

## **RECENZJA**

dotycząca osiągnięć naukowo-badawczych oraz dorobku dydaktycznego i organizacyjnego  
w postępowaniu habilitacyjnym

**Doktora Stefanosa Papanikolaou**

### **Ogólna charakterystyka wnioskującego**

Z informacji dostępnych we wniosku wynika, że Pan Doktor Stefanos Papanikolaou ukończył w 2003 roku licencjat na Uniwersytecie w Atenach w obszarze fizyki. Tytuł magistra i stopień doktora w obszarze fizyki uzyskał na Uniwersytecie w Illinois, Urbana-Champaign, USA odpowiednio w 2006 i 2008 roku. Rozprawa doktorska dotyczyła „Badania topologii i porządku w zaburzonych układach sieci spinów”. Po skończeniu doktoratu pracował na Wydziale fizyki Uniwersytetu Cornella. Następnie zajmował stanowiska na Uniwersytecie Yale, Uniwersytecie Johna Hopkinsa oraz Uniwersytecie Wirginii Zachodniej.

Obecnie Pan Doktor pełni funkcję Lidera Grupy Badawczej w Centrum Doskonałości Materiałów Wielofunkcyjnych NOMATEN w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

### **Ocena dorobku naukowego**

Dorobek naukowy Habilitanta na dzień złożenia wniosku habilitacyjnego obejmował 50 publikacji z czego 3 uzyskane przed ukończeniem doktoratu a pozostałe po obronie rozprawy doktorskiej. Łączna liczba cytowań wg WoS to ponad 900 (z uwzględnieniem samocytowań). Przytoczone dane składają się na indeks Hirscha równy 16 (z uwzględnieniem samocytowań). Habilitant publikował w bardzo dobrych czasopismach o wysokim wpływie na dyscyplinę określonym przez tzw. „Impact Factor”. Artykuły habilitanta publikowane były m.in. w (10) Physical Review Letters (10), Physical Review B (6), Physical Review E (6), Nature (1) oraz innych.

Zainteresowania badawcze Habilitanta, znajdujące odzwierciedlenie w tematyce publikacji, koncentrują się głównie wokół fizyki odkształcenia plastycznego ciał stałych, a w ostatnich

latach ukierunkowane zostały na rozwój teorii mikroodkształcenia w materiałach mono i polikrystalicznych.

Do pozostałych osiągnięć naukowych Habilitanta zaliczyć można kierowanie i realizację 5 projektów badawczych oraz zaprezentowanie 47 prac na konferencjach międzynarodowych. Habilitant jest członkiem zespołów redakcyjnych w 2 czasopismach: *Materials Theory* (Springer-Nature) oraz *Journal of Mechanics* (Scirea). Recenzował liczne prace w prestiżowych czasopismach.

W podsumowaniu oceny obszaru działalności naukowej Habilitanta należy uznać jego dorobek naukowy za wystarczający w kontekście ubiegania się o stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie „Nauki fizyczne”.

### **Ocena osiągnięcia naukowego**

Podstawą ubiegania się Doktora Stefanosa Papanikolaou o stopień doktora habilitowanego jest cykl 8 powiązanych tematycznie artykułów naukowych zebranych pod wspólnym tytułem „Modelowanie wieloskalowe, przewidywanie i uczenie maszynowe wahań odkształceń stochastycznych w ciałach stałych”, opublikowanych w latach 2012-2020.

1. 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 (2017): 013001
2. 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)
3. 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)
4. 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*, 2012, 490 (7421), 517-21.
5. H. Song, D. Dimiduk, S. Papanikolaou, Universality Class of Nanocrystal Plasticity: Localization and Self-Organization in Discrete Dislocation Dynamics. *Phys. Rev. Letters* 2019, 122(17), 178001.

6. H. Song, S. Papanikolaou, From statistical correlations to stochasticity and size effects in sub-micron crystal plasticity, *Metals*, 9(8), 835 (2019)
7. S. Papanikolaou, Learning local, quenched disorder in plasticity and other crackling noise phenomena. *NPJ Computational Materials*, 2018, 4, 27.
8. S. Papanikolaou, Microstructural Inelastic Fingerprints And Data-Rich Predictions of Plasticity and Damage in Solids. *Computational Mechanics* 1-14 (2020)

Habilitant opisał osiągnięcie naukowe w postaci 13 stron Autoreferatu stanowiącego załącznik do wniosku. Niestety z przykrością stwierdzam, że zaprezentowany Autoreferat nie ułatwia zrozumienia zagadnień podjętych przez Aplikanta w toku prowadzonych prac badawczych. Brakuje szerszego kontekstu badań, a zaprezentowane opisy ograniczają się do prezentacji własnych osiągnięć bez nakreślenia ich związku z szeroko pojętą literaturą tematu. W zaprezentowanym Autoreferacie brakuje jasno zdefiniowanych osiągnięć, które Autor uznałby za znaczące z punktu widzenia rozwoju dyscypliny.

