

Prof. dr hab. inż. Krzysztof Magnucki
Instytut Mechaniki Stosowanej
Politechnika Poznańska
ul. Jana Pawła II 24, 60-965 Poznań
E-mail: krzysztof.magnucki@put.poznan.pl

Poznań, 07 sierpnia 2014 r.

RECENZJA

osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych doktora inż. **Marka Romanowicza** z Politechniki Białostockiej

Recenzję sporządzono na podstawie pisma Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN z dnia 04 lipca 2014 r.

1. Ocena głównego osiągnięcia naukowego

Głównym osiągnięciem naukowym dra inż. Marka Romanowicza jest zbiór pięciu autorskich jednotematycznych artykułów pt. „**Mikromechaniczne modelowanie zniszczenia polimerowych kompozytów włóknistych**” opublikowanych w czasopismach posiadających współczynnik wpływu (*impact factor* - IF) – wyróżnionych w JCR. Zagadnienia przedstawione w tych pracach w układzie chronologicznym są następujące:

1. Marek Romanowicz. (2009). Effect of interfacial debonding on the failure behavior in a fiber-reinforced composite subjected to transverse tension. Elsevier: *Computational Materials Science*, **47**, 225-231. (**IF=1.522**).

Praca dotyczy numerycznego badania rozwoju uszkodzeń, występujących w materiale kompozytowym wzmocnionym jednokierunkowo włóknami, pod działaniem poprzecznie skierowanego do włókien obciążenia rozciągającego. Opracowano mikromechaniczny model numeryczny MES, w którym zastosowano między innymi dwuliniowy kohezyjny model pęknięcia zaproponowany przez Alfano i Crisfielda w 2001 roku. Szczegółowe badania wykonano dla przykładowego kompozytu epoksydowego wzmocnionego jednokierunkowo włóknem szklanym i wyznaczono makroskopową krzywą rozciągania poprzecznego. Analizowano wrażliwość tej krzywej na zmianę stałych modelu materiału oraz miejsc występowania mikropęknięć. Ponadto, zwrócono uwagę na rozwój uszkodzeń oraz na miejsca ich powstawania. Stwierdzono, że rozwój uszkodzeń modelowanych numerycznie jest zgodny jakościowo z obserwowanym doświadczalnie.

2. Marek Romanowicz. (2010). Progressive failure analysis of unidirectional fiber-reinforced polymers with inhomogeneous interphase and randomly distributed fibers under transverse tensile loading. Elsevier: *Composites: Part A*, **41**, 1829-1838. (**IF=2.349**).

Praca jest kontynuacją pierwszej i dotyczy uogólnienia materiału o komórki elementarne z losowym rozkładem włókien, z uwagi na proces wytwarzania takich materiałów. Opracowano

więc odpowiedni mikromechaniczny model numeryczny MES i prognozowano rozwój uszkodzeń w kompozycie epoksydowym wzmocnionym jednokierunkowo włóknem szklanym przy rozciąganiu poprzecznym. Ograniczono się w badaniach do komórek elementarnych z trzydziestoma dziewięcioma włóknami rozłożonymi losowo. Komórki te poddano znacznie większym odkształceniom poprzecznym niż w pracy pierwszej, co umożliwiło uściślenie wniosków i zauważenie pewnych zależności. Zwrócono uwagę, między innymi, na rozwój uszkodzeń w obszarze jednego włókna, a także wielu włókien.

3. Marek Romanowicz. (2012). A numerical approach for predicting the failure locus of fiber reinforced composites under combined transverse compression and axial tension. Elsevier: *Computational Materials Science*, **51**, 7-12. (*IF=1.878*).

Praca jest kontynuacją dwóch prac poprzednich i dotyczy badania numerycznego wytrzymałości polimerowego kompozytu wzmocnionego włóknem ciągłym w złożonym stanie obciążenia, przy jednoczesnym rozciąganiu wzdłużnym zgodnym z kierunkiem włókien i ściskaniu poprzecznym. Kryteria stosowane do oceny wytrzymałości kompozytów w złożonych stanach naprężeń sformułowane są z uwzględnieniem pewnych uproszczeń, które powodują znaczne różnice w ocenie wytrzymałości materiałów w porównaniu z doświadczeniem. Opracowano więc odpowiedni model mikromechaniczny, który jest znacznym uogólnieniem modeli wcześniejszych. Wykonano badania numeryczne wytrzymałości kompozytu wzmocnionego jednokierunkowo włóknem szklanym dla trzynastu wariantów złożonego stanu obciążenia. Stwierdzono zgodność jakościową mechanizmów niszczenia wyznaczonymi numerycznie z opisanymi na podstawie doświadczeń w literaturze. Wykazano ponadto, że np. kryterium Pucka z 2002 roku, stosowane do prognozowania zniszczenia kompozytów w złożonych stanach naprężeń, daje niestety błędne wyniki i jest słuszne tylko dla małego zakresu obciążeń.

