

KOMPOZYTY NA OSNOWIE POLIPROPYLENU WZMACNIANE MIKROKULKAMI SZKLANYMI

Jacek W. Kaczmar, Andrzej Bielański

Laboratorium Tworzyw Sztucznych
Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji, Politechnika Wroclawska
ul. Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, jacek.kaczmar@pwr.wroc.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania wpływu zawartości 10, 20, 30 i 40 obj. % mikrokulek szklanych o średnim wymiarze 5 μm na własności mechaniczne materiału kompozytowego na osnowie polipropylenu. Mikrokulki szklane wprowadzono w osnowę polipropylenu metodą walcowania, a próbki do badań wytwarzano metodą wtryskiwania. Badania mikroskopowe z zastosowaniem skaningowego mikroskopu elektronowego wykazały dobrą adhezję na granicach fazowych szkło-polipropylen. Stwierdzono wpływ mikrokulek szklanych na wzrost naprężenia przy zerwaniu przy zawartości mikrokulek 10 obj. %, przy czym większe zawartości mikrokulek w osnowie (20–40 obj. %) wpływały na zmniejszenie naprężenia przy zerwaniu. Wzrost zawartości mikrokulek szklanych spowodował wyraźne obniżenie granicy plastyczności i wydłużenia względnego, lecz z drugiej strony zaobserwowano zwiększenie modułu Younga.

Słowa kluczowe: kompozyty, polipropylen, mikrokulki szklane

WSTĘP

Materiały kompozytowe na osnowie polimerów wzmocnione mikrokulkami szklanymi charakteryzują się wzrostem takich właściwości mechanicznych, jak twardość, wytrzymałość na rozciąganie i moduł Younga [Stricker i in. 1997, Liang i in. 1999, 2000]. Związane jest to z relatywnie dobrą adhezją na granicach fazowych mikrokulki szklane-materiał polimerowy, umożliwiającą przenoszenie naprężeń z osnowy polimerowej do mikrokulek szklanych [Lee i Yee 2001], a ponadto wzrasta ich odporność na zużycie ściernie. Do zalet stosowania jako elementów wzmocniających mikrokulek szklanych w kompozytach polimerowych zaliczyć należy [www.interminglas.pl, www.potterseurope.com]:

- dobry przepływ przez kanały form wtryskowych oraz mniejsze zużycie narzędzi aniżeli w przypadku napelnaczy mineralnych, mimo nieznacznego zwiększenia lepkości mieszanin polimerów termoplastycznych z mikrokulkami szklanymi,
- zwiększenie wytrzymałości mechanicznej, podwyższenie odporności na zużycie ściernie i twardości oraz wpływ na bardziej równomierny rozkład naprężeń, dobra adhe-

zja do tworzyw polimerowych, co powoduje znaczny efekt wzmacniający, a odporność chemiczna wpływa na brak reakcji chemicznych na granicach międzyfazowych powierzchni mikrokulek szklanych-osnowa polimerowa,

– polepszenie stabilności wymiarowej wyrobów polimerowych dzięki redukcji skurczu.

W związku z tym, iż materiały kompozytowe na osnowie polimerów termoplastycznych wzmacniane mikrokulkami szklanymi mogą być wytwarzane relatywnie prostymi metodami mieszania mechanicznego komponentów kompozytu, a następnie metodą wtryskiwania, należy sądzić, iż są one interesującym materiałem dla zastosowań praktycznych.

CEL BADAŃ

Celem pracy było zbadanie wpływu procesu walcowania i wtryskiwania na adhezję mikrokulek szklanych i osnowy z polipropylenu oraz wpływu zawartości mikrokulek szklanych w osnowie polipropylenu (10, 20, 30 i 40 obj. %) na wzrost własności mechanicznych.

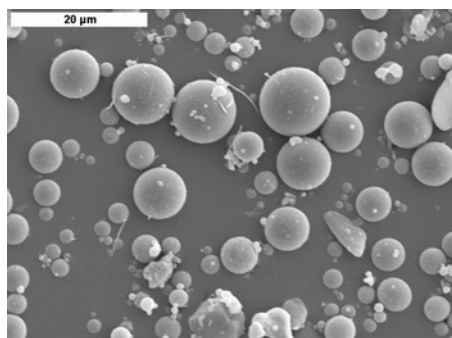
METODYKA

Do wytwarzania kompozytów zastosowano polipropylen (PP) Moplen HP548R firmy Basell Orlen oraz mikrokulki szklane Spherriglass CP 3000 firmy IMG Intermin-glass Sp. z o. o. z Wałbrzycha. Obserwacje mikrokulek szklanych z zastosowaniem skaningowego mikroskopu elektronowego JEOL JSM – 5800LV (rys. 1) wykazały ich sferyczny kształt, a ich właściwości podano w tabeli 1.

