

Dariusz Kwiatkowski¹

Politechnika Częstochowska, Katedra Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Zarządzania Produkcją, al. Armii Krajowej 19c, 42-200 Częstochowa

OCENA WŁAŚCIWOŚCI DYNAMICZNYCH KOMPOZYTU MIESZANINY PA/PP Z WŁÓKNEM SZKLANYM

Pomiary właściwości dynamicznych stanowią uniwersalną metodę badań zachowania się materiałów pod wpływem wymuszeń dynamicznych, sinusoidalnie zmiennych. Przedstawiono wyniki badań właściwości dynamicznych mieszaniny PA/PP i jej kompozytu z włóknem szklanym. Mieszaninę o zawartości 50% PA i 50% PP z kompatybilizatorem w ilości 2% wag. oraz kompozyt tej mieszaniny z 30% zawartością włókna szklanego wytworzono na przemysłowej linii produkcyjnej w firmie Polimarky w Rzeszowie. Badania właściwości dynamicznych przeprowadzono metodą DMTA. Badane próbki zginano trójpunktowo z częstotliwością 1 Hz w zakresie temperatur od 173 do 473 K, przy szybkości grzania 2 K/min. W pracy przedstawiono przebieg zmian wartości modułu zachowawczego E' oraz tangensa kąta stratności mechanicznej $tg\delta$ w zależności od temperatury dla mieszaniny PA/PP i jej kompozytu z włóknem szklanym.

Słowa kluczowe: mieszanina, kompozyt, właściwości dynamiczne, DMTA

ESTIMATION OF DYNAMIC PROPERTIES OF PA/PP BLEND FILLED WITH GLASS FIBRE

Measurements of the dynamical properties are universal method of investigations of the materials behavior exposed to the dynamic sinusoidal variable forces. In the paper the results of the tests of dynamic properties of PA/PP blend and its fiber glass composite have been presented. The blend of 50% PA and 50% PP with 2% of compatibilizer by weight and the composite of that blend with fiber glass were produced on the industrial production line in Polimarky, Rzeszów. The tests were performed by the DMTA method. Tested specimens were bended of the frequency 1 Hz in a temperature range from 173 to 473 K and with a heating rate 2 K/min. In the paper the run of changes of the storage modulus and the loss tangent versus temperature for PA/PP blend and its fiber glass composite has been presented.

Key words: blend, composite, dynamic properties, DMTA

WSTĘP

Materiały polimerowe to najważniejsza i najszerzej stosowana grupa materiałów obecnych czasów, znajdująca zastosowanie w różnych dziedzinach techniki i w artykułach codziennego użytku. Bez tych materiałów trudno byłoby organizować i urządzać życie człowieka. Wśród materiałów polimerowych bardzo duży udział stanowią tworzywa termoplastyczne i ich mieszaniny oraz kompozyty [1, 4].

Kompozyt będący przedmiotem niniejszych badań jest wytworzony z użyciem mieszaniny dwóch częściowo krystalicznych polimerów termoplastycznych, tj. poliamidu 6 (PA) i polipropylenu (PP). Do wzmocnienia mieszaniny PA/PP zastosowano włókno szklane krótkie.

Połączenie korzystnych cech obu tych tworzyw prowadzi do wytworzenia nowego materiału polimerowego o charakterze mieszaniny o korzystnych właściwościach mechanicznych i użytkowych. Składniki mieszaniny są tworzywami, należącymi do tworzyw konstrukcyjnych, ale o różnych właściwościach fizycznych. Poliamid 6 jest to znane tworzywo, przeznaczone do wyrobu elementów konstrukcyjnych metodą wtryskiwania. Obec-

ność fazy krystalicznej w poliamidzie (od 30 do 50%) powoduje dużą wytrzymałość na rozciąganie, wysoki moduł sprężystości, dużą twardość i odporność na ścieranie. Występowanie giętkich makrocząsteczek w obszarach bezpostaciowych zapewnia z kolei poliamidom korzystną udurość, wydłużenie i odporność na cykle zmęczeniowe. Cechą niepożądaną poliamidów jest duża chłonność wody, która z kolei wywiera bardzo duży wpływ na właściwości mechaniczne oraz na tolerancje wymiarowe wyrobów [1-3]. Natomiast polipropylen charakteryzuje się niższymi właściwościami mechanicznymi w porównaniu z poliamidem, ale prawie nie chłonie wody. Cechą niepożądaną PP jest jego podwyższona kruchość w temperaturach ujemnych [1-3].

