

Wrocław, 17. stycznia 2020 r.

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

RECENZJA

rozprawy doktorskiej Mgr. inż. KAROLA GOLASIŃSKIEGO pod tytułem „Analysis of thermomechanical couplings in Gum Metal under selected loadings” wykonanej pod kierunkiem Dr. hab. inż. Elżbiety PIECZYSKIEJ, prof. instytutu z Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie

Opis identyfikacyjny: maszynopis sygnowany przez Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie (2019).

Podstawa formalno-prawna:

- pismo (z 6. listopada 2019 r.; wpłynęło do recenzenta 14. listopada br.) Prof. dr. hab. inż. Zbigniewa Ranachowskiego, Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie,
- Ustawa o stopniach naukowych i tytule naukowym, zgodnie z art. 179 ust.1 ustawy z dnia 3. lipca 2018 r. (przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U. z 2018 r., poz. 1669).

OCENA PRACY DOKTORSKIEJ

A. Wprowadzenie

Głównym zamierzeniem Autora była analiza sprzężeń termomechanicznych w celu opisu niestandardowych mechanizmów odkształcenia w wyniku obciążeń statycznych i cyklicznych. Obiektem badań były trzy stopy Gum Metal¹ pozyskane od partnerów z Japonii. Za szczególnie interesujące uznano zbadanie nieliniowego zakresu, mechanicznie odwracalnego odkształcenia.

Na wstępie należy podkreślić, iż stopy typu Gum Metal, zwane w literaturze przedmiotu również jako stopy TNTZ-O² (od pierwszych liter symboli oznaczających główne pierwiastki składowe, czyli odpowiednio: Ti, Nb, Ta, Zr oraz O) są od lat przedmiotem intensywnych badań. Od czasu pionierskiej pracy³ z 2003 roku, badaczy reprezentujących trzy wiodące placówki (Toyota Central Research and Development Laboratories, Institute of Engineering Innovation, University of Tokyo oraz Graduate School of Frontier Sciences, University of Tokyo), nie ustają działania mające na celu poznanie mechanizmów,

¹ Uwaga: recenzent świadomie pozostał przy angielskiej nazwie stopu - Gum Metal, chociaż Promotor i Doktorant podejmują próby wprowadzenia polskiej nazwy - Gumo Metal. Być może warto mieć na uwadze, iż wprowadzenie do przeglądarki hasła Gumo Metal skutkuje obecnie wyłącznie wskazaniem wytwórców i produktów z obszaru wzmocnianych wyrobów gumowych (np. uszczelki).

² Besse, M., Castany, P., & Gloriant, T. (2011). Mechanisms of deformation in Gum Metal TNTZ-O and TNTZ titanium alloys: A comparative study on the oxygen influence. *Acta Materialia*, 59(15), 5982-5988.

³ Saito, T., Furuta, T., Hwang, J. H., Kuramoto, S., Nishino, K., Suzuki, N., ... & Nonaka, T. (2003). Multifunctional alloys obtained via a dislocation-free plastic deformation mechanism. *Science*, 300(5618), 464-467.

optymalizacji technologii, znalezienia odpowiednich modeli konstytutywnych oraz poszerzenia zakresu aplikacji tych unikatowych materiałów. Przeglądarki internetowe rejestrują obecnie ponad 30 tys. prac z tego zakresu, z tego ponad 8 tysięcy tylko od 2016 roku. Atrakcyjność tematu jest następstwem unikatowych właściwości tej klasy stopów, z których na podkreślenie zasługuje: względny niski moduł E, wysoka wytrzymałość, duże odwracalne nieliniowe odkształcenie mechaniczne (do 2.5%, co określa się często jako supersprężystość; ang.: super elasticity), biogodność, umożliwiająca zastosowania medyczne, możliwość podwyższania granicy plastyczności przez obróbkę plastyczną na zimno (do ok. 90%) bez umocnienia, mały współczynnik rozszerzalności cieplnej (ang.: Invar effect), stała wartość modułu Younga w szerokim zakresie temperatur (od -200°C do +250°C (ang.: Einvar effect) oraz kilka innych.

Należy stwierdzić, iż tematyka podjętego zagadnienia ma charakter interdyscyplinarny i lokuje się w obszarze Mechaniki (obecnie Inżynierii Mechanicznej) oraz częściowo Inżynierii Materiałowej. Projektując pracę na stopień Autor przedstawił zwięźle aktualny stan wiedzy z zakresu zaawansowanych stopów tytanu, w tym szczególnie typu Gum Metal oraz zaprezentował metodykę badania sprzężeń termomechanicznych. Na tej podstawie Doktorant sformułował tezę, cele i główne zadania do podjęcia w rozprawie. Następnie opisał metodykę badań własnych (głównie eksperymentalnych), a także uzyskane rezultaty w zakresie charakteryzacji wybranych stopów Gum Metal w warunkach obciążeń kwazistatycznych i cyklicznych, w odniesieniu do próbek poddanych rozciąganiu i ścisnaniu. Wiele wysiłku włożono w realizację szerokiego spektrum badań strukturalnych (mikroskopia optyczna i skaningowa, dyfraktometria rentgenowska, pomiary ultradźwiękowe, kalorymetria różnicowa). Rozprawę zakończono podsumowaniem oraz wnioskami z przeprowadzonych badań i sugestiami w zakresie dalszych prac.

Należy zdecydowanie podkreślić, iż realizacja przedsięwzięcia wymagała od Autora współpracy z wieloma wiodącymi zespołami zagranicznymi i krajowymi. Do pierwszych zaliczyć należy partnerów z Japonii (Toyota Central Research and Development Labs, Ibaraki University, Fukuoka University, University of Tsukuba, Kyushu University, AICHI Institute of Technology oraz Chubu University) oraz Niemiec (Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials, Dresden). Do drugich z kolei partnerów z Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach oraz zespoły badawcze rodzimego Instytutu (IPPT PAN). Przy czym kluczowe znaczenie miało nawiązanie współpracy z zespołami badawczymi z Japonii i pozyskanie unikatowego obiektu badań w postaci próbek ze stopów Gum Metal.

Podsumowując na wstępie zamierzenia Autora pracy i mając na uwadze stan wiedzy należy przyjąć, iż zagadnienie badania sprzężeń termomechanicznych w celu opisu niestandardowych mechanizmów odkształcenia w wyniku obciążeń statycznych i cyklicznych w stopach typu Gum Metal jest ambitnym, aktualnym i ważkim zagadnieniem w zakresie badań podstawowych i stosowanych. Wynika to z interdyscyplinarnego charakteru zjawiska, w którym występują zagadnienia z zakresu Mechaniki (głównie eksperymentalnej), Inżynierii Materiałowej oraz wybranych zagadnień Fizyki. Pozwala to łącznie stwierdzić, że wybór tematyki badawczej zawartej w przedłożonej rozprawie jest w pełni aktualny naukowo i aplikacyjnie, a nawet, by podkreślić „kaliber” wyzwania naukowego - lokuje się w obszarze tzw. cutting-edge technology.

B. Charakterystyka pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa podzielona została na 6 rozdziałów oraz 61 podrozdziałów, w tym zawarto też podsumowanie oraz dyskusję z wnioskami końcowymi, a także sugestie dalszych prac. Dodatkowo praca zawiera streszczenie (w dwóch wersjach językowych), zestawienie oznaczeń i skrótów oraz spis cytowanej literatury przedmiotu. Monografia obejmuje 176 stron, zilustrowana została 131 rysunkami bądź zdjęciami oraz

25 tabelami. Zestawienie cytowanej literatury zawiera 148 pozycji, w tym w 22 przypadkach współautorstwa Doktoranta.

W pierwszym rozdziale (*Background, literature review and motivation*) przedstawiono rys historyczny badań naukowych w zakresie wybranych stopów tytanu, w tym głównie z pamięcią kształtu oraz stopów tzw. supersprężystych, co stanowiło tło do omówienia zaawansowanych stopów Gum Metal, których wytwarzanie zainicjowano w Japonii około 2003 roku. Gum Metal to wielofunkcyjny stop tytanu nie zawierający niklu, domieszko- wany natomiast niobem, tantalem, cyrkonem i tlenem. Omówiono technologię wytwarza- nia, aspekty strukturalne, unikatowe właściwości mechaniczne, metodykę badawczą oraz poszerzający się systematycznie zakres zastosowań tej nowej klasy materiałów. Pozwoliło to w części końcowej na określenie celu, tezy pracy oraz głównych zadań. Za cel główny przyjęto zbadanie niekonwencjonalnych mechanizmów odkształcania Gum Metal z wykorzystaniem analizy sprzężeń termomechanicznych stopu dla wybranych warun- ków obciążenia mechanicznego. Przyjęto też dwie tezy, a mianowicie: 1) odwracalne krzywoliniowe odkształcenie sprężyste w Gum Metal ma swoje odzwierciedlenie w obrazie sprzężeń termomechanicznych, 2) prędkość odkształcania ma istotny wpływ na właści- wości badanego stopu. Zestawiono też szczegółowo zadania niezbędne do osiągnięcia celu i udowodnienia tezy.

W rozdziale drugim (*Methodology applied for investigation of thermomechanical couplings in Gum Metal under loading*) opisano znane z literatury przedmiotu podstawy fizyczne badań sprzężeń termomechanicznych. Następnie opisano własną metodykę, w tym z równoczesnym zastosowaniem cyfrowej korelacji obrazu (Digital Image Correlation - DIC) oraz szybkiej i czulej kamery do badań w podczerwieni (IRT). W opisie przytoczono doświadczenia zespołu, z którego wywodzi się Doktorant, związane z tego typu badania- mi, ale w odniesieniu do innych obiektów (stale austenityczne, stopy tytanu z pamięcią kształtu). Założono, że do obciążeń mechanicznych wykorzystany będzie typowy pulsator hydrauliczny. Opisano też oryginalne oprogramowanie Thermocorr wytworzone w IPPT PAN.

W rozdziale trzecim (*Preliminary investigation of thermomechanical couplings in Gum Metal under tension*) opisano wstępną część badań własnych w warunkach kwazistatycznego i cyklicznego rozciągania. W pierwszym przypadku prędkość odkształcania wyniosła od- powiednio 10^{-3} s^{-1} oraz 10^{-2} s^{-1} . W drugim przypadku zadawano obciążenie cykliczne z prędkością $4 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ (i przyrostem odkształcenia $\Delta \epsilon = 0.002$) aż do pęknięcia, które wy- stąpiło w 14 cyklu. Obiektem badań był stop pozyskany z Toyota Central Research and Development Laboratories o składzie : Ti-23, Nb-0.7, Ta-2, Zr-1.2, O (at.%). Opisano skład, mikrostrukturę, technologię wytwarzania oraz geometrię próbek. Rejestrując sy- gnały naprężenia, odkształcenia i temperatury porównano sprzężenia termomechaniczne dla tych stanów. Potwierdzono podstawowe cechy stopy (niski moduł E, wysoka wytrzyma- małość) oraz wykazano występowanie liniowego (czysto sprężystego) i nieliniowego zakre- su odkształcenia odwracalnego. Wykazano ponadto, iż właściwości mechaniczne Gum Metal zależą od zastosowanej prędkości odkształcania. Porównano wartości zmian tem- peratury w obszarze termosprężystym analizując wartości eksperymentalne i uzyskane ze wzoru 2.1. Rezultaty pozwoliły zaplanować i wykonać główne badania opisane w dal- szej części rozprawy.

Obszerny rozdział czwarty (*Comprehensive investigation of thermomechanical couplings in Gum Metal under tension*) opisuje kluczowy etap prac eksperymentalnych rozprawy w zakresie rozciągania stopu. Obiektem badań był stop o tym samym składzie. Różniła się natomiast geometria próbek (znacznie krótsza część pomiarowa). Zastosowano układy pomiarowe opisane wcześniej (Digital Image Correlation - DIC oraz kamera IRT). Badania mikrostruktury przeprowadzono z użyciem mikroskopii optycznej, skaningowej oraz wy-

korzystając metodę dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD). Z kolei analizę składu chemicznego powierzchni próbki przeprowadzono z użyciem rentgenowskiej spektroskopii energodispersyjnej (EDS). Monotoniczne próby rozciągania przeprowadzono przy prędkościach odpowiednio: 10^{-5}s^{-1} , 10^{-4}s^{-1} , 10^{-3}s^{-1} , 10^{-2}s^{-1} oraz 10^{-1}s^{-1} . Cykliczne z kolei - przy prędkości 10^{-2}s^{-1} . Przeprowadzono analizę krzywych naprężenie-odkształcenie, w tym odkształcenia Hencky'ego oraz rozkładów tensora prędkości odkształcenia. Równocześnie rejestrowano zmianę temperatury. Mechanizm deformacji, podczas monotonicznego i cyklicznego obciążenia analizowano wykorzystując sygnały naprężenia i zmiany temperatury. Analizowano wpływ prędkości odkształcania na wartość granicy plastyczności i odkształcenia przy zerwaniu oraz zjawisko umocnienia bądź osłabienia. Wykazano, iż efekt termosprężysty występuje znacznie wcześniej niż graniczna wartość odwracalnego odkształcenia. Świadczy to, iż krzywoliniowa część wykresu odwracalnego odkształcenia związana jest z procesami rozpraszania energii. W części końcowej podjęto też próbę oszacowania bilansu energii dla 24 kolejnych cykli obciążania.

Rozdział piąty (Investigation of Gum Metal subjected to compression) zawiera badania stopu Gum Metal w warunkach ściskania. Obiektem badań był stop Gum Metal o fazie prawie wyłącznie β , wyraźnej teksturze, innym składzie (Ti – 36 Nb – 2 Ta – 3 Zr – 0,3% (wag.%)), geometrii (prostokątów o wymiarach 6 mm x 6 mm x 100 mm) i technologii wytwarzania (spiekanie proszków, kucie na gorąco, a następnie na zimno) dostarczony przez Fukuoka University. Na wstępie zbadano skład i strukturę materiału wykorzystując opisane wcześniej techniki (XRD, EBSD, SEM). Moduł Younga E wyznaczono metodą ultradźwiękową. Jego wartość zależała od orientacji względem kierunku obróbki na zimno. Badania kwazistatyczne przeprowadzono dla prędkości odkształcania 10^{-2}s^{-1} . Zależność siły od przemieszczenia dla dwóch prostokątnych powierzchni wyznaczano niezależnie z użyciem dwóch kamer. Przeanalizowano również wpływ cyklicznego ściskania (w kierunku obróbki próbki na zimno) na sprzężenia termomechaniczne. Założono prędkość odkształcania równą $5 \times 10^{-2}\text{s}^{-1}$ z przyrostem odkształcenia równym początkowo ~ 0.025 (dla pierwszych 5 cykli) oraz z krokiem ~ 0.05 (dla kolejnych pięciu). Zaobserwowano zjawisko narastającego umacniania się stopu oraz wyraźne granice plastyczności w kolejnych cyklach obciążania.

Rozdział szósty (Podsumowanie pracy) posłużył Autorowi do streszczenia pracy, wyeksponowania elementów oryginalnych oraz głównych rezultatów, które posłużyły do udowodnienia tezy i osiągnięcia celu pracy. Za szczególnie wartościowe autor uznał wykorzystanie pomiarów temperatury do rozdzielenia efektu czysto sprężystego (gdy temperatura osiąga minimum) od pełnego zakresu odkształcenia odwracalnego. Wykazano też, iż mechanizm odkształcania Gum Metal ma charakter egzotermiczny podczas obciążania i endotermiczny podczas odciążania materiału. Za ważne uznano też kolejno: wykazanie wpływu prędkości odkształcania na właściwości mechaniczne, anizotropię właściwości mechanicznych (np. modułu Younga) w próbie ściskania, w zależności od orientacji obróbki na zimno, a także zjawisko umacniania się stopu w kolejnych cyklach obciążania przy ściskaniu. Na końcu wskazano też planowane badania dalsze, wśród których wyeksponowano następujące zagadnienia: wyznaczenie sprzężeń termomechanicznych dla Gum Metal po i bez obróbki materiału na zimno, badania stopu o różnej zawartości tlenu, zastąpienie w stopie tlenu przez azot oraz przeprowadzenie badań stopu przy obciążeniach dynamicznych.

C. Uwagi krytyczne i sugestie

1. Efekt W. Thomsona zachodzi jedynie w obszarze sprężystym, o czym Doktorant wspomina na stronie 47⁵⁻⁹. Autor wykorzystał formułę 2.1. do wyznaczania zmiany temperatury w pełnym zakresie odkształcenia stopu, a więc również w obszarze występowania odkształceń plastycznych. Taki wynik (jako: $\Delta T_{\text{CALCmin}}$ - theoretical) zapre-

zentowano na stronach 76-77, kolejno w tabeli 3.5 oraz na wykresie 3.21. Przyjęte założenie budzi wątpliwości. Przecież w cyklach oznaczonych numerami od 8 do 14 wystąpiły odkształcenia plastyczne i mogła zajść przemiana fazowa. A więc jest to już inny materiał jak ten z przedziału od 1 do 7 cyklu. Ponadto użyto w podsumowaniu rozdziału 3 (str. 78₁) sformułowanie, cyt.: „Quite good agreement between experimental and theoretical values was obtained” jest chyba nazbyt optymistyczne. Przyjęcie w modelowaniu $\Delta T_{\text{CALCmin}}$ założenia, że ciepło właściwe jest równe 0.455 J/gK i stałe (nie zależy od odkształcenia plastycznego) też można zakwestionować. Literatura przedmiotu (ale dla innych metali; nie dla Gum Metal) mówi o czymś przeciwnym. Należy podkreślić, iż podobny sposób modelowania Autor zastosował w rozdziale 4, co dokumentuje tabela 4.- (str. 119) oraz wykres 4.38 (str. 120).

2. Kluczowym założeniem i jednocześnie osiągnięciem pracy jest zastosowanie sprzężeń termomechanicznych do analizy zachowania się Gum Metal podczas statycznego i cyklicznego odkształcania. O ile sposób wyznaczania końca liniowego przedziału sprężystego nie budzi wątpliwości (co odpowiada maksymalnemu spadkowi temperatury), to już powiązanie punktów na wykresie zmian temperatury z końcem krzywo-liniowego, ale odwracalnego odkształcenia (the end of nonlinear recoverable deformation), czyli punktu B, budzi wątpliwości i jest zbyt uznaniowe. Na przykład na rysunku 3.6 b) oraz d) (str. 62) graniczną wartość odwracalnego odkształcenia (recoverable strain) przyjęto dla $\Delta T=0$. Z kolei na rysunku 3.8 (str. 65) wartość ΔT jest dodatnia (ok. 0.4°C), podobnie na rysunkach: 3.18 (str. 72), 3.19 (str. 74), czy 4.23 (str. 105), gdzie wartość ΔT jest ok. 0.2°C. Z kolei na rys. 4.36 (str. 116) wartość ΔT wynosi aż 1.7°C. Jak zatem uzasadnia Doktorant sposób wyznaczania punktu B?. Podobne wątpliwości budzi interpretacja punktu D (początek „elastic unloading”).
3. Przedział pomiędzy punktami B i C, gdzie zdaniem Doktoranta występują odwracalne odkształcenia, ale termodynamicznie proces jest nieodwracalny wymagałby pełniejszego komentarza. Wielokrotne powoływanie się na prace Miyazaki S., uznanego specjalisty z tego zakresu, jest oczywiście uzasadnione, ale niewystarczające.
4. W planach dalszych prac zasadne byłoby również uwzględnienie potrzeby budowy związków konstytutywnych dla stopów Gum Metal (recenzent z zainteresowaniem odnotował opublikowanie pierwszej pracy z tego zakresu w roku 2019 autorstwa zespołu, z którego wywodzi się Doktorant).

W recenzji pominięto uwagi szczegółowe odnoszące się do strony redakcyjnej. Należy jednak podkreślić, iż analiza wielu wykresów ilustrujących badania własne Doktoranta nie jest czytelna (przykładowo: 3.9, 3.10, 3.11, 4.16, 4.17 i kilku innych) i zdecydowanie utrudnia ocenę.

OCENA ŁĄCZNEGO DOROBKU NAUKOWEGO DOKTORANTA

Na tle innych recenzowanych rozpraw doktorskich przez niżej podpisanego, dorobek publikacyjny Mgr. inż. Karola Golaśińskiego jest bardzo duży. Skłoniło to recenzenta do dokładniejszego zbadania parametrów bibliometrycznych.

Sumaryczny dorobek naukowy Doktoranta zestawiono skrótowo poniżej.

Wskaźniki scjentometryczne wg bazy Web of Science ():*

- liczba prac w bazie: 16 (10 artykułów i 6 prac konferencyjnych),
- liczba cytowań publikacji (bez autocytowań): 59 w 46 pracach (45 w 37 pracach),
- indeks Hirscha: 5.

Wskaźniki scjentometryczne wg bazy Scopus ():*

- liczba prac w bazie: 12
- liczba cytowań publikacji (bez autocytowań): 65 (42),
- indeks Hirscha: 5.

(*) Uwaga: wskaźniki scjentometryczne zostały zebrane w momencie przygotowania recenzji (J. Kaleta).

Artykuły, których współautorem jest Doktorant opublikowane zostały w renomowanych czasopismach z listy JCR, w tym: Smart Materials and Structures (IF: 3.543), Applied Physics Letters (IF: 3.521), RSC Advances (IF: 3.049), Materials (IF: 2.728), Polymer Testing (IF: 2.943), Quantitative InfraRed Thermography Journal (IF: 1.062), Journal of Alloys and Compounds (4.175), ACS Sustainable Chemistry & Engineering (6.97), International Journal of Plasticity (IF: 5.800) czy Journal of Materials Science and Technology (IF: 5.040). Nawet jeśli nie jest znany udział procentowy Doktoranta w przygotowaniu prac, to wynik ten jest wyróżniający. Prace doktoranta były ponadto nagradzane na kilku konferencjach międzynarodowych.

Pozwala to jednoznacznie stwierdzić, iż łączny dorobek jest zdecydowanie ponadprzeciętny, znacznie przekracza wymagania stawiane kandydatom do stopnia doktora w dyscyplinie Mechanika (obecnie Inżynieria Mechaniczna) i występuje w Polsce w zasadzie w odniesieniu do pracowników ze znacznie dłuższym stażem naukowym.

Podkreślenia wymaga też fakt uzyskania przez Mgr. inż. Karola Golasińskiego w roku 2018 stypendium Prezesa Polskiej Akademii Nauk na rok akademicki 2018/2019 za wybitne osiągnięcia naukowe.

PODSUMOWANIE

Przedstawioną pracę o tytule " *Analysis of thermomechanical couplings in Gum Metal under selected loadings*", niezależnie od zgłoszonych uprzednio uwag, oceniam całościowo jednoznacznie i zdecydowanie pozytywnie. Analiza sprzężeń termomechanicznych, w celu opisu niestandardowych mechanizmów odkształcenia w wyniku obciążeń statycznych i cyklicznych w stopach Gum Metal, jest ambitnym i ważkim zagadnieniem w zakresie badań podstawowych i stosowanych. Praca ma charakter głównie eksperymentalny, ale obejmuje również zagadnienia modelowania efektów termomechanicznych. Wyraźnie sformułowano tezę, cel i konsekwentnie rozwiązano zadania szczegółowe. Szczególną wartość pracy należy upatrywać w stronie eksperymentalnej przedsięwzięcia. Pozwala to łącznie stwierdzić, iż teza pracy została dowiedziona, a cel rozprawy osiągnięty. Ponadto z dostępnych baz danych wynika, iż dorobek naukowy Doktoranta jest wyróżniający.

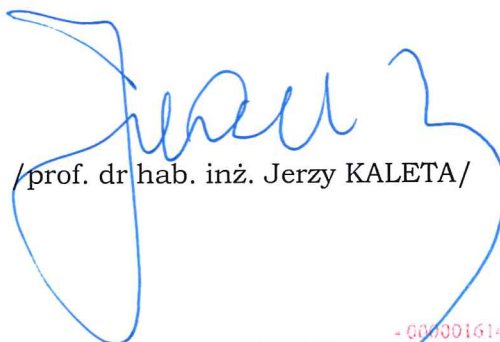
Mając na uwadze wszystkie wymienione powyżej aspekty stwierdzam, że przedstawiona do oceny praca spełnia wymagania stawiane przez Ustawę o stopniach naukowych i tytułach naukowych, zgodnie z art. 179 ust.1 ustawy z dnia 3. lipca 2018 r. (przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Dz.U. z 2018 r., poz. 1669) i może być podstawą do nadania stopnia doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna. Wnoszę jednocześnie o dopuszczenie recenzowanej rozprawy do publicznej obrony.

Wnioskuje ponadto o wyróżnienie rozprawy.

Uzasadnienie. Powodem wniosku jest łączne wystąpienie następujących okoliczności związanych z ocenianą pracą:

1. *Obiekt badań (Gum Metal) i tematyka badawcza (opis niestandardowych mechanizmów odkształcenia) spełniają wymóg aktualności naukowej w zakresie badań podstawowych i stosowanych.*
2. *Zastosowano zaawansowany i zróżnicowany warsztat pomiarowy w zakresie badań mechanicznych, termicznych i strukturalnych.*

3. Osiągnięcie celu wymagało współpracy naukowej z renomowanymi ośrodkami naukowymi, głównie zagranicznymi.
4. Uzyskane wyniki poddano dyskusji w szerokim gronie specjalistów przez opublikowanie ich w renomowanych czasopismach i prezentacji na znaczących konferencjach.
5. Dorobek publikacyjny Doktoranta, związany prawie w całości z tematyką rozprawy, jest ponadprzeciętny i występuje w Polsce w zasadzie w odniesieniu do pracowników ze znacznie dłuższym stażem naukowym.



/prof. dr hab. inż. Jerzy KALETA/

- 600001614 -
POLITECHNIKA WROCLAWSKA
KATEDRA MECHANIKI
I INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ
Wybrzeże St. Wyspiańskiego 27
50-370 Wrocław
NIP 8960005851 (1)