

Prof dr Zbigniew Wesołowski  
Politechnika Świętokrzyska  
Al. Tysiąclecia PP. 7, 25-314 Kielce.

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Jacka widłaszewskiego:

## Modelowanie i badania doświadczalne termo- sprężysto-plastycznych deformacji aktuatora dwumostkowego.

### 1. Cel rozprawy.

Celem jest analiza możliwości zastosowań technicznych kraty termicznego pozycjonowania. Krata taka to układ połączonych ze sobą prętów o małych rozmiarach, albo w szczególnych przypadkach miniaturowa płaska rama. Dostatecznie silne ogrzanie jednego z prętów powoduje wydłużenie i odkształcenie plastyczne tego pręta, co z kolei prowadzi do trwałej deformacji całej kraty. Takie kraty termicznego pozycjonowania, w języku angielskim *actuators*, po polsku nazywane są bardzo niezręcznie aktuatorami (to jest tak, jakby angielskie *novel* przetłumaczyć na polskie *nowela*) używane są do bardzo precyzyjnych, trwałych zmian położenia i wzajemnego dopasowania głowic magnetycznych, soczewek, światłowodów, zwierciadeł i innych elementów optycznych. Ogrzewanie prętów i węzłów kraty musi być bardzo starannie dobrane, dlatego może być realizowane jedynie przy pomocy lasera. Przedstawiona w rozprawie analiza takich krat składa się z części matematycznej, eksperymentalnej i numerycznej.

### 2. Rozprawa

Rozprawa obejmuje ponad 200 stron maszynopisu. Poza bardzo interesująco i obszernie przedstawionym opisem aktualnego stanu wiedzy, stosowanych rozwiązań inżynierskich i przykładów kształtowania zawiera aż 6 oryginalnych elementów.

- Zaproponowano modele kraty termicznego pozycjonowania, wykonano z różnych materiałów i przeprowadzono eksperymenty używając lasera Nd:YAG.
- Dla rozpoznania mechanizmów rozpraszania energii, i wpływu temperatury na własności materiału i przewodnictwo ciepła wykonano bezdotykowe pomiary temperatury. Przeanalizowano te pomiary wykorzystując metodę elementów skończonych.

- Opracowano model matematyczny opisujący termo-sprężysto-plastyczną deformację miniaturowej kraty wywołaną nagrzewaniem laserowym. Dla zastosowań ważne są przemieszczenia węzłów tej kraty. Wyznaczono te przemieszczenia i dodatkowo siły w prętach. Należy podkreślić, że przewodnictwo ciepła i zależność własności materiału od temperatury powoduje, że zależności są bardzo złożone. Opanowanie teorii termo-platyczności i transportu ciepła wymaga wielomiesięcznej pracy. Doktorant porusza się bardzo swobodnie w tym gąszczu pojęć i wzorów.
- Bardzo pomysłowo wyodrębniono wyrazy opisujące ograniczenie swobody wynikające ze sztywności konstrukcji. Osiągnięciem jest wyliczenie progowych wartości mocy i czasu nagrzewania koniecznych dla wywołania deformacji plastycznej i trwałych przemieszczeń kraty.
- Opracowano program numeryczny i metodą elementów skończonych przeprowadzono obliczenia kraty. Obliczenia były pomocne przy prowadzeniu eksperymentów, bo pozwoliły na zwrócenie szczególnej uwagi na własności materiału i elementy kształtu, które mają duży wpływ na końcowe przemieszczenia. Pokazało się, że taką własnością jest w szczególności zależność granicy plastyczności od temperatury.
- Dla sytuacji, kiedy pręt składa się z dwu różnych materiałów z płaską, prostopadłą do osi płaszczyzną graniczną wyznaczono natężenie fali odbitej i fali przechodzącej. Rozważania nad każdym zagadnieniem zakończono interpretacją wyników i wnioskami.

### 3. Uwagi.

Praca zredagowana jest poprawnie, język jest precyzyjny. Z przyjemnością się ją czyta.

Podana literatura obejmuje prawie 200 pozycji. Są to pozycje wykorzystane w pracy. Jestem pewien, że doktorant zapoznał się z każdą z nich.

### 4. Wniosek

Cel rozprawy został jasno sprecyzowany. Doktorant poprawnie sformułował zagadnienie i poprawnymi metodami je rozwiązał i zinterpretował. Rozwiązania są nowe, a rezultaty interesujące. Mają duże znaczenie poznawcze, a również znaczenie przy zastosowaniach przemysłowych. W szczególności przedstawione rozważania

- Mają znaczenie dla właściwego zrozumienia zachowania się kraty termicznego pozycjonowania.
- Pozwalają na dość łatwą wstępną analizę krat pozycjonowania o różnym kształcie i oszacowanie ich czułości.
- Pozwalają na racjonalne projektowanie takich krat.

Doktorant wykazał się znajomością obszernej literatury przedmiotu i biegłością w operowaniu skomplikowanym aparatem matematycznym. Wykazał się również

