

Wrocław, 25. czerwca 2024 r.

prof. dr hab. inż. Jerzy Kaleta
Katedra Mechaniki,
Inżynierii Materiałowej i Biomedycznej
Wydział Mechaniczny
Politechniki Wrocławskiej
ul. Smoluchowskiego 25
50-370 Wrocław

RECENZJA

wniosku o nadanie Dr. ANECIE USTRZYCKIEJ, z Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

Opis identyfikacyjny:

Przedłożona dokumentacja, w tym wniosek i autoreferat Habilitantki wraz załącznikami, skierowana do recenzenta za pośrednictwem Rady Doskonałości Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN.

Podstawa formalno-prawna:

- Pismo z 8. kwietnia (które wpłynęło do recenzenta 26. kwietnia br.) od Prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Ranachowskiego, Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie,
- Art. 221 ust.4 ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2023 r. poz. 742).

A. OCENA OSIĄGNIĘCIA NAUKOWEGO

Wprowadzenie i znaczenie naukowe i aplikacyjne podjętego zagadnienia

Za osiągnięcie naukowe będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego przyjęto we wniosku cykl pięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych pod łącznym tytułem: „Wieloskalowe modelowanie konstytutywne wpływu promieniowania na właściwości mechaniczne materiałów sprężysto-plastycznych”.

Postępujący rozwój i nadzieje związane z energetyką jądrową wymagają opracowania nowych materiałów odpornych na równoczesne występowanie obciążeń mechanicznych i termicznych, silnego promieniowania oraz agresywnego chemicznie oddziaływania mediów chłodzących. Niezawodność i bezpieczeństwo energetyki jądrowej wymaga możliwie stabilnych właściwości mechanicznych, termicznych i strukturalnych w szerokim zakresie temperatur i promieniowania. Z kolei nowe koncepcje reaktorów cechują się bardziej agresywnymi środowiskami, wyższymi temperaturami i większym poziom uszkodzeń radiacyjnych. Innymi obiektami, przy projektowaniu których oddziaływanie wysokich dawek promieniowania na właściwości wytrzymałościowe materiałów jest kluczowe są np. akceleratory cząstek i detektory oraz inne urządzenia w przemyśle elektronicznym i kosmicznym.

Dlatego zachowanie materiałów konstrukcyjnych w środowisku radiacyjnym, gdy występują cząstki energetyczne takie jak protony, neutrony czy lekkie lub ciężkie jony, odgrywa ważną rolę i sprawia, że istotne znaczenie ma konstytutywne modelowanie wpływu napromieniania na właściwości mechaniczne. Niezwykle istotne jest zrozumienie mechanizmów powstawania i ewolucji mikrouszkodzeń oraz

przewidywanie czasu życia elementów narażonych na działanie promieniowania w połączeniu z obciążeniami mechanicznymi i to dla szerokiego zakresu temperatur.

Kluczowe znaczenie przy tym ma fakt, iż charakter uszkodzeń wywołanych promieniowaniem ma charakter wieloskalowy. Uszkodzenia radiacyjne występują bowiem najpierw pomiędzy wysokoenergetycznymi cząstkami, a atomami sieci. Wytworzone defekty punktowe migrują i ewoluują tworząc skupiska o różnych strukturach. Napromieniowanie materiałów prowadzi w rezultacie do dużych zmian właściwości mechanicznych i przejawia się wzrostem granicy plastyczności, redukcją zakresu plastycznego, wzrostem kruchości i twardości, a także zmianą objętości i akumulacją helu (tworzącego swoiste bąble, co wywołuje z kolei porowatość). Dodatkowa trudność wynika z faktu, iż jeśli nawet znajomość zmian mikrostruktury materiału jest względnie poznana, to jej wpływ na właściwości mechaniczne w skali makro jest trudny do oceny.

Należy też podkreślić, iż tematyka podjętego zagadnienia ma charakter interdyscyplinarny i lokuje się w obszarze głównie Inżynierii Mechanicznej oraz częściowo Inżynierii Materiałowej, a także wybranych działów Fizyki.