Tabela 1. Właściwości mikrokulek szklanych Spherriglass CP 3000 [www.interminglas.pl]

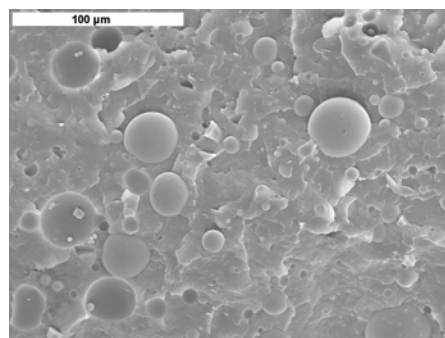
Table 1. Properties of glass beads Spheriglass CP 3000

Właściwości	Jednostka	Wartość
Ciężar właściwy	g/cm^3	2,54
Współczynnik załamania światła		1,55
Średni wymiar cząstek	μm	5
Barwa, postać fizyczna		biały proszek
Moduł Younga	N/mm^2	$6,89 \cdot 10^4$
Moduł sprężystości poprzecznej	N/mm^2	$2,96 \cdot 10^4$
Współczynnik Poissona		0,21
pH przy 25°C		8–9
Utrata wagi, 1 h we wrzącej wodzie	%	1,7
Stała dielektryczna 22°C, 106 Hz		5,8
Tangens kąta stratności (dielektrycznej)		0,0010
Współczynnik rozszerzalności cieplnej	$1/^\circ\text{C}$	$28 \cdot 10^{-7}$



Rys. 1. Mikrokulki szklane Spherriglass CP 3000

Fig. 1. Glass beads Spherriglass CP 3000



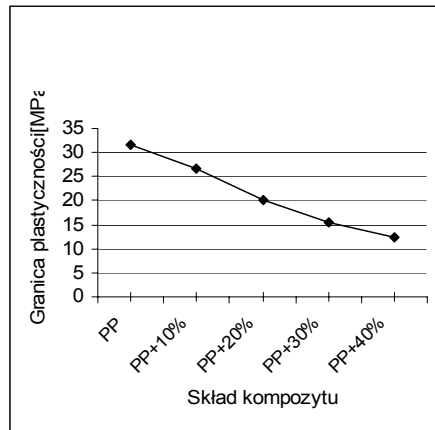
Rys. 2. Przełom próbki PP – 10 obj. % mikrokulek szklanych wykonany w ciekłym azocie

Fig. 2. Fracture of PP – 10 vol. % of glass beads in liquid nitrogen

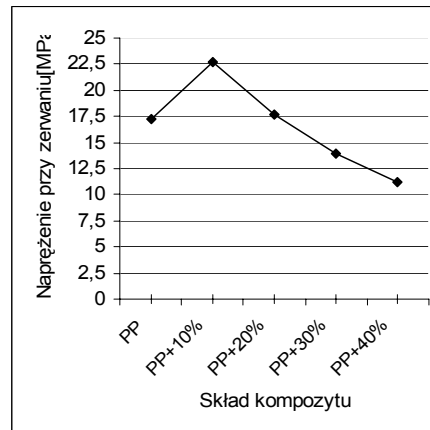
Do przygotowania materiału kompozytowego zastosowano dwuwalcarkę, na której wytwarzano walcówki z PP oraz mikrokulek szklanych w stosunku objętościowym 10, 20, 30 i 40% przy temperaturze 160–180°C. Walcówki przygotowano na Wydziale Chemii Politechniki Wrocławskiej w Zakładzie Inżynierii i Technologii Polimerów. Każdy kompozyt po zmieleniu, przed procesem wtryskiwania poddawano suszeniu w suszarce firmy Wittmann Robot Systeme GmbH typ Drymax C 60–70–M przy temperaturze 80°C w czasie 1 godz. Próbkę badawczą w postaci wiosełek i beleczek wykonano w Laboratorium Tworzyw Sztucznych na wtryskarce włoskiej firmy Negri Bossi S.p.a. typu V 110–375, wyposażonej w podajnik tworzywa firmy Werner Koch Maschinenteknik GmbH typu Koch-Technik BG05-31/DO4LA2-TOB/SP, stosując termostat firmy Wittmann Robot Systeme GmbH typ Tempro-Primus C90 dla utrzymania stałej temperatury formy w procesie wtryskiwania. Obserwacje przełomów próbek (rys. 2) wykonane z zastosowaniem skaningowego mikroskopu elektronowego wykazały dobrą adhezję na granicach fazowych polimer-powierzchnia kulek szklanych po procesie walcowania i wtryskiwania.

