https://doi.org/10.62753/ctp.2002.12.3.3

Renata Sobczak[1], Zygmunt Nitkiewicz[2]
Politechnika Częstochowska, Instytut Inżynierii Materiałowej, ul. Dąbrowskiego 69, 42-200 Częstochowa

Józef Koszkul[3]
Politechnika Częstochowska, Katedra Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych i Zarządzania Produkcją, al. Armii Krajowej 19c, 42-200 Częstochowa

BADANIA DYNAMICZNYCH WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH KOMPOZYTÓW NA OSNOWIE POLIPROPYLENU WZMOCNIONYCH WŁÓKNEM SZKLANYM

Przeanalizowano wpływ zawartości włókna szklanego na dynamiczne właściwości mechaniczne kompozytów na osnowie polipropylenu. Badaniom poddano kompozyty o zawartości 30 i 50% włókna szklanego. W celach porównawczych badano też dynamiczne właściwości mechaniczne osnowy kompozytu. W ramach badań określono również wpływ wygrzewania na te właściwości.

EXAMINATION OF THE DYNAMIC MECHANICAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE COMPOSITES REINFORCED GLASS FIBRE

The effect of glass fibre content on dynamical properties of polypropylene composites has been examined. Within the confines of the work the annealing influence on the properties has also been determined. Polypropylene and its composites filled with 30 and 50% of glass fibre have been tested. The investigation of dynamical properties of composites matrix has been made in order to compare. Dynamic mechanical tests were conducted in three-point bending mode by a dynamic mechanical thermal analyser (DMA 242 by Netzsch) under the following conditions: specimens dimension: 50x10x4 mm, temperature interval: 0 to 130°C, heating rate 2°C/min at frequency 10 Hz. Figure 1 shows the storage modulus (E') and loss modulus coefficient (tgδ) measured by DMA at 10 Hz as a function of temperature for polypropylene and its composites. The glass transition the most evident for polypropylene (Fig. 1a). In case of polypropylene composites range of glass transition is less evident, in particular for composite polypropylene with 50% glass fibre content. The biggest tendency decreasing of storage modulus as a function of temperature was noted for polypropylene (Fig. 1a) and the least for composite polypropylene with 50% glass fibre content (Fig. 1c). It was found, that increase in of glass fibre content in the composites decrease value of tgδ. The influence of heat-treatment (annealing) shows the bigger values of the storage modulus E'.

WSTĘP

Techniczna przydatność materiałów polimerowych zależy od tego, czy będą one spełniały wymagania sztywności i wytrzymałości tak, aby ich trwałość w warunkach użytkowania była dostateczna. Tradycyjne mechaniczne charakterystyki otrzymywane jako wynik badań przy obciążeniu statycznym, przy rozciąganiu, ściskaniu i skręcaniu są niewystarczające do przewidywania zachowania się materiałów polimerowych w ekstremalnych warunkach użytkowania, jak również w długim okresie czasu. Problemem jest więc wybór metod badania, pozwalających przewidywać zmianę właściwości lepkosprężystych w funkcji czasu na podstawie danych doświadczalnych [1-3].

Kompozyty na osnowie polipropylenu wzmacniane włóknem szklanym wykazują cechy ciała lepkosprężystego. Dla tych materiałów odkształcenie zależy nie tylko od przyłożonego naprężenia, ale i od czasu obciążenia. Właściwości lepkosprężyste materiałów polimerowych uwidaczniają się m.in. tym, że jeżeli próbkę podda się drganiom sinusoidalnym zmiennym w czasie, to powstające naprężenie σ jest przesunięte w fazie w stosunku do wywołanego odkształcenia ε o kąt $0^o < \delta < 90^o$. Jeśli przyjmie się, że odkształcenie będzie się zmieniało zgodnie z zależnością (1), to naprężenie będzie miało przebieg opisany równaniem (2):

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \tag{1}$$

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \sin(\omega \cdot t + \delta) \tag{2}$$

gdzie:
ε_0 - amplituda odkształcenia,
ω - częstość kątowa,
δ - kąt przesunięcia fazowego.

