

Prof. dr hab. inż. Tomasz Kubiak  
Politechnika Łódzka,  
Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji  
ul. Stefanowskiego 1/15  
90-924 Łódź

Łódź, 17.05.2016 r.

## **R E C E N Z J A**

### **dorobku naukowego i wyodrębnionego jednotematycznego cyklu publikacji oraz dorobku dydaktycznego i organizacyjnego w postępowaniu habilitacyjnym**

**Pana dr inż. Marka Romanowicza**

*Niniejsza recenzja wykonana została na podstawie decyzji Centralnej Komisji ds. Stopni i Tytułów z dnia 17 lutego 2016 r., na zlecenie Dziekana Wydziału Mechanicznego Politechniki Białostockiej z dnia 11 marca 2016 r.*

### **1. Wstęp**

Dr inż. Marek Romanowicz w 1997 roku ukończył studia magisterskie na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej uzyskując z wyróżnieniem dyplom magistra inżyniera. Już jako student zatrudniony był na stanowisku asystenta – stażysty na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej, gdzie po ukończeniu studiów, tj. od 1998 roku pracował na stanowisku asystenta. Rozprawę doktorską pt. „*Prognozowanie pęknięcia drewna na podstawie kryteriów związanych z płaszczyzną fizyczną*” obronił w roku 2007 na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej i uzyskał tytuł doktora nauk technicznych. Dr inż. Marek Romanowicz w 2007 roku awansował na stanowisko adiunkta na Wydziale Mechanicznym Politechniki Białostockiej, gdzie pracuje do dnia dzisiejszego.

### **2. Ocena osiągnięcia naukowego (jednotematycznego cyklu publikacji)**

Jednotematyczny cykl publikacji przedstawiony jako osiągnięcie naukowe zatytułowano „*Mikromechaniczne modelowanie zniszczenia polimerowych kompozytów włóknistych*”

Na cykl prac składa się pięć samodzielnych artykułów opublikowanych w czasopiśmie z bazy JCR, są to:

1. Romanowicz M., *Effect of interfacial debonding on the failure behavior in a fiber-reinforced composite subjected to transverse tension*, Computational Materials Science, 47 (1), 2009, pp. 225-231.
2. Romanowicz M., *Progressive failure analysis of unidirectional fiber-reinforced polymers with inhomogeneous interphase and randomly distributed fibers under transverse tensile loading*, Composites Part A, 41 (12), 2010, pp. 1829-1838.
3. Romanowicz M., *A numerical approach for predicting the failure locus of fiber reinforced composites under combined transverse compression and axial tension*, Computational Materials Science, 51 (1), 2012, pp. 7-12.
4. Romanowicz M., *Numerical homogenization of fiber-reinforced composites with complex microstructural features*, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 51 (4), 2013, pp. 883-890.
5. Romanowicz M., *Determination of the first ply failure load for a cross ply laminate subjected to uniaxial tension through computational micromechanics*, International Journal of Solids and Structures, 51 (13), 2014, pp.2549-2556

Tematyka cyklu prac dotyczy mikromechanicznej analizy procesów zniszczenia w kompozytach włóknistych, w laminatach poddanych różnym obciążeniom, tj. poprzecznemu rozciąganiu, ściskaniu lub ścinaniu oraz kombinacji poprzecznego ściskania i wzdłużnego rozciągania. Proces analizy wspomagany był wynikami obliczeń numerycznych z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Habilitant zaproponował kilka modeli numerycznych reprezentatywnego elementu objętościowego, za pomocą którego:

- homogenizował własności materiałowe, tj. wyznaczał własności efektywne warstwy kompozytu lub laminatu na podstawie bezpośredniego uśredniania naprężeń i odkształceń;
- badał wpływ takich aspektów jak: niejednorodny rozkład włókien w matrycy, odchyłki wymiaru i kształtu włókien, różne własności interfejsu i interfazy, na proces zniszczenia kompozytu;
- obserwował i opisywał mechanizmy zniszczenia w skali mikro, przy spełnieniu warunku wymuszenia w skali makro poprzez założenie na brzegach komórek elementarnych warunków periodyczności.

Wszystkie prace cyklu skupiają się na analizie stanu naprężeniowo-odkształceniowego w reprezentatywnym elemencie objętościowym stanowiącym komórkę periodyczną. Praca [1] poświęcona jest analizie zachowania połączenia włókno – matryca w przypadku jednokierunkowego rozciągania w kierunku prostopadłym do kierunku ułożenia włókien.

