



Politechnika Łódzka
Instytut Inżynierii Materiałowej



Prof. dr hab. inż. Łukasz Kaczmarek

Łódź, 09.08.2021r.

Instytut Inżynierii Materiałowej

Wydział Mechaniczny

Politechnika Łódzka

RECENZJA

Dorobku dr. Stefanos Papanikolaou

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie decyzji Rady Naukowej Narodowego Centrum Badań Jądrowych z dnia 17 czerwca 2021r. w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie „nauki ścisłe i przyrodnicze” w dyscyplinie „Nauki fizyczne”, na podstawie ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018r. poz. 1668 ze zm.)

1. Charakterystyka Habilitanta.

Doktor Stefanos Papanikolaou pracę licencjacką obronił w University of Athenes, Grecja w 2003r. Pracę magisterską natomiast zrealizował w University of Illinois, Urbana-Champaign, USA, którą obronił w 2006r. Na tym samym uniwersytecie w 2008 roku obronił pracę doktorską pt. „Badanie topologii i porządku w zaburzonych układach spinów kratowych”. W latach 2011-2013 był zatrudniony na Uniwersytecie Yale, Wydział Inżynierii Materiałowej i Materiałoznawstwa, New Haven, CT. Natomiast w latach 2014 – 2016 był adiunktem w Johns Hopkins University, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Baltimore, MD, USA, a obecnie w niniejszej uczelni zatrudniony jest na stanowisku Adiunkta. W latach 2013-2018 piastował stanowisko „naukowca wizytującego – lidera zespołu” w Uniwersytecie w Groningen, Holandia. dopełnieniem bogatego dorobku było zatrudnienie Habilitanta jako Adiunkta w Uniwersytecie Wirginia Zachodnia, Wydział Mechaniczny i inżynierii Lotniczej, Morgantown, WV, USA. Obecnie pełni funkcję Lidera Grupy Badawczej (RGL) w Centrum Doskonałości Materiałów Wielofunkcyjnych NOMATEN w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Polsce.

Politechnika Łódzka Wydział Mechaniczny
Siedziba: 90-537 Łódź, ul. Stefanowskiego 1/15,

Instytut inżynierii Materiałowej
Bud A18 Sekretariat IV piętro pok. 444

Adres korespondencyjny:
90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116
NIP: 727-002-18-95, REGON 000001583

e-mail: w1111@adm.p.lodz.pl
tel. 42 631 30 30
www.im.p.lodz.pl



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



Podsumowując, Habilitant w swojej karierze naukowej zdobył szerokie kompetencje oraz gruntowną wiedzę w czołowych ośrodkach naukowych na świecie. Fakt ten umożliwił doktorowi Papanikolaou dołączenie do czołowych naukowców zajmujących się m.in. zagadnieniami w zakresie badań odkształceń w ciałach stałych. Aktywność międzynarodową oceniam jako ponadprzeciętną na tle środowiska naukowego w kraju jak i na świecie.

2. Ocena osiągnięcia naukowego jako podstawa do uzyskania habilitacji.

Dr Stefanos Papanikolaou przedstawił do oceny osiągnięcie naukowe stanowiące zbiór 8 prac naukowych opublikowanych na łamach czasopism z listy Journal Citation Reports, których Impact Factor zawiera się w przedziale od 1,826 do 54,637 (Nature - 5 Year Impact Factor), pod wspólnym tytułem „*Modelowanie wieloskalowe, przewidywanie i uczenie maszynowe wahań odkształceń stochastycznych w ciałach stałych*”.

Osiągnięcie naukowe w myśl Ustawy zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2b stanowi 8 publikacji naukowych, w przypadku których Habilitant wykazał, stosownymi oświadczeniami, indywidualny wkład w opracowanie koncepcji przeprowadzonych analiz, oceny zbadanych zjawisk, a także sformułowania wniosków. Cykl ten stanowią:

H1. S. Papanikolaou, Y. Cui, N. Ghoniem, Avalanches and Plastic Flow in Crystal Plasticity: An Overview, Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering 26, no. 1, 013001, (2017).