4. Marek Romanowicz. (2013). Numerical homogenization of fiber-reinforced composites with complex microstructural features. *PTMTiS: Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, **51**(4), 883-890. (*IF=0.452*).

Praca jest kontynuacją badań przedstawionych w pracy drugiej i dotyczy badania numerycznego kompozytów polimerowych z termoutwardzalnymi matrycami, w których uwzględniono dodatkowy składnik – interfazę, która występuje między włóknami i matrycą. Właściwości mechaniczne interfazy, z uwagi na jej niewielkie rozmiary, jest trudno zbadać doświadczalnie. W pracy podjęto między innymi problem wyznaczenia właściwości interfazy za pomocą modelowania mikromechanicznego. Założono, że sztywność interfazy zmienia się wykładniczo zgodnie z modelem Anifantisa z 2000 roku. Opracowano więc odpowiedni złożony model numeryczny, w którym uwzględniono występowanie niejednorodnej interfazy oraz losowy rozkład włókien. Model ten umożliwia wyznaczenie poprzecznych modułów sprężystości kompozytów polimerowych. Wykonano szereg szczegółowych badań numerycznych i sformułowano odpowiednie wnioski.

5. Marek Romanowicz. (2014). Initiation of kink bands from regions of higher misalignment in carbon fiber-reinforced polymers. SAGE: *Journal of Composite Materials*, **48**(19), 2367-2399. (*IF=0.936*).

Praca jest kontynuacją prac poprzednich i dotyczy badania numerycznego wytrzymałości kompozytu polimerowego wzmocnionego włóknami ciągłymi pod osiowym ściskaniem zgodnie z kierunkiem włókien. Mechanizm niszczenia tych kompozytów to jednoczesne wystąpienie uplastycznienia matrycy oraz mikro wyboczenia włókien. Opracowano odpowiedni model mikromechaniczny materiału i wykonano szereg badań szczegółowych,

które weryfikowano z badaniami doświadczalnymi opisanymi w literaturze. Wykazano, że za pomocą opracowanego modelu mikromechanicznego można poprawnie prognozować naprężenia krytyczne oraz rozwój uszkodzeń w kompozytach.

Można stwierdzić, że scharakteryzowany powyżej zbiór pięciu autorskich jednotematycznych artykułów opublikowanych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR) dra inż. Marka Romanowicza stanowi niewątpliwie znaczący wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Mechanika*. Opublikowane wyniki dostarczają nowej wiedzy o właściwościach kompozytów, a opracowane modele i obliczenia mają charakter podstawowych badań teoretycznych. Należy tu wyróżnić:

- wybór tematyki badawczej, mieszczącej się we współczesnych badaniach światowych, na podstawie starannie rozpoznanej literatury specjalistycznej,
- opracowanie oryginalnych modeli mikromechanicznych polimerowych kompozytów wzmocnionych włóknami ciągłymi i ich weryfikacja na podstawie literaturowych badań doświadczalnych,
- wykonanie obszernych badań numerycznych kompozytów z zastosowaniem opracowanych modeli dla prostych i złożonych stanów obciążeń,
- szczegółowa charakterystyka mechanizmów niszczenia kompozytów pod działaniem obciążeń,
- uwzględnienie w modelach mikromechanicznych kompozytów: losowego rozkładu włókien, dodatkowego składnika - niejednorodnej interfazy oraz niedoskonałości geometrycznych - imperfekcji włókien prostolinowych o rozkładzie niejednorodnym.

2. Ocena istotnej aktywności naukowej

Dr inż. Marek Romanowicz po otrzymaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych w dyscyplinie mechanika (2007 r.) opublikował jako współautor, wyłączając pięć autorskich prac, dwa artykuły w czasopismach znajdujących się w bazie *Journal Citation Reports* (JCR) oraz jeden rozdział w monografii w j. angielskim. Prace te obejmują badania zawarte w rozprawie doktorskiej, które wcześniej nie były publikowane i są to:

6. Seweryn A., Romanowicz M. (2007). Strength criteria for wood under the conditions of complex stress state. Springer: *Materials Science*, **43**(3), 343-350. (*IF=0.262*).

Praca dotyczy modelowania i określenia wytrzymałości drewna w jednorodnych stanach naprężeń z uwzględnieniem miejscowych warunków wyężenia. Klasyczne kryteria stosowane w ocenie wytrzymałości drewna sformułowane są na podstawie jednej funkcji opisującej różne mechanizmy niszczenia. W pracy sformułowano miejscowe warunki wyężenia z uwzględnieniem czterech mechanizmów niszczenia drewna jako materiału ortotropowego posiadającego wady w postaci mikropęknięć. Opracowane modele zweryfikowano na podstawie badań doświadczalnych opisanych w literaturze.

7. Romanowicz M., Seweryn A. (2008). Verification of a non-local stress criterion for mixed mode fracture in wood. Elsevier: *Engineering Fracture Mechanics*, **75**(10), 3141-3160. (*IF=1.733*).

