

# Ocena sieciowania resztkowego wywołanego efektem samorozgrzania we włóknistych kompozytach epoksydowych z wykorzystaniem spektroskopii Ramana

Andrzej KATUNIN\* – Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska; Katarzyna KRUKIEWICZ, Roman TURCZYN – Katedra Fizykochemii i Technologii Polimerów, Wydział Chemiczny, Politechnika Śląska

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2014, 68, 11, 957–966

## Wstęp

Wiele konstrukcji inżynierskich wykonanych z kompozytów polimerowych poddawanych jest zarówno intensywnym obciążeniom cyklicznym jak i drganiowym. W związku z lepkosprężystą naturą tych materiałów, w wyniku przesuniętych w fazie oscylacji obciążenia i naprężenia oraz powstałej histerezy, obserwowany jest proces rozproszenia energii mechanicznej. Biorąc pod uwagę stosunkowo niską przewodność cieplną większości polimerów, rozpraszana energia jest magazynowana w strukturze i powoduje wzrost temperatury, co prowadzi do występowania efektu samorozgrzania. Występowanie tego zjawiska jest nieuniknione w procesach zmęczenia i może prowadzić do dwóch scenariuszy. Gdy efektem dominującym degradacji są oddziaływania mechaniczne, to temperatura samorozgrzania wzrasta do pewnej wartości i ulega stabilizacji, przy czym jej wzrost jest często nieznaczny. Jednak w przypadku, gdy dominującym zjawiskiem jest samorozgrzanie, to zwiększenie temperatury powoduje intensyfikację procesów degradacji, prowadząc do skrócenia cyklu życia i szybszej destrukcji struktury [1]. Wyniki wcześniejszych badań eksperymentalnych przedstawionych w [2] wskazują, że historia temperaturowa efektu samorozgrzania jest różna, gdy struktura jest obciążana w warunkach zmęczenia cieplnego do pewnej wartości temperatury, chłodzona w warunkach naturalnej konwekcji do temperatury otoczenia, a następnie ponownie obciążana w takich samych warunkach. Fizykochemiczna analiza tego zjawiska [3] dowodzi, że w wyniku strukturalnych oddziaływań termokinetycznych ma miejsce proces resztkowego sieciowania, który prowadzi do wolniejszego wzrostu temperatury samorozgrzania po ponownym obciążeniu.

Spektroskopia Ramana (RS) jest niezwykle przydatnym narzędziem służącym do opisu procesów fizycznych i chemicznych, i jest z powodzeniem stosowana jest w analizie podobnych zjawisk [4÷6]. Wykorzystanie RS pozwala na analizę zmian intensywności pasm odpowiadającym grupom epoksydowym spowodowanych sieciowaniem resztkowym. Zastosowanie termografii w podczerwieni (IRT) umożliwi precyzyjne pomiary temperatury i jej zmian podczas zmęczenia cieplnego oraz ocenę charakterystycznych krzywych temperaturowych. IRT jest z powodzeniem wykorzystywana do monitorowania procesów polimeryzacji, jak również monitorowania stanu struktur kompozytowych na bazie polimerów [7÷10].

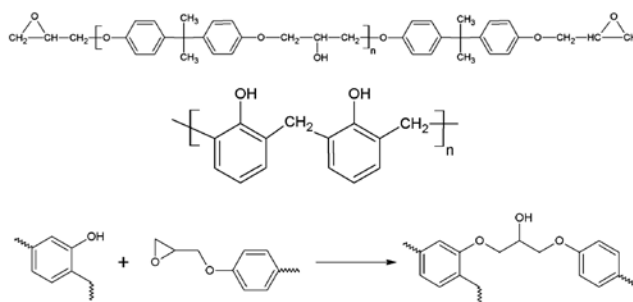
W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących procesu sieciowania resztkowego obserwowanego podczas zmęczenia cieplnego włóknistych kompozytów epoksydowych. Głównym ich celem jest ocena zmian strukturalnych w materiale kompozytowym na poziomie molekularnym z wykorzystaniem spektroskopii Ramana, poprzez poddawanie kompozytu obciążeniu zmęczeniowemu

i porównanie uzyskanych wyników z historiami krzywych temperaturowych i charakterystycznych wartości temperatur mierzonych podczas zmęczenia cieplnego i dynamicznej analizy mechanicznej (DMA). Taka analiza pozwoliła na charakterystykę mechanizmów lokalnej degradacji kompozytów polimerowych wywołanych przez efekt samorozgrzania.

## Badania eksperymentalne

### Materiały

Badane próbki kompozytowe zostały wyprodukowane i dostarczone przez Izo-Erg S.A., Polska. Komponentami żywicy epoksydowej był Epidian 6, fenolowa żywica formaldehydowa o średniej masie cząsteczkowej i 2-metyloimidazol. Struktury chemiczne żywicy epoksydowej, żywicy fenolowo-formaldehydowej i schemat procesu utwardzania przedstawiono na Rysunku 1.



