

**Prof.dr hab.inż. Tadeusz BURCZYŃSKI, czł. koresp. PAN**  
Katedra Wytrzymałości Materiałów  
i Metod Komputerowych Mechaniki  
Politechnika Śląska  
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice  
tel. (32)2371204, fax (32)2371282  
e-mail: [tb@polsl.pl](mailto:tb@polsl.pl)

---



Gliwice, 07.05.2012

**Recenzja**  
**rozprawy doktorskiej mgr inż. Andri Katunina**  
**pt. „Ocena trwałości zmęczeniowej laminatów polimerowych w stanie**  
**lepkosprężystym z uwagi na zjawiska cieplne”**

**1. Uwagi ogólne**

Rozprawa doktorska mgr inż. Andri Katunina poświęcona jest zagadnieniu analizy zjawiska efektu samorozgrzania kompozytowych laminatów polimerowych, poprzez modelowanie matematyczne oraz badanie jego wpływu na proces zmęczenia.

Praca powstała w Katedrze Podstaw Konstrukcji Maszyn Politechniki Śląskiej, a jej promotorem jest prof. Wojciech Moczulskiego.

Biorąc pod uwagę cel i zakres pracy, zastosowane metody badawcze oraz osiągnięte wyniki rozprawę można zakwalifikować do dyscypliny – mechanika.

Rozprawa doktorska wykonana została w ramach projektu badawczego N504 282137 MNiSW pt. ”Badania symulacyjne i eksperymentalne wpływu temperatury samowzbudnej na własności mechaniczne”, realizowanego w latach 2009-2012 pod kierunkiem prof. W.Moczulskiego.

**2. Zakres rozprawy**

Praca składa się ośmiu rozdziałów, dwóch dodatków, spisu literatury oraz streszczeń w j. polskim, angielskim i rosyjskim.

Ogólne naświetlenie problematyki mechaniki laminatów polimerowych zostało przedstawione w rozdziale 1.

Rozdział 2 poświęcony jest przeglądowi i ocenie istniejącego stanu wiedzy z zakresu kompozytów ze szczególnym uwzględnieniem zjawiska samorozgrzania w warunkach obciążeń cyklicznych.

Precyzyjne sformułowanie zagadnienia badawczego rozważanego w rozprawie, jej cel oraz tezy rozprawy przedstawione są w rozdziale 3.

W rozdziale 4 Doktorant przedstawił wyniki swoich prac poświęconych modelowaniu matematycznemu efektu samorozgrzania w belkach i płytach w warunkach obciążenia harmonicznego.

Wyniki badań doświadczalnych dotyczących wyznaczenia parametrów dynamicznych i ich zależności funkcyjnych od częstotliwości wymuszenia, temperatury i prędkości grzania przedstawione są w rozdziale 5.

W rozdziale 6 przedstawione są wyniki badań doświadczalnych służących do oceny zachowania się laminatu przy obciążeniach cyklicznych z uwzględnieniem temperatury samorozgrzania.

Wpływ efektu samorozgrzania na proces zmęczenia laminatów analizowany jest w rozdziale 7. Podsumowanie i wnioski przedstawione są w rozdziale 8.

Spis literatury jest obszerny i zawiera 23 artykułów autorstwa lub współautorstwa Doktoranta

### **3. Ocena merytoryczna**

Oceniana rozprawa poświęcona jest ciekawej tematyce badawczej związanej z badaniami teoretycznymi i doświadczalnymi zjawiska samorozgrzania w laminatach polimerowych, poddanych obciążeniom cyklicznym, i wpływie tego zjawiska na wytrzymałość zmęczeniową. Zjawisko to może mieć istotny wpływ na degradację laminatów. Doktorant stawia dwie tezy, które następnie próbuje udowodnić modelując badane zjawisko oraz przeprowadzając badania doświadczalne.

Doktorant uważa, że (i) istnieje związek pomiędzy energią dyssypacji, a charakterystykami mechanicznymi laminatów polimerowych oraz (ii) że model zmęczenia laminatu umożliwia analizę i ocenę trwałości resztkowej laminatu.

W celu udowodnienia obu tez Doktorant zbudował trzy modele teoretyczne opisujące rozkład temperatury samorozgrzania w stanie ustalonym dla belki i płyty wykonanych z laminatów polimerowych obciążonych cyklicznie. Badania doświadczalne pozwoliły Doktorantowi na uogólnienie zasady Arrheniusa, opisującą kinetykę reakcji termomechanicznych zachodzących w czasie występowania efektu samorozgrzania. Doktorant opracował

empiryczny i teoretyczno-empiryczny model opisujący zmęczenie z uwzględnieniem efektu samorozgrzania. Wyniki jakie otrzymał Doktorant potwierdziły sformułowane tezy rozprawy.

Zamieszczone w pracy wyniki badań teoretycznych i doświadczalnych świadczą o bardzo dobrej znajomości i wyczuciu przez Doktoranta zjawiska samorozgrzania laminatów przy obciążeniach cyklicznych.

Na uwagę zasługuje ponadto wysoki poziom matematyczny i doświadczalny badań oraz znaczący dorobek publikacyjny.

Opracowane modele mają charakter fenomenologiczny. Doktorant nie pokusił się o zbudowanie modelu wielkoskalowego, który opisywałby zjawiska cieplne zachodzące w wyniku tarcia wewnętrznego na poziomie molekularnym.

Struktura rozprawy jest logiczna i dobrze przemyślana. Cała praca jest bardzo czytelna. Język pracy nie budzi zastrzeżeń.

#### 4. Uwagi szczegółowe

- Str. 4, zdanie o M.Kamińskim napisane jest niezręcznie.
- Str.5, w przeglądzie prac z jednostki macierzystej brak jest prac W.Belucha, który zajmuje się zagadnieniami optymalizacji laminatów przy obciążenia statycznych i dynamicznych.
- Str. 14, model Hooke'a i model sprężysto-plastyczny nie należą do klasy modeli reologicznych.
- Str. 19, w przeglądzie nieklasycznych modeli reologicznych brak jest modeli wielkoskalowych. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia fizycznej istoty lepkosprężystości, które objawia się na poziomie molekularnym w postaci tarcia wewnętrznego (o czym wspomina Doktorant na str. 22).
- Str. 21, nie bardzo wiadomo, co Doktorant rozumie przez linearyzację równań. Zastosowanie transformacji całkowej (np. Fouriera) do zal. (2.23) i (2.25) nie linearyzuje tych zależności, ponieważ one są już liniowe).
- W rozdziale 4 przedstawione są modele opisujące efekt samorozgrzania dla belki i płyty. Habilitant używa jednak pojęć – układ jednowymiarowy i dwuwymiarowy, co sugeruje szerszą klasę tych układów, czyli oprócz belki także pręt rozciągany i skręcany lub ich kombinację. To samo dotyczy układów dwuwymiarowych, do których oprócz płyty zalicza się także tarczę i powłokę.

## 5. Wniosek końcowy

Rozprawa doktorska Andriy Katunina jest poświęcona modelowaniu i badaniom doświadczalnym oceny wpływu efektu samorozgrzania, powstającego w laminatach polimerowych, na ich wytrzymałość, zwłaszcza zmęczeniową,

Zamieszczone w rozprawie rozważania teoretyczne oraz badania doświadczalne świadczą o bardzo dobrej znajomości badanego zjawiska przez Doktoranta.

Główny cel rozprawy został osiągnięty, a uzyskane wyniki stanowią cenny materiał uzupełniający dotychczasową wiedzę poświęconą zjawisku samorozgrzania w kompozytach.

Należy zauważyć, że Doktorant posiada znaczny dorobek naukowy. Składają się na niego 23 prace w czasopismach naukowych i materiałach konferencyjnych. Potwierdza to aktywność i rozległość horyzontów badawczych Doktoranta.

Biorąc pod uwagę przedstawioną opinię stwierdzam, iż praca mgr inż. A. Katunina pt: „Ocena trwałości zmęczeniowej laminatów polimerowych w stanie lepkosprężystym z uwzględnieniem zjawisk cieplnych” odpowiada w pełni wymogom stawianym rozprawom doktorskim.

Doktorant jest dobrze przygotowany do prowadzenia samodzielnych badań naukowych, zwłaszcza w zakresie modelowania komputerowego procesów fizycznych. Świadczą o tym: prawidłowość przyjętych założeń, poprawna metodologia badań oraz zakres interpretacji fizycznej otrzymanych wyników. Doktorant wykazał się dużą i gruntowną wiedzą oraz przygotowaniem do samodzielnego prowadzenia badań z zakresu mechaniki.

Dlatego uważam, że przedstawiona rozprawa doktorska spełnia w pełni warunki stawiane rozprawom doktorskim przez obowiązującą ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule naukowym w zakresie sztuki i wnoszę o dopuszczenie jej do publicznej obrony przed Radą Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej.