Na tym tle znacząco lepiej prezentują się publikacje Habilitanta, w których w ujęciu tradycyjnym można znaleźć nie tylko szerszy kontekst podjętych badań, ale także wyniki badań i wnioski umożliwiające ocenę osiągnięć Autora.

Z lektury wszystkich prac wyłania się wspólny zakres badań obejmujący analizę mechanizmów odkształcenia materiałów krystalicznych i amorficznych uwzględniających ich budowę wewnętrzną oraz warunki prowadzenia odkształcenia (np. prędkość odkształcenia).

Na szczególne docenienie zasługuje Artykuł nr 1., 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 (2017): 013001, który jest pracą przeglądową.

W artykule tym Autorzy prezentują aktualny stan wiedzy, będącej zarówno wynikiem prac eksperymentalnych, jak i teoretycznych, dotyczący mechanizmów towarzyszących odkształceniu materiałów. Wskazują interesujące efekty towarzyszące zjawiskom lokalizacji odkształcenia plastycznego takie jak np. emisja akustyczna, efekt Portevin-Le Chateliera oraz zjawiska Ludersa. Rozważania obejmują w tym przypadku interakcję dyslokacji i układów dyslokacji z cząstkami, atomami składników stopowych i defektów w postaci np. defektów radiacyjnych. Odnoszą się również do wpływu efektu rozmiaru np. ziaren na proces odkształcenia plastycznego. W dalszej części prezentują analizę dostępnych modeli numerycznych wskazując na ich wady i zalety. Do interesujących wniosków z tej pracy zaliczyć można:

- stwierdzenie, że historia odkształcenia (np. pierwotna gęstość dyslokacji w materiale) ma istotny wpływ na mechanizm ruchu dyslokacji,
- spostrzeżenie, że zjawisko lokalizacji odkształcenia zależy od wielkości układu, i że ta zależność nie jest w literaturze wyczerpująco zbadana.
- stwierdzenie, że w dostępnych modelach nie uwzględnia się zjawisk starzenia indukowanych zarówno termicznie jak i na skutek lokalnego odkształcenia.
- stwierdzenie, że większość proponowanych modeli nie uwzględnia zjawiska wspinania dyslokacji. To ograniczenie wynika głównie z różnych skal czasowych, w których zachodzi zjawisko poślizgu i wspinania dyslokacji.

W pracy 2. 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), Autorzy podjęli próbę opisu zjawiska lokalizacji odkształcenia plastycznego w materiałach amorficznych, a w szczególności w szklach metalicznych. Zaproponowali model bazujący na zjawisku tiksotropii skutkującej w tym przypadku lokalnym osłabieniem lub wzmocnieniem materiału wynikającym ze zlokalizowanego odkształcenia. Pomimo ciekawej i oryginalnej koncepcji, w mojej ocenie zabrakło w tej pracy odniesienia się do wyników eksperymentalnych. Należy jednak zwrócić uwagę, że zaprezentowany model nie uwzględnia szeregu bezpośrednich efektów wynikających z odkształcenia plastycznego materiałów amorficznych, a zidentyfikowanych eksperymentalnie, np. krystalizacji lub w stopach wieloskładnikowych – segregacji składników i wydzielania.

Prace 3-6 obejmują analizę mechanizmów odkształcenia w materiałach krystalicznych.

W pracy 3, 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), Autorzy zaprezentowali wyniki modelowania 2D odkształcenia nano-mikro-kolumn (z ang. „nano-micro-pillars”) w czasie jednoosiowego ściskania. Wyniki symulacji, pomimo dużych uproszczeń założonych w modelu, pokazują istotne trendy związane z wpływem rozmiaru kolumny na granicę plastyczności. Trendy te są zgodne z obserwacjami eksperymentalnymi znanymi z innych prac. Istotnym elementem analizy w przypadku zastosowanego w pracy modelu jest uwzględnienie stochastycznego charakteru zjawisk towarzyszących odkształceniu plastycznemu. Wykazano, że układy o mniejszych rozmiarach charakteryzują się wyższą granicą plastyczność, ale z drugiej strony wykazują znacząco wyższą tendencję do lokalizacji odkształcenia plastycznego skutkującego dużymi fluktuacjami na krzywej naprężenie-odkształcenie.