Habilitant zastosował model numeryczny zawierający włókno, matrycę oraz interfazę dyskretyzowaną elementami trójwymiarowymi typu „brick” oraz modelowany elementami dwuwymiarowymi (elementy modelujące kohezję) interfejs.

Prace [2] i [3] stanowią rozwój badań przedstawionych w pracy [1]. W pracy [2] Kandydat przedstawia model 2D z losowo rozłożonymi włóknami. Do przygotowania losowych rozkładów włókien w modelu zastosowano algorytm Wongsto i Li. Zaproponowany model pozwolił na analizę wpływu nierównomiernego rozłożenia włókien na proces zniszczenia oraz na przebieg makroskopowej krzywej rozciągania. Analizowano również wpływ sztywności interfazy na przebieg zniszczenia. Praca [3] prezentuje wyniki badań w oparciu o model 3D z pracy [1], uwzględniający dodatkowo możliwość analizy zachowania się elementu kompozytowego poddanego jednoczesnemu rozciąganiu wzdłuż włókien i ściskaniu w kierunku poprzecznym. W pracy tej zaprezentowano alternatywną, do znanych z literatury kryteriów zniszczeniowych, metodę prognozowania zniszczenia w szczególnym przypadku złożonego stanu obciążenia. Zaproponowany model w stosunku do tego z pracy [1] uwzględniał duże odkształcenia plastyczne matrycy wyznaczone na podstawie warunku Druckera-Pragera oraz stowarzyszonego prawa płynięcia.

Dr Romanowicz zwrócił uwagę, że sztywność interfazy ma wpływ na zachowanie się komórki elementarnej [2]. Wyznaczenie własności materiałowych interfazy, głównie modułu Younga, nie jest możliwe ze względu na jej rozmiary. Jak wiadomo, własności materiałowe są potrzebne w opisie zachowania się komórki elementarnej, dlatego też Kandydat postanowił przeprowadzić badania, które opublikował w pracy [4]. Praca ta prezentuje mikro-mechaniczny model do wyznaczenia poprzecznych modułów sprężystości polimerowych kompozytów jednokierunkowo wzmocnionych włóknem, który uwzględnia złożone cechy mikrostruktury, takie jak obecność niejednorodnej (o zmiennej sztywności) interfazy oraz losowy rozkład włókien. Należy podkreślić, że takie podejście do oceny poprzecznej sztywności kompozytów można uznać za innowacyjne.

Praca [5] stanowi kontynuację podjętej tematyki. Habilitant zaproponował model mikro-mechaniczny warstwy poprzecznej do kierunku rozciągania w laminacie krzyżowym z przypadkowym rozkładem włókien, który posłuży do wyznaczenia obciążeń powodujących utratę nośności. Kandydat przedstawia w pracy wyniki w postaci rozkładu naprężeń w matrycy dla różnych obciążeń komórki elementarnej: ściskania, rozciągania i ścinania.

Lektura autoreferatu oraz cyklu publikacji nasuwa kilka następujących refleksji, komentarzy i pytań:

- W pracy [5] przedstawiono naprężenia obwodowe wokół najbardziej obciążonych włókien - poziom naprężeń obwodowych w punkcie „a” w przypadku poprzecznego ściskania jest dość niski, co raczej nie wskazuje na możliwość zniszczenia.
- W tej samej pracy rozpatrywany jest laminat krzyżowy, wyznaczana jest nośność, a model obejmuje jedynie fragment przekroju jednej z warstw. Jak zatem, uwzględniono oddziaływanie warstw (powstawanie naprężeń tnących na granicy warstw) ?
- W autoreferacie zaznaczono że: *„Liniową odpowiedź warstw podłużnych rozpatrywanego laminatu wyznaczono analitycznie za pomocą modelu Reussa (prawa mieszanin).”*,
  - jak więc ma się ten stan naprężeń do tego w warstwie z włóknami poprzecznymi?
  - jaki jest stan naprężeń w pozostałych warstwach do rozpatrywanej ?
  - czy proponowany model przypadkiem nie pozwala tylko analizować laminaty w błonowym stanie naprężenie ?
- Stwierdzenie z autoreferatu dot. opisu pracy [5] *„Istotnym elementem modyfikacji metody uśredniania jest założenie, że za zniszczenie warstw poprzecznych w takich laminatach odpowiada koncentracja naprężeń rozciągających w matrycy.”* jest nie zrozumiałe. Jakie naprężenia autor ma na myśli (średnie w warstwie, w danym punkcie) ?
- We wszystkich zaproponowanych modelach mikro-mechanicznych Habilitant wskazuje na zastosowanie warunków periodyczności. W odczuciu recenzenta brak jest wyjaśnienia jakie są to warunki a przede wszystkim, jaka jest relacja pomiędzy obciążeniem laminatu a stanem odkształceń niezbędnym do wyznaczenia pola przemieszczeń opisanego np. równaniem (1) w pracy [5].
- W modelach 2D zastosowano płaski stan odkształcenia, czy rzeczywiście taki stan naprężeń występuje w przekroju poprzecznym laminy przy założeniu dowolnego obciążenia laminatu o wielu warstwach i różnym ich ułożeniu ?
- Pewien niedosyt budzi brak modeli 3D dla przypadku komórek elementarnych z nierównomiernym ułożeniem włókien.