WYNIKI BADAŃ

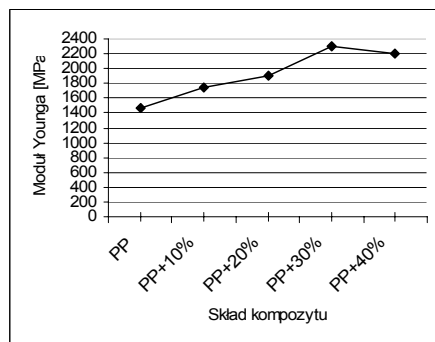
Wyniki badań własności mechanicznych materiałów kompozytowych przedstawiono na rys. 3, 4, 5, i 6. Umowna granica plastyczności materiałów kompozytowych PP-mikrokulki szklane (rys. 3) ulega znacznemu obniżeniu wraz ze zwiększeniem zawartości mikrokulek szklanych, osiągając wartość 13 MPa dla materiału kompozytowego zawierającego 40 obj. % mikrokulek. Naprężenie przy zerwaniu osiąga maksymalną wartość 23 MPa (rys. 4) dla zawartości mikrokulek 10 obj. %, natomiast przy większych zawartościach następuje obniżanie wytrzymałości na zerwanie, co związane jest z superpozycją pól naprężeń wokół cząstek umacniających oraz obniżeniem plastyczności materiału kompozytowego.



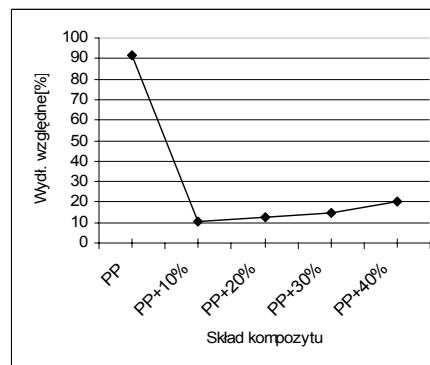
Rys. 3. Wpływ zawartości objętościowej mikrokulek szklanych na granicę plastyczności
Fig. 3. Effect of glass beads volume content on the yield strength



Rys. 4. Wpływ zawartości objętościowej mikrokulek szklanych na naprężenie przy zerwaniu
Fig. 4. Effect of glass beads volume content on the tensile strength



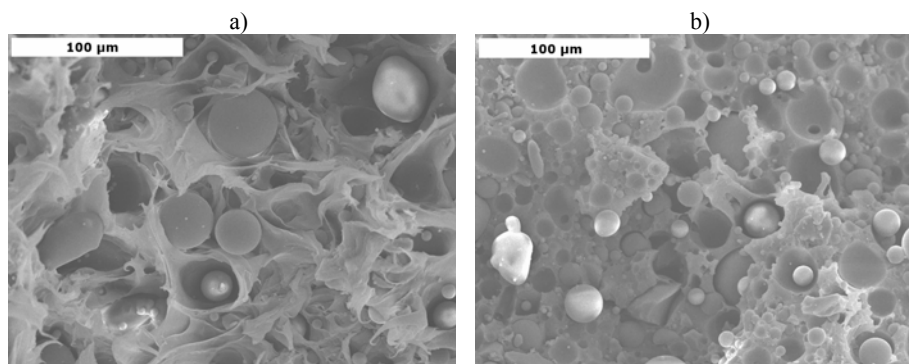
Rys. 5. Wpływ zawartości objętościowej mikrokulek szklanych na moduł Younga
Fig. 5. Effect of glass beads volume content on the Young modulus



Rys. 6. Wpływ zawartości objętościowej mikrokulek szklanych na wydłużenie względne
Fig. 6. Effect of glass beads volume content on the relative elongation

Wprowadzanie do osnowy mikrokulek szklanych wpływa na zwiększenie modułu Younga, przy czym maksymalne wartości modułu Younga uzyskiwane są dla materiału kompozytowego zawierającego przy 40 obj. % mikrokulek szklanych (rys. 5). Wartość modułu Younga wzrasta z 1450 MPa dla nieumocnionego polipropylenu do 2300 MPa dla materiału kompozytowego, zawierającego 40 obj. % mikrokulek szklanych, co oznacza 58% wzrost modułu Younga. Wydłużenie, w związku z malejącą plastycznością materiału kompozytowego, gwałtownie spada i już przy zawartości 10 obj. % mikrokulek szklanych wydłużenie względne jest ok. 10 razy mniejsze od wydłużenia względnego nieumocnionego polipropylenu.

