

Dorota CZARNECKA-KOMOROWSKA¹, Marek SZOSTAK², Nikodem KUJAWA²

e-mail: dorota.czarnicka-komorowska@put.poznan.pl

¹ Instytut Technologii Materiałów, Zakład Tworzyw Sztucznych, WBMIz, Politechnika Poznańska, Poznań³ Przedsiębiorstwo PPHU Wikry, Rogalinek k. Poznania

Kompozyty na bazie odpadów poliolefin napełnianych popiołami lotnymi

Wstęp

Rozwój gospodarki przemysłowej i wzrost liczby ludności są czynnikami sprzyjającymi powstawaniu różnego rodzaju odpadów produkcyjnych i użytkowych. Głównymi składnikami odpadów polimerowych gromadzonych na wysypiskach komunalnych (około 70%) są polietyleny i polipropyleny [1]. W celu zminimalizowania ilości odpadów konieczne jest opracowanie sprawnie funkcjonujących systemów gospodarki odpadami i recyklingu oraz udoskonalenie istniejących procesów wytwarzania lub wdrożenie nowych rozwiązań technologicznych.

Popioły lotne (*fly ash*, FA) to produkt odpadowy procesu spalania węgla brunatnego i kamiennego w paleniskach energetycznych. Wychwytywane są metodą elektrostatyczną (elektrofiltry) lub mechanicznie (filtry tkaninowe) w postaci miałkiego pyłu mineralnego w kolorze od jasno- do ciemnoszarego i jasnobrażowego, składającego się w przeważającej części z tlenków krzemu, glinu i żelaza [2].

Odpady te, przez wiele lat stanowiły poważne zagrożenie środowiska. Obecnie dzięki zastosowaniu odpowiednich technik utylizacji i zagospodarowania (w 96%) znajdują szerokie zastosowanie do produkcji materiałów budowlanych (klinkier cementowy, cement, beton, ceramika budowlana) i w drogownictwie. Ostatnio zwiększa się zainteresowanie nimi wśród przetwórców tworzyw sztucznych, m.in. jako napełniacze do polimerów, takich jak: PP, PVC, PE, PET [1–3]. Stosowanie napełniaczy w technologiach przetwarzania materiałów polimerowych ma wymiar ekologiczny, gdyż zmniejsza ilości odpadów oraz wymiar ekonomiczny, przyczyniając się do obniżenia kosztów produkcji wyrobów. Napełniacze w postaci popiołów lotnych z reguły polepszają właściwości mechaniczne, zwiększają odporność na ścieranie obniżają palność polimerów, itd. [2].

W pracy zaproponowano technologię recyklingu materiałów polimerowych, wyselekcjonowanych z odpadów komunalnych, które ze względu na wysoki stopień zanieczyszczenia, substancjami typu farby, oleje, piasek nie nadają się do przetwórstwa w sposób konwencjonalny.

Celem badań, opisanych w niniejszym artykule, było opracowanie sposobu wytwarzania kompozytów polimerowych na bazie odpadów polietylenu (rLDPE) i pierwotnego polipropylenu (PP) z popiołami lotnymi. Celem pracy było również określenie podstawowych cech wytrzymałościowych kompozytów i wskazanie możliwości aplikacyjnych nowych materiałów w zastosowaniach konstrukcyjnych.

Część doświadczalna

Przedmiot badań

Badaniom poddano kompozyty sporządzone z odpadów w postaci folii z polietylenu (LDPE), polipropylenu z popiołami lotnymi. Odpady polimerowe zostały dostarczone przez przedsiębiorstwo recyklingowe Wikry z Rogalina, natomiast napełniacz – produkt spalania mialu węglowego, pochodził z elektrociepłowni Izopol w Trzemesznie. Zawartość FA w poszczególnych mieszankach wynosiła odpowiednio 10, 20, 30 i 50% wag. Popioły zostały wstępnie poddane analizie sitowej, na podstawie, której wyselekcjonowano cząstki popiołu o wielkości <math><48\ \mu\text{m}</math>, co odpowiadało 48% ogólnej masy surowca. Napełniacze przed zmieszaniem z polimerami zostały wysuszone w temperaturze 80°C w czasie 24 h w komorze laboratoryjnej.