Rys. 1. Struktura żywicy epoksydowej (a); żywicy fenolowo-formaldehydowej (b) i schemat procesu sieciowania (c)

Zbrojenie kompozytu zostało zaimpregnowane w osnowie w postaci tkaniny szklanej typu E o splocie płóciennym i masie 200 g/m<sup>2</sup>, z wykorzystaniem prepolimerowego roztworu (o składzie opisanym wyżej) w acetonie i wysuszone na gorącym powietrzu. Kompozyt wykonano w postaci 12-warstwowych płyt o grubości 2,5 mm z wykorzystaniem prasy hydraulicznej. Z płyt zostały wycięte próbki o następujących wymiarach: długość 550 mm i szerokość 10 mm.

### Dynamiczna Analiza Mechaniczna (DMA)

Ocenę zmian właściwości dynamicznych badanych kompozytów epoksydowych w podwyższonych temperaturach w zakresie 20–220 °C, przy częstotliwościach wzbudzenia 1, 10, 20 i 50 Hz i ogrzewaniu z częstością 1, 3, 5, 8, 12 i 15 °C min<sup>-1</sup> przeprowadzono z zastosowaniem dynamicznego analizatora mechanicznego (DMA 242C NETZSCH™, Niemcy). Testy przeprowadzono w trybie zginania trójpunktowego próbek o długości 50 mm przy wybranych częstotliwościach. Podczas badań zostały zarejestrowane wartości modułów zachowawczego i stratności, a także tangens kąta przesunięcia fazowego w funkcji

Autor do korespondencji:  
Dr inż. Andrzej KATUNIN, e-mail: andrzej.katunin@polsl.pl

temperatury. Opierając się na wynikach badań skonstruowano krzywe wiodące. Szczegółowy opis uzyskanych wyników przedstawiono w [11].

### Testy zmęczeniowe

Badania zmęczeniowe przeprowadzono na zaprojektowanej we własnym zakresie platformie testowej, która pozwala na kontrolę wymuszenia próbek z wykorzystaniem wzbudnika elektrodynamicznego (TIRA TV-51120, Niemcy), na próbkach o długości 80 mm i szerokości 10 mm, z częstotliwością 20, 25 i 30 Hz. Próbki umieszczono w uchwycie aluminiowym; w celu ograniczenia przewodzenia ciepła pomiędzy uchwycem i próbką, gdzie generowana była temperatura samorozgrzania, wykorzystano dodatkowe płytki poliwęglanowe. Proces był kontrolowany za pomocą aplikacji opracowanej w środowisku LabView. Pomiary temperatury zostały przeprowadzone za pomocą kamery termograficznej (Variocam HR, Niemcy), która rejestrowała zmianę rozkładu temperatury w czasie całego procesu zmęczenia, od początku testu aż do pęknięcia próbki z częstotliwością 1 sekundy. Szczegółowy opis urządzenia do prób i testów zmęczeniowych można znaleźć w [1].

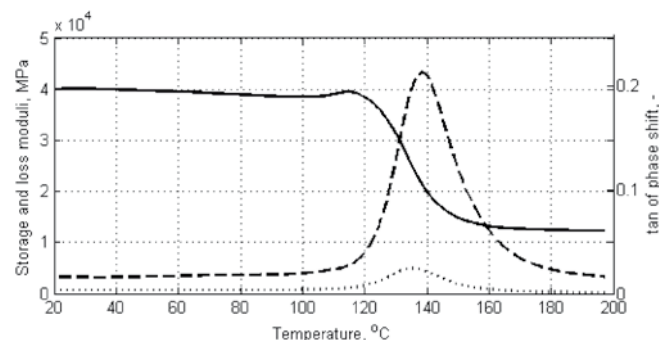
### Spektroskopia Ramana (RS)

Widma Ramana otrzymano za pomocą spektrometru (mikroskop konfokalny Renishaw INVIA Ramana, Wielka Brytania) zaopatrzonego w laser (830 nm) o mocy 45 mW, czas ekspozycji próbek: 10 sekund. Każda z próbek była badana w trzech charakterystycznych punktach: punkt S został zdefiniowany w obszarze maksymalnej koncentracji naprężeń i najwyższego gradientu temperatur (w pobliżu zacisku na próbkę), a dwa pozostałe punkty (L, P) w odległości 5–7 mm od punktu S po obu jego stronach. Wybór punktów pomiarowych pozwolił na analizowanie stopnia usieciowania po badaniach zmęczeniowych. W pomiarach wykorzystano kamerę CCD o rozdzielczości 1040x258 px z powiększeniem 600x. Widma Ramana rejestrowano w zakresie 465-1470  $\text{cm}^{-1}$  ze względu na charakterystyczne przesunięcia Ramana dla żywicy epoksydowej i produktów powstających w trakcie procesu sieciowania [6,12].