Kompozyt mieszaniny PA/PP z włóknem szklanym charakteryzuje się wyższymi właściwościami mechanicznymi niż mieszanina. W związku z tym rozszerza jeszcze bardziej zakres możliwych zastosowań tego nowego materiału polimerowego.

Celem niniejszej pracy jest ocena właściwości dynamicznych kompozytu mieszaniny PA/PP z 30% zawar-

¹ dr inż.

tością włókna szklanego. W celach porównawczych określono również właściwości dynamiczne osnowy tego kompozytu.

MATERIAŁY, APARATURA I METODYKA BADAŃ

Do wytworzenia mieszaniny użyto krajowych tworzyw termoplastycznych: poliamidu 6 o nazwie firmowej Tarnamid T-27 produkcji Zakładów Azotowych S.A. w Tarnowie i polipropylenu o nazwie firmowej Malen P J-400 produkcji Petrochemii Płock S.A. Poliamid 6 i polipropylen są tworzywami tylko częściowo mieszalnymi, dlatego do wytworzenia mieszaniny użyto czynnika chemicznego, sprzęgającego i kompatybilizującego w postaci Polibundu 3150 (polipropylen maleinowany) [7]. Do wzmocnienia mieszaniny PA/PP zastosowano włókno szklane o symbolu E ze szkła bezalkalicznego borogliny-krzemowego, o zawartości tlenków alkalicznych poniżej 1%.

Mieszaninę o zawartości 50% PA i 50% PP z kompatybilizatorem w ilości 2% wag. oraz kompozyt tej mieszaniny z 30% zawartością włókna szklanego wytworzono na przemysłowej linii produkcyjnej w firmie Polimarky w Rzeszowie.

Próbki z kompozytu mieszaniny PA/PP z włóknem szklanym oraz mieszaniny PA/PP przed badaniami klimatyzowano przez 16 godz. w temperaturze $23 \pm 2^\circ\text{C}$ i wilgotności względnej $50 \pm 5\%$.

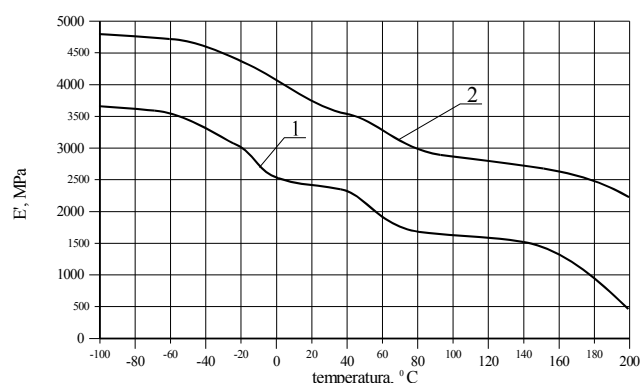
Właściwości dynamiczne kompozytu mieszaniny PA/PP z włóknem szklanym i mieszaniny PA/PP badano na urządzeniu DMA 242 firmy NETZSCH. Próbki na urządzeniu DMA 242 zginano trójpunktowo z częstotliwością 1 Hz w zakresie temperatur od 173 do 473 K przy szybkości grzania 2 K/min.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Na rysunku 1 przedstawiono przebieg zmian wartości modułu zachowawczego E' w zależności od temperatury dla mieszaniny PA/PP i jej kompozytu z włóknem szklanym.

