

Tomasz CIESZYŃSKI, Tomasz TOPOLIŃSKI

BADANIA KOMPOZYTÓW POLIESTROWYCH PRZY OBCIĄŻENIACH ZMIENNYCH

W pracy przedstawiono wyniki badań zmęczeniowych sterowanych energią dysypacji, przyjmując za stałą wartość pola pętli histerezy odkształceniowo-naprężeniowej. W pracach [1, 2] przedstawiono wyniki pierwszych badań, w prezentowanej pracy wyniki kolejnych badań dla dwóch żywie i dwóch wzmocnień.

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Mechaniczny,
al. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz

1. WPROWADZENIE

Ilość elementów konstrukcyjnych produkowanych z kompozytów polimerowych wzrasta z każdym rokiem. O ile na początku pracowały one pod obciążeniami statycznymi, to od dłuższego już czasu pracują także w warunkach obciążeń zmiennych [3]. Wynika to przede wszystkim z faktu, iż wskaźniki wytrzymałości tych materiałów do ich gęstości są bardzo wysokie [4], przy dobrej odporności na wpływy środowiska i możliwości prognozowania ich własności mechanicznych.

Zastosowanie kompozytów polimerowych na elementy pracujące w warunkach obciążeń zmiennych wymusza konieczność znajomości ich zachowań w tych warunkach. Początkowo badania te prowadzone były przy sterowaniu naprężeniem, później – od lat 80. – odkształceniem. W obu przypadkach próbowano prowadzić analizy w ujęciu energetycznym [5]. Niezależnie od rodzaju sterowania, próbowano znaleźć kryteria energetyczne dla oceny procesu zmęczeniowego niszczenia. Za kryteria te przyjmowano przykładowo: jednostkową energię dyssypacji, energię odkształcenia sprężystego, ich część czy sumy ich części [6].

W pracy przedstawiono wyniki badań przy sterowaniu energią dyssypacji jako podstawę weryfikacji kryteriów energetycznych procesu zmęczenia.

2. METODYKA BADAŃ

Współczesne maszyny zmęczeniowe umożliwiają prowadzenie badań zmęczeniowych dla standardowych przebiegów obciążenia, w tym sinusoidalnych, trójkątnych i prostokątnych, ale także niestandardowych (np. pseudolosowych), dla założonej częstotliwości zmian oraz odpowiednich wielkości poziomu obciążenia średniego i amplitudowego, czy maksymalnego i minimalnego. Obciążenie może być definiowane i sterowane siłą mierzoną siłownikiem maszyny, przemieszczeniem tłoka siłownika czy odkształceniem mierzonym ekstensometrem. Podczas pracy maszyny, z założonym okresem pomiaru, mierzone są wszystkie te wielkości.

Odpowiednie oprogramowanie umożliwia prowadzenie badań przy kontrolowanej energii dyssypacji. Jest to możliwe przy sterowaniu siłą (naprężeniem) przy zachowaniu

odpowiedniego odkształcenia lub odwrotnie – sterowanie odkształceniem przy zachowaniu wartości naprężenia.

3. WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań zostały zebrane w tabeli 1, gdzie przedstawiono poziom energii dyssypacji oraz liczbę cykli sinusoidalnych, jaka została zrealizowana aż do zniszczenia próbki. W badaniach zostały użyte 4 rodzaje kompozytów wykonane z dwóch gatunków żywic i dwóch rodzajów zbrojenia. Szczegółowe dane dotyczące materiału i budowy kompozytów zostały przedstawione w pracy [7].