### Ocena wyników eksperymentalnych

#### Właściwości dynamiczne

W celu oceny właściwości dynamicznych w zadanym przedziale temperatur (od temperatury otoczenia do temperatury destrukcji), jak również do określenia temperatury zeszklenia dla różnych częstotliwości wzbudzenia, przeprowadzono badania DMA. Przykładowy wykres temperatury dla częstotliwości wzbudzenia 20 Hz i szybkości ogrzewania 3°C  $\text{min}^{-1}$  przedstawiono na Rysunku 2. Linie ciągłe i linie kropkowane oznaczają odpowiednio wartości modułów zachowawczego i stratnego, a linia przerywana oznacza tangens kąta przesunięcia fazowego.

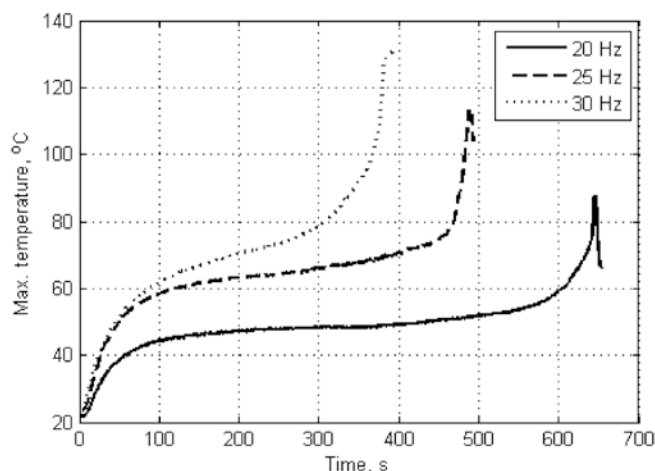


Rysunek 2. Właściwości dynamiczne w funkcji temperatury dla włóknistych kompozytów epoksydowych

Analizując moduł zachowawczy w funkcji temperatury można było zaobserwować utwardzanie materiału wywołane procesem sieciowania po przekroczeniu 100°C. Utwardzanie ma miejsce w zakresie temperatur  $\sim 100 \div 115^\circ\text{C}$ , po czym obserwuje się typowe zmniejszenie wartości składowej rzeczywistej modułu zespolonego spowodowane zapoczątkowaniem  $\alpha$ -przemiany. Moduł stratności i tangens kąta przesunięcia fazowego nie wykazują żadnych anomalii w tym zakresie temperatur, a tym samym moc tracona i tłumienie materiału ciągle rosną, co prowadzi do utwardzenia w wyniku sieciowania. Zmiany strukturalne materiału spowodowane przez efekt samorozgrzania zostały zainicjowane w znacznie niższych temperaturach, co zostanie przedstawione w następnym podrozdziale.

### Krzywe temperaturowe i temperatury charakterystyczne

Krzywe temperaturowe zostały opracowane na bazie termogramów przedstawiających zależność najwyższej temperatury w obszarze koncentracji naprężeń od czasu. Zaobserwowano charakterystyczne różnice w temperaturach próbek wzbudzanych różnymi częstotliwościami. Różnice te wynikają z termokinetyki Arrheniusa i mogą być opisane za pomocą zasady superpozycji czasu i temperatury (TTS). Przykładowe wykresy temperaturowe dla próbek o długości czynnej przy zginaniu 45 mm i częstotliwości wzbudzenia 20, 25 i 30 Hz zostały przedstawione na Rysunku 3.



Rys. 3. Krzywe temperaturowe dla różnych częstotliwości wzbudzenia

Zmiany częstotliwości wzbudzenia powodują przesunięcia wszystkich charakterystycznych temperatur: temperatury zeszklenia ( $T_g$ ), temperatury pęknięcia ( $T_r$ ) i temperatury krytycznej samorozgrzania ( $T_c$ ) opisanych w [13]. Temperatury te zestawiono w Tabelcy 1. Temperatury  $T_c$  i  $T_r$  zostały przedstawione dla próbek o długości 50 mm. Temperaturę  $T_g$  oszacowano na podstawie równania Arrheniusa [11]. Podczas tego procesu zaobserwowano, że zachodzący proces sieciowania powoduje zmianę parametrów strukturalnych badanych materiałów kompozytowych.