Wykonanie kompozytów polimerowych z napełniaczem

Surowiec wejściowy w postaci folii zaglomeryzowano przy użyciu zagęszczarki, następnie mieszaninę wytłoczono na wytłaczarce jedno-

ślimakowej firmy *Brabender* (typu FOD 234, $L/D = 22:1$). Uzyskaną wytlóczyną zmielono na młynku nożowym typu *Tria*. Kształtki badawcze wykonano (wg normy PN-81/C-89034) w Zakładzie Tworzyw Sztucznych Politechniki Poznańskiej na wtryskarce ENGEL ES 80/20 ($L/D = 18$, $\varnothing 22$ mm), przyjmując następujące parametry:

- temperatura wtrysku (220–250°C),
- prędkość wtrysku 75 mm/min,
- ciśnienie wtrysku 90 bar i docisku 700 bar,
- czas docisku 4 s, prędkość dozowania 135 obr/min,
- temperatura formy 20°C.

Właściwości mechaniczne

W celu zrealizowania przyjętego w pracy celu przeanalizowano cechy wytrzymałościowe kompozytów w zależności od udziału wagowego napełniacza w postaci popiołów lotnych.

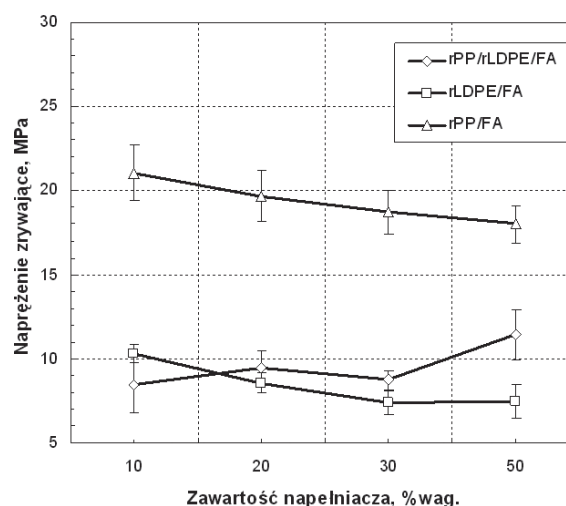
Badaniom poddano kompozyty sporządzone z recyklatów PE/PP/FA, PP/LDPE/FA i pierwotnego PP/FA. Próby statycznego rozciągania zrealizowano przy użyciu uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej typu INSTRON 4481 zgodnie z normą PN-ISO 527 z prędkością rozciągania 50 mm/min. Testy udarności *Charpy* wykonano na młocie wahadłowym typu INSTRON WOLPERT PW 5 wg PN-EN ISO 179-1 dla próbek z karbem typu A. Twardość kompozytów oznaczono metodą *Shore'a* (skala D) za pomocą mikrotwardościomierza *Zwick* zgodnie z normą PN-EN ISO 868

Pomiary przeprowadzono każdorazowo na pięciu próbkach, a otrzymane wartości średnie były podstawą do statystycznej analizy wyników badań.

Wyniki badań i ich omówienie

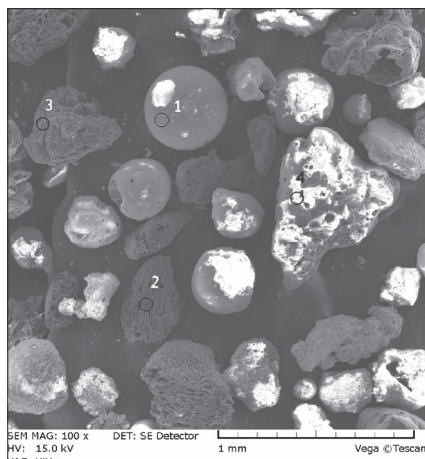
Analiza zmian właściwości mechanicznych kompozytów dotyczyła takich cech jak: naprężenie zrywające (σ), wydłużenie w chwili zerwania (ϵ), moduł sprężystości przy rozciąganiu (E), udarność *Charpy* oraz twardość *Shore'a*.

Na podstawie uzyskanych wyników badań statycznego rozciągania stwierdzono, że wraz z zawartością napełniacza w mieszaninie LDPE i PP maleje wartość naprężenia zrywającego (Rys. 1), tylko w jednym przypadku, dla mieszaniny rPP/rLDPE przy zawartości 10% wag. zaob-



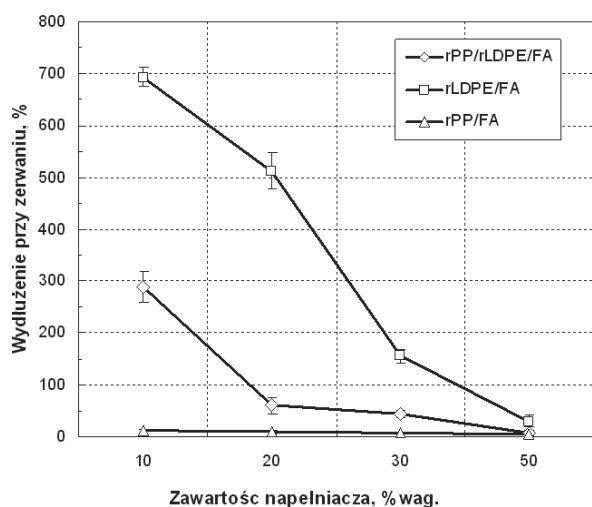
Rys. 1. Zależność naprężenia zrywającego (σ) od zawartości napełniacza (FA) w kompozycie

serwowano pozytywny efekt napełniania (wzrost wytrzymałości). Właściwości mechaniczne kompozytów zależą od wielu czynników m.in. od wielkości i rodzaju cząstek napełniacza, rozkładu wielkości cząstek, warunków sporządzania kompozytów oraz spójność między napełniaczem a matrycą polimerową [4, 5]. Napełniacz stosowany w niniejszych badaniach wcześniej poddano analizie składu chemicznego metodą EDX, i stwierdzono, że zawiera on głównie tlenki Al, Si, K Ca. Zdjęcie mikroskopowe (SEM) popiołów lotnych przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Zdjęcie mikroskopowe (SEM) popiołów lotnych (FA)

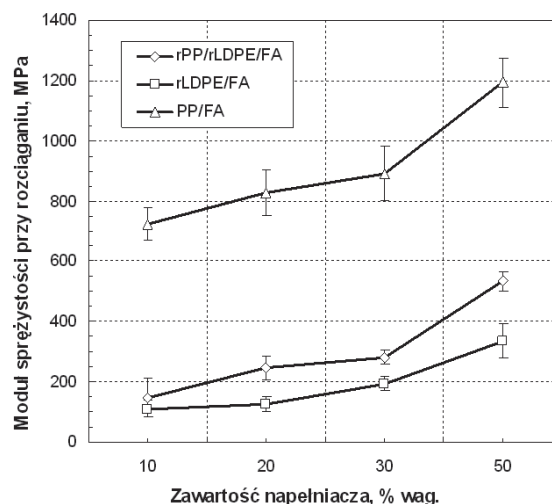
Z rys. 3 wynika, że dodawanie napełniacza na poziomie 50% wag. istotnie zmniejsza zdolności do odkształceń wszystkich badanych materiałów.



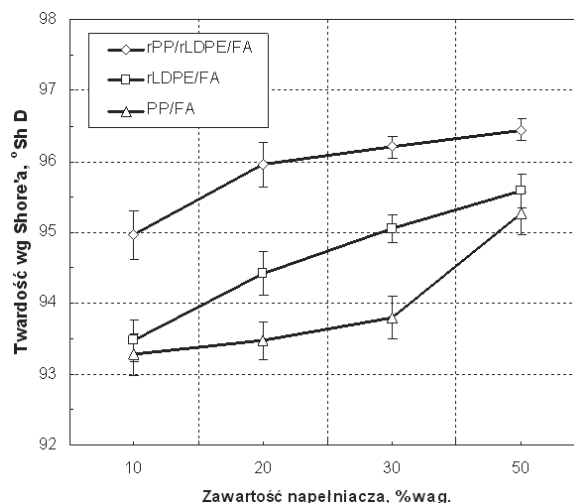
Rys. 3. Zależność wydłużenia przy zerwaniu (ϵ) od zawartości napełniacza (FA) w kompozycie

W oparciu o uzyskane wyniki badań mechanicznych, należy stwierdzić, że wprowadzenie do mieszanin popiołów lotnych (FA) w ilości od 10–50% wag. powoduje wzrost twardości Shore'a (o około 10%) i modułu sprężystości o około 100%, co zilustrowano na rys. 4 i 5. Zmiany te, wskazują na wzrost sztywności wszystkich kompozytów bez względu na rodzaj matrycy polimerowej.

W celu uzyskania wiedzy na temat charakteru pęknięcia kompozytów PP/LDPE z popiołami lotnymi przeprowadzono badania udarności metodą Charpy dla próbek z karbem. Na podstawie, których stwierdzono, że kompozyty na bazie PP/PE z 50% zawartością popiołów lotnych charakteryzują się dużą odpornością na kruche pęknięcie, tzn. próbki nie ulegają pęknięciu. Natomiast kompozyty na bazie pierwotnego polipropylenu już przy 10% zawartości napełniacza ulegały zniszczeniu. Kompozyty z popiołami lotnym o osnowie rLDPE/PP wykazują właściwości



Rys. 4. Zależność modułu sprężystości przy zerwaniu (E) od zawartości napełniacza (FA) w kompozycie



Rys. 5. Zależność twardości Shore'a od zawartości napełniacza (FA) w kompozycie

materiałów konstrukcyjnych, stąd wykorzystano je do wytwarzania krtek parkingowych na skalę przemysłową.

Wnioski

Przeprowadzone badania wskazały nowe kierunki i możliwości wykorzystania odpadów, dzięki zastosowaniu odpowiednich technologii recyklingowych do wytwarzania wyrobów konstrukcyjnych.

Wskazane kierunki aplikacyjne kompozytów poliolefiny/popioły lotne mają wymiar ekologiczny, gdyż zmniejszają oddziaływanie na środowisko, poprzez zagospodarowanie istniejących odpadów przemysłowych i komunalnych.

W rezultacie przeprowadzonych badań stwierdzono, że popioły lotne stosowane jako napełniacze powodują obniżenie naprężenia zrywającego i odkształcenia kompozytów na skutek słabej adhezji międzyfazowej pomiędzy cząstkami napełniacza, a matrycą polimerową. Wyniki badań wskazują na istotny wzrost modułu sprężystości i twardości, a w próbie udarności uzyskane kompozyty PE/PP/FA nie ulegają kruchemu pęknięciu.

LITERATURA

- [1] K. Rebeiz, S. Serhal: J. of Mat. in C.E. **16**, nr 1, 15 (2004).
- [2] N. Chand, S. Vashishthar: Bull. Mater. Sci., **23**, nr 2, 103 (2000),
- [3] K. Rebeiz, A. Banko: J. of Mat. in C.E. **7**, nr 2, 129 (1995).
- [4] M. Wang, Z. Shen, Ch. Cai, S. Shulin Ma, Y. Xing: Journal of Applied Polymer Science, **92**, Issue, 126 (2004).
- [5] U. Atikler, D. Basalp, F. Tihminliog'lu: Journal of Applied Polymer Science, **102**, Issue 5, 4460 (2006).