

26. MAR. 2015

dr hab. inż. Ewa Magnucka-Blandzi  
Instytut Matematyki  
Politechnika Poznańska  
ul. Piotrowo 3a,  
60-965 Poznań  
email: [ewa.magnucka-blandzi@put.poznan.pl](mailto:ewa.magnucka-blandzi@put.poznan.pl)

Poznań, 19 marca 2015 r.

**OCENA**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Andrzeja Mroza**  
**„Wpływ procesu starzenia na zachowanie dynamiczne giętych profili hybrydowych”**

*(opinia sporządzona na podstawie pisma W1/530/11/2015 Dziekana Wydziału Mechanicznego  
Politechniki Łódzkiej z dnia 11.02.2015 roku)*

**1. Informacje ogólne**

- a. Promotor: dr hab. inż. Radosław Mania, prof. nadzw.
- b. Układ rozprawy doktorskiej
  - 101 stron,
  - 8 rozdziałów (w tym spis literatury – 110 wymienionych prac, 10 odsyłaczy do stron internetowych).

**2. Treść rozprawy, sformułowanie i rozwiązanie problemu naukowego**

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest cienkościenna belka o poprzecznym przekroju ceowym podparta przegubowo na obydwu końcach i poddana ścisłaniu. Przedstawiona analiza dotyczy wpływu obciążenia statycznego i dynamicznego oraz różnych stanów utwardzenia aluminium (materiału, z którego wykonana jest ceowa belka) na stateczność. Wyznaczono m.in. krytyczne wartości dynamicznego współczynnika obciążenia DLF (*Dynamic Load Factor*) w zależności od czasu trwania impulsowego obciążenia. Uwzględniono linowo - sprężyste charakterystyki materiałowe, rzeczywiste charakterystyki nieliniowe na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych dotyczących statycznych prób rozciągania oraz zmodyfikowane charakterystyki po zastosowaniu lepko-plastycznego modelu Perzyny. Ponadto analizowano również belkę o ceowym przekroju wykonaną z kompozytu boro-aluminiowego.

Pierwszy rozdział dotyczy wprowadzenia do zagadnienia stateczności konstrukcji, w którym wskazano odpowiednią literaturę.

W drugim rozdziale Doktorant opisał dynamiczną stateczność cienkościennych konstrukcji w odniesieniu do wybranych artykułów i monografii, jednocześnie wskazując na wpływ prędkości odkształcenia.

W kolejnym, trzecim rozdziale opisane zostało aluminium, jako uniwersalny materiał stosowany powszechnie również współcześnie, m.in. w motoryzacji. Wskazane zostały

właściwości mechaniczne i opisane technologie wytwarzania i obróbki, w szczególności cieplnej. Zdefiniowano cztery stany utwardzenia aluminium oraz przedstawiono wyniki doświadczalnych badań dotyczących wyznaczenia rzeczywistych charakterystyk materiałowych stopu Al6060 w tych stanach. Następnie po zastosowaniu lepko-plastycznego modelu Perzyny zmodyfikowano rzeczywistą charakterystykę materiałową. Na koniec trzeciego rozdziału opisano kompozyty aluminiowe wzmocnione włóknami borowymi i przedstawiono wyznaczone wartości parametrów mechanicznych.

W czwartym rozdziale wskazane zostały cel i teza rozprawy doktorskiej, a w następnym opisana została numeryczna analiza do badania przedmiotowych belek z zastosowaniem *Metody Elementów Skończonych* i programu ANSYS. Przedstawiono sposób przyłożenia obciążenia, warunki brzegowe oraz kryteria stateczności, w szczególności quasi-statycznej i dynamicznej.

W szóstym rozdziale Doktorant przedstawił wyniki otrzymane analitycznie i numerycznie metodą elementów skończonych, w tym obciążenia krytyczne. Na podstawie wyników numerycznych badań przeprowadził analizę w zakresie stateczności dynamicznej z uwzględnieniem czasu trwania impulsu obciążenia, przedstawionych kryteriów stateczności oraz liniowo-sprężystych, rzeczywistych-nieliniowych i zmodyfikowanych charakterystyk materiałowych stopu aluminium w różnych stanach utwardzenia. Porównywano m.in. krytyczne wartości współczynnika DLF w zależności od przyjętego kryterium utraty stateczności oraz przemieszczenia wybranego (charakterystycznego) węzła w zależności od stanu utwardzenia aluminium. Podobną analizę przeprowadzono w przypadku zastosowania kompozytu aluminiowo-borowego.

W ostatnim rozdziale sformułowane są wnioski wynikające z analizy stateczności dynamicznej przedmiotowych belek, z uwzględnieniem procesu starzenia oraz wskazany jest kierunek dalszych badań.

### 3. Ocena wartości naukowej rozprawy

Magister inż. Andrzej Mróz poprawnie sformułował i rozwiązał problem stateczności dynamicznej cienkościennych belek o przekroju ceowym, z uwzględnieniem procesu starzenia. Cel i zakres pracy zostały wyraźnie określone. Doktorant wskazał nie tylko na ścisły związek pomiędzy odpowiednią obróbką termiczną cienkościennych belek aluminiowych a wartością dynamicznego obciążenia krytycznego, ale również na możliwość badania stateczności dynamicznej z zastosowaniem lepko-plastycznego modelu Perzyny, który umożliwia opis bliższy rzeczywistości.

Układ rozprawy doktorskiej jest przemyślany i logiczny. Wartości obciążeń krytycznych otrzymane metodami analityczną i numeryczną są zbieżne. Przyjęte modele analityczne dla pólki i środniczka, jako prostokątnych płyt podpartych przegubowo na trzech krawędziach i z jedną swobodną w przypadku pólki oraz podpartą przegubowo na wszystkich krawędziach w przypadku środniczka, są modelami uproszczonymi. W rzeczywistości występuje sprzężenie kątów obrotu na krawędziach pólki i środniczka. Wyniki numerycznej analizy są zestawione w Tabelach i zaprezentowane na wykresach w czytelny sposób.

Na szczególną uwagę zasługuje wskazanie możliwości zastosowania kompozytu wykonanego z aluminiowej matrycy wzmocnionej wzdłużnie ułożonymi włóknami boru, jako alternatywę dla stopu Al6060 w różnych stanach utwardzenia.

Istotną częścią rozprawy jest niewątpliwie wprowadzenie modelu Perzyny i zastosowanie w numerycznych badaniach jak również porównanie wyników z otrzymanymi po zastosowaniu klasycznych modeli.

Rozprawa doktorska dotyczy analizy teoretycznej, a doświadczalna weryfikacja numerycznych modeli belek o przekrojach ceowych mogłaby posłużyć do określenia m.in. optymalnego kryterium stateczności dynamicznej, na co również wskazuje Doktorant.

#### 4. Ocena redakcyjna rozprawy

Praca jest zredagowana starannie. Układ rozprawy doktorskiej jest przemyślany i logiczny, a otrzymane wyniki przedstawione w czytelny sposób. Brak strony 49.

W pracy można znaleźć kilka błędów edycyjnych, przykładowo:

- na str. 26, 27 – opisy na osiach odciętych (rys. 13–16) – powinno być ugięcie w mm zamiast odkształcenie w mm,
- na str. 30 – opis na osi odciętych (rys. 18) – powinno być odkształcenie zamiast wydłużenie,
- na str. 75 – zamiast słowa „Opowiadający” powinno być „Odpowiadający”.

Brakuje opisu oznaczeń użytych we wzorze (3.4.2.1) na str. 31, ale można znaleźć je na następnej stronie.

Wprowadzone wielkości na podstawie cytowanej pracy (drugorzędny poprzeczny moduł Younga, współczynnik wzmocnienia, drugorzędna liczba Poissona) należałoby zdefiniować. W aktualnej wersji nie jest zrozumiałe wyznaczenie właściwości mechanicznych przedmiotowego kompozytu.

Wyżej wskazane uwagi nie mają wpływu na wartość merytoryczną pracy.

#### 5. Wniosek końcowy

Napisanie rozprawy doktorskiej niewątpliwie wymagało od autora znajomości zagadnienia dotyczącego dynamicznego wyboczenia belek, w tym kryteriów stateczności, znajomości metody elementów skończonych, technologii obróbki cieplnej. Magister inż. Andrzej Mróz wykazał się umiejętnością sformułowania problemu, opracowania modeli numerycznych i posługiwania się oprogramowaniem ANSYS wspomagającym obliczenia inżynierskie. Można stwierdzić, że Doktorant wykazał się ogólną wiedzą w zakresie mechaniki konstrukcji, w szczególności dynamicznej stateczności cienkościennych belek.

Rozprawa doktorska mgra inż. Andrzeja Mroza spełnia warunki określone w Dzienniku Ustaw nr 65 z 16 kwietnia 2003 z późn. zm. Wnioskuje, na podstawie powyższego, o jej przyjęcie i dopuszczenie Doktoranta do publicznej obrony.

*E. Magnucka-Blandzi*

.....  
dr hab. inż. Ewa Magnucka-Blandzi