Tabelca 1

#### Charakterystyczne temperatury rozpatrywanego kompozytu

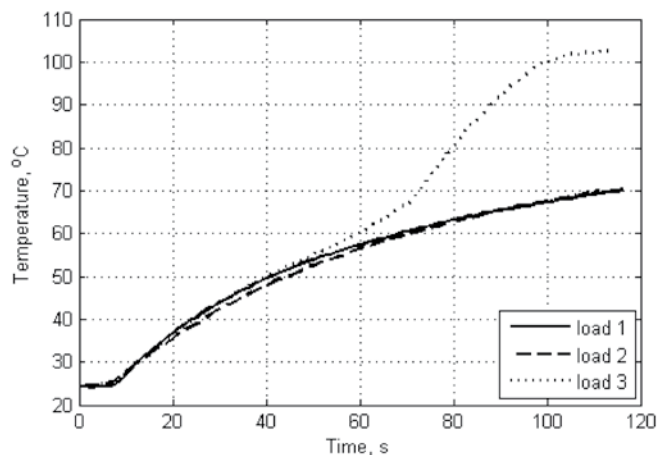
f (Hz)	$T_c$ (°C)	$T_r$ (°C)	$T_g$ (°C)
20	59.93	111.3	135.18
25	77.96	108.2	135.81
30	78.56	114.9	136.30

W dodatkowych badaniach próbki poddano wielokrotnym obciążeniom zmęczeniowym, tzn. obciążano je do momentu osią-

Rozkład intensywności pasm Ramana dla żywicy epoksydowej [6]

Przesunięcie Ramana (cm <sup>-1</sup> )	Intensywność	Przydział
640	silna	deformacja pierścienia epoksydowego
712	średnia	deformacja pierścienia epoksydowego
824	silna	drgania CH
918	słaba	deformacja pierścienia epoksydowego
943	średnia	drgania CH
1115	silna	deformacja pierścienia epoksydowego
1187	silna	drgania CH
1256	silna	deformacja pierścienia epoksydowego

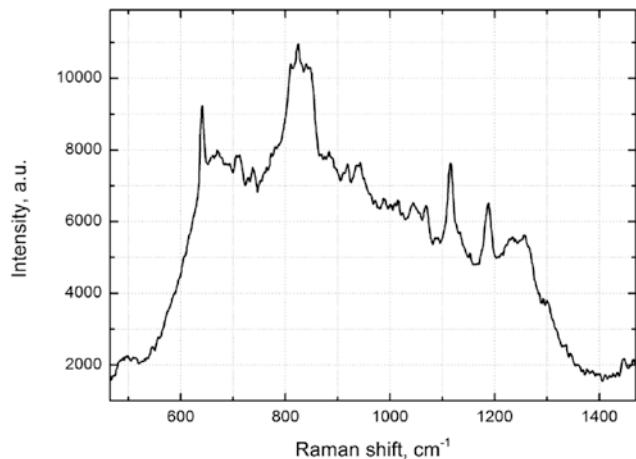
gnięcia zakładanej temperatury samorozgrzania, chłodzono w warunkach naturalnej konwekcji, a następnie ponownie obciążano. Przykładowy wykres temperaturowy dla próbki o długości zginania 50 mm i częstotliwości wzbudzenia 30 Hz został przedstawiony na Rysunku 4. Podczas wielokrotnego obciążania, takie same temperatury uzyskiwano w dłuższych odstępach czasu. Analiza krzywych temperaturowych wskazuje [2], że zmiany te są widoczne, gdy temperatura samorozgrzania przekracza 70°C, co jest znacznie niższą temperaturą niż T<sub>g</sub>, a nawet zakres obserwowany na skanach temperaturowych DMA. W tym przypadku temperatura samorozgrzania przekracza wartość T<sub>c</sub>. Pierwsze dwa obciążenia ujawniają typową wykładniczą charakterystykę samorozgrzania [1], podczas gdy w czasie ostatniego obciążania można było zaobserwować zapoczątkowanie procesu uszkodzenia mechanicznego próbki.