Artykuł 5, 1. H. Song, D. Dimiduk, S. Papanikolaou, Universality Class of Nanocrystal Plasticity: Localization and Self-Organization in Discrete Dislocation Dynamics. Phys. Rev. Letters 2019, 122(17), 178001, jest rozwinięciem poprzednich prac i oprócz aspektu rozmiaru kolumn uwzględnia także wpływ prędkości odkształcenia na przebieg zależności naprężenia od odkształcenia. Do cennych wyników tej pracy w mojej opinii należy zaliczyć opis przyczyn stojących za zwiększonym umocnieniem w materiałach nanokrystalicznych w stosunku do mikrokrystalicznych. Autorzy wskazują, że taki efekt może być związany ze znacznie mniejszą gęstością źródeł dyslokacji w materiałach o mniejszym rozmiarze ziaren.

W pracy 6, H. Song, S. Papanikolaou, From statistical correlations to stochasticity and size effects in sub-micron crystal plasticity, Metals, 9(8), 835 (2019), Autorzy analizują wpływ istniejących w materiale dyslokacji na proces odkształcenia plastycznego. Do cennych wniosków z tej pracy zaliczyć można określenie ilościowych zależności pomiędzy wykładnikiem umocnienia a gęstością dyslokacji występujących pierwotnie w materiale.

Dwie ostatnie prace wskazane w spisie jako 7 i 8 dotyczą zastosowania narzędzi uczenia maszynowego w tym sieci neuronowych do przewidywania zachowania się materiałów poddanych odkształceniu. Habilitant w pracy 8 zbudował i przetestował narzędzie numeryczne umożliwiające prognozowanie zmian w szerszym zakresie odkształcenia plastycznego na bazie wyników opisu mikrostruktury uzyskanej z materiałów poddanych niewielkiej deformacji. Model ten w mojej ocenie na obecnym etapie zaawansowania ma szereg wad do których zaliczyć należy 2-wymiarowy charakter, ale przede wszystkim brak możliwości uwzględnienia dynamiki zmian struktury i odkształcenia. Dodatkowo wyniki uzyskane z tego modelu powinny zostać poddane znacznie szerszej weryfikacji eksperymentalnej. Niemniej jednak, istnieje w przyszłości możliwość jego praktycznego wykorzystania w kontekście np. przewidywania właściwości mechanicznych materiałów w zakresie deformacji statycznych lub quasi-statycznych.

W podsumowaniu stwierdzam, że pomimo krytycznych uwag odnoszących się głównie do zdawkowej formy opisu osiągnięcia naukowego zaprezentowanego jako Autoreferat, Habilitant przeprowadził badania, których efektem są wartościowe wyniki opublikowane w prestiżowych czasopiśmie. Prace naukowe Habilitanta mają istotny wkład w szczegółowy obszar badań materiałowych mieszczących się w dziedzinie fizyki odkształcenia plastycznego. Wyniki tych prac pozwalają na głębsze zrozumienie i opis mechanizmów odkształcenia w skali mikro.

### **Dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzatorski**

Z pobieżnych informacji zawartych we wniosku można się domyślać, że Habilitant w toku swojej kariery naukowej prowadził również zajęcia dydaktyczne w obszarze mechanizmów odkształcenia kryształów, kinetyki i termodynamiki. Był też opiekunem 3 postdoków i 6 prac magisterskich i 2 studentów. Z informacji zawartych we wniosku trudno jest ustalić ilu doktorantów/magistrantów wypromował.

Habilitant jest członkiem takich organizacji naukowych jak: American Society of Mechanical Engineers (ASME), The Minerals, Metals & Materials Society (TMS), American Physical Society (APS), Materials Research Society (MRS), American Society of Engineering and Education (ASEE). W latach 2017-2020 piastował kierownicze stanowiska w ASEE (American Society for Engineering Education - North Central Section) oraz MRS (Materials Research Society). W latach 2012-2018 brał czynny udział w organizacji 8 warsztatów i konferencji.

Podsumowując, na bazie dostępnych we wniosku informacji, stwierdzam że w mojej ocenie dorobek dydaktyczny Habilitanta jest przeciętny. Znacząco lepiej oceniam jego działalność organizacyjną.

### **Wniosek końcowy**

Oceniając przedłożoną pracę habilitacyjną Doktora Stefanosa Papanikolaou należy stwierdzić, że przeprowadził On szereg oryginalnych prac mających na obecnym etapie charakter badań podstawowych. Oryginalność wyników została potwierdzona w załączonych publikacjach w prestiżowych czasopismach.

Biorąc pod uwagę przedłożoną rozprawę oraz opis dorobku naukowego wraz z kopiami publikacji, życiorysem naukowym oraz inne elementy dostarczonej dokumentacji stwierdzam, że spełniają one warunki określone Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym i wnoszę o dopuszczenie Doktora Stefanosa Papanikolaou do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.