

MODELOWANIE PROCESU ZNISZCZENIA ŚCISKANYCH SŁUPÓW KOMPOZYTOWYCH Z WYKORZYSTANIEM NAPRĘŻENIOWYCH KRYTERIÓW ZNISZCZENIA

H. DĘBSKI

Department of Machine Design and Mechatronics, Lublin University of Technology
Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, Poland

T. KUBIAK

Department of Strength of Materials, Lodz University of Technology
Stefanowskiego 1/15, 90-924 Łódź, Poland

1. KRYTERIA ZNISZCZENIA KOMPOZYTÓW

W analizie zniszczenia kompozytów stosuje się wiele kryteriów umożliwiających analizę zniszczenia, co jest uzasadnione dużą różnorodnością właściwości mechanicznych kompozytów [1, 2]. W laminatach materiał pojedynczej warstwy traktowany jest makroskopowo jako materiał jednorodny, natomiast samo kryterium formułowane jest dla k -tej warstwy w lokalnym układzie współrzędnych związanym z głównymi kierunkami ortotropii warstwy. Szeroko stosowane do oceny zniszczenia są kryteria naprężeniowe, bazujące na parametrach granicznych kompozytu, określających naprężenia niszczące przy ściskaniu, rozciąganiu w głównych kierunkach ortotropii warstwy oraz ścinaniu [3].

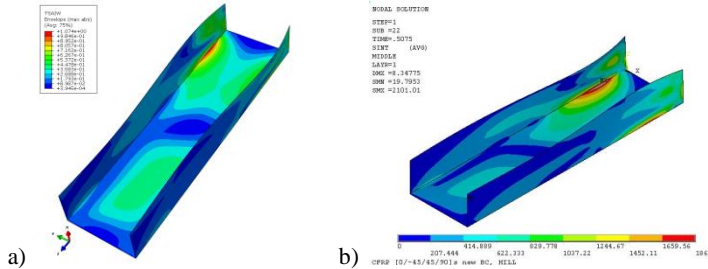
W pracy wykorzystano naprężeniowe kryteria zniszczenia do opisu zniszczenia ściskanych osiowo cienkościennych słupów kompozytowych o przekroju ceowym, wykonanych z kompozytu węglowo-epoksydowego techniką autoklawową. Konstrukcja słupów wykonana była w symetrycznym układzie ośmiu warstw kompozytu w konfiguracji $[0/-45/45/90]_s$. Zakres badań obejmował numeryczne obliczenia nieliniowej stateczności konstrukcji z wykorzystaniem metody elementów skończonych w programach ANSYS® oraz ABAQUS®.

2. ANALIZA NUMERYCZNA – DYSKUSJA WYNIKÓW

Realizację obciążenia modeli numerycznych kontynuowano do poziomu osiągnięcia parametru krytycznego określonego dla każdego zastosowanego kryterium. Na podstawie stanu naprężeń wyznaczono wartość obciążenia inicjującego zniszczenie pierwszej warstwy laminatu $P_{f(iini)-MES}$ oraz wartość obciążenia niszczącego P_{f-MES} . Założono, że zniszczenie następuje poprzez spełnienie kryterium zniszczenia we wszystkich warstwach kompozytu, zakładając, że do momentu wyczerpania nośności ostatniej warstwy, wszystkie warstwy pracują.

Przykładowe mapy parametru krytycznego dla wartości obciążenia odpowiadającego zniszczeniu pierwszej warstwy $P_{f(iini)-MES}$ przedstawiono na Rys. 1.

Wartości obciążeń inicjujących zniszczenie i obciążeń niszczących dla przyjętych kryteriów oraz wyniki badań eksperymentalnych zestawiono w Tabeli 1.



Rys. 1. Mapy parametru krytycznego: a) Tsai-Wu (ABAQUS®), b) Hill (ANSYS®)

Tablica 1. Zestawienie sił [N] inicjujących zniszczenie i sił niszczących

kryterium	MES $P_{f(iini)-MES}$	Eksperyment $P_{f(iini)-EKSP}$	MES P_{f-MES}	Eksperyment P_{f-EKSP}
Max. naprężeń	5469	5064 5466	8329	9010 7073
Tsai-Hilla	5490		9002	
Tsai-Wu	5500		8750	
Azzi-Tsai-Hilla	5484		9019	
Wilczyńskiego	4987		6905	
Hoffmana	4953		6866	
Pucka, Cui	4948		6864	
Hilla	4927		6661	

Poddając analizie otrzymane wyniki stwierdzono maksymalne różnice obciążenia inicjującego zniszczenie pierwszej warstwy kompozytu dla wszystkich zastosowanych kryteriów zniszczenia na poziomie 10.4% w przypadku obliczeń numerycznych oraz 9.8% pomiędzy wynikami obliczeń i eksperymentu. Maksymalna rozbieżność wyników w przypadku obciążenia niszczącego kształtuje się na poziomie 26% w obydwu przypadkach, tj. pomiędzy poszczególnymi kryteriami zniszczenia w obliczeniach MES oraz w stosunku do wyników badań doświadczalnych. Potwierdza to zbieżność zastosowanych naprężeniowych kryteriów zniszczenia w stopniu akceptowalnym dla zastosowań w analizie stateczności oraz stanów granicznych badanych konstrukcji cienkościennych.

PODZIĘKOWANIA: Badania realizowane w ramach Projektu Nr N N507 241440 finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki.

LITERATURA

- [1] Muc A., Mechanika kompozytów włóknistych, Księgarnia Akademicka, Kraków, 2003.
- [2] Kowal-Michalska K. (red.), Stateczność dynamiczna kompozytowych konstrukcji płytowych, WNT, Łódź-Warszawa, 2007.
- [3] Reddy Y.S.N., Pandey A.K., A first-ply failure analysis of composite laminates, Comput. Struct., 25, 3, 1987, pp. 371-93.