

dr hab. prof. Tomasz Klekiel, prof. UZ
Instytut Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej
Wydział Mechaniczny
Uniwersytet Zielonogórski
ul. Licealna 9
65-419 Zielona Góra



Zielona Góra, 4.09.2024

Recenzja

rozprawy doktorskiej

Pana mgr inż. Bartłomieja Burlagi

**pt. „ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH STRUKTUR AUKSETYCZNYCH PRZY
OBCIĄŻENIACH DYNAMICZNYCH”**

Wprowadzenie

Rozprawa doktorska mgr inż. Bartłomieja Burlagi poświęcona jest istotnemu zagadnieniu analizy dynamicznej elementów osiowosymetrycznych w postaci pierścieni wypełnionych materiałem o strukturze auksetycznej.

Praca powstała pod kierunkiem Pana dr hab. inż. Tomasza Stręka. Promotorem pomocniczym jest Pan dr inż. Paweł Fritzkowski.

Praca składa się z 9 rozdziałów. Praca zawiera wstęp, opis metod auksetycznych, opis zastosowanych metod obliczeniowych, opis modelu obliczeniowego, analizę dla obciążenia siłą pionową, siłą wzdłużną, momentem obrotowym, a także analizę odporności na uderzenie pocisku oraz podsumowanie. Praca liczy 150 stron, Nie zawiera spisu tabel i rysunków. Bibliografia zawiera ponad ok. 188 pozycji.

Rozprawę należy zaliczyć do dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych.

Zakres rozprawy

We wstępie Autor opisuje pod kątem szczególnych własności mechanicznych struktury komórkowe. Doktorant na podstawie szczegółowej analizy literatury przedstawia podstawowe wnioski świadczące o tym iż struktury auksetyczne charakteryzują się zwiększoną odpornością na odkształcenia postaciowe, wyższymi współczynnikami tłumienia drgań oraz podwyższoną wytrzymałością. Główną motywacją dla podjęcia pracy zdaniem Autora było stwierdzenie, że pomimo wielu prac dotyczących materiałów o ujemnym współczynniku Poissona, struktury pierścieniowe nie zostały dotychczas zbadane. Zdefiniowano cel pracy jakim było zbadanie zachowania przy obciążeniu dynamicznym wybranych struktur. Założeniem było poznanie odpowiedzi struktury pierścieniowej na wymuszenie dynamiczne w postaci siły pionowej, siły wzdłużnej w kierunku normalnym oraz momentu obrotowego. W rozdziale sformułowano tezę ocenianej dysertacji jako założenie, że struktury auksetyczne charakteryzują się zdolnością do tłumienia drgań w większym stopniu niż materiały konwencjonalne.

W rozdziale 2 opisano materiały auksetyczne oraz scharakteryzowano szczególne właściwości mechaniczne materiałów o ujemnym współczynniku Poissona oraz przedstawiono mechanizm konstrukcji struktur oraz opisano przykłady struktur auksetycznych. Rozdział zawiera liczne ilustracje. Opisano także główne zastosowania badanych struktur w przemyśle.

Rozdział 3 zawiera opis metod obliczeniowych stosowanych do uzyskania rozwiązań problemów inżynierskich opisanych równaniami brzegowymi, które są rozwiązywane z przybliżeniem na podstawie ustalonych warunków brzegowych. Jako metodę wybrano metodę elementów skończonych przedstawiając szczegółowo matematyczne podstawy metody wraz z opisem podstaw analizy modalnej, przybliżając metodę obliczeniową wykorzystaną w dalszej części pracy.

W rozdziale 4 przedstawiono model obliczeniowy zawierający szczegóły tworzenia struktur opracowanych na potrzeby prowadzonej analizy. Przedstawiono sposób generowania geometrii, przyjęto właściwości siatki elementów skończonych, opisano parametry symulacji i wybrano model materiałowy Neo-Hookeana, opisując szczegóły tego modelu oraz przedstawiając argumentację, która uzasadnia taki wybór.

Kolejne rozdziały zawierają wyniki obliczeń. W rozdziale 5 przedstawiono analizę oddziaływania siły pionowej. Opis problemu zawiera przyjęcie siły obciążającej i charakter jej oddziaływania a także warunki początkowe symulacji. Badania przeprowadzono dla pierścienia jednorodnego oraz dla struktury komórkowej przy różnej szerokości żeber i kształtu komórek.

Rozdział 6 zawiera wyniki analizy działania siły wzdłużnej na przyjęte struktury. Opis problemu zawiera przyjęcie siły obciążającej i charakter jej oddziaływania a także warunki początkowe symulacji. Badania przeprowadzono dla pierścienia jednorodnego oraz dla struktury komórkowej przy różnej szerokości żeber i kształtu komórek.