Praca jest kontynuacją badań przedstawionych w poprzedniej pracy i zawiera rozwinięcie nielokalnego kryterium pęknięcia Seweryna i Mroza z 1995 roku dotyczącego prognozowania pęknięcia drewna w niejednorodnych stanach naprężeń spowodowanych szczelinami. Uwzględniono osobliwe rozkłady naprężeń w okolicy wierzchołków szczelin. Stan kruchego

pęknięcia drewna dla złożonego obciążenia oceniano uwzględniając krytyczne wartości współczynników intensywności naprężeń. Przeprowadzono weryfikację doświadczalną zaproponowanego kryterium na płaskich próbkach drewnianych z brzegową szczeliną. Uzyskano dobrą zgodność wyników.

8. Seweryn A., Romanowicz M. (2011). Fracture of wood under biaxial loading conditions. In: *Mathematical Methods in Continuum Mechanics*, Editors: K. Wilmański, B. Michalak, J. Jędrusiak, Chapter 25, 403-420. Wyd. Politechniki Łódzkiej.

Praca stanowi pewne posumowanie badań własnych dotyczących oceny wytrzymałości drewna z uwzględnieniem kryterium pęknięcia z odniesieniem do badań opublikowanych przez innych autorów.

Należy zauważyć, że w 2014 roku opublikowana została kolejna (szósta) autorka praca dra inż. M. Romanowicza w czasopiśmie z bazy *Journal Citation Reports* (JCR) pt.: Determination of the first ply failure load for a cross ply laminate subject to uniaxial tension through computational micromechanics. *Intl Journal of Solids and Structures*, **51**(13), 2549-2556 (**IF=2.252**). Tematyka artykułu jest kontynuacją badań zawartych w pracach wykazanych w głównym osiągnięciu naukowym.

Dr inż. Marek Romanowicz opublikował czterdzieści osiem prac, w tym przed doktoratem dwadzieścia cztery i po doktoracie również dwadzieścia cztery prace, jest autorem jednego patentu pt.: *Przyrząd do zadawania złożonego stanu naprężenia w kompozytach na próbce typu losipescu*. Nr 203791, UPRP, 2009. Czynnikiem uczestniczył w pięciu krajowych projektach badawczych, w dwóch przed doktoratem i trzech po doktoracie. Uzyskał finansowanie na lata 2012-2017 własnego projektu badawczego pt. „*Mikromechaniczne modelowanie zniszczenia polimerowych kompozytów włóknistych*” w konkursie SONATA 2 w Narodowym Centrum Nauki. Recenzował sześć prac w czasopismach z bazy JCR oraz cztery w innych czasopismach.

Sumaryczny współczynnik wpływu (impact factor) **IF=11.384**, liczba cytowań (bez autorskich cytowań) publikacji wg bazy Web of Science wynosi **19**, a index Hirscha **h=3**.

Istotna aktywność naukowa dra inż. Marka Romanowicza jest niewątpliwie znacząca dla rozwoju dyscypliny naukowej *Mechanika*, z uwagi na opublikowane wyniki badań dotyczące kompozytów w specjalistycznych czasopismach i na konferencjach. Wyrazem pozytywnej oceny aktywności naukowej jest także przyznany projekt badawczy SONATA 2 w NCN.

3. Ocena działalności dydaktycznej i organizacyjnej

Dr inż. Marek Romanowicz prowadził i prowadzi wykłady na studiach magisterskich z przedmiotów „Metoda elementów skończonych” i „Mechanika analityczna”, w ramach programu ERAZMUS (2007-2008) wykłady w j. angielskim „Engineering mechanics”, opracował w 2012 roku dla doktorantów wykłady pt. „Mechanika kompozytów”, był promotorem trzech prac magisterskich, w ramach promocji Wydziału Mechanicznego Politechniki Białostockiej prowadził zajęcia w pracowni technicznej dla uczniów techników (2009-2012), unowocześnił dwa stanowiska badawcze w laboratorium mechaniki (2007). Działalność organizacyjna to: funkcja sekretarza naukowego czasopisma *Acta Mechanica et Automatica* w latach 2007-2011, członek komitetu organizacyjnego IV Międzynarodowego Sympozjum MZMiK w Augustowie w 2007 roku, członek Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej w 2012 roku.

4. Wniosek końcowy

Przedstawiony zbiór pięciu prac monotematycznych pt. „*Mikromechaniczne modelowanie zniszczenia polimerowych kompozytów włóknistych*”, a także pozostałe publikacje stanowią znaczący dorobek naukowy dra inż. Marka Romanowicza i Jego wkład w rozwój dyscypliny naukowej *Mechanika*. Można uważać, że oceniane osiągnięcia naukowe, organizacyjne i dydaktyczne są wyróżniające i całkowicie spełniają warunki dotyczące nadania stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscyplinie naukowej *Mechanika* określone przez Ustawę o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r., nr 65, poz. 595, z późniejszymi zmianami). Stawiam więc wniosek o nadanie doktorowi inż. Markowi Romanowiczowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dyscypliny naukowej *Mechanika*.

.....*K. Magnucki*.....
Prof. Krzysztof Magnucki