [5] Bursa J., Tartakowski Z., Kosyl M., *Biodegradowalne kompozyty PLA do zastosowań na wyroby elektrotechniczne*, Przegląd Elektrotechniczny, 1a (2013),131-133.
- [6] Bursa J., Tartakowski Z.; *Elektroizolacyjne kompozyty poliolefinowe modyfikowane mączką drzewną*, Wiadomości Elektrotechniczne, 7 (2010), 40-42.
- [7] Tartakowski Z.; *Wybrane aspekty przetwórcze i eksploatacyjne wieloskładnikowych recyklatowych kompozytów poliamidowo-polietylenowych*, ZUT, Szczecin, 2009.
- [8] Tartakowski Z., Michalski J.; *Wysokonapężnione kompozyty z tworzyw recyklatowych do zastosowań na wyroby elektrotechniczne*, Wiadomości Elektrotechniczne, 8 (2010), 41-43.
- [9] Tartakowski Z., Pietrzak-Mantiuk A., *Resistance of high-content polypropylene/wood composites to low-current arc discharges*, Polymer Testing, 25 (2006) 342-346.

Autorzy:

dr inż. Jan Bursa; Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Sikorskiego 37, 70-313 Szczecin, e-mail jan.bursa@zut.edu.pl

dr hab. inż. Zenon Tartakowski, prof. ZUT, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Instytut Inżynierii Materiałowej, al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, e-mail zenon.tartakowski@zut.edu.pl