W zakresie temperatury od -100 do -50°C można zaobserwować niewielki wpływ temperatury na wartość modułu E' zarówno dla mieszaniny PA/PP, jak i jej kompozytu z włóknem szklanym. W tym zakresie wartość modułu E' dla mieszaniny PA/PP mieści się w granicach od 3400 do 3600 MPa, a dla kompozytu z włóknem szklanym w granicach od 4600 do 4700 MPa. Przejście szkliste obserwuje się zarówno dla mieszaniny PA/PP, jak i jej kompozytu. Jest ono związane z wielko-cząsteczkową budową ich cząsteczek i wynikającymi stąd trudnościami krystalizacji. Polimery o giętkich łańcuchach niepolarnych mają małą wartość T_g . Obecność grup polarnych lub pierścieni aromatycznych powoduje wyraźny wzrost T_g . Poniżej temperatury zeszczenia

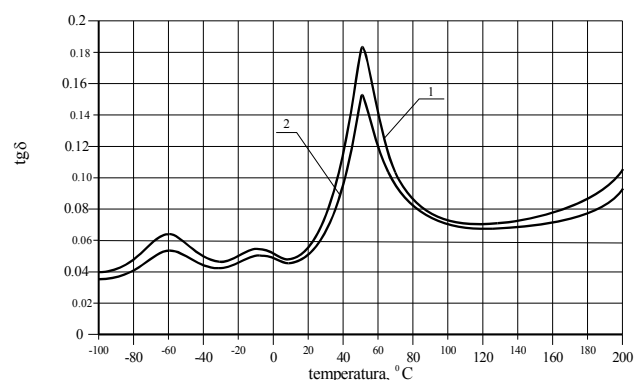
pewne fragmenty makrocząsteczek tracą swobodę przemieszczania się [6]. Przejścia szkliste są najbardziej widoczne dla mieszaniny PA/PP. Dla kompozytu mieszaniny PA/PP z włóknem szklanym zakresy przejścia szklistego są mniej wyraźne. W zakresie temperatury od -50 do 140°C dla mieszaniny PA/PP i jej kompozytu z włóknem szklanym zanotowano największy wpływ temperatury na wartość modułu E' . Spowodowane to jest większą ruchliwością makrocząsteczek PA i PP. Wartość modułu E' w tym zakresie dla mieszaniny PA/PP maleje o około 59%, zaś dla kompozytu zawierającego 30% włókna szklanego maleje tylko o około 40%.



Rys. 1. Przebieg zmian wartości modułu zachowawczego E' w funkcji temperatury dla mieszaniny PA/PP (1) i jej kompozytu z włóknem szklanym (2)

Fig. 1. The run of the storage modulus E' as a function of temperature for PA/PP blend (1) and its composite with glass fibre (2)

Zależność temperaturową tangensa kąta stratności mechanicznej przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Przebieg zmian wartości tangensa kąta stratności mechanicznej $\text{tg}\delta$ w funkcji temperatury dla mieszaniny PA/PP (1) i jej kompozytu z włóknem szklanym (2)

Fig. 2. The run of the loss tangent $\text{tg}\delta$ as a function of temperature for PA/PP blend (1) and its composite with glass fibre (2)

Ze względów użytkowych najistotniejsze są właściwości mieszaniny PA/PP i jej kompozytu z włóknem szklanym w zakresie od -50 do 140°C . Właściwości dynamiczne zwłaszcza mieszaniny PA/PP w zakresie temperatury od -50 do 140°C ulegają silnym zmianom.

W przedziale temperatury od -50 do 140°C mieszanina PA/PP wykazuje trzy lokalne maksima współczynnika stratności mechanicznej $\text{tg}\delta$. W temperaturze -50°C występuje przejście szkliste PA6, a w temperaturze -10°C przejście szkliste PP.

Z punktu widzenia konstrukcyjnego w zakresie temperatury użytkowania kompozyt mieszaniny PA/PP z włóknem szklanym prezentuje znacznie stabilniejsze właściwości dynamiczne niż mieszanina PA/PP. Moduł zachowawczy obniża się monotonicznie i słabiej niż w przypadku mieszaniny PA/PP, a współczynnik tarcia wewnętrznego zmienia się w nim niewiele. Kompozyt mieszaniny PA/PP z włóknem szklanym jest więc materiałem lepszym na elementy, które powinny zachować sztywność.

Tangens kąta stratności mechanicznej $\text{tg}\delta$ zwany współczynnikiem stratności mechanicznej jest bezwymiarowym parametrem, który nie przedstawia bezpośrednio żadnej wielkości fizycznej, a stanowi miarę stosunku energii rozproszonej do energii zachowanej przy odkształceniu okresowo zmiennym [5]

$$\text{tg}\delta = \frac{E''}{E'}$$

gdzie: E' - część rzeczywista modułu zespolonego (moduł zachowawczy), która jest w fazie z odkształceniem, E'' - część urojona modułu zespolonego (moduł stratności), która nie jest w fazie z odkształceniem.

Powyzsze zależności związane są z logarytmicznym dekrementem tłumienia poprzez [5]

$$\text{tg}\delta = \frac{\frac{\Lambda}{\pi}}{1 + \frac{\Lambda^2}{4\pi^2}}$$

która dla $\Lambda < 2$ przyjmuje w przybliżeniu postać

$$\text{tg}\delta \cong \frac{\Lambda}{\pi}$$

Wprowadzenie napełniacza w postaci włókien szklanych do mieszaniny PA/PP nie spowodowało istotnych zmian charakteru zależności $\text{tg}\delta(T)$ (rys. 2). Zawartość włókien szklanych w mieszaninie PA/PP spowodowała jedynie zmniejszenie się wartości tangensa kąta stratności mechanicznej $\text{tg}\delta$, co świadczy o pogorszeniu się

właściwości tłumiących w porównaniu do mieszaniny PA/PP.

WNIOSKI

Pomiary właściwości dynamicznych stanowią uniwersalną metodę badań zachowania się materiałów pod wpływem wymuszeń dynamicznych, sinusoidalnie zmiennych. Zawartość napełniacza w postaci włókien szklanych w mieszaninie PA/PP nie spowodowała istotnych zmian charakteru zależności modułu zachowawczego E' i tangensa kąta stratności mechanicznej $\text{tg}\delta$ w funkcji temperatury. Nastąpiło jedynie zwiększenie wartości modułu zachowawczego E' oraz zmniejszenie tangensa kąta stratności mechanicznej $\text{tg}\delta$. Właściwości tłumiące mieszaniny PA/PP po wzmocnieniu włóknem szklanym uległy pogorszeniu. Zmniejszenie się wartości współczynnika stratności mechanicznej w kompozycie mieszaniny PA/PP z włóknem szklanym świadczy o pogorszeniu się właściwości tłumiących badanych kompozytów. W kompozycie mieszaniny PA/PP zwiększa się wartość modułu zachowawczego odpowiedzialnego za gromadzenie i oddawanie energii podczas kolejnych cykli odkształceń, a maleje wartość modułu związanego z rozpraszaniem energii w postaci ciepła.

LITERATURA

- [1] Sikora R., Tworzywa wielkocząsteczkowe, Rodzaje, właściwości i struktura, Politechnika Lubelska, Lublin 1991.
- [2] Łączyński B., Tworzywa wielkocząsteczkowe, Rodzaje i własności, WNT, Warszawa 1982.
- [3] Żuchowska D., Polimery konstrukcyjne, WNT, Warszawa 1995.
- [4] Koszkuł J., Materiały polimerowe, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1999.
- [5] Kellar K., Ciesielska D., Fizykochemia polimerów, Wybrane zagadnienia, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1997.
- [6] Galina H., Fizykochemia polimerów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1998.
- [7] Jurkowski B., Jurkowska B., Sporządzanie kompozycji polimerowych, WNT, Warszawa 1995.

Recenzent
Tomasz Sterzyński