Rozdział 7 zawiera wyniki analizy działania momentu obrotowego na przyjęte struktury. Opis problemu zawiera przyjęcie wartości momentu i charakter jego oddziaływania a także warunki początkowe symulacji. Badania przeprowadzono dla pierścienia jednorodnego oraz dla struktury komórkowej przy różnej szerokości żeber i kształtu komórek.

Rozdział 8 zawiera wyniki analizy uderzenia pocisku w analizowane struktury. Opis problemu zawiera wymiary modelu, warunki brzegowe oraz parametry kinematyczne walca wymuszającego. Wyznaczono energię obciążenia oraz zmiany prędkości walca wymuszającego po odbiciu.

Rozdział 9 stanowi podsumowanie prac oraz zawarto argumentację, która potwierdza słuszność tezy postawionej w pracy.

Praca jest bogato ilustrowana. Wszystkie rysunki i wykresy zostały starannie przygotowane.

Ocena merytoryczna

W rozprawie doktorskiej podjęto ciekawy naukowo oraz badawczo problem zachowania się materiałów auksetycznych przy obciążaniu dynamicznym. Szczególnie istotnym aspektem pracy było określenie charakterystyki tej struktury jako bryły osiowo-symetrycznej. Należy docenić starania w opisanu własności badanych auksetyków dla typowych stanów obciążenia.

Wszystkie sformułowane przez doktoranta cele pracy zostały osiągnięte. Doktorant wykazał się imponującymi umiejętnościami w zakresie modelowania numerycznego. Jak wiadomo zagadnienia dynamiczne a w szczególności prawidłowe ich rozwiązanie wymaga olbrzymiego kunsztu i doświadczenia. Złożoność działań wymaganych przy realizacji przeprowadzonych eksperymentów obliczeniowych wskazuje, że doktorant zdobył potrzebne doświadczenie i wykazał się znacznymi umiejętnościami.

Metodologia przyjęta w trakcie planowania eksperymentów z wykorzystaniem wielu narzędzi i technik pozwalających na przykład na wygenerowanie odpowiedniego kształtu badanych

struktur jest prawidłowa i doprowadziła doktoranta do sformułowania właściwych wniosków. To niewątpliwie ważny krok w pracy badawczej doktoranta.

Przedstawione w pracy badania pierścieniowych struktur auksetycznych w trzech podstawowych wariantach obciążeń siłą pionową, wzdłużną i momentem pozwoliły w pełni wyznaczyć wpływ zmian wskazanych z założeniach parametrów tj. wartości współczynnika Poissona, kształtu komórki elementarnej oraz grubości żeber struktury. Przeprowadzone obliczenia i na ich podstawie dokonane analizy wyników, pozwoliły ustalić wpływ zmian kształtu komórek na parametry dynamiczne odpowiedzi w postaci zróżnicowanej amplitudy drgań wskazując na obszary, w których badane struktury auksetyczne posiadały zdolność do skuteczniejszego tłumienia i wygaszania drgań.

Uwagi ogólne

Zebrano uwagi ogólne, których uwzględnienie w ostatecznym rozrachunku pozwoliłyby poprawić formę rozprawy oraz wartość naukową a mianowicie:

- Teza sformułowana w pracy zawiera stwierdzenie cyt.,... *struktury auksetyczne charakteryzują się zdolnością do tłumienia drgań w większym stopniu niż materiały (czy struktury konwencjonalne). ...*”. Nie sprecyzowano tutaj o jakie materiały czy struktury konwencjonalne dokładnie chodzi. W efekcie w podsumowaniu lakonicznie argumentowano udowodnienie tezy porównując wybrane struktury. Dużo lepszym rozwiązaniem byłoby szczegółowe, ilościowe porównanie wszystkich struktur tak jak wykonano to w rozdziale 8 przy analizie uderzenia pocisku gdzie porównując absorbowaną energię wykazano, że struktura auksetyczna pochłonęła 185 J energii więcej. Gdyby dodatkowo się pokusić o wyliczenie wartości względnych można by stwierdzić, że struktura auksetyczna jest lepsza o ok. 20%. W pozostałych przypadkach taka analiza jest dla czytelnika trudna i nieczytelna wprost, gdyż musi się opierać o analizę krzywych na wykresie. Niestety w podsumowaniu użyto jedynie ogólnego stwierdzenia.

- W podsumowaniu do argumentacji, że udowodniono tezę posłużono się stwierdzeniem: „...*Struktury pierścieniowe z komórkami re-entrant wykazują lepsze właściwości tłumiące drgania różnego typu niż struktury z komórkami w kształcie plastra miodu, ale tylko w określonych konfiguracjach.*”. Nie jest możliwe wprost odczytać z treści pracy o które konfiguracje dokładnie chodzi. Należało by taki szczegółowy opis podsumowujący w tym miejscu dopełnić.

- Brak we wprowadzeniu przekonujących przykładów na zastosowanie struktur auksetycznych w elementach osiowosymetrycznych badanych w pracy i potwierdzających prawidłowość przyjętych obciążeń.
- Parametry opisujące model struktury dobrane arbitralnie (tabela 4.1). Przyjęcie pojedynczych wartości tj. ilość komórek czy ilość segmentów nie gwarantuje jednoznacznej oceny badanych struktur ze względu na to, że ich zróżnicowanie topograficzne może mieć silny wpływ na podstawowe właściwości dynamiczne. Przy tych samych parametrach różne struktury mogą mieć zróżnicowaną sztywność i wytrzymałość, a tym samym ocena własności tych struktur przy tym samym obciążeniu jest niewystarczająco obiektywna.
- Dla badanych struktur nie przeprowadzono żadnych testów potwierdzających, że przyjęte parametry modelu przy generowaniu kształtu, prowadziły do struktur auksetycznych.
- Nie porównano np. mas poszczególnych modeli. Jednolita gęstość analizowanych struktur może w większym stopniu uprawdopodobniać, że własności dynamiczne są pochodną szczególnych cech danej struktury, a nie efektem mniejszej lub większej sztywności wynikającej z ilości materiału znajdującego się pomiędzy pierścieniami.
- Należy założyć, że w potencjalnych zastosowaniach elementów podatnych, osiowosymetrycznych będą zwykle występować złożone stany obciążeń. Pod tym kątem należałoby porównać choćby wytrzymałość badanych struktur.
- Nie przedstawiono żadnych szczegółów dotyczących narzędzi wykorzystanych przy generowaniu struktur. Brak informacji o programach, własnych aplikacjach, skryptach, czy innych technikach wykorzystanych przez doktoranta przy realizacji obliczeń.
- W rozdziałach 5-7 obciążenie dynamiczne opisano dość ogólnie wskazując na wzór 3.48, gdzie bez względu na charakter obciążenia wskazywano równanie będące pewną odmianą znanego z dynamiki równania ruchu, i twierdzenie że opisuje ono charakter obciążenia jest nieprecyzyjne. Trudno jest wskazać na tej podstawie jakiegokolwiek dane dotyczące wymuszenia jak i podstaw do uzasadnienia np. przyjętego zakresu częstotliwości, czy innych zmiennych np. materiałowych.
- Nie odniesiono uzyskanych wyników do literatury w kontekście porównania różnic w wynikach np. płyt zestawiając różnice dla struktur auksetycznych w porównaniu z materiałem jednorodnym i wykazując tym samym, że w przypadku bryły osiowosymetrycznej struktura auksetyczna wykazuje podobne własności lub nie.

Praca zawiera pewne błędy edytorskie, które nie rzutują na czytelność i przejrzystość.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska, pomimo przedstawionych uwag, jest wartościowym i oryginalnym opracowaniem naukowym. Przyjęta metodyka badawcza jak i przedstawione wyniki pozwalają stwierdzić, że Doktorant biegle porusza się w swojej tematyce badawczej.

W dorobku publikacyjnym doktoranta (baza Scopus) znaleziono 4 prace, w tym 2 pozycje, których głównym autorem jest doktorant.

Zgodnie z obowiązującą ustawą o szkolnictwie wyższym, wymogiem formalnym do ubiegania się o tytuł doktora nauk technicznych jest minimum jedna publikacja lub monografia i Doktorant spełnia to kryterium. Podsumowując, należy uznać na podstawie oceny rozprawy oraz dotychczasowego dorobku, że Doktorant prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną i praktyczną w dyscyplinie inżynieria mechaniczna oraz posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego w tym oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej i społecznej.

Stwierdzam, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Barłomieja Burlagi pt: „ANALIZA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNYCH STRUKTUR AUKSETYCZNYCH PRZY OBCIĄŻENIACH DYNAMICZNYCH” spełnia warunki ujęte w art. 13. Ust 1 ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. z 2017r poz. 1789) oraz art. 179 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. poz. 1669). Na podstawie dokonanej oceny, wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie rozprawy doktorskiej Pana Barłomieja Burlagi do dalszych etapów postępowania przewidzianych dla przewodów doktorskich oraz dopuszczenia ocenionej pracy do publicznej obrony.