Pomimo wyżej przedstawionych uwag krytycznych, należy zwrócić uwagę, że zaproponowane modele mikro-mechaniczne pozwalają na analizę procesu niszczenia kompozytu włóknistego z włóknami jednokierunkowymi dla pewnego ograniczonego spektrum obciążeń. Uwagi recenzenta mogą posłużyć w dalszym rozwoju zaproponowanych przez Kandydata modeli numerycznych.

Podsumowując stwierdzam, że przedstawiony cykl jest spójny i ma istotny wpływ dla rozwoju dyscypliny mechanika, a konkretnie mechaniki zniszczenia materiałów

kompozytowych. Powyższe potwierdza liczba cytowań prac stanowiący cykl prac, z pośród których maksymalna liczba to 21 (bez autocytowań, wszystkie przez autorów zagranicznych) dla publikacji z 2010r.

W mojej ocenie do najważniejszych, oryginalnych osiągnięć dr inż. Marka Romanowicza należy zaliczyć:

- opracowanie oryginalnych numerycznych płaskich i przestrzennych modeli mikro-mechanicznych opisujących sztywność i wytrzymałość laminatów z lamin o ciągłych jednokierunkowych włóknach;
- walidacja zaproponowanych modeli wynikami badań eksperymentalnych przedstawionych w literaturze światowej oraz wynikami po zastosowaniu istniejących modeli analitycznych;
- uwzględnienie różnych, również złożonych stanów obciążenia komórki elementarnej;
- uwzględnienie w modelach różnych mechanizmów zniszczenia: odklejenie się włókien od matrycy, pęknięcia włókien, plastycznego ścinania matrycy.

Uważam, że tematyka ocenianego jednotematycznego cyklu prac jest aktualna oraz ważna ze względu na duże, w ostatnim czasie zainteresowanie kompozytami włóknistymi, ich zachowaniem aż do zniszczenia, a także sama fazą zniszczenia.

Stwierdzam, że przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe stanowi znaczący wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny mechanika i spełnia w stopniu dostatecznym kryteria oceny w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych.

### **3. Ocena dorobku naukowo-badawczego**

Dorobek naukowo-badawczy Habilitanta, z wyłączeniem publikacji zgłoszonych jako jednotematyczny cykl publikacji, uzyskany po obronie rozprawy doktorskiej, tj. w latach 2007-2015 składa się z 13 następujących prac naukowych:

- cztery publikacje w czasopiśmie z listy JCR (IF=5.797);
- dwa rozdziały w monografiach o zasięgu międzynarodowym;
- siedem artykułów w czasopismach recenzowanych;

Dr inż. Marek Romanowicz wygłosił pięć referatów na międzynarodowych konferencjach organizowanych w Polsce oraz osiem referatów podczas konferencji krajowych. Należy dodać, że Kandydat posiada zaakceptowany do wygłoszenia referat na konferencji międzynarodowej, która odbędzie się w dniach 5 – 10 czerwca 2016 roku na Krecie.

Działalność naukowa Kandydata została nagrodzona Nagrodami Rektora Politechniki Białostockiej (2 nagrody indywidualne i 5 zespołowych). Ponadto Habilitant otrzymał dyplom

Komitetu Naukowego I Kongresu Mechaniki Polskiej za wyróżniającą się pracę, a także stypendium Habilitacyjne JM Rektora Politechniki Białostockiej.

Należy podkreślić, że dr Marek Romanowicz, już jako doktor, był recenzentem wielu artykułów, a mianowicie 17 recenzji publikacji w czasopismach międzynarodowych, w tym 13 recenzji w czasopismach znajdujących się w bazie JCR.

W dorobku Kandydata znalazł się patent: *Przyrząd do zadawania złożonego stanu naprężenia w kompozytach na próbce typu Iosipescu*, Nr prawa wyłącznego 203791, Wiadomości Urzędu Patentowego, Nr 11, 2009.

