Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Radosław CIEPIELEWSKI

MODELOWANIE KOMPUTEROWE STRUKTUR ULOWYCH DO ZASTOSOWAŃ SPECJALNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM EMPIRYCZNYCH CHARAKTERYSTYK WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Promotor: dr hab. inż. Danuta MIEDZIŃSKA, prof. uczelni, WIM, WAT
Promotor pomocniczy: dr inż. Paweł DYBCIO, WIM, WAT

Prezentowana rozprawa opisuje jedno z rozwiązań problemu wspomagania projektowania elementów energochłonnych opartych o ażurowe, cienkościenne, komórkowe struktury o zorientowanej budowie przeznaczonych w szczególności do ochrony biernej pojazdów. Założono, że wyznaczenie stałych charakterystycznych dla takich materiałów, niezbędnych do budowy złożonych modeli z ich zastosowaniem, jest możliwe przy zastosowaniu metod komputerowych przy jednoczesnym ograniczeniu udziału czasochłonnych i kosztownych badań eksperymentalnych. Na podstawie powyższych założeń sformułowano cel pracy, którym było opracowanie algorytmu postępowania mającego na celu efektywne i szybkie wyłonienie podstawowych właściwości mechanicznych i charakterystyk naprężeniowo-odkształceniowych aluminiowych struktur o budowie plastra miodu w drodze analiz Metodą Elementów Skończonych, a następnie zastosowanie ich do opisu materiałowego modelu konstytutywnego przeznaczonego do modelowania uproszczonego w konstrukcjach o znacznych gabarytach.

W pracy przedstawiono przegląd aktualnego stanu wiedzy w zakresie materiałów i konstrukcji stosowanych jako elementy pochłaniające energię kinetyczną, zwłaszcza pochodzącą od fali uderzeniowej wybuchu. Przeprowadzono analizę literatury w aspekcie eksperymentalnych, numerycznych i analitycznych badań, których celem była obserwacja zjawisk zachodzących w procesie niszczenia cienkościennych struktur pod wpływem jednoosiowego ściskania. Przedstawiono metody modelowania numerycznego struktur uformowanych w postaci plastrów miodu wykonanych z aluminium – jednych z popularniejszych struktur stosowanych na rdzenie konstrukcji przekładkowych.

Na podstawie badań literaturowych określono metodyki wykorzystane następnie do przeprowadzenia eksperymentalnego wyznaczenia parametrów wybranej struktury, w tym podstawowej charakterystyki określającej przebieg wartości naprężeń ściskających w funkcji

odkształcenia objętościowego. Charakterystyka ta jest podstawową właściwością, niezbędną do modelowania rdzeni cienkościennych przy użyciu konstytutywnych modeli materiałowych, traktujących je jako ciała homogeniczne, o budowie jednorodnej. Podobne charakterystyki wyznaczono, wykonując symulacje numeryczne procesu statycznego ściskania. Pierwsze z wykorzystanych podejść do modelowania odzwierciedlało budowę rdzenia analogiczną, jak wykorzystana do badań eksperymentalnych próbki. Drugie obejmowało wyłącznie pojedynczy, podstawowy sektor struktury w kształcie litery Y. Wszystkie z zaprezentowanych podejść pozwoliły na uzyskanie podobnych ilościowo i jakościowo wyników.

Kolejnym etapem prowadzonych prac było wytypowanie i eksperymentalne przebadanie próbek o różnej budowie (wielkości pojedynczej celi i grubości ścianki). Badania prowadzono przy użyciu aparatury pozwalającej na uzyskanie różnych prędkości odkształcenia, tj. uniwersalnej maszyny wytrzymałościowej INSTRON 8802, młota opadowego oraz stanowiska dzielonego pręta Hopkinsona. Próby realizowano w zakresie prędkości odkształcenia od 10^{-2} do 10^{3}. Uzyskane wyniki zestawiono i zapisano wynikające z nich wnioski.

Otrzymane wyniki badań eksperymentalnych porównano z uzyskanymi w drodze symulacji numerycznych, przeprowadzonych z zastosowaniem elementu Y. Następnie przeprowadzono numeryczne obliczenia ściskania struktur ulowych modelowanych jako ośrodki homogeniczne.

Oszacowano również wpływ zamkniętego wewnątrz rdzenia powietrza na ostateczne charakterystyki wytrzymałościowe wraz ze wzrostem prędkości odkształcenia, a następnie zaproponowano podejście umożliwiające uwzględnienie powyższego w homogenicznym modelu materiału.

Uzyskane w poprzednich krokach parametry oraz charakterystyki posłużyły do wykonania szeregu modeli, których poprawność działania i otrzymywanych wyników przeanalizowano i podsumowano wnioskami.

Opracowana, autorska metoda daje możliwość uzyskania podstawowych danych, parametrów wytrzymałościowych aluminiowych struktur ulowych na podstawie wyłącznie danych katalogowych lub pomiarów geometrii oraz wiedzy na temat materiału, z którego wykonano rdzeń. Przy jej użyciu możliwe jest uzyskanie wiarygodnych wyników analiz wytrzymałościowych złożonych geometrycznie modeli w szerokim spektrum prędkości odkształcenia, w których uwzględnienie szczegółowej, cienkościennej struktury byłoby nieuzasadnione z uwagi na czasochłonność przygotowania modelu oraz obliczeń w stosunku do uzyskiwanego efektu. Tym samym pozwala na określenie rodzaju rdzenia przydatnego do danego zastosowania ograniczając czas i koszt prowadzenia prób empirycznych.

Paweł Czyżewski