[1] mgr inż., [2] dr hab. inż., [3] prof. dr hab. inż.

Moduł Younga E wyznaczony metodą DMA (Dynamic Mechanical Thermal Analysis) jest modułem zespolonym E^*, opisany równaniem

$$E^* = E' + E'' \tag{3}$$

Składa się on z części rzeczywistej E' (moduł zachowawczy), występującej zgodnie z fazą odkształcenia, i urojonej E'' (moduł stratności), która jest przesunięta względem odkształcenia o $\frac{\pi}{2}$. Często zamiast modułu stratności E'' podaje się tangens kąta stratności mechanicznej tgδ, opisany równaniem

$$tg\,\delta = \frac{E''}{E'} \tag{4}$$

W przypadku ciał doskonale sprężystych $E'' = 0$, natomiast dla ciał doskonale lepkich $E' = 0$. Dla polimerów i kompozytów na osnowie polimerowej na ogół $E'' < E'$ [4].

Celem niniejszej pracy jest określenie wpływu zawartości włókien szklanych na dynamiczne właściwości mechaniczne kompozytów na osnowie polipropylenu. W ramach tej pracy określono również wpływ wygrzewania na te właściwości.

MATERIAŁY I METODYKA BADAŃ

Do badań wykorzystano krajowe tworzywo termoplastyczne z grupy poliolefin o nazwie handlowej Malen P J-400 (prod. Petrochemia Płock S.A.). Do wzmocnienia tego tworzywa zastosowano włókna szklane o symbolu E ze szkła bezalkalicznego boro-glino-krzemowego, o zawartości tlenków alkalicznych poniżej 1%. Włókna szklane pokryte były preparacją silanową.

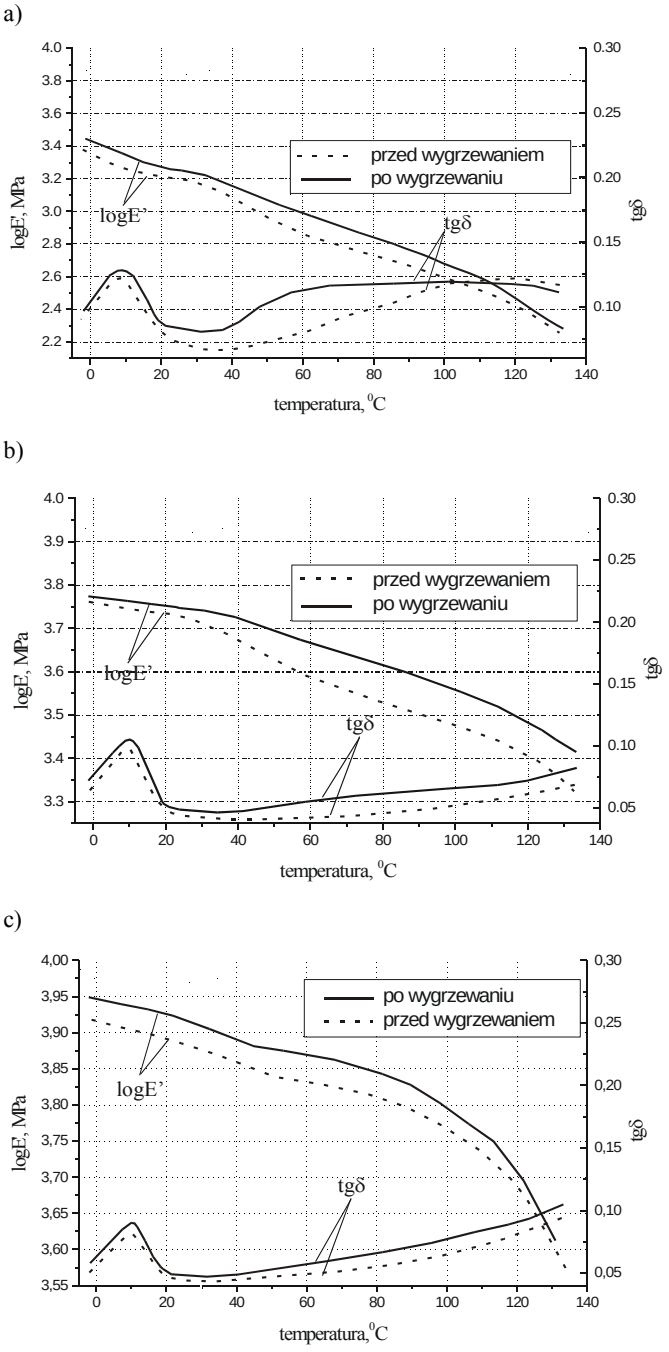
Badaniom poddano kompozyty na osnowie polipropylenu zawierające 30 i 50% włókna szklanego. W celach porównawczych badano też dynamiczne właściwości mechaniczne osnowy kompozytu.

W celu zbadania wpływu wygrzewania na dynamiczne właściwości mechaniczne część próbek poddano wygrzewaniu w temperaturze 130^{o}C w atmosferze powietrza. Szybkość nagrzewania wynosiła 0,015^{o}C/s, czas wygrzewania 900 s na 1 mm grubości, szybkość chłodzenia 0,010^{o}C/s.

Dynamiczne właściwości mechaniczne kompozytów na osnowie polipropylenu badano na aparacie do badań dynamicznych DMA 242 firmy Netzsch. Próbki o wymiarach 50x10x4 mm zginano trójpunktowo z częstotliwością 10 Hz w zakresie temperatury od 0 do 130^{o}C, przy szybkości grzania 2^{o}C/min. Amplituda odkształceń wynosiła 30 μm.

WYNIKI BADAŃ

Przebieg zmian wartości modułu zachowawczego E' i kąta stratności mechanicznej tgδ w zależności od temperatury i zawartości włókna szklanego przy częstotliwości drgań 10 Hz przedstawiono na rysunku 1. Przejście w stan szklisty jest najbardziej widoczne dla polipropylenu (rys. 1a). Dla tego materiału zanotowano największy spadek wartości modułu zachowawczego w funkcji temperatury.



Rys. 1. Zależność modułu zachowawczego i współczynnika stratności mechanicznej w funkcji temperatury: a) polipropylen, b) polipropylen + 30% włókna szklanego, c) polipropylen + 50% włókna szklanego

Fig. 1. The storage modulus and loss tangent coefficient as a function of temperature for: a) polypropylene, b) polypropylene + 30% glass fibre, c) polypropylene + 50% glass fibre

W przypadku kompozytów na osnowie polipropylenu zakres przejścia w stan szklisty jest mniej wyraźny, zwłaszcza przy 50% zawartości włókien szklanych. W tym zakresie zanotowano najmniejszy spadek modułu zachowawczego dla kompozytu z maksymalną zawartością włókien szklanych. W zakresie przejścia w stan szklisty kompozyty na osnowie polipropylenu wzmacniane włóknem szklanym wykazują mniejszą wrażliwość na działanie temperatury. Najbardziej jest to widoczne w przypadku kompozytu z 50% zawartością włókien szklanych (rys. 1c).

W zakresie odkształceń wysoko elastycznych największy wpływ temperatury na moduł zachowawczy E' jest widoczny dla polipropylenu. Jest to spowodowane większą ruchliwością makrocząsteczek polipropylenu.

Stopień zdolności tworzywa do odkształceń wysoko elastycznych zdecydowanie zależy od stopnia napełnienia włóknami szklanymi i jest tym mniejszy, im zawartość włókien szklanych w kompozycie jest większa. Wpływ obróbki cieplnej - wygrzewania uwidacznia się zwiększonymi wartościami modułu zachowawczego E'. Największą tendencję spadkową modułu zachowawczego w funkcji temperatury zanotowano dla polipropylenu, natomiast najmniejszą dla kompozytu o zawartości 50% włókien szklanych.

Wprowadzenie włókien szklanych do polimerowej osnowy powoduje też stopniowe obniżanie się wartości kąta stratności mechanicznej tgδ w funkcji temperatury dla badanych kompozytów. Im większa zawartość włókien szklanych w kompozycie, tym mniejsza wartość tgδ, podobnie kształtują się wartości maksimów tgδ [5]. Polipropylen oraz kompozyty na jego osnowie wzmacniane włóknem szklanym charakteryzują się większymi wartościami tgδ po wygrzewaniu.

W badanym zakresie temperatury właściwości dynamiczne, zwłaszcza polipropylenu, ulegają silnym zmianom. Materiał osnowy wykazuje największy spadek modułu zachowawczego i lokalne maksimum współczynnika stratności tgδ w temperaturze ok. 10^{o}C, odpowiadającej temperaturze zeszklenia obszarów bezpostaciowych polipropylenu.

W zakresie typowych temperatur użytkowania kompozyty na osnowie polipropylenu wzmacniane włóknem szklanym mają znacznie stabilniejsze właściwości dynamiczne. Moduł zachowawczy obniża się słabiej niż w przypadku materiału osnowy. Kompozyty te są więc materiałami lepszymi na elementy, które powinny zachować sztywność. Ich zdolność rozpraszania energii jest jednak słabsza niż polipropylenu, wobec czego elementy z nich wykonane będą gorzej tłumiły drgania.

WNIOSKI

Pomiary właściwości dynamicznych stanowią uniwersalną metodę badań zachowania się materiałów pod wpływem wymuszeń dynamicznych sinusoidalnie zmiennych. Wzrost zawartości włókien szklanych w kompozycie oraz obróbka cieplna nie spowodowały istotnych zmian charakteru zależności modułu zachowawczego E' i tangensa kąta stratności mechanicznej tgδ w funkcji temperatury. Zanotowano jedynie zwiększenie wartości składowej rzeczywistej modułu zespolonego E^* oraz zmniejszenie się tangensa kąta stratności mechanicznej tgδ. Zarówno polipropylen, jak i kompozyty na jego osnowie wzmacniane włóknem szklanym po wygrzewaniu wykazują większe wartości modułu zachowawczego, natomiast mniejsze współczynnika stratności mechanicznej.

Materiały polimerowe mające wartość współczynnika stratności mechanicznej w granicach $0{,}1 \le \text{tg}\delta \le 0{,}2$ mają zdolność dużego tłumienia drgań [6]. Zmniejszenie wartości współczynnika stratności mechanicznej w miarę wzrostu zawartości włókien świadczy więc o pogorszeniu się właściwości tłumiących badanych kompozytów.

W miarę wzrostu ilości włókien szklanych w kompozycie 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. Obróbka cieplna w postaci wygrzewania dodatkowo zwiększa wartość modułu zachowawczego.

LITERATURA

[1] Ferry J.D., Lepkosprężystość polimerów, WNT, Warszawa 1965.
[2] Jakowluk A., Procesy pełzania i zmęczenia w materiałach, WNT, Warszawa 1993.
[3] Nowacki W., Teoria sprężystości, PWN, Warszawa 1970.
[4] Koszkul J., Materiały polimerowe, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 1998.
[5] Pegoretti A., Ricco T., Fatigue crack propagation in polypropylene reinforced with short glass fibres, Composites Science and Technology 1999, 59, 1055-1062.
[6] Żuchowska D., Polimery konstrukcyjne, WNT, Warszawa 1995.

Recenzent
Izabella Hyla