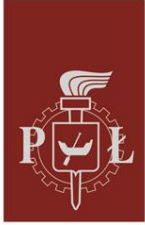
H2. S. Papanikolaou, Shearing a glass and the role of pin-delay in models of interface depinning (arxiv: 1310.5761) Phys. Rev. E 93, 032610 (2016).

H3. S. Papanikolaou, H. Song, E. Van der Giessen, Obstacles and sources in dislocation dynamics: Strengthening and statistics of abrupt plastic events in nanopillar compression (arxiv:1511.04613) J. Mech. Phys. Solids, 102, 17 (2016).



- H4.** S. Papanikolaou, D.M. Dimiduk, W. Choi, J.P. Sethna, M.D. Uchic, C.F. Woodward, S. Zapperi, Quasi-periodic events in crystal plasticity and the self-organized avalanche oscillator. *Nature*, 490, 517-21, (2012).
- H5.** H. Song, D. Dimiduk, S. Papanikolaou, Universality Class of Nanocrystal Plasticity: Localization and Self-Organization in Discrete Dislocation Dynamics. *Phys. Rev. Letters* 122(17), 178001, (2019).
- H6.** H. Song, S. Papanikolaou, From statistical correlations to stochasticity and size effects in sub-micron crystal plasticity, *Metals*, 9(8), 835 (2019).
- H7.** S. Papanikolaou, Learning local, quenched disorder in plasticity and other crackling noise phenomena. *NPJ Computational Materials*, 4, 27, (2018).
- H8.** S. Papanikolaou, Microstructural Inelastic Fingerprints And Data-Rich Predictions of Plasticity and Damage in Solids. *Computational Mechanics* 1-14, (2020).

Habilitant na tle doniesień literaturowych przedstawił uszczegółowioną koncepcję opisu zjawisk związanych z tempem odkształceń w aspekcie plastyczności ciał stałych, w tym z uwzględnieniem periodyczności kryształów, a także nieuporządkowania ciał amorficznych oraz czynników zewnętrznych tj. obciążenie; geometria. Problem jest niezwykle istotny szczególnie w ostatnich latach w zakresie m.in. opracowywania ultralekkich i wytrzymałych materiałów inżynierskich. Przykładem są stopy z układu Al-Sc-Li czy znanych doskonale Al-Cu-Mg, w przypadku których możliwość zastosowania obróbek plastycznych typu severe plastic deformation (SPD) w połączeniu z obróbką wydzieleniową umożliwia osiągnięcie wysokich właściwości mechanicznych wynikających zarówno z osiągniętej mikro- i nanostruktury, ale także za sprawą możliwych do uzyskania wydzieleni rdzeniowych. Przewidywanie właściwości mechanicznych układów poddawanych odkształceniom jest niezwykle trudne i często obarczone ryzykiem generowania w rzeczywistości nano i mikro pęknięć strukturalnych.



Wynika to m.in. z faktu trudności w przewidywaniu zachowania się materiału poddawanego odkształceniom z różnymi prędkościami. Przedłożony do recenzji cykl publikacji wpisuje się w niniejszą tematykę pozwalając optymalizować układy poddawane odkształceniom plastycznym pod kątem nadawania im nowych polepszonych charakterystyk mechanicznych.

W swojej pracy naukowej Habilitant skupił się na analizie tempa odkształceń w plastyczności układów o objętości mniejszej niż 5 mm^3 , w odniesieniu do których uwzględnił jednoosiową kompresję (publikacja H1). W tym przypadku dogłębnie przeanalizował wytrzymałość w funkcji zależności od rozpatrywanej skali (ściskanie w mikro i nano-filarach) i wykazał jej ścisłe powiązanie z występującymi defektami strukturalnymi, co przekładało się na wartości gradientów odkształceń. Natomiast w odniesieniu do szybkości odkształceń analizowanych wielkości ciał, odpowiedź plastyczna ujawnia się jako pęknięcia propagujące w materiale lub lawiny. Dla tak zdefiniowanej objętości Habilitant usystematyzował zjawiska związane z odkształceniami ciał amorficznych oraz krystalicznych, które scharakteryzował przy pomocy odpowiednio:

- (a) sprężyny rozpiętej w układzie punktów. Dzięki czemu możliwe jest opisanie przejść pomiędzy stanami równowagi jako odcięcie sprężyny od danego punktu;
- (b) natomiast w przypadku ciał krystalicznych zjawisko to odniesiono do wielu elastycznych sprężyn, które „przypięto” do statycznych punktów (publikacja H2).

W oparciu o powyższe, w celu wyjaśnienia zjawisk gwałtownych odkształceń plastycznych analizowanych materiałów, Habilitant przeprowadził szereg modelowań, w przypadku których uwzględnił wielokryterialne analizy prowadzące do budowy i optymalizacji molekularnego modelu – mikropróbka kryształu poddana jednoosiowemu ściskaniu. W oparciu o uzyskane wyniki wykazał istnienie zróżnicowania znanych mechanizmów dyslokacji. W kontekście hybrydowego występowania efektów występujących podczas ruchu dyslokacji, stworzony model trójwymiarowy i jego złożoność nie pozwolił na precyzyjne określenie efektów skali analizowanych układów czy rozkładu i wielkości generowanych lawin. Rozszerzone badania



modelowania oraz uzyskane wyniki Habilitant zawarł w publikacjach od H3 do H6, w przypadku których skupił się m.in. na analizie losowo zdyspergowanym układzie punktów w aktywnych płaszczyznach poślizgu dzięki czemu możliwe było skalowanie wielkości rozpatrywanego układu. Dzięki temu możliwe było m.in. wyjaśnienie wpływu wielkości próbki na wytrzymałości mechaniczną, a także umożliwiło to określenie momentu inicjacji gwałtownych zmian odkształcenia plastycznego badanych kryształów. Ponadto dla tego typu układów, podlegających nagłym zdarzeniom plastycznym, Habilitant wykazał, że zdarzenia te mogą być opisywane rozkładami prawa potęgowego w funkcji odkształcenia. Kontynuacją prowadzonych analizy było także wyjaśnienie przez Habilitanta nieliniowych zmian odkształcenia w przestrzeni-czasie kryształów o małych, skończonych objętościach (publikacja H3). Habilitant w oparciu o stworzone dwa gruboziarniste nieliniowe modele dynamiczne wyjaśnił także występowanie zjawiska typu przyleganie – poślizg zidentyfikowanym podczas jednoosiowego ściskania w funkcji malejącej szybkości narastania naprężenia (analiza dla próbek niklu szerokości 20 mm). Ponadto model ten umożliwił wykazanie, że wahania naprężeń przy umiarkowanych szybkościach odkształcenia skalują się odwrotnie proporcjonalnie do pierwiastka kwadratowego liczby N starzejących się złącz dyslokacji (dla warunku, że szybkość odkształceń większych niż tempo przejścia skokowego jest rzędu 10^{-5} s^{-1}). Stworzony przez Habilitanta model został zweryfikowany eksperymentalnie, a jego wyniki zawarto w publikacji H5. Uzupełnieniem powyższych analiz Habilitanta jest publikacja H6, w przypadku której uwzględnione zostały dwie, konkurencyjne skale czasowe: (a) dyssypacyjnego ruchu dyslokacji wewnątrz kryształu oraz (b) zarodkowania dyslokacji z losowo umieszczonego źródła w procesie badania szerokiego spektrum odkształcenia od 10/s do 10^5 /s. Dopełnienie cyklu stanowią publikacje H7 i H8 związane z wykorzystaniem opracowanej analizy statycznej zachowania nano i mikroukładu w procesie uczenia maszynowego w kontekście przewidywania właściwości mechanicznych uwzględniających historię próbki.