Należy dodać, że Kandydat po uzyskaniu stopnia doktora podejmował próby pozyskiwania środków na prowadzenie badań, trzy z nich skończyły się pozytywnie: jeden projekt badawczy Kandydata uzyskał finansowanie w konkursie SONATA 2 ogłoszonym przez Narodowe Centrum Nauki (DEC-2011/03/D/ST8/04817) i dwa projekty finansowane ze środków uczelni.

Wskaźniki bibliometryczne Habilitanta są następujące: sumaryczny Impact Factor dziewięciu publikacji ujętych w bazie Journal Citation Reports wynosi 13.869 ; liczba cytowań - 52 (50 bez autocytowań, stan na dzień 16 maja 2016); indeks Hirscha  $h=4$  (bez autocytowań).

Podsumowując ocenę dorobku naukowo-badawczego (z wyłączeniem osiągnięcia naukowego) dr inż. Marka Romanowicza oceniam go jako „dobry”, gdyż składa się on z 11. prac naukowych w tym czterech zamieszczonych w czasopismach posiadających IF, dwóch rozdziałów w monografiach, 13. referatów i jednego patentu.

Stwierdzam, że zgodnie z kryteriami oceny w zakresie osiągnięć naukowo-badawczych, oceniany dorobek spełnia wymagania stawiane Kandydatom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego.

#### **4. Ocena stopnia spełnienia pozostałych wymagań ustawowych**

Dr inż. Marek Romanowicz z spośród 14 kryteriów wymienionych art. 5 Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011(Dz.U. Nr 196, poz. 1165) spełnia dziewięć następujących:

- brał czynny udział w 8. konferencjach krajowych i 5. międzynarodowych,
- był członkiem Komitetu Organizacyjnego IV Międzynarodowego Sympozjum Mechaniki Zniszczenia Materiałów i Konstrukcji;
- otrzymał 7 nagród JM Rektora Politechniki Białostockiej za wyróżniającą działalność naukową i organizacyjną oraz dyplom Komitetu Naukowego I Kongresu Mechaniki Polskiej za wyróżniającą się pracę,

- kierował jednym projektem badawczym finansowanym przez Narodowe Centrum Nauki oraz dwoma projektami badawczymi finansowanymi ze środków Politechniki Białostockiej;
- był sekretarzem naukowym w Komitecie Redakcyjnym czasopisma *Acta Mechanica et Automatica* 2007-2011;
- był członkiem Polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej 1998 – 2006;
- prowadził działalność w zakresie popularyzacji nauki – zajęcia z uczniami techników w ramach promocji Politechniki Białostockiej, opracowanie i prowadzenie zajęć dla doktorantów, opracowanie i prowadzenie wykładów w jęz. angielskim dla studentów ERASMUS, modernizacja stanowisk w laboratorium mechaniki, opracowanie instrukcji do ćwiczeń laboratoryjnych z przedmiotu „Wytrzymałość materiałów”;
- sprawował opiekę nad studentami – promotor czterech prac magisterskich;
- recenzował artykuły z czasopismach krajowych i zagranicznych (13 artykułów w czasopismach z listy JCR i 4 w pozostałych).

Na podstawie powyższego stwierdzam, że zgodnie z kryteriami oceny w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej dr inż. Marek Romanowicz spełnia wymagania stawiane Kandydatom ubiegającym się o stopień doktora habilitowanego w zakresie dorobku dydaktycznego i popularyzatorskiego oraz współpracy międzynarodowej.

## **5. Wniosek końcowy**

Po zapoznaniu się z całokształtem działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej, popularyzatorskiej i współpracy międzynarodowej oraz jednotematycznym cyklem publikacji, stwierdzam, że dorobek Habilitanta jest wystarczający do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

Ponadto, w świetle dokonań Habilitanta w ostatnich dwóch latach, wyrażających się zwiększeniem dorobku naukowego (dwie nowe publikacje w czasopismach z współczynnikiem wpływu, prawie czterokrotny wzrost cytowań), ponowne wszczęcie postępowania habilitacyjnego przed upływem 3 lat od złożenia pierwszego wniosku uważam za zasadne.

Podsumowując uważam, że Kandydat spełnia wszystkie wymagania wynikające z:

- Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym (Dz. U. Nr 65 poz. 595 ze zmianami wprowadzonymi ustawą z dnia 18 marca 2011 roku);
- Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 1 września 2011 roku w sprawie kryteriów oceny osiągnięć osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora habilitowanego (Dz.U. Nr 196, poz. 1165).

W świetle powyższego popieram wniosek o nadanie Panu dr inż. Markowi Romanowiczowi stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w dyscyplinie mechanika.

*Tomasz Kubicki*