Rys. 4. Krzywe temperaturowe potrójnie obciążanych próbek

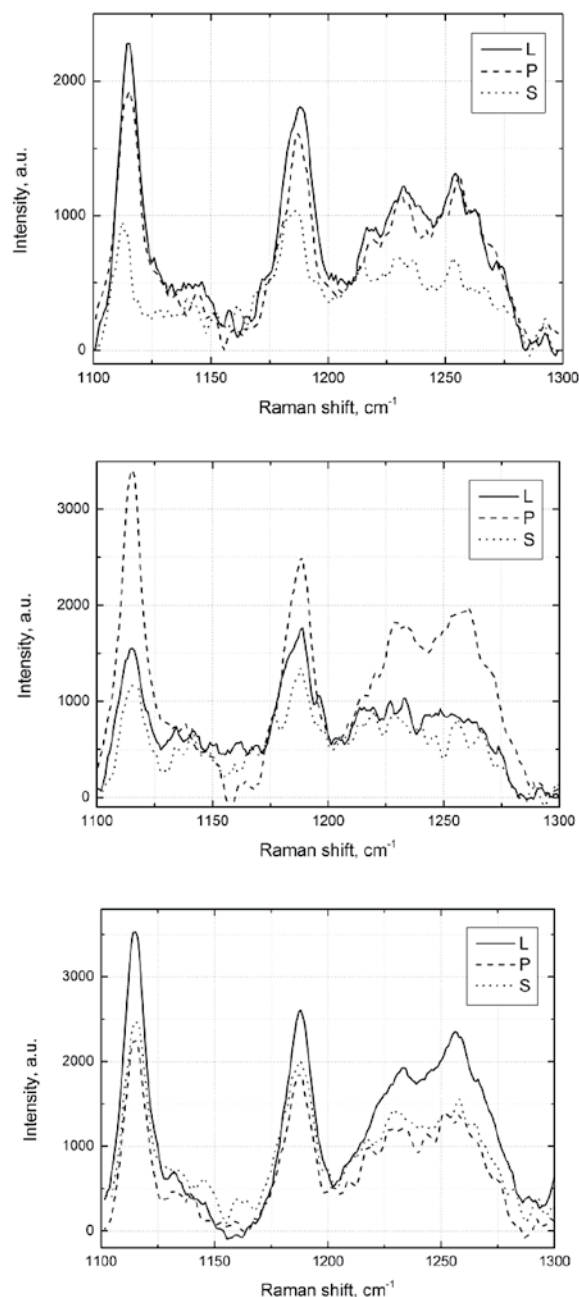
**Analiza widm Ramana**

W celu zbadania zmian strukturalnych na poziomie molekularnym we włóknistym kompozycie epoksydowym, próbki poddane obciążeniu zmęczeniowemu scharakteryzowano za pomocą spektroskopii Ramana. Widmo Ramana próbki odniesienia, czyli kompozytu, który nie został poddany obciążeniu zmęczeniowemu, przedstawiono na Rysunku 5. Pasma Ramana znajdujące się przy 824 cm<sup>-1</sup> (s), 943 cm<sup>-1</sup> (m), 1115 cm<sup>-1</sup> (s) i 1187 cm<sup>-1</sup> (s) zostały przypisane do drgań szkieletu żywicy [6]. Pasma Ramana odpowiadające odkształceniu pierścienia epoksydowego znajdowały się przy 640 cm<sup>-1</sup> (s), 712 cm<sup>-1</sup> (m), 918 cm<sup>-1</sup> (w) i 1256 cm<sup>-1</sup> (s) [6,14]. Intensywność silnego pasma przy 1256 cm<sup>-1</sup>, jako zależna od liczby grup epoksydowych, może być stosowana do określenia, czy podczas obciążania zmęczeniowego miały miejsce reakcje z grupami epoksydowymi [15]. Typowe przesunięcia Ramana dla kompozytów na bazie żywic epoksydowych przedstawiono w Tablicy 2.



Rys. 5. Widmo Ramana próbki odniesienia (nie poddanej obciążeniu zmęczeniowemu)

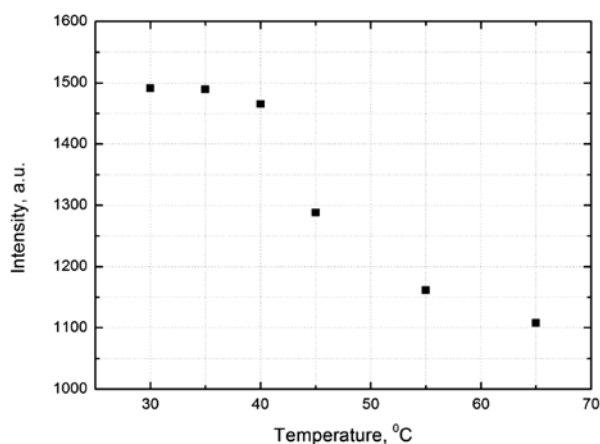
Widma Ramana zostały także zarejestrowane dla próbek obciążanych w cyklu potrójnym, dla których maksymalne temperatury samorozgrzania (T<sub>max</sub>) uzyskane podczas pierwszego obciążania wynosiły odpowiednio 50°C, 60°C i 70°C. Widma Ramana zarejestrowane w różnych miejscach próbki (punkty L, P i S) poddanej obciążeniu zmęczeniowemu przedstawiono na Rysunku 6.



Rys. 6. Widma Ramana zarejestrowane dla potrójnie obciążanych próbek przy T<sub>max</sub> równej: a) 50°C, b) 60°C, c) 70°C, mierzonych w trzech charakterystycznych punktach: L, P, S

Szczegółowa analiza zmian intensywności pasma epoksydowego ( $1256\text{ cm}^{-1}$ ) wykazała, że w każdym przypadku intensywność w punkcie S jest mniejsza niż intensywności pasma mierzona w punktach L i P. Pamiętając o tym, że intensywności pasm Ramana są proporcjonalne do stężenia substancji lub ilości wiązań w próbce, zmniejszenie intensywności pasma epoksydowego wskazuje na występowanie reakcji chemicznej, w której są wykorzystywane grupy epoksydowe, tj. procesu sieciowania resztkowego. Niższa intensywność pasma epoksydowego w punkcie S, w porównaniu z intensywnością pasm w punktach L i P wskazuje, że wyższa koncentracja naprężeń i gradient temperatury są czynnikami decydującymi o występowaniu sieciowania resztkowego.

W celu określenia wpływu zjawiska samorozgrzania na kinetykę sieciowania, zarejestrowano widma Ramana podwójnie obciążanych próbek osiągających różne wartości  $T_{\max}$ . Stopień sieciowania, oznaczany dla próbek po pęknięciu spowodowanym zmęczeniem cieplnym, oznaczono na podstawie analizy poszczególnych pasm widma Ramana, które zostały przypisane do drgań szkieletowych żywic epoksydowych. Intensywność pasma epoksydowego ( $1256\text{ cm}^{-1}$ ) w funkcji  $T_{\max}$  uzyskanej podczas pierwszego obciążenia została pokazana na Rysunku 7. Można zauważyć, że punkty doświadczalne układają się w zależność sigmoidalną z początkowym okresem indukcji pomiędzy 30 i  $35^{\circ}\text{C}$ . Uzyskana dla tych próbek maksymalna temperatura samorozgrzania była ewidentnie zbyt niska, aby zainicjować proces sieciowania resztkowego. Intensywność pasma epoksydowego, czyli liczba grup epoksydowych, zaczyna spadać przy temp.  $40^{\circ}\text{C}$ . Następnie zauważyć można gwałtowny spadek intensywności pasma epoksydowego kończący się przy temp.  $65^{\circ}\text{C}$ . Etap ten jest najprawdopodobniej związany ze wzrostem szybkości procesu sieciowania resztkowego na skutek wzrostu temperatury samorozgrzania. Przy temp.  $65^{\circ}\text{C}$  proces sieciowania osiąga swoją maksymalną wydajność; wszystkie dostępne grupy epoksydowe ulegają wspomnianej reakcji i dalszy wzrost temperatury nie powoduje zmiany intensywności pasma epoksydowego. Obserwowane zachowanie podobne jest do profilu kinetycznego izotermicznego utwardzania żywic epoksydowych opisanego w [14]; w obu sytuacjach obserwowano krzywe sigmoidalne składające się z charakterystycznych etapów: początkowego okresu indukcji, fazy stacjonarnej i zakończenia. Wynika z tego, że przebieg procesu sieciowania resztkowego względem temperatury samorozgrzania jest analogiczny do przebiegu procesu utwardzania w odniesieniu do czasu.



Rys. 7. Intensywność pasma Ramana ( $1256\text{ cm}^{-1}$ ) w funkcji maksymalnej temperatury samorozgrzania ( $T_{\max}$ ) osiągniętej w pierwszym obciążeniu

Z badań, które zostały wykonane dla różnych scenariuszy obciążenia próbek wynika, że ilość grup epoksydowych określona za pomocą widm Ramana jest nieliniowo zależna od temperatury. Stwierdzono także, że przy temp.  $65^{\circ}\text{C}$  proces sieciowania reszt-

kowego charakteryzuje się maksymalną wydajnością w rozpatrywanych przypadkach. Wyniki te odpowiadają krzywom temperaturowym, gdzie zmiany parametrów strukturalnych badanych kompozytów zostały odnotowane dla temperatury samorozgrzania przekraczającej  $70^{\circ}\text{C}$ . Zrozumienie mechanizmów reakcji występujących podczas samorozgrzania i zmęczenia cieplnego umożliwia wykorzystanie ich podczas projektowania elementów kompozytowych poddawanych dużym obciążeniom oraz podczas eksploatacji i badań nieniszczących konstrukcji będących w użytkowaniu.

## Wnioski

W pracy omówiono zjawisko występowania efektu samorozgrzania w kompozytach polimerowych z punktu widzenia interakcji termokinetycznych i mechanochemicznych. W badaniach wykorzystano analizę pasma ramanowskiego, charakterystycznego dla ugrupowania epoksydowego, która pozwoliła na ocenę stopnia degradacji kompozytu wywołanego samorozgrzaniem w rezultacie procesu zmęczenia cieplnego. Analiza wspomnianego pasma ramanowskiego dowodzi spodziewanego spadku jego natężenia w zależności od maksymalnej temperatury osiągniętej na próbce kompozytu podczas zmęczenia cieplnego. Stwierdzono, że dla próbek z kompozytów epoksydowych wzmocnionych tkaniną szklaną typu E, maksymalna efektywność procesu sieciowania osiągana jest w temp.  $65^{\circ}\text{C}$ . Wynik ten odpowiada zarejestrowanym krzywom historii temperaturowych. W dalszych badaniach konieczne będzie przeprowadzenie dodatkowych analiz uzyskanej nieliniowej charakterystyki intensywności pasma w odniesieniu do temperatury samorozgrzania.

Przedstawione wyniki są częścią trwających badań. Dalsze badania będą skoncentrowane na analizie słabo usieciowanych kompozytów i charakterystyki zmian strukturalnych w procesach samorozgrzania i zmęczenia cieplnego przy użyciu tomografii komputerowej.

## Literatura

- Katunin A., Fidali M.: *Fatigue and thermal failure of polymeric composites subjected to cyclic loading*. *Advanced Composites Letters* 2012, **21**, 64-69.
- Katunin A.: *Thermal fatigue of polymeric composites under repeated loading*. *Journal of Reinforced Plastics and Composites* 2012, **31**, 1037-1044.
- Katunin A., Krukiewicz K.: *Physicochemical analysis of self-heating of glass-epoxy composites cured by novolac*. *CHEMIK* 2012, **66**, 1326-1331.
- Gauthier M.A., Luo J., Calvet D., Ni C., Zhu X.X., Garon M., Buschmann M.D.: *Degree of cross-linking and mechanical properties of crosslinked poly(vinyl alcohol) beads for use in solid-phase organic synthesis*. *Polymer* 2004, **45**, 8201-8210.
- Marcilla A., Garcia-Quesada J.C., Hernandez J., Ruiz-Femenia R., Perez J.M.: *Study of polyethylene crosslinking with polybutadiene as coagent*. *Polymer Testing* 2005, **24**, 925-931.
- Vaškova H., Křesálek V.: *Quasi real-time monitoring of epoxy resin crosslinking via Raman spectroscopy*. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Science* 2011, **5**, 1197-1204.
- Hussey D.L., Biagioni P.A., Lamey P.-J.: *Thermographic measurement of temperature change during resin composite polymerization in vivo*. *Journal of Dentistry* 1995, **23**, 267-271.
- Luo W., Yang T., Li Z., Yuan L.: *Experimental studies of the temperature fluctuations in deformed thermoplastics with defects*. *International Journal of Solids and Structures* 2000, **37**, 887-897.
- Bagavathiappan S., Lahiri B.B., Saravanan T., Philip J., Jayakumar T.: *Infrared thermography for condition monitoring – A review*. *Infrared Physics and Technology* 2013, **60**, 35-55.
- Garnier C., Pastor M.-L., Lorrain B., Pantalé O.: *Fatigue behavior of impacted composite structures*. *Composite Structures*, 2013, **100**, 443-450.
- Katunin A., Gnatowski A.: *Influence of heating rate on evolution of dynamic properties of polymeric laminates*. *Plastics, Rubber and Composites* 2012, **41**, 233-239.
- Socrates G.: *Infrared and Raman characteristic group frequencies: Tables and charts*. Wiley, 2004, Chichester.

13. Katunin A.: *Critical self-heating temperature during fatigue of polymeric composites under cyclic loading*. Composites Theory and Practice 2012, 12, 72-76.
14. Musto P., Abbate M., Ragosta G., Scarinzi G.: *A study by Raman, near-infrared and dynamic-mechanical spectroscopies on the curing behaviour, molecular structure and viscoelastic properties of epoxy/lanhydride networks*. Polymer 2007, 48, 3703-3716.
15. Lyon R.E., Chike K.E., Angel S.M.: *In-situ cure monitoring of epoxy resins using fibre-optic Raman spectroscopy*. Journal of Applied Polymer Science 1994, 53, 1805-1812.

\*Dr inż. Andrzej KATUNIN ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Śląskiej, Gliwice (2008) i obronił pracę doktorską na tym samym Wydziale, Gliwice (2012) w zakresie specjalności Mechanika kompozytów. Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Materiałów Kompozytowych (od 2012) i Europejskiego Towarzystwa Materiałów Kompozytowych (od 2010). Należy do zespołu redakcyjnego International Journal of Composite Materials (Scientific & Academic Publishing). Zainteresowania naukowe: degradacja kompozytów polimerowych, diagnostyka strukturalna kompozytów polimerowych, modelowanie matematyczne zjawisk fizycznych, teoria i zastosowanie falek, geometria fraktalna.  
e-mail: andrzej.katunin@polsl.p

Mgr inż. Katarzyna KRUKIEWICZ ukończyła studia na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach (2011), gdzie obecnie jest doktorantką. Należy do kolegium redakcyjnego miesięcznika CHEMIK, kwartalnika CHEMIKlight. Zainteresowania naukowe: procesy elektropolimeryzacji, biomedyczne zastosowania polimerów przewodzących, fizykochemia powierzchni.  
e-mail: katarzyna.krukiewicz@polsl.pl

Dr inż. Roman TURCZYN ukończył na Wydziale Chemicznym Politechniki Śląskiej w Gliwicach (1993) i obronił pracę doktorską na tym samym Wydziale w roku 2001 w zakresie biomateriałów. Zainteresowania naukowe: spektroskopia polimerów, spektroelektrochemia Ramana, membrany do separacji, materiały kompozytowe, materiały inteligentne, ciecze magnetoreologiczne.  
e-mail: roman.turczyn@polsl.pl

## Aktualności z firm

News from the Companies

Dokończenie ze strony 956

### EURADOS Working Group 7

33 osoby z 12 krajów wzięły udział w zorganizowanym w NCBJ w pierwszych dniach października br. spotkaniu EURADOS Working Group 7 „Internal dosimetry” gdzie omawiano realizowane przez EURADOS WG7 projekty. Zadaniem grupy jest ujednoczenie i koordynacja działań dotyczących badań w zakresie dozymetrii skażeń wewnętrznej oraz upowszechnianie wiedzy na ten temat. (kk)  
(<http://www.ncbj.gov.pl/>, 10.10.2014)

### KONKURSY, STYPENDIA, STAŻE

#### Fundusz Inicjowania Rozwoju

Rusza Fundusz Inicjowania Rozwoju – dzięki zaangażowaniu największych pomorskich firm, w tym Zakładów Farmaceutycznych Polpharma SA, Grupy LOTOS SA – Partnera Generalnego Funduszu i Grupy ENERGA SA, będzie można pozyskać fundusze, które przysłużą się realizacji nowatorskich i potrzebnych przedsięwzięć międzysektorowych służących rozwojowi lokalnych społeczności i odczuwalnie poprawiających jakość życia mieszkańców województwa pomorskiego. Wysokość grantów to 25 tys. PLN. Pula Konkursu to 140 tys. PLN. O Granty FIR będą mogły ubiegać się partnerstwa międzysektorowe reprezentujące co najmniej: jeden podmiot z sektora pozarządowego, jeden podmiot z sektora publicznego i jeden podmiot z sektora prywatnego. Tematyka projektów jakie mogą być realizowane w ramach Funduszu FIR jest szeroka. (kk)  
(<http://www.polpharma.pl>, 24.10.2014)

#### Safety and Sustainability Awards'2015

O przyznawaną co dwa lata nagrodę z zakresu bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju mogą ubiegać się wszystkie firmy i organizacje, które zdołają wykazać znaczące osiągnięcia w jednej z trzech kategorii: bezpieczeństwo, zrównoważony rozwój lub doskonałość operacyjna. Wyłonienie zwycięzców regionalnych w każdej z tych kategorii nastąpi wiosną 2015 r. (kk)  
(<http://www2.dupont.com/>, 20.10.2014)

### Zagraniczne stypendia naukowe

Biuro Uznawalności Wykształcenia i Wymiany Międzynarodowej prezentuje bogatą ofertę zagranicznych stypendiów naukowych. Do wyboru jest: Turcja (termin zgłaszania kandydatów przez uczelnię mija 30.12.2014 r.); Norwegia (zgłoszenia na rok 2015/2016 należy przysłać bezpośrednio do Norweskiej Rady Badań Naukowych – The Research Council of Norway do 17 lutego 2015 r.) i Ukraina (zgłoszenia kandydatów w terminie do 30.12.2014 r.) (kk)  
(<http://www.buwim.edu.pl/>, 30.10.2014)

### Best of Biotech - konkurs dla firm life science

Do 27 listopada 2014 r. trwa nabór zgłoszeń w ramach konkursu Best of Biotech. Celem konkursu jest promowanie wśród społeczności *life science* idei zakładania własnych firm oraz rozwoju młodych startupów. Autorzy najlepszych pomysłów otrzymają nagrody finansowe. (kk)  
(<https://www.bestofbiotech.at/>, 30.10.2014)

### Trzecia edycja konkursu eNgage

Do 30 listopada 2014 r. trwa nabór wniosków w ramach trzeciej edycji konkursu eNgage, którego organizatorem jest Fundacja na rzecz Nauki Polskiej. Celem konkursu jest rozwój umiejętności z zakresu popularyzacji nauki lub prezentacji wyników badań naukowych dla różnych grup odbiorców niebędących naukowcami, przede wszystkim dla młodzieży i studentów. Autorzy najlepszych pomysłów otrzymają nagrodę w wysokości do 45 000 PLN. (kk)  
(<http://www.fnnp.org.pl/oferta/skills-engage/>, 30.10.2014)

### Praxis - nabór wniosków na zagraniczne staże

Do 15 grudnia 2014 r. trwa nabór wniosków w ramach programu Praxis. Celem programu jest umożliwienie jego uczestnikom podniesienia kwalifikacji z zakresu zarządzania badaniami naukowymi, zarządzania zespołami naukowymi, współpracy interdyscyplinarnej, komercjalizacji wyników badań oraz przedsiębiorczości w ramach stażu odbywanego w zagranicznej jednostce naukowej lub firmie. (kk)  
(<http://www.fnnp.org.pl/oferta/skills-praxis/>, 30.10.2014)

Dokończenie na stronie 966