Podsumowując, przedłożone do oceny osiągnięcie naukowe charakteryzuje się interdyscyplinarnym podejściem z zakresu zarówno nauk fizycznych, ale także inżynierii mechanicznej oraz inżynierii materiałowej. Stosując wieloskalowe modelowanie podjął się usystematyzowania i wyjaśnienia zależności plastyczności zdefektowanych układów krystalicznych o objętościach poniżej 5 mm^3 w zależności od szybkości zmian obciążenia. Oczywiście badane przez Habilitanta układy nie opisują wszystkich możliwych przypadków w tym ciał o gradientowo zmiennych strukturach, a co za tym idzie zmiennych właściwościach fizykochemicznych. Tego typu przykładami są materiały poddane obróbkom cieplnochemicznym, w wyniku których uzyskuje się gradientową zmianę koncentracji atomów (C,N,O) w strukturze stopów żelaza czy np. tytanu. Ponadto habilitant nie uwzględnił układów wielofazowych, w przypadku których mamy do czynienia z wydzieleniami fazowymi o zróżnicowanym stopniu koherencji z matrycą badanego układu ciała stałego czy wydzieleni charakteryzujących się budową rdzeniową. Niezwykle skomplikowanym zagadnieniem jest także próba skwantyfikowania i powiązania wielokryterialnego zjawiska jakim jest zmiana koncentracji atomów pierwiastków stopowych, ale bez tworzenia wyodrębnionych faz. Tego typu zjawiska mają miejsce w termodynamicznie niestabilnych układach w przypadku lokalnego przekroczenia temperatury np. w wyniku procesów tarcia (nawet lokalnego zacierania).

Jednakże nie umniejsza to użytecznej wartości recenzowanej pracy stanowiącej niepodważalny wkład w rozwój nauk fizycznych oraz inżynierii mechanicznej. Materiał ten stanowi solidną podstawę dalszego uszczegóławiania opracowanych modeli.

3. Ocena osiągnięć naukowo-badawczych Habilitanta.

Główny obszar badań Habilitant dotyczy zagadnień związanych z odkształceniami w ciałach stałych, zagadnieniami ich modelowania oraz przewidywaniami zachowań materiałowych poddanych uprzednio naprężeniom uplastyczniającym. Jego dorobek publikacyjny stanowi 49



Politechnika Łódzka
Instytut Inżynierii Materiałowej



artykułów, większości opublikowane w uznanych czasopismach z listy JCR, a także w materiałach konferencyjnych. Wyniki swoich badań prezentował na blisko 50, renomowanych konferencjach międzynarodowych dotyczących zagadnień fizyki i mechaniki ciał stałych, a także inżynierii materiałowej (MRS Conference Phoenix AZ, ICACM Paris czy International Plasticity Conference, Kona, a także US National Congress on Computational Mechanics, Minneapolis). Ponadto czynnie uczestniczył w pracach komitetów organizacyjnych blisko 10 konferencji międzynarodowych. Jest autorem jednej monografii oraz współautorem dwóch rozdziałów w monografiach.

Jako Kierownik realizował trzy granty badawcze dotyczących zagadnień analiz odkształceń w ciałach stałych zarówno w układach krystalicznych jak i amorficznych. Jest członkiem Rady Redakcyjnej dwóch czasopism naukowych: Materials Theory oraz Journal of Mechanics. Ponadto jest recenzentem wielu artykułów w takich czasopismach jak: NSF Mathematical & Physical Sciences, DOE Basic Sciences. Na uwagę zasługuje także recenzowanie publikacji w wiodących czasopismach naukowych: Nature Physics, Phys. Rev. Letters, Phys. Rev B, Phys. Rev. E, Soft Matter, Int. J. Plasticity, Acta Materialia, Int. J. Mech. Sci., J. Physics A, Materials Theory, J. of Mechanics.

Analizując współczynniki bibliometryczne Habilitanta:

(a) według bazy Web of Science: ResearcherID AAF-7314-2020: Cytaty 907, Indeks H wynosi 16, 49 publikacji,

(b) według bazy Scopus Author ID:16029486600: Cytaty 930, Indeks H wynosi 16, 47 publikacji.

Dorobek Habilitanta poparty stosownymi wartościami indeksów stanowi ponadprzeciętną wartość w kontekście ubiegania się o stopień doktora habilitowanego.