Przełomy próbek sporządzono w ciekłym azocie po próbach rozciągania ze stref przyległych do złomu w płaszczyźnie stycznej do kierunku rozciągania. Obserwacje przełomów wykonano skaningowym mikroskopem elektronowym JEOL JSM-5800LV i stwierdzono częściową utratę wiązań mechanicznych na granicach fazowych szkło-polimer w próbkach z zawartością 20 obj. % mikrokulek szklanych (rys. 7a). W próbkach z większą zawartością mikrokulek szklanych (40 obj. %), oprócz utraty wiązań na granicach fazowych, zaobserwowano wyrywanie ich z osnowy podczas sporządzania przełomów (rys. 7b).



Rys. 7. Przełomy próbek kompozytów obserwowane pod mikroskopem skaningowym:
a) kompozyt PP + 20 obj. % mikrokulek b) kompozyt PP + 40 obj. % mikrokulek

Fig. 7. Fractures of composite materials observed in the scanning electron microscope:
a) composite PP + 20 vol. % of glass beads b) composite PP + 40 vol. % of glass beads

WNIOSKI

1. Materiały kompozytowe na osnowie polipropylenu o zawartości 10–40 obj. % mikrokulek szklanych wytwarzane metodą walcowania, a następnie wtryskiwania charakteryzują się jednorodnym rozkładem mikrokulek w osnowie.

2. Proces wtryskiwania realizowano przy zastosowaniu standardowych parametrów dla polipropylenu: temperatura wtrysku 240°C, temperatura formy 35°C, ciśnienie wtrysku 88 MPa, czas wtrysku 2,7–3,0 s, czas chłodzenia 20 s.

3. Na podstawie badań z zastosowaniem skaningowego mikroskopu elektronowego stwierdzono dobrą adhezję na granicach fazowych szkło-polipropylen, zapewniającą przenoszenie naprężeń z osnowy do wzmocnienia szklanego. Badania przełomów materiałów kompozytowych po próbie rozciągania w obszarach przyległych do złomu wykazały częściową utratę adhezji na granicach fazowych, spowodowaną dużym odkształceniem osnowy polipropylenowej.

4. Stwierdzono wpływ 10 obj. % zawartości mikrokulek szklanych na wzrost naprężenia przy zerwaniu oraz spadek wytrzymałości przy zwiększaniu zawartości mikrokulek w osnowie. Spowodowane jest to głównie superpozycją pól odkształceń oraz efektem spadku plastyczności materiałów kompozytowych zawierających większe zawartości mikrokulek szklanych.

PIŚMIENNICTWO

- Lee J., Yee A. F. 2001. Inorganic particle toughening I; micro-mechanical deformations in the fracture of glass bead filled epoxies. *Polymer* 42, 577–588.
- Liang J. Z., Li R. K. Y., Tjong S.C. 2000. Effects of glass bead size and content on the viscoelasticity of filled polypropylene composites. *Polymer Testing* 19, 213–220.
- Liang J. Z., Li R. K. Y. 1999. Brittle-ductile transition in polypropylene filled with glass beads. *Polymer* 40, 3191–3195.
- Stricker F., Bruch M., Mühlhaupt R. 1997. Mechanical and thermal properties of syndiotactic polypropylene filled with glass beads and talcum. *Polymer* 38, 5347–5353.
- www.interminglas.pl
- www.potterseurope.com

POLYPROPYLENE BASED COMPOSITE MATERIALS STRENGTHENED
WITH GLASS BEADS

Summary. Investigations of the effect of 5 µm diameter glass beads of 10–40% volume content in polypropylene matrix on the mechanical properties and structure of such composite materials are discussed. The glass beads were introduced into polypropylene matrix by rolling and samples for the investigations were manufactured by injection moulding. On the base of the microscopic investigations by means of SEM it was ascertained the good adhesion at the interface glass surfaces - polypropylene transferring stresses from the polypropylene matrix to the glass beads. There was ascertained the increase of tensile strength for materials containing 10 vol. % of and further decrease of tensile strength for composite materials containing larger amounts of glass beads. Significant increase of Young modulus and decrease of elongation was ascertained.

Key words: composite materials, polypropylene, glass beads, mechanical properties