Tabela 1. Wartość energii dyssypacji

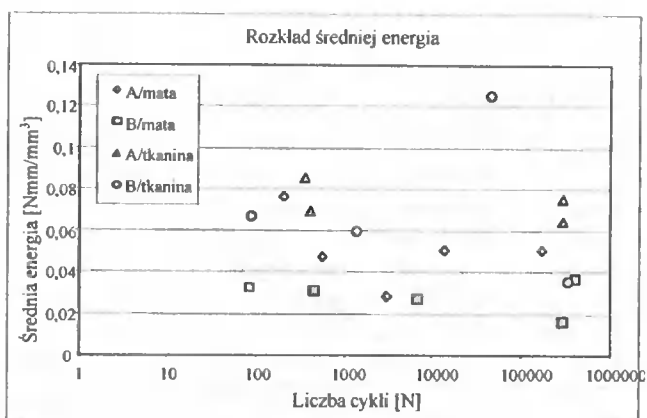
Rodzaj i budowa kompozytu	Liczba cykli do zniszczenia N	Energia dyssypacji E_d [Nmm/mm ³]
A* / mata szklana	210	0,076
	565	0,048
	13430	0,051
	3070	0,028
	171460	0,051
B** / mata szklana	85	0,033
	410395	0,037
	6870	0,027
	450	0,031
	301675	0,016
A / tkanina szklana	410	0,069
	355	0,085
	297820	0,065
	299765	0,075
B / tkanina szklana	90	0,068
	46205	0,125
	1405	0,059
	333335	0,035

* A – żywica PALATAL

** B – żywica PX4255

Zestawienie energii dyssypacji poziomów i odpowiadających im trwałości dla przeprowadzonych badań przedstawiono na rysunku 1.

Wykresy energii kumulowanej, a więc całkowitej energii dyssypacji, jaka została dostarczona do próbek zostały pokazane na rysunku 2a. Na rysunku 2b przedstawiono te wykresy dla obu żywic, biorąc pod uwagę różnicowanie zbrojenia. Na rysunku 2c czynnikiem różniącym wykresy jest rodzaj stosowanej żywicy.



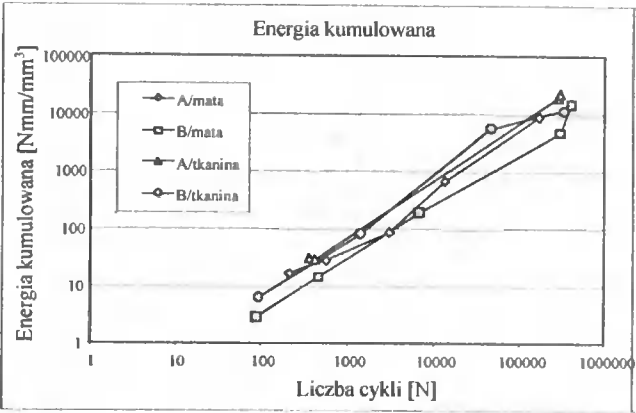
Rys. 1. Rozkład energii dyssypacji

W tabeli 2 zebrane zostały równania prostych regresji i współczynniki determinacji R^2 , opisujące regresję prostoliniową wielkości przedstawione na rysunku 2.

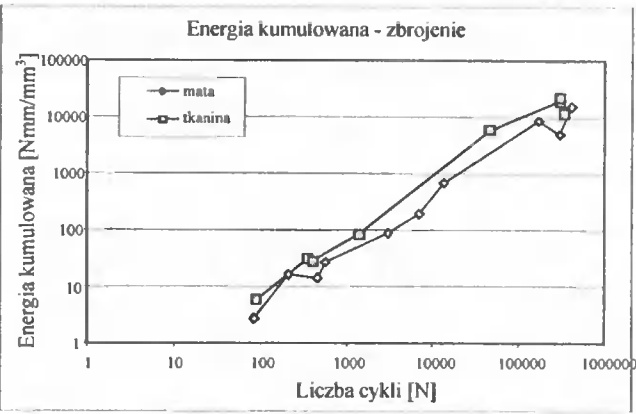
Tabela 2. Równania prostej regresji wraz z współczynnikiem determinacji R^2

Całość			
A / mata		B / mata	
$\lg E_k = 0,9665 \cdot \lg N - 1,195$	$R^2 = 0,982$	$\lg E_k = 0,9668 \cdot \lg N - 1,427$	$R^2 = 0,993$
A / tkanina		B / tkanina	
$\lg E_k = 0,9847 \cdot \lg N - 1,072$	$R^2 = 0,999$	$\lg E_k = 0,9719 \cdot \lg N - 1,081$	$R^2 = 0,979$
Zbrojenie			
A i B / mata		A i B / tkanina	
$\lg E_k = 0,9556 \cdot \lg N - 1,269$	$R^2 = 0,981$	$\lg E_k = 0,9802 \cdot \lg N - 1,083$	$R^2 = 0,989$
Osnowa			
A / mata i tkanina		B / mata i tkanina	
$\lg E_k = 0,9910 \cdot \lg N - 1,200$	$R^2 = 0,987$	$\lg E_k = 0,9654 \cdot \lg N - 1,259$	$R^2 = 0,971$