Natomiast brak jest w dorobku Habilitanta elementów bezpośrednio powiązanych z wdrożeniami wyników badań do przemysłu. Brak jest współpracy z otoczeniem gospodarczym,

Politechnika Łódzka Wydział Mechaniczny
Siedziba: 90-537 Łódź, ul. Stefanowskiego 1/15,

Adres korespondencyjny:
90-924 Łódź, ul. Żeromskiego 116
NIP: 727-002-18-95, REGON 000001583

Instytut inżynierii Materiałowej
Bud A18 Sekretariat IV piętro pok. 444

e-mail: w1111@adm.p.lodz.pl
tel. 42 631 30 30
www.im.p.lodz.pl



HR EXCELLENCE IN RESEARCH



a także Habilitant nie wykazał współpracy dotyczącej realizacji prac zleconych dla partnerów przemysłowych. Nie umniejsza to natomiast jego wysokiego poziomu naukowego, który poparty jest m.in. piastowaniem funkcji lidera zespołu naukowego w projektach badawczych.

4. Ocena osiągnięć dydaktycznych, współpracy z ośrodkami zewnętrznymi oraz działalność na rzecz rozwoju Jednostki Naukowej.

W swoim dorobku dydaktycznym, pomimo wielu wyjazdów o charakterze czysto naukowym, wykazał szereg wykładów, które prowadził na uczelniach zagranicznych, na których był zatrudniony tj.:

- (a) Crystal Elasticity/Plasticity - I, Crystal Elasticity/Plasticity II - Johns Hopkins University;
- (b) Introduction to Gas Dynamics, Materials Kinetics and Thermodynamics - West Virginia University USA.

Ponadto sprawował opiekę zarówno nad osobami zatrudnionymi na stanowisku postdoc (3), doktorantami (3) jak i dyplomantami realizującymi prace magisterskie (6). Oceniam to na przyzwoitym poziomie przy uwzględnieniu charakteru realizowanego rozwoju naukowego Habilitanta.

5. Wniosek końcowy.

Przedłożony do oceny monotematyczny zbiór publikacji naukowych, dorobku naukowego, dydaktycznego z uwzględnieniem współpracy Dr Stefanos Papanikolaou na rzecz Narodowego Centrum Badań Jądrowych stwierdzam, że:

- (a) osiągnięcie naukowe stanowiące zbiór 8 interdyscyplinarnych prac naukowych opublikowanych na łamach czasopism z listy Journal Citation Reports, których Impact Factor zawiera się w przedziale od 1,826 do 54,637 (w tym Nature - 5 Year Impact Factor), pod wspólnym tytułem „*Modelowanie wieloskalowe, przewidywanie i uczenie maszynowe wahań odkształceń stochastycznych w ciałach stałych*” stanowi istotny



Politechnika Łódźka
Instytut Inżynierii Materiałowej



- wkład w rozwój w dziedzinie: nauki ścisłe i przyrodnicze w dyscyplinie: nauki fizyczne
ale także w dyscyplinie inżynieria mechaniczna oraz inżynieria materiałowa;
- (b) dorobek naukowy, z wyłączeniem publikacji stanowiących podstawę ubiegania się o habilitację, jest oryginalny i wartościowy oraz wskazuje na ponadprzeciętną aktywność naukową w tym z czołowymi ośrodkami naukowymi na świecie;
- (c) Kandydat w sposób zadowalający spełnia wymagania dotyczące zakresu prowadzonych zajęć dydaktycznych oraz działań popularyzatorskich. Natomiast w ponadprzeciętny sposób spełnia wymagania w zakresie współpracy międzynarodowej, co stawia go w grupie naukowców zdolnych pracować samodzielnie, a także budować wokół siebie międzynarodowe zespoły badawcze z czołowymi naukowcami na świecie.

Na podstawie powyższego stwierdzam, że Dr Stefanos Papanikolaou spełnia warunki określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018r. poz. 1668 ze zm.). Uwzględniając powyższe, popieram wniosek o nadanie Habilitantowi stopnia doktora habilitowanego dyscyplinie nauki fizyczne.

Z poważaniem

Prof. dr hab. inż. Łukasz Kaczmarek