

Bartosz SADOWSKI¹, Joachim ZIMNIAK²

e-mail: zimniak@utp.edu.pl

¹MPC-MCO PLASTICS Sp. z o.o., Bydgoszcz²Wydział Inżynierii Mechnicznej, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz

Badanie wpływu klas ziarnowych proszku gumowego na wybrane właściwości kompozytów polimerowych

Wprowadzenie, cel badań

Zwiększająca się produkcja przemysłowa tworzyw powoduje wzrost ilości zalegających odpadów pożytkowych i produkcyjnych. Wśród nich znaczącą ilością są odpady gumowe, zwłaszcza zużyte opony samochodowe. Działania wielu naukowców zmierzają do znalezienia skutecznych sposobów utylizacji i powtórnego wykorzystania tych odpadów, celem zmniejszenia obciążenia środowiska naturalnego. Jednym ze sposobów na efektywną recykulację gumy jest jej rozdrobnienie i mieszanie z regranulatem innego materiału polimerowego [1]. W procesie mieszania i odpowiednich metod przetwórstwa, osnowa polimerowa łączy się z proszkiem gumowym. Uzyskane materiały kompozytowe mają często nowe, interesujące właściwości, inne niż materiał pierwotny. Na właściwości uzyskanego materiału kompozytowego ma wpływ szereg czynników związanych z przygotowaniem kompozytu [2, 3]. Należą do nich rozdrabnianie gumy i mieszanie [1–3]. Ważnym problemem do rozwiązania jest określenie, jaki wpływ na właściwości użytkowe uzyskanego materiału kompozytowego mają jego składniki, tj. ich klasy ziarnowe, udziały masowe, zastosowane metody przetwórstwa i inne. Wiedza ta ułatwi dobór czynników technologiczno-konstrukcyjnych podczas konstituowania i przetwarzania wspomnianych tworzyw kompozytowych.

W niniejszej pracy podjęto badania w celu określenia wpływu klas ziarnowych i udziału masowego proszku gumowego na właściwości użytkowe kompozytu. Dalszym, równie ważnym celem pracy jest określenie wpływu metody przetwórstwa (wtryskiwania i prasowania – ciśnieniowego płytowego) na jego właściwości wytrzymałościowe.

Opis i zakres badań

Aby zrealizować postawiony cel pracy opracowano program badań, który obejmował: przygotowanie składników wejściowych materiału kompozytowego, zmieszanie ich w założonych proporcjach (podanych w dalszej części pracy) oraz wykonanie dwóch typów próbek. Pierwszy – metodą wtryskiwania oznaczono jako typ I drugi – metodą prasowania ciśnieniowego oznaczony jako typ II. Kształt i wymiary próbek (wiosełek) w obu przypadkach były jednakowe zostały opisane w pracy [4]. Schemat blokowy przygotowania materiału kompozytowego oraz wykonania próbek został przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy przygotowania próbek do badań (typ I i II) [4]

W pierwszej fazie przeprowadzono analizę sitową rozdrobnionej gumy, którą następnie posegregowano na następujące frakcje:

I frakcja – o rozmiarach ziaren $0,1 \div 0,2$ mm

II frakcja – o rozmiarach ziaren $0,2 \div 0,4$ mm

III frakcja – o rozmiarach ziaren $0,4 \div 0,6$ mm

IV frakcja – o rozmiarach ziaren $0,6 \div 0,8$ mm

W dalszej kolejności przystąpiono do mieszania w stanie ziarnistym kompozycji składającej się ze składnika A (regranulatu polietylenu) oraz składnika B (proszku gumy). Składnik B kompozycji polimerowej był dodawany i mieszany ze składnikiem A w następujących kombinacjach zgodnie z procedurą podaną w pracach [4, 5]:

- | | | | |
|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 1) A + 5% B1 | 6) A + 5% B2 | 11) A + 5% B3 | 16) A + 5% B4 |
| 2) A + 10% B1 | 7) A + 10% B2 | 12) A + 10% B3 | 17) A + 10% B4 |
| 3) A + 15% B1 | 8) A + 15% B2 | 13) A + 15% B3 | 18) A + 15% B4 |
| 4) A + 20% B1 | 9) A + 20% B2 | 14) A + 20% B3 | 19) A + 20% B4 |
| 5) A + 25% B1 | 10) A + 25% B2 | 15) A + 25% B3 | 20) A + 25% B4 |

gdzie:

A – oznacza regranulat polietylenu o rozmiarach ziaren = $\varnothing 2,5$ mm

B1 – proszek gumowy frakcji I,

B2 – proszek gumowy frakcji II,

B3 – proszek gumowy frakcji III,

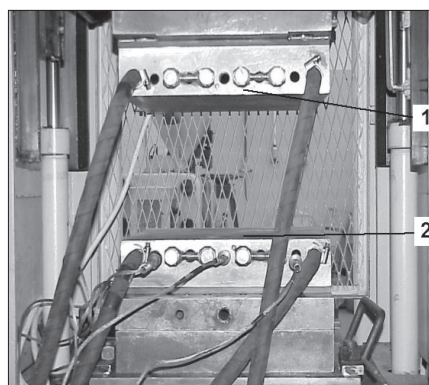
B4 – proszek gumowy frakcji IV.

Proces mieszania w stanie stałym był realizowany za pomocą mieszalnika z komorą nieruchomą z dnem stożkowym i mieszadłem dyskowym. Obroty mieszadła wynosiły 500 min^{-1} . Czas trwania procesu mieszania wynosił 600 s. Bliższe dane techniczno-konstrukcyjne mieszalnika podane są w pracy [6]. Z każdego rodzaju kompozycji wykonano po 5 próbek metodą wtryskiwania (próbki typ I) oraz metodą prasowania ciśnieniowego (próbki typ II).

Dla celów porównawczych wykonano z polietylenu pierwotnego po 5 próbek metodą wtryskiwania oraz metodą prasowania ciśnieniowego płytowego.

Badania dotyczące wyznaczenia wytrzymałości na rozciąganie oraz wydłużenie względne przeprowadzono na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej typ ZWICK-Z7005.

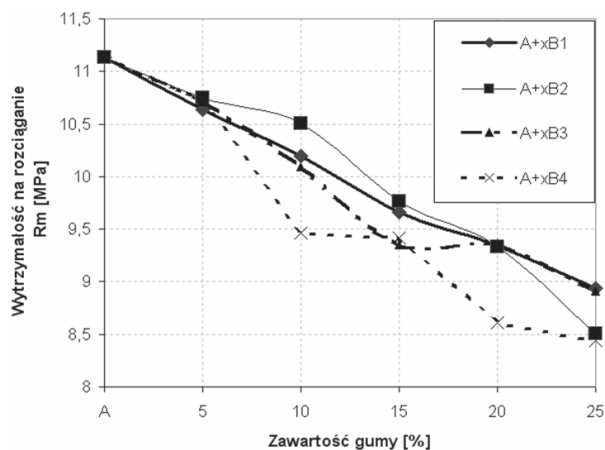
Próbki typu II wykonano metodą prasowania na prasie hydraulicznej typu PHM 63h na specjalnie wykonanej formie prasowniczej [7]. Widok ogólny formy prasowniczej z ważniejszymi elementami formującymi (płyta formująca górna i dolna) pokazano na rys. 2.



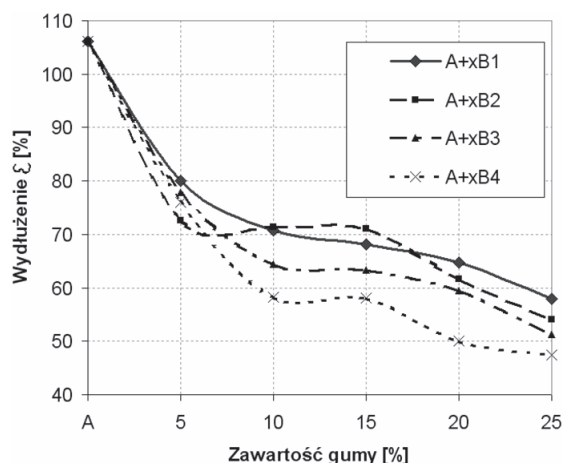
Rys. 2. Wygląd ogólny specjalnej formy prasowniczej: 1 – płyta górna formy, 2 – płyta dolna formy [3]

Wyniki badań i ich analiza

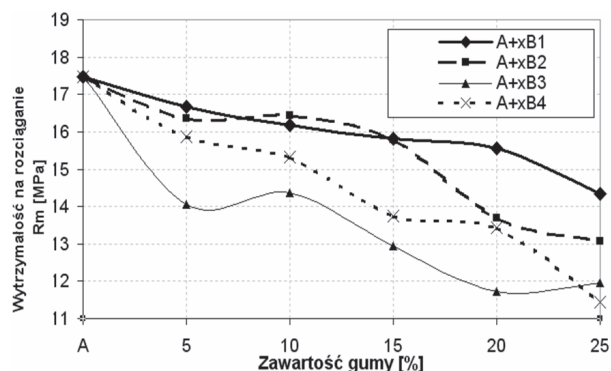
Rezultaty badań wytrzymałości na rozciąganie R_m i wydłużenia względnego ϵ przedstawiono w formie graficznej na rys. 3 i 4 dla próbek typu I oraz na rys. 5 i 6 dla próbek typu II. Do sporządzania wykresów przyjęto wartości średnich z sześciu prób.



Rys. 3. Zależność wytrzymałości na rozciąganie R_m od zawartości proszku gumy dla próbek typu I



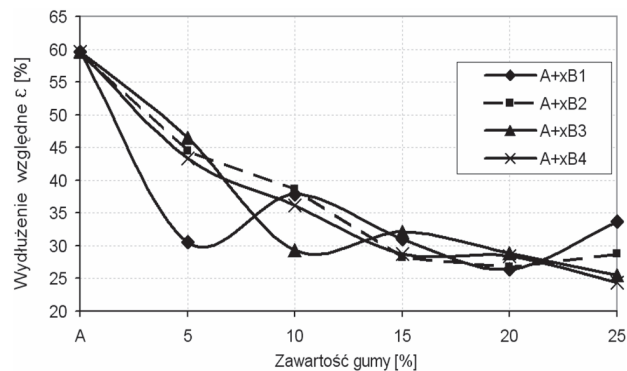
Rys. 4. Zależność wydłużenia względnego ϵ od zawartości proszku gumy dla próbek typu I



Rys. 5. Zależność wytrzymałości na rozciąganie R_m od zawartości proszku gumy dla próbek typu II

Analiza uzyskanych wyników badań prowadzi do następujących stwierdzeń:

1. Klasy ziarnowe proszku gumowego mają istotny wpływ na własności mechaniczne. Najkorzystniejsze rezultaty dla wyżej wymienionych właściwości uzyskano dla klas ziarnowych gumy $B_1 = 0,2$ mm i $B_2 = 0,4$ mm.



Rys. 6. Zależność wydłużenia względnego ϵ od zawartości proszku gumy dla próbek typu II

2. Wartości odchylenia standardowych wyników badań podane w pracy [4] wskazują, że mniejsze ich wartości uzyskują kompozyty zawierające wyższe klasy ziarnowe. Przyczyną może być lepsza podatność na mieszanie składników o zbliżonych wielkościach ziaren. Zawartość gumy w ilości 10÷15% wpływa nieznacznie na własności wytrzymałościowych kompozytu, obniża natomiast istotnie jego wydłużenie względne.
3. Wytrzymałość na rozciąganie R_m oraz wydłużenie względne ϵ zależą w istotny sposób od metody przygotowania próbek do badań. Próbki typu II przygotowane metodą prasowania charakteryzują się wyższą wytrzymałością na rozciąganie R_m o około 60% w porównaniu do próbek I, tj. wtryskiwanych. Natomiast próbki prasowane (typu II) wykazują znacznie mniejsze wydłużenie względne w porównaniu do próbek wtryskiwanych (typu I).
4. Próbki typu I charakteryzują się mniejszym spadkiem (różnicą pomiędzy wartością maksymalną i minimalną) otrzymanych wyników badań niż próbki typu II. Wartości wytrzymałości na rozciąganie R_m dla różnych kompozytów (dla próbek typu I) mieszczą się w granicach od 8,44 do 10,75 MPa. Także odchylenia standardowe mają znacznie mniejsze wartości niż próbki typu II (0,07–0,33). Przyczyną tych różnic mogą być inne warunki mieszania składników kompozytów, występujące podczas wtryskiwania i prasowania [1, 3]. Poza tym znaczny wpływ na wspomniane różnice może mieć ciśnienie prasowania płytowego [4]. Wymaga to jednak dalszych badań.

Podsumowanie

Na podstawie uzyskanych wyników badań można przyjąć, że klasy ziarnowe rozdrobnionej gumy w kompozytach polietylenowo-gumowych mają istotny wpływ na wytrzymałość na rozciąganie oraz wydłużenie względne. Należy zauważyć, iż najkorzystniejsze wyniki dla wyżej wymienionych właściwości uzyskano dla klas ziarnowych $B_1 = 0,2$ mm i $B_2 = 0,4$ mm, czyli najmniejszych rozmiarów ziaren.

Interesujące jest to, że istotny wpływ na własności wytrzymałościowe kompozytów ma metoda przetwórstwa kompozytów stosowana podczas przygotowania próbek. Z badań wynika, że własności wytrzymałościowe dla próbek prasowanych mają wyższe wartości niż dla próbek wtryskiwanych.

LITERATURA

- [1] J. Zimniak: Analyse von Grundprozessen der Aufbereitung von Kompositwerkstoffen aus ausgewählten Kunststoff- und Gummiabfällen“ TUChemnitz, Niemcy: <http://archiv.tu-chemnitz.de/pub/2004/0177>
- [2] J. Zimniak: Inż. Ap. Chem. **44**, nr 1-2, 97 (2005).
- [3] J. Zimniak, Królikowski: Prasowanie płytowe wysokociśnieniowe kompozytów z tworzyw wtórnych. III Środkowoeuropejska Konferencja „Recykling Materiałów Polimerowych, Nauka-Przemysł”, Krynica 2004.
- [4] B. Sadowski: Praca dyplomowa, ATR Bydgoszcz 1999.
- [5] J. Zimniak: Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, nr 77, (2006).
- [6] J. Zimniak: Inż. Ap. Chem **47**, nr 1, 137 (2007).
- [7] J. Zimniak: Journal of Polish CIMAC, **4**, nr 2 (2009).