Podsumowując na wstępie zamierzenia Habilitantki i mając na uwadze stan wiedzy należy przyjąć, iż zagadnienie „Wieloskalowego modelowanie konstytutywnego wpływu promieniowania na właściwości mechaniczne materiałów sprężysto-plastycznych” jest szczególnie aktualne naukowo i aplikacyjnie. Opracowanie efektywnego fizycznego modelu zjawisk zachodzących w napromieniowanych materiałach umożliwia bowiem poszerzenie warunków eksploatacyjnych aktualnie używanych materiałów i stanowi bazę do projektowania nowych.

Charakterystyka przedłożonych prac stanowiących cykl publikacyjny

(A1) Skoczeń, B. and **Ustrzycka, A.** "Kinetics of evolution of radiation induced micro-damage in ductile materials subjected to time-dependent stresses." International Journal of Plasticity 80 (2016): 86-110.

IF: 6.490. Liczba cytowań (wg. Google Scholar): 20.

W pracy podjęto zagadnienie modelowania konstytutywnego ewolucji pól uszkodzeń radiacyjnych poddanych obciążeniom mechanicznym w ramach Kontinualnej Mechaniki Uszkodzeń - CDM. Celem głównym było przewidywanie ewolucji uszkodzeń wywołanych promieniowaniem w ciałach stałych, poddawanych obciążeniom mechanicznym przekraczającym granicę plastyczności. Przyjęto, iż ewolucja uszkodzeń wywołanych promieniowaniem łączy się z ewolucją uszkodzeń wywołanych mechanicznie w ramach mechaniki uszkodzeń ciągłych. Zaproponowano sformułowanie addytywne w odniesieniu do parametrów uszkodzeń. Zbudowano wieloskalowy model konstytutywny zawierający silne tło fizyczne związane z mechanizmem powstawania skupisk pustek w napromieniowanych ciałach stałych. Model opiera się na eksperymentalnym oszacowaniu koncentracji różnych typów defektów sieci w funkcji dpa (miara uszkodzenia radiacyjnego rozumiana jako: displacement per atom) i obejmuje odpowiednią kinetykę ewolucji uszkodzeń. Wzięto pod uwagę dwa prawa kinetyczne ewolucji uszkodzeń: model Rice'a i Tracey'a oraz dla porównania model Gursona. W ramach aplikacji przeprowadzono ocenę czasu życia cylindrycznej powłoki poddanej działaniu kombinacji napromieniania i obciążeń mechanicznych. Wykazano, że liczba cykli do uszkodzenia zależy w dużym stopniu od kumulacji mikrouszkodzeń w wyniku napromieniania. Żywotność napromieniowanych elementów wyrażono jako funkcję dwóch parametrów: maksymalnego dpa i amplitudy naprężenia osiowego w cyklu. Do modelowania wykorzystano częściowo wyniki projektu Euron (High Intensity Neutrino Oscillations Facility) zrealizowanego w CERN.

(A2) Ustrzycka, A., Mróz, Z., Kowalewski, Z. L., & Kucharski, S. (2020). Analysis of fatigue crack initiation in cyclic microplasticity regime. *International journal of Fatigue*, 131, 105342.

IF: 4.369. Liczba cytowań (wg. Google Scholar): 20

W pracy zaproponowano nową koncepcję modelowania konstytutywnego mechanizmu inicjacji pęknięć z uwzględnieniem lokalnych fluktuacji naprężeń, zazwyczaj pomijanych w przyjmowanych modelach uszkodzeń. Matematyczny model narastania uszkodzeń oparty został na znanej koncepcji płaszczyzny krytycznej [Seweryn i Mróz (1998)]. W pracy opisano inicjację pęknięć zmęczeniowych w metalach poddawanych cyklicznym obciążeniom w nominalnym zakresie sprężystym lub początkowym sprężysto-plastycznym, następnie przechodzącym do odpowiedzi sprężystej podczas cyklicznego odkształcania. Przyjęto, że wzrost uszkodzeń następuje pod wpływem działania naprężeń lokalnych, określonych jako suma naprężeń średnich i ich wahań wywołanych niejednorodnościami materiału, takich jak granice ziaren, wtrącenia, chropowatości, itp. Inicjacja makropęknięć odpowiada wówczas wartości krytycznej skumulowanych uszkodzeń. Modelowanie wzrostu uszkodzeń wsparto aparatem do elektronicznej interferometrii plamkowej (ESPI) wykorzystującym spójne światło lasera. Efekt wzrostu uszkodzeń analizowano za pomocą testów mikroindentacyjnych. Badania zmęczeniowe wykonano dla próbek stali o dużej wytrzymałości z otworem centralnym. Wyniki zamieszczone w publikacji wykorzystane zostały z powodzeniem w późniejszych pracach do scharakteryzowania cienkich warstw napromieniowanych jonami.

(A3) Ustrzycka, A., Skoczeń, B., Nowak, M., Kurpaska, Ł., Wyszowska, E., & Jagielski, J. (2020). Elastic-plastic-damage model of nano-indentation of the ion-irradiated 6061 aluminium alloy. *International Journal of Damage Mechanics*, 29(8), 1271-1305.

IF: 3.125. Liczba cytowań (wg. Google Scholar): 11

W artykule przedstawiono eksperymentalną i numeryczną charakterystykę ewolucji uszkodzeń materiałów napromieniowanych i poddawanych odkształceniom plastycznym podczas tzw. nanonacięcia. Zastosowano napromieniowanie jonami, które stało się obecnie najszerzej stosowaną metodą osiągania wysokich dawek defektów radiacyjnych, co oszczędza czas i koszt oraz zapewnia możliwość kontrolowania z dużą dokładnością gęstości i rozkładu defektów. Badania przeprowadzono w NCBJ w Świerku na stopie aluminium poddanemu implantacji jonami Ar i He. Przedstawiono eksperymentalną i numeryczną charakterystykę ewolucji izotropowych uszkodzeń w materiale napromieniowanym poddanym deformacji plastycznej. Zaproponowano nową matematyczną zależność pomiędzy uszkodzeniem radiacyjnym (dpa) a parametrem porowatości. Proces deformacji materiałów napromieniowanych jonami symulowano numerycznie przy użyciu rozszerzonego modelu Gursona – Tvergaarda – Needlemana (GTN), który uwzględnia skutki uszkodzeń. Odpowiednie wyniki numeryczne weryfikowano eksperymentalnie. Wykazano, że model GTN dość skutecznie odzwierciedla zamykanie pustych przestrzeni i zwiększanie gęstości materiału podczas nanonacięcia.

(A4) Ustrzycka, A. (2021). Physical mechanisms based constitutive model of creep in irradiated and unirradiated metals at cryogenic temperatures. *Journal of Nuclear Materials*, 548, 152851.

IF: 2.936. Liczba cytowań (wg. Google Scholar): 3

Uwaga: W autoreferacie omówiono tę pracę jako A5. Tu zachowano numerację początkową, czyli A4 (jak na stronie 4. autoreferatu).

W pracy opisano fizyczne mechanizmy pełzania niskotemperaturowego metali napromieniowanych i nienapromieniowanych. Rozważono powolne niesprężyste odkształcenia ciał stałych pod wpływem naprężeń poniżej granicy plastyczności materiału. Sformułowano konstytutywny model pełzania dla materiałów napromieniowanych w temperaturach kriogenicznych (ciekły azot 77 K, ciekły hel 4,2 K) w oparciu o koncepcję, że przemieszczenie utrzymywane przez barierę potencjału przechodzą przez nią dzięki efektowi tunelowania. Uwzględniono pełzanie powstałe w wyniku rozszerzania się pętli dyslokacji wywołanych napromienianiem. Zaproponowano prawo kinetyczne ewolucji pętli dyslokacji wykorzystując mechanizm rozwoju linii dyslokacji. Uwzględniono także pełzanie powstające w wyniku elastycznego oddziaływania defektów punktowych wywołanych promieniowaniem z istniejącymi dyslokacjami w materiałach. Ponadto sformułowano nowy model konstytutywny pełzania w niskiej temperaturze w materiałach nienapromieniowanych. Wykazano, iż efekt tunelowania dyslokacji kwantowo-mechanicznej Glens-Motta pozwala rozszerzyć teorię na zakres temperatur ciekłego helu. Dla tego przypadku materiałów nienapromieniowanych pokazano krzywe pełzania potwierdzone eksperymentalnie dla miedzi i stali nierdzewnej w temperaturze kriogenicznej.

(A5) Nowak, M., Mulewska, K., Azarov, A., & Ustrzycka, A. (2023). A peridynamic elasto-plastic damage model for ion-irradiated materials. *International Journal of Mechanical Sciences*, 237, 107806.

IF: 6.772. Liczba cytowań (wg. Google Scholar): 14

W pracy przyjęto, że porowatość indukowana promieniowaniem jest głównym źródłem umocnienia radiacyjnego, a losowo rozmieszczone defekty radiacyjne stają się przeszkodami dla niezakłóconego ruchu dyslokacji i płynięcia plastycznego. W pracy przedstawiono nowatorskie peridynamiczne relacje konstytutywne sformułowane w celu przewidywania odkształceń plastycznych i ewolucji uszkodzeń w napromieniowanych materiałach. Rezultaty modelowania weryfikowano danymi eksperymentalnymi. Przeprowadzono kampanie napromieniania jonowego, aby naśladować skutki napromieniowania neutronami. Przeprowadzono serię eksperymentów wgłębnych, aby wyjaśnić skutki modyfikacji struktury materiału i ocenić efekt utwardzania wynikający z defektów radiacyjnych. Badania eksperymentalne przeprowadzono we współpracy z Uniwersytetem w Oslo oraz z NCBJ w Świerku.

Osiągnięcie naukowe Habilitantki, podsumowanie cyklu publikacyjnego

Przedstawiona powyżej w cyklu publikacji aktywność Habilitantki lokuje się w obszarze materiałów dla współczesnej energetyki jądrowej i dotyczy ważnego zagadnienia wpływu napromieniowania na właściwości mechaniczne metali poddanych krzyżowym obciążeniom mechanicznym (monotonicznym i cyklicznym) oraz temperaturowym. Głównym osiągnięciem naukowym w zakresie Inżynierii Mechanicznej jest opracowanie matematycznej zależności pomiędzy fizyczną miarą uszkodzeń radiacyjnych, a tensorowym opisem uszkodzeń w zakresie kontynualnej mechaniki uszkodzeń oraz opracowanie wieloskalowego modelu konstytutywnego z użyciem nowatorskiej teorii peridynamiki.

Do istotnych osiągnięć uzupełniających zaliczyć należy kolejno: zweryfikowanie zakresu stosowalności modelu Gursona-Tvergaarda-Needlemana do analizy zachowania plastycznego materiałów napromieniowanych, sformułowanie modelu konstytutywnego inicjacji pęknięć zmęczeniowych w zakresie cyklicznej mikropłastyczności z uwzględnieniem lokalnych fluktuacji oraz identyfikację mechanizmów fizycznych zmian właściwości mechanicznych materiałów napromieniowanych. Istotny wkład do Dyscypliny dotyczy także modelu

konstytutywnego opisującego pełzanie materiałów napromieniowanych w temperaturach kriogenicznych oraz szerokiego spektrum metod eksperymentalnych, np. z zakresu skaningowej i transmisyjnej mikroskopii elektronowej, instrumentalnej indentacji, różnorodnych technik napromieniowania i innych. Rezultaty pozwoliły na uwzględnienie relacji pomiędzy wszystkimi analizowanymi parametrami uszkodzeń (dyslokacje, pętle dyslokacji, porowatości, pola mikrouszkodzeń, odkształcenie plastyczne, itp.) w skali nano-, mikro-, mezo- i makroskopowej.

Pozwala to łącznie stwierdzić, iż osiągnięcie naukowe Habilitantki jest oryginalne, znaczące, łatwe do zdefiniowania i spełnia zadowalająco wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Forma dokumentów prezentujących osiągnięcie naukowe. Autoreferat i pozostałe dokumenty przygotowano właściwie, co zdecydowanie ułatwiło ocenę.

B. POZOSTAŁA AKTYWNOŚĆ NAUKOWO-BADAWCZA i CAŁOŚCIOWY DOROBEK NAUKOWY

Jako aktywność naukową przedstawiono również szeroki zestaw badań, w tym w zakresie:

- mechanizmów zarodkowania dyslokacji podczas nanoindentacji zagęszczonych stopów FeNiCr,
- pierścieniowych dysków obrotowych obciążonych pełzaniem mieszanym,
- analizy inicjacji pęknięć zmęczeniowych w warunkach cyklicznej mikroplastyczności,
- matematycznego i numerycznego modelowanie dużych odkształceń dla pierścieniowych dysków obrotowych,
- superwiązki neutrin,
- urządzeń do oscylacji neutrin o wysokiej intensywności.

Dorobek w tym zakresie zawarto w 8 publikacjach w czasopismach z listy JRC (poza omówionymi powyżej), w 5 rozdziałach w monografiach naukowych oraz zaprezentowano na 12 konferencjach międzynarodowych. Należy zwrócić uwagę na prace w następujących czasopismach z list JRC, a mianowicie: Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, International Journal of Fatigue, Applied Mathematics and Mechanics, Physical Review Special Topics-Accelerators and Beams, Engineering Structures oraz European Journal of Mechanics-A/Solids.

Aktywność naukowa przed doktoratem

Już przed doktoratem dorobek naukowy Habilitantki był znaczący i obejmował 4 publikacje, w tym jedną w czasopiśmie z bazy JRC. Ponadto wyniki prac własnych Kandydatka zaprezentowała na 5 konferencjach międzynarodowych.

Sumaryczny dorobek naukowy, w tym po uzyskaniu stopnia doktora
Sumaryczny dorobek Habilitantki zestawiono skrótowo poniżej.

Łączna liczba prac (w nawiasie: po doktoracie):

- w czasopismach wyróżnionych przez Journal Citation Reports - JCR (tzw. lista Filadelfijska): 14 (13),
- publikacje w innych recenzowanych czasopismach krajowych lub zagranicznych: 4 (1),

- sumaryczny Impact Factor dla prac z listy Filadelfijskiej, zgodnie z rokiem opublikowania (w nawiasie: po doktoracie): 42.603 (40.290).

Wskaźniki scjentometryczne z Web of Science:

- liczba cytowań publikacji (bez autocytowań): 95 (73),
- indeks Hirscha: 7.

Wskaźniki scjentometryczne z bazy Scopus:

- liczba cytowań publikacji (bez autocytowań): 135 (108),
- indeks Hirscha: 7.

Pozwala to stwierdzić, iż sumaryczny dorobek publikacyjny jest znaczący oraz spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

Aktywny udział w konferencjach naukowych

Habilitationka latach 2012-2022 prezentowała swoje prace na **19** konferencjach międzynarodowych, w tym na dwóch przed uzyskaniem stopnia doktora. Miejscem organizacji konferencji międzynarodowych były takie kraje jak: Polska, Belgia, Włochy, USA, Kanada, Francja, Szwecja, Wielka Brytania, Jamajka i Panama. Wymienić tu można tak znaczące konferencje jak np.: NuMat2022: The Nuclear Materials Conference, International Congress of Theoretical and Applied Mechanics, SolMech Conference, European Mechanics and Materials Conference, International Conference on Damage Mechanics i kilka innych.

Uczestnictwo w programach międzynarodowych i krajowych

Dr inż. Aneta Ustrzycka brała udział w czterech znaczących projektach naukowych z tego w jednym międzynarodowym, w których trzykrotnie był wykonawcą, a raz kierownikiem. Wymienić tutaj należy: Multiscale Constitutive Modeling of Irradiation Effect on Mechanical Properties of Austenitic Stainless Steel (NCN, kierownik projektu), High Intensity Neutrino Oscillations in Europe-EURONU (CERN, wykonawca), Complex Multiscale Constitutive Model of Irradiated Multiphase and Composite Materials Applied at Extremely Low Temperature (NCN, wykonawca) oraz Elaboration of Fundamentals of a New, Interdisciplinary Method for Monitoring of Damage Development of Materials on the Basis of Structural Defects Investigation (NCN, wykonawca).

Staże i współpraca z instytucjami naukowymi

Habilitationka odbyła trzykrotnie staże (łącznie 7 tygodni) w CERN (Szwajcaria), co zaowocowało wspólnymi publikacjami. Prowadziła współpracę z University of Oslo w zakresie napromieniowania stali austenitycznych, z Politechnika Krakowską w zakresie tematyki radiacyjnej, z Narodowym Centrum Badań Jądrowych Otwock-Świerk w zakresie identyfikacji właściwości mikromechanicznych warstw napromieniowanych jonami oraz w zakresie modelowania procesów zachodzących w napromieniowanych materiałach metodą Dynamiki Molekularnej (w tym w ramach projektu NOMATEN), z Politechnika Warszawską w zakresie badań eksperymentalnych z użyciem mikroskopii elektronowej. Odbyła również staż studencki w Freie Universität Berlin (Niemcy).

Opieka nad doktorantami

Habilitationka pełni od lutego 2023 r. funkcję promotora pomocniczego w ramach przewodu realizowanego w projekcie Sonata Bis 10.

Recenzowanie publikacji w czasopismach

Dr inż. Aneta Ustrzycka jest autorką 31 recenzji do renomowanych czasopism międzynarodowych, w tym: International Journal of Plasticity, Journal of Nuclear Materials, Mechanics of Materials, Journal of Pressure Vessels and Piping Materials, Journal of Theoretical and Applied Mechanics oraz Engineering Transactions.

Mając na uwadze powyższe należy stwierdzić, iż łączny dorobek naukowy jest dobrze udokumentowany, wyróżniający i spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

C. DOROBK DYDAKTYCZNY

Dorobek dydaktyczny dr. inż. Anety Ustrzyckiej dotyczył okresu zatrudnienia (4 lata) w Politechnice Krakowskiej i wiązany był z prowadzeniem zajęć z następujących przedmiotów: Wytrzymałość Materiałów, Analiza Wytrzymałości Konstrukcji, Engineering Mathematics (w języku angielskim) Quantum Mechanics and Fundamentals of Accelerator Design (w języku angielskim) oraz Biofizyka.

Pozwala to łącznie stwierdzić, iż Kandydatka legitymuje się dorobkiem dydaktycznym i spełnia w tym zakresie wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

D. CHARAKTERYSTYKA POZOSTAŁEGO DOROBKU

Dorobek organizacyjny

Działalność Kandydatki w tym zakresie obejmuje udział w organizacji konferencji ICEM 2022 (19th International Conference on Experimental Mechanics, Kraków, 17-21.07.2022) oraz przygotowanie seminarium Zakładu Mechaniki Doświadczalnej IPPT PAN (wykładowca: Dr f. Javier Dominguez-Gutierrez, 19th January, 2022).

Upoważnia to do stwierdzenia, iż Kandydatka legitymuje się dorobkiem organizacyjnym, i spełnia w tym zakresie wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

E. WNIOSEK KOŃCOWY

Reasumując pragnę stwierdzić, iż przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe w postaci serii artykułów jak i łączny dorobek naukowy zawierają elementy będące oryginalnym osiągnięciem Habilitantki. Osiągnięcia te wnoszą **istotny wkład w dyscyplinę naukową Inżynieria Mechaniczna**. Ponadto dorobek scharakteryzowany wskaźnikami scjentometrycznymi jest znaczący i spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego. Również osiągnięcia dydaktyczne i organizacyjne Kandydatki spełniają stosowne wymagania.

*Dlatego uważam, że osiągnięcie naukowe oraz całokształt dorobku dr inż. Anety Ustrzyckiej, zgodnie ze stosownymi zapisami Ustawy z dnia 20. lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz.U. z 2023 r poz. 742), **spełnia wymagania** i może być podstawą do ubiegania się przez ww. o stopień naukowy **doktora habilitowanego nauk inżynierijno-technicznych** w dyscyplinie **Inżynieria Mechaniczna**.*

/prof. dr hab. inż. Jerzy Kaleta/

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
KATEDRA MECHANIKI,
INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I BIOMEDYCZNEJ
(K58W10D07)
50-370 Wrocław, Wybrzeże Wyspiańskiego 27
tel. 71 320 27 65, fax 71 321 12 35
NIP 8960005851 (1)