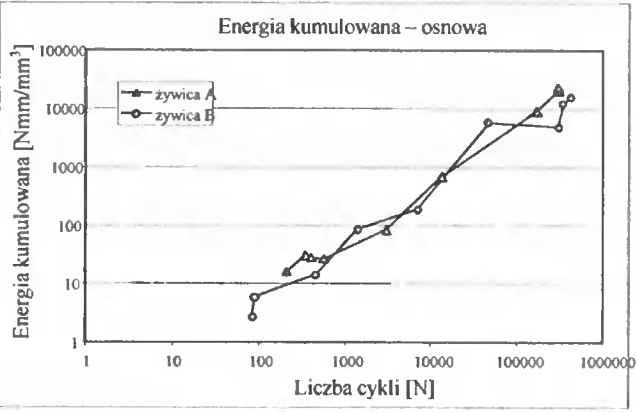
a)



b)



c)



Rys. 2. Wykresy energii kumulowanej:
a) dla żywic A i B i dwóch rodzajów zbrojeń,
b) dla obu kompozytów zróżnicowanych zbrojeniem,
c) dla obu kompozytów zróżnicowanych rodzajem żywicy

4. ANALIZA I WNIOSKI

Przypisanie założonych poziomów energii dyssypacji do uzyskanych trwałości (rys. 1) nie pozwoliło uzyskać identyfikowanych związków ani dla jednakowych wzmocnień, ani dla jednakowych żywic dla czterech przebadanych materiałów.

Wyniki badań uzyskane dla kumulowanej energii dyssypacji można opisać linią prostą, wykorzystując metodę regresji liniowej, o wysokiej wartości współczynnika korelacji dla każdego z czterech badanych tworzyw.

Potwierdzają to wyniki uzyskane dla żywicy poliestrowej o kombinowanym wzmocnieniu. W obu przypadkach opisy tych związków w układzie bilogarytmicznym charakteryzują się wartościami współczynnika regresji bliskim jedności – w przypadku opisanych tu badań nieznacznie niższych od jedności – wysokimi wartościami współczynnika determinacji i zróżnicowaniem wartości wyrazu wolnego od konfiguracji wzmocnienia i rodzaju osnowy. Jest to wyraźnie widoczne w danych prezentowanych przede wszystkim co do wytrzymałości zmęczeniowej zróżnicowanej rodzajem wzmocnienia.

LITERATURA

- [1] Cieszyński T., Topoliński T., 2003. Badania mechanizmów niszczenia kompozytów polimerowych zbrojonych włóknem szklanym w warunkach obciążeń zmiennych. X Seminarium Tworzywa Sztuczne w Budowie Maszyn, Politechnika Krakowska; 93-99.
- [2] Cieszyński T., Topoliński T., 2006. Badania zmęczeniowe kompozytów polimerowych przy sterowaniu energią dyssypacji. XI Seminarium Tworzywa Sztuczne w Budowie Maszyn, Politechnika Krakowska, 115-120.
- [3] Topoliński T., 2000. Zmęczenie tworzyw polimerowych. Mechanizmy niszczenia, fenomenologiczne hipotezy procesu zmęczeniowego niszczenia. [W:] Metody doświadczalne w zmęczeniu materiałów i konstrukcji. Badania podstawowe, pod red. J. Szali, Wyd. Uczeln. ATR w Bydgoszczy.
- [4] Topoliński T., 1997. Materiałoznawstwo. Wyd. Uczeln. ATR w Bydgoszczy.
- [5] Topoliński T., 1997. Analiza teoretyczna i badania kumulacji uszkodzeń zmęczeniowych konstrukcyjnych kompozytów polimerowych. Rozprawy 82, Wyd. Uczeln. ATR w Bydgoszczy.
- [6] Gołoś K., 1998. Trwałość zmęczeniowa stali w ujęciu energetycznym. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Mechanika 12.
- [7] Cieszyński T., Topoliński T., 2003. Analiza wybranych zachowań kompozytów polimerowych na osnowie żywicy polimerowej w warunkach obciążeń statycznych i zmiennych. II Sympozjum Mechanika Zniszczenia Materiałów i Konstrukcji, Augustów.