

RECENZJA

**dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego
dr inż. Andrzeja KURKA w postępowaniu habilitacyjnym wszczętym 26.07.2023r. na
Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej w dziedzinie nauk inżynieryjno-
technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna**

1. Podstawa formalna recenzji

Recenzja została wykonana na podstawie zlecenia Rektora Politechniki Opolskiej dr hab. inż. Marcina Lorenca (pismo RR/1413/2023z dnia 4.12.2023r). Podstawą opracowania recenzji jest dokumentacja dorobku przedstawiona przez Habilitanta do oceny. Recenzja została przygotowana zgodnie z wytycznymi ustawy z dnia 20 lipca 2018r., Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. Ustaw, 2023r., poz.742) oraz wytycznymi Rady Doskonałości Naukowej w sprawie postępowań dotyczących nadania stopnia doktora habilitowanego (poradnik z dnia 9.08.2023r).

2. Charakterystyka sylwetki osobowej Habilitanta

Dr. inż. Andrzej Kurek ukończył w roku 2009 studia na Politechnice Opolskiej. W 2014 roku obronił pracę doktorską pt. „Trwałość zmęczeniowa elementów maszyn wykonanych z bimetalu stal-tytan zgrzewanego wybuchowo na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej. Od roku 2011 zatrudniony jest na stanowisku asystenta w Katedrze Mechaniki i Podstaw Konstrukcji Maszyn PO, a na stanowisku adiunkta od roku 2014. W latach 2020-2021 był kierownikiem laboratorium zaawansowanych metod druku 3D, a od 2021 do chwili obecnej jest kierownikiem laboratorium trwałości i wytrzymałości materiałów oraz zaawansowanych metod druku 3D. Był odpowiedzialny za zakupy aparaturowe do tworzonych laboratoriów w ramach programu Regionalna Inicjatywa Doskonałości jak drukarka DMLS 3D do proszków metali, wieloosiowa maszyna zmęczeniowa do badań przy rozciąganiu-ściskaniu i skręcaniu, urządzenia do atomizacji proszków metali oraz systemu do badań dynamicznych z napędem hydraulicznym osiowo skrętnym w podwyższonych temperaturach w ramach projektu Centrum Projektowe Zaawansowanych Technologii Lekkich. W swoim dorobku posiada łącznie 61 publikacji i co należy podkreślić w tym 5 samodzielnych (14 opublikowanych przed doktoratem i 36 po doktoracie), 33 artykuły umieszczone zostały w czasopismach naukowych indeksowanych w bazie SCOPUS. Jest autorem i współautorem 29 referatów naukowych (21 przed doktoratem i 8 po doktoracie) na konferencjach krajowych i zagranicznych. Współpracuje naukowo z instytucjami zagranicznymi jak Department of Engineering and Architecture University of Parma Włochy, Fraunhofer Institute for Machine Tools and Forming Technology czy TU Chemnitz, Niemcy oraz z wieloma jednostkami naukowymi i firmami w kraju (wykaz we wniosku). W latach 2011-2014 kierował projektem PRELUDIUM pt. „Innowacyjna metoda oceny trwałości eksploatacyjnej warstwowych materiałów metalicznych wykonanych w technologii zgrzewania wybuchowego na podstawie charakterystyk zmęczeniowych materiałów podstawowych” a w latach 2012 – 2014 był wykonawcą w grantie OPUS pt. „Weryfikacja

kryteriów wieloosiowego losowego zmęczenia” finansowanych przez Narodowe Centrum Nauki. Po uzyskaniu stopnia doktora w latach 2016 – 2020 był wykonawcą w grantie OPUS pt. „Odkształceniowe charakterystyki zmęczeniowe dla różnych stanów obciążeń naprzemiennych” a od 2022 do 2025 jest wykonawcą w grantie OPUS pt. „Pionierski model szacowania trwałości zmęczeniowej bazujący na procesie Gaussowskim i uczeniu maszynowym” finansowanym również przez Narodowe Centrum Nauki.

Z kolei w latach 2017-2018 brał czynny udział w utworzeniu Centrum projektowania inżynierskiego w ramach Parku Naukowo-Technologicznego w Opolu finansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego. Prowadzona współpraca z firmami zaowocowała licznymi pracami zleconymi pełniąc w nich funkcje kierownika i wykonawcy w łącznie 31 zleceniach.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Habibant przedłożył do oceny osiągnięcie naukowe jako cykl powiązanych tematycznie 9 artykułów naukowych opublikowanych w latach 2016-2021 pod wspólnym tytułem: „Nowe modele charakterystyk zmęczeniowych odpowiadające potrzebom badań zmęczeniowych w warunkach cyklicznego zginania” (wniosek dr inż. Andrzeja Kurka z dnia 26.07.2023r o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna). W jego skład wchodzi publikacje stanowiące osiągnięcie naukowe (indeksowane w bazie Web of Science) tzn:

[A1] **Kurek, A.** Using Fatigue Characteristics to Analyse Test Results for 16Mo3 Steel under Tension-Compression and Oscillatory Bending Conditions. *Materials* (Basel). 2020, 13, 1197, doi:10.3390/ma13051197. **IF: 3.4, IF5: 3.8, MEiN: 140.**

[A2] **Kurek, A.**; Koziarska, J.; Łagoda, T. The Influence of the Strain and Stress Gradient in Determining Strain Fatigue Characteristics for Oscillatory Bending. *Materials* (Basel). 2020, 13, 173, doi:10.3390/ma13010173. **IF: 3.4, IF5: 3.8, MEiN: 140.**

[A3] **Kurek, A.**; Kurek, M.; Łagoda, T. Stress-life curve for high and low cycle fatigue. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*. 2019, 57, doi:10.15632/jtam-pl/110126. **IF: 0.7, IF5: 0.8, MEiN: 140.**

[A4] **Kurek, A.**; Łagoda, T. Fracture of elastic-brittle and elastic-plastic material in cantilever cyclic bending. *Frat. ed Integrita Strutt.* 2019, 13, 42-49, doi:10.3221/IGF-ESIS.48.06. **IF: 1.4, IF5: 1.1, MEiN: 40.**

[A5] **Kurek, A.**; Kurek, M.; Koziarska, J.; Vantadori, S.; Łagoda, T. Fatigue characteristics of 6082-T6 aluminium alloy obtained in tension-compression and oscillatory bending tests. *Journal of Machine Construction and Maintenance Problemy Eksploatacji*, 3, 57-69, 2018 **MEiN: Lista B, 12 pkt.**

[A6] Kowalski, A.; Ozgowicz, W.; Grajcar, A.; Lech-Grega, M.; **Kurek, A.** Microstructure and fatigue properties of ALZn6Mg0.8Zr alloy subjected to low-temperature thermomechanical processing. *Metals* (Basel). 2017, 7, 448, doi:10.3390/met7100448. **IF: 2.9, IF5: 2.9, MEiN: 30. (2018) 70 (2023).**

[A7] Kowalski, A.; Ozgowicz, W.; Jurczak, W.; Grajcar, A.; Boczekal, S.; **Kurek, A.** Microstructural and Fractographic Analysis of Plastically Deformed Al-Zn-Mg Alloy Subjected to Combined High-Cycle Bending-Torsion Fatigue. *Metals* (Basel). 2018, 8, 487, doi:10.3390/met8070487. **IF: 2.9, IF5: 2.9, MEiN: 30 (2018) 70 (2023).**

[A8] **Kurek, A.**, Łagoda, T., Kurek, M. (2021). Stress gradient as a size effect in fatigue life determination for alternating bending. *International Journal of Fatigue*, 153, 106461, doi:10.1016/j.ijfatigue.2021.106461 **IF: 6, IF5: 6, MEiN: 140 (2021).**

[A9] Kulesa A., **Kurek A.**, Łagoda T., Achtelek H., Kluger K. "Low Cycle Fatigue of Steel in Strain Controlled Cyclic Bending" *Acta Mechanica et Automatica*, 2016, 10(1), 62-65. doi:10.1515/ama-2016-0011 **IF: 0.7, IF5: 0.7, MEiN: 14 (2016) 100 (2023) .**

Drugim osiągnięciem naukowym nie związanym tematycznie do przedstawionego cyklu 9 artykułów, a mających istotne znaczenie dla rozwoju dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna są publikacje:

[B1] Łagoda, T.; Głowacka, K.; **Kurek, A.** Fatigue Life of Aluminum Alloys Based on Shear and Hydrostatic Strain. Materials (Basel). 2020, 13, 4850, doi:10.3390/ma13214850. **IF: 3.057 (2019) ; IF5: 3.424, MEiN: 140.**

[B2] Łagoda, T.; Kulesa, A.; **Kurek, A.**; Koziarska, J. Correlation of Uniaxial Cyclic Torsion and Tension-Compression for Low-Cycle Fatigue. Mater. Sci. 2018, 53, 522–531, DOI:10.1007/s11003-018-0105-3 **IF: 0.748 (2019), IF5: 0.698, MEiN: 15 (2018) 40 (2023).**

[B3] Moj, K.; Robak, G.; Owsiniński, R.; **Kurek, A.**; Żak, K.; Przysiężniuk, D. A new approach for designing cellular structures: design process, manufacturing and structure analysis using a volumetric scanner. J. Mech. Sci. Technol. 2022, doi:10.1007/S12206-022-2107-1.

[B4] Derda, S.; Karolczuk, A.; Prazmowski, M.; **Kurek, A.**; Wachowski, M.; Paul, H. Fatigue life and cyclic creep of tantalum/copper/steel layerwise plates under tension loading at room temperature. Int. J. Fatigue 2022, 162, doi:10.1016/J.IJFATIGUE.2022.106977.

[B5] Żrodowski, L.; Choma, T.; Wilkos, I.; **Kurek, A.** Influence of surface characteristics and finishing on fatigue properties of additively manufactured Ti6Al4V. 2021 6th Int. Conf. Nanotechnol. Instrum. Meas. NanofIM 2021, doi:10.1109/NANOFIM54124.2021.9737343.

Wśród publikacji zgłoszonych do oceny znajdują się 4 publikacje wysoko punktowane z liczbą punktów po 140 z Impact Factor 0,7, 3,4 i 6 opublikowane od roku 2019 kiedy to maksymalna liczba punktów w liście czasopism MEiN wynosiła 200 punktów. Pozostałe pięć publikacji opublikowano przed 2019 rokiem o liczbie punktów 12 do 40 i IF=0,7 do 2,9. Maksymalna liczba punktów za publikacje z listy MEiN wynosiła wtedy 50 punktów.

Habilitant przedstawił oświadczenia współautorów ocenianych publikacji (załącznik nr 3.1 autoreferatu). W oświadczeniach tych współautorzy przedstawili wniesiony przez nich rzeczowy wkład w powstanie publikacji, nie przedstawiono natomiast procentowego udziału, co utrudnia sprecyzowanie dominującego wkładu Habilitanta w sposób bezpośredni jako różnica procentowych udziałów. Po zapoznaniu się z rzeczowym udziałem współautorów w powstanie ocenianych publikacji stwierdzam, że jest on dla Habilitanta dominujący, a w publikacji A1 jest jedynym autorem. Warto dodać, że samodzielna publikacja może świadczyć o należytych przygotowaniach Habilitanta do roli samodzielnej pracy naukowej jako samodzielnego pracownika naukowego. Moim zdaniem spełniony jest też wymóg/zalecenie dotyczące posiadania osiągnięć naukowych jako drugiego osiągnięcia przedstawionego w formie dodatkowych publikacji B1-B5 poza ocenianymi i nie związanymi tematycznie.

Zapoznałem się ze wszystkimi 9 publikacjami i na tej podstawie również potwierdzam dominującą rolę Habilitanta w powstaniu publikacji, które przedstawił jako osiągnięcie naukowe.

Publikacja A1 której Habilitant jest jedynym autorem dotyczyła analizy zmęczeniowej stali 16Mo3 w warunkach rozciągania-ściskania i wahadłowego zginania. Polegała ona na porównaniu wyników badań zmęczeniowych z wynikami otrzymanymi przy użyciu modeli Mansona-Coffina-Basquina, Langer i Kandila oraz nowego modelu **Kurek-Łagoda, którego Habilitant był głównym pomysłodawcą.** Proponowany model odkształceniowej charakterystyki zmęczeniowej Habilitant przedstawia za pomocą równania:

$$\log(\epsilon_a, t - D)_t = A - B \log N_f + C \log^2 N_f \quad (1)$$

w którym występują cztery współczynniki materiałowe A, B, C, i D. W odróżnieniu do modelu Kandila autorski model wzbogacony został o czwartą stałą materiałową D. Podobnie model Langer'a do opisu trwałości zmęczeniowej zawiera trzy stałe materiałowe, model Basquina z roku 1910 jedną stałą materiałową, a model Mansona-Coffina-Basquina dwa wykładniki wytrzymałości zmęczeniowej i zmęczeