

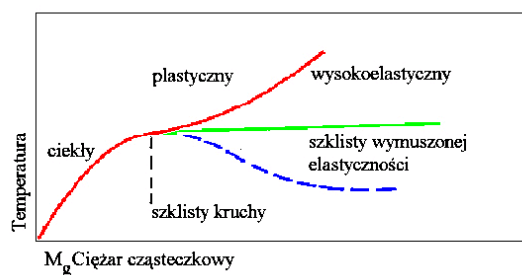
Lech SUBOCZ¹
Grzegorz MIKOŁAJCZAK²

WPLYW PODWYŻSZEJ TEMPERATURY NA IZOLACJĘ KOMPOZYTOWĄ

W warunkach podwyższonej temperatury zmieniają się lub raczej pogarszają się wszystkie właściwości dielektryków, głównie ich rezystywność. Zmiany te mogą być znaczne w przypadku materiałów kompozytowych. W związku, z czym należy prowadzić badania materiałowe w podwyższonej temperaturze pozwalające wyznaczyć m.in. dopuszczalny zakres temperatury pracy kompozytów izolacyjnych.

1 ZJAWISKO CIEPŁA UTAJONEGO

Dla tworzyw sztucznych, w tym również dla kompozytów izolacyjnych, istnieje zjawisko tzw. ciepła utajonego. Zjawisko to jest charakterystyczne dla tworzyw termoplastycznych w stadium topienia. Zjawisko ciepła utajonego występuje również w wypadku przemian alotropowych. Tego rodzaju zmiany, którym towarzyszą zjawiska ciepła utajonego, są znane jako przemiany pierwszego stopnia. Natomiast przemianami drugiego stopnia są zjawiska, dla których następuje zmiana właściwości bez zjawiska ciepła utajonego. Temperaturę przemiany wyznacza się na podstawie wykresu temperatury w funkcji ciężaru cząsteczkowego jak pokazano na rysunku 1 [2].



Rys.1. Schemat przemian termicznych polimerów (zależność temperatury od ciężaru cząsteczkowego)

¹ Politechnika Szczecińska, Instytut Elektrotechniki, Zakład Wysokich Napięć i Elektrotechnologii, 70-313 Szczecin, ul. Sikorskiego 37, tel. (0-91) 4494323, e-mail Lech.Subocz@ps.pl

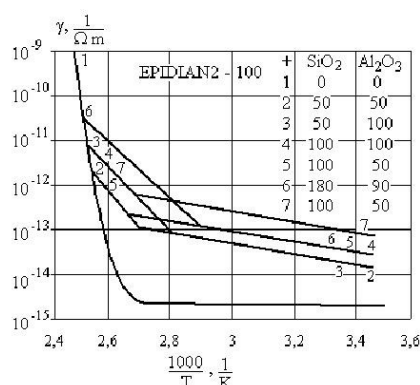
² Politechnika Szczecińska, Katedra Przetwarzania Sygnałów i Inżynierii Multimedialnej, 71-126 Szczecin, ul. 26 Kwietnia 10, tel. (0-91)4495311, e-mail Grzegorz.Mikolajczak@ps.pl

Znajomość granicznych wartości temperatur tworzyw sztucznych jest warunkiem określania ich zakresu użytkowania. Niezbędna jest również znajomość zakresów temperatur pracy wyrobu gdyż nawet niewielka zmiana temperatury może spowodować dużą różnicę właściwości. [3].

W czasie starzenia kompozytów mogą występować zmiany właściwości chemicznych, które mogą być powodem trudności w interpretacji krzywych życia tych materiałów wyznaczonych na podstawie krótkotrwałych badań laboratoryjnych, nie zawsze odpowiadających praktyce eksploatacyjnej. Badania kompozytów izolacyjnych w podwyższonej temperaturze dotyczą zazwyczaj procesu ich utwardzania przy stosowaniu różnych utwardzaczy i napełniaczy. Tylko nieliczne prace dotyczą ich właściwości termicznych [1].

2 POMIARY

Do niemal klasycznych badań kompozytów izolacyjnych zalicza się zależności prądów termicznie stymulowanych od rodzaju składu kompozytu. Wyznaczone na ich podstawie zależności konduktywności γ od temperatury kompozytów dla różnych kompozytów z żywicą EPIDIAN2 przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Konduktywność γ kompozytów na bazie żywicy EPIDIAN2 w różnych temperaturach

Zależności konduktywności γ od temperatury T są podobne w swym charakterze dla wszystkich kompozycji, różnią się one natomiast wartościami, nachyleniem charakterystyk oraz temperaturami, przy których występuje wyraźna zmiana nachylenia (temperatura graniczna T_g). W zakresie temperatur 290-400K konduktywność γ wszystkich kompozycji z napełniaczami jest większa od konduktywności czystej żywicy, przy czym dla temperatur większych od temperatury granicznej T_g , konduktywność kompozycji zależna jest od zawartości Al₂O₃, natomiast dla temperatur mniejszych od T_g o konduktywności kompozycji decyduje głównie zawartość SiO₂. Temperatury graniczne wynoszą około 360-380K- zależnie od składu kompozycji materiałowej.

W wyniku matematycznej aproksymacji rezultatów badań charakterystyki $\gamma(T)$ można określić następującą zależnością empiryczną:

$$\gamma = \gamma_1 \cdot \exp\left(\frac{W_1}{k \cdot T}\right) + \gamma_2 \cdot \exp\left(\frac{W_2}{k \cdot T}\right) \quad (1)$$

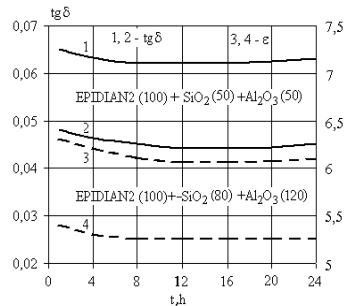
gdzie: γ - konduktywność S/cm, γ_1, γ_2 - stałe materiałowe, W_1, W_2 - energie aktywacji dla temperatur $T < T_g$ i $T > T_g$, k - stała Boltzmana $8,6 \cdot 10^{-5}$ eV/K, T - temperatura K

Niektóre, charakterystyczne wielkości obliczone na podstawie wyników pomiarów dla poszczególnych kompozycji pozycji przedstawiono w tabeli 1, gdzie podano wartości stałych $\gamma_1, \gamma_2, W_1, W_2$ oraz współrzędne punktu granicznego T_g .

Lp	γ_1	γ_2	W_1	W_2	T_g	γ_s
	S/cm	S/cm	eV	eV	K	S/cm
1	$3,0 \cdot 10^{-16}$	$9,1 \cdot 10^{-16}$	0,06	2,46	374	$5,5 \cdot 10^{-17}$
2	$1,2 \cdot 10^{-11}$	$8,8 \cdot 10^{-2}$	0,28	0,99	362	$1,6 \cdot 10^{-15}$
3	$1,2 \cdot 10^{-11}$	$9,4 \cdot 10^{-2}$	0,28	0,96	345	$1,1 \cdot 10^{-15}$
4	$5,1 \cdot 10^{-13}$	$9,4 \cdot 10^{-2}$	0,17	0,96	354	$2,3 \cdot 10^{-15}$
5	$5,1 \cdot 10^{-13}$	$8,8 \cdot 10^{-2}$	0,17	0,99	370	$3,3 \cdot 10^{-15}$
6	$5,1 \cdot 10^{-13}$	$31 \cdot 10^0$	0,17	0,97	342	$1,7 \cdot 10^{-15}$
7	$4,8 \cdot 10^{-13}$	$9,4 \cdot 10^{-2}$	0,14	0,96	365	$6,6 \cdot 10^{-15}$

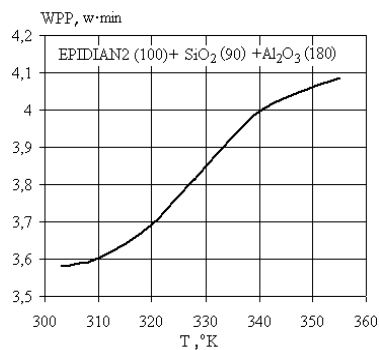
Tab. 1. Charakterystyczne stałe oraz współrzędne punktów granicznych dla kompozycji na bazie żywicy EPIDIAN2. Oznaczenia kompozycji wg. rys. 2.

Długotrwałe starzenie termiczne kompozytów, przy właściwie dobranej temperaturze, może poprawić ich właściwości dielektryczne: konduktywność γ zmalała kilkakrotnie, nieznacznie obniżyły się $\tan \delta$ i ϵ , co przedstawia rysunek 3. W kompozytach zachodzą wówczas procesy dotwardzania i sieciowania struktury



Rys. 3. Ciepłne zmiany stratności $\text{tg}\delta$ i przenikalności dielektrycznej ϵ przy 1kHz podczas starzenia wybranych kompozytów izolacyjnych w temperaturze $353\pm 2\text{K}$

Dodatkowa obróbka termiczna powoduje również wzrost odporności na prądy pełzające (rysunek 4). Zjawisko to dla izolacji napowietrznej stale zagrożonej wylądowaniami pełznymi jest bardzo pożądane. Optymalizacja końcowej obróbki termicznej (sezonowanie) jest, więc ważnym zagadnieniem w produkcji kompozytowych wyrobów izolacyjnych.



Rys. 4 Odporność wybranej kompozycji epoksydowej na prądy pełzające WPP po wygrzewaniu jej przez okres 3h w różnych temperaturach

Podsumowując przedstawione wyżej wyniki badań, że podwyższone temperatury korzystnie wpływają na właściwości dielektryczne tworzyw sztucznych pod warunkiem ograniczenia jej wielkości do takich wartości, przy których nie zachodzą nieodwracalne procesy destrukcyjne w znacznym stopniu obniżających właściwości dielektryczne. Nadmierne podwyższenie temperatury, ponad wytrzymałość termiczną, prowadzi zazwyczaj do degradacji kompozytu z dużą obniżką właściwości a powrót do właściwości początkowych jest wówczas niemożliwy

3 LITERATURA

1. Das-Gupta D.K. *Electrical Properties of Surfaces of Polymeric Insulators*, Trans. on El. Insul., Vol. 27, No 5, October (1992), 9095-923.

2. Ieda M., Nagao M., Hikita M., *High-field Conduction and Breakdown In Insulating Polymers*. IEEE Trans. on Diel. And El. Insul., Vol. 1, No 5, October (1994), 935-945.
3. Stucki F., *Injection of a Minimal Space Charge as Mechanism for the Initial Phase of Electrical Polymer Degradation*, IEEE Trans. on Diel. And El. Insul., Vol. 1, No 2, April (1994), 231-234.

Influence of elevated temperature on composite insulators

The heat and high temperature are the basic ageing factors of composite insulators. Quality of insulating material can be estimated basing on thermal characteristics in time.