

Metodologia badań diagnostycznych warstwowych materiałów kompozytowych o osnowie polimerowej

Maciej Rojek*

Institut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Politechnika Śląska,
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Polska

* Adres korespondencyjny: Adres e-mail: maciej.rojek@polsl.pl

Streszczenie

***Cel:** Celem pracy było opracowanie metodologii oceny stopnia utraty własności wytrzymałościowych konstrukcyjnych kompozytów polimerowych degradowanych cieplnie i zmęczeniowo metodami nieniszczącymi. Opracowano metodę diagnozowania kompozytów epoksydowo-szklanych przy użyciu defektoskopu ultradźwiękowego i kamery termowizyjnej w warunkach obciążenia zmęczeniowego i cieplnego.*

***Projekt/metodologia/podejście:** Do badań wykorzystano kompozyt epoksydowo-szklany. Metodę diagnostyczną oparto na nieniszczących badaniach ultradźwiękowych i termowizyjnych. W badaniach wykorzystano komory termiczne do badań degradacji cieplnej, stanowisko do badań zmęczeniowych, defektoskop ultradźwiękowy oraz głowice ultradźwiękową o częstotliwości 2,25 MHz, kamerę termowizyjną produkcji „Flir Systems” (Szwecja), współpracującą z komputerem PC wraz z oprogramowaniem („Researcher Professional 2.9”). Na podstawie nieniszczących badań ultradźwiękowych kompozytu degradowanego cieplnie i zmęczeniowo wyznaczono następujące zależności: prędkości propagacji fali ultradźwiękowej od czasu degradacji cieplnej, prędkości propagacji fali ultradźwiękowej od liczby cykli zmęczeniowych, współczynnik tłumienia fali ultradźwiękowej od liczby cykli zmęczeniowych, wytrzymałości na zginanie od czasu degradacji cieplnej, wielkość naprężeń gnących od liczby cykli zmęczeniowych. W badaniach termowizyjnych analizowano zależności prędkość wzrostu temperatury próbki i czas stabilizacji temperatury od stopnia degradacji cieplnej i zmęczeniowej badanych kompozytów. Powyższe zależności posłużyły do opracowania relacji diagnostycznych oceny stanu wytrzymałości kompozytu epoksydowo-szklanego metodą ultradźwiękową i termowizyjną.*

Osiągnięcia: Oryginalnym podejściem Autora było opracowanie metodologii umożliwiającej ocenę stopnia wyczerpania własności wytrzymałościowych, kompozytów degradowanych cieplnie i zmęczeniowo, w których w czasie eksploatacji pojawiają się rozproszone wady mikroskopowe.

Ograniczenia badań/zastosowań: Założeniem opracowanej metodologii była możliwość oceny stanu konstrukcji w warunkach poligonowych. Ze względu na niewielkie gabaryty urządzeń pomiarowych wytypowano dwie techniki – badania termowizyjne i ultradźwiękowe. Ograniczeniem tych metod jest konieczność wykonania indywidualnych relacji diagnostycznych kompozytów, z których wykonana zostanie oceniana konstrukcja.

Praktyczne zastosowania: Wyniki badań mogą zostać wykorzystane do opracowania skutecznej metody oceny utraty własności wytrzymałościowych polimerowych kompozytów konstrukcyjnych degradowanych cieplnie i zmęczeniowo przy pomocy defektoskopu ultradźwiękowego i kamery termowizyjnej, co umożliwi zwiększenie niezawodności i bezpieczeństwa ich działania.

Oryginalność/wartość: Metody badań ultradźwiękowych i termograficznych są wykorzystywane głównie do lokalizacji wad makroskopowych powstałych na etapie wytwarzania polimerowych kompozytów konstrukcyjnych. Dotychczas nie opracowano skutecznej nieniszczącej metody oceny stopnia utraty zdolności nośnych konstrukcji z polimerowych kompozytów konstrukcyjnych szczególnie w warunkach ich eksploatacji.

Słowa kluczowe: Konstrukcyjne kompozyty polimerowe; Degradacja cieplna i zmęczeniowa; Ultradźwięki; Termowizja

Cytowania tego artykułu powinny być podane w następujący sposób:

M. Rojek, Metodologia badań diagnostycznych warstwowych materiałów kompozytowych o osnowie polimerowej, *Open Access Library, Volume 2, 2011, str. 1-148.*

Methodology of diagnostic testing of polymeric matrix laminated composite materials

Maciej Rojek*

Institute of Engineering Materials and Biomaterials, Silesian University
of Technology, ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Poland

* Corresponding author: E-mail address: maciej.rojek@polsl.pl

Abstract

Purpose: The purpose of the work was to develop non-destructive assessment methodology of the degree of strength properties decrease of structural polymeric composites due to thermal and fatigue degradation. Diagnostic method of epoxy-glass composites degraded under thermal and fatigue loads was elaborated using ultrasonic flaw detector and thermovision camera.

Design/methodology/approach: In the research programme epoxy-glass composite was applied. Diagnostic method was based on non-destructive ultrasonic and thermovision testing. In the research programme heating chambers to thermal degradation testing, fatigue apparatus, ultrasonic flaw detector with testing heads working with 2,25MHz frequency and thermovision camera with computer system were used. Basing on non-destructive testing of thermally and by fatigue degraded composite the following dependences were determined: velocity of ultrasonic wave propagation on thermal degradation time, velocity of ultrasonic wave propagation on number of fatigue cycles, ultrasonic wave damping coefficient on number of fatigue cycles, flexural strength on thermal degradation time and flexural stresses level on number of fatigue cycles. In thermovision research the following dependences were analysed: temperature increase rate and temperature stabilisation time on the degree of thermal or fatigue degradation of tested composites. Above mentioned dependences were applied to elaborate diagnostic relations assessing strength state of epoxy-glass composite using ultrasonic and thermovision method.

Findings: The original author's achievement was development the methodology enabling the assessment of strength properties exhaustion of composites degraded thermally and by fatigue in which dispersed microscopic imperfections appear in exploitation time.

Research limitations/implications: *The assumption accepted in methodology preparation was the possibility of construction state assessment in natural working conditions. Because of small apparatuses dimensions two techniques were chosen – thermovision and ultrasonic testing. The limitation of these techniques is the necessity of preparation of individual diagnostic relations for all composites of which the tested structure is made.*

Practical implications: *Research results may be applied to develop efficient method of assessing the degree of strength properties decrease of structural polymer composites degraded thermally and by fatigue with ultrasonic flaw detector and thermovision camera, what will enable to increase composites operational reliability and safety.*

Originality/value: *Ultrasonic and thermographic methods are applied mainly for macroscopic flaws localisation which arise in manufacturing process of polymeric structural composites. Up till now no efficient non-destructive method was elaborated to assess the degree of load capacity decrease of polymeric structural composites, especially in operational conditions.*

Keywords: *Structural polymeric composites; Thermal and fatigue degradation; Ultrasounds; Thermovision*

Reference to this paper should be given in the following way:

M. Rojek, Methodology of diagnostic testing of polymeric matrix laminate composite materials, Open Access Library, Volume 2, 2011, pp. 1-148 (in Polish).

1. Wprowadzenie

Popularność tworzyw polimerowych jako materiałów konstrukcyjnych powoduje wzrost zapotrzebowania na wiedzę na temat trwałości materiałów, rozumianej jako okres zdolności pełnienia funkcji konstrukcyjnych wynikających z celowości ich stosowania. Możliwość pozyskania takiej wiedzy warunkuje prognozowanie okresu niezawodnej pracy elementów konstrukcyjnych oraz systemów je zawierających. Problem trwałości jest szczególnie istotny w odniesieniu do elementów konstrukcyjnych, których funkcje oraz warunki pracy przyczyniają się do zmiany ich własności oraz charakterystyk użytkowych. Zmiany te związane są z procesami zachodzącymi w tworzywie tych elementów i jest regułą, że mają charakter degradacji. Trwałość elementów konstrukcyjnych stosowanych w budowie maszyn, budownictwie, aparaturze chemicznej, przesyłowych instalacjach rurociągowych związana jest przede wszystkim ze zdolnością do pełnienia funkcji nośnych, to znaczy przenoszenia roboczych obciążeń mechanicznych, często w uciążliwych warunkach termicznych i narażenia na agresywne oddziaływanie otoczenia. W zależności od specyfiki procesu degradacji utrata zdolności nośnych może nastąpić w sposób gwałtowny, (katastroficzny) lub też stopniowy, w stosunkowo długim czasie, w którym następuje kumulacja skutków oddziaływania czynników degradacji. W celu określenia warunków gwałtownie przebiegającego zniszczenia prowadzone są próby niszczące tworzywa, dostarczające podstawowych charakterystyk wytrzymałościowych. Podczas degradacji stopniowej, niebezpieczeństwo polega na quasi-statycznym i trudnym do zaobserwowania stopniowym obniżaniu własności wytrzymałościowych tworzywa do poziomu, w którym warunki pracy okazują się niszczące. Przykładami procesów wyzwalających taki długoczasowy mechanizm degradacji są procesy korozji chemicznej i naprężeniowej, erozji, starzenia, zmęczenia itp. W przypadku procesów prowadzących do widocznych zmian powierzchniowych na ogół stopień ich zaawansowania możliwy jest do oceny za pomocą pomiarów i obserwacji podczas okresowych przeglądów. Gdy degradacja postępuje w sposób rozproszony w obszarze elementu, bez widocznych zmian zewnętrznych cech fizycznych czy geometrycznych, klasyczny przegląd stanu konstrukcji może nie ujawnić stanu zagrożenia. Wtedy ocena stanu elementu czy zespołu konstrukcyjnego bywa formułowana na podstawie badań podstawowych tworzywa lub symulacyjnych elementów w warunkach laboratoryjnych. Ma ona charakter statystyczny i uwarunkowana jest znajomością historii eksploatacyjnych czynników degradacji. Oceny wypracowane tą drogą cechuje duża niepewność [8,42-44,50,88,90,99,131]. Wynika stąd potrzeba

poszukiwania nieniszczących metod oceny bezpośredniej stopnia degradacji wytrzymałościowej materiałów konstrukcyjnych. Autor podjął taką próbę z zastosowaniem techniki ultradźwiękowej i termowizyjnej. Poszukiwania metody diagnozowania stanu materiału odniesiono do polimerowych kompozytów konstrukcyjnych poddanych degradacji cieplnej oraz obciążeniom zmęczeniowym. Wyniki tych prac opublikowano w czasopismach krajowych i zagranicznych [65,86,109,110,147-166,186,201-220].

W pracy dokonano przeglądu procesów degradacji tworzyw sztucznych wywołanych zespołem czynników wpływających na degradację, a przede wszystkim ciepłem, światłem, wilgocią, działaniem chemikaliów, zmęczeniem pod wpływem długotrwałych obciążeń statycznych i dynamicznych. Zasadniczą uwagę skupiono na metodach wykrywania zmian własności wytrzymałościowych metodami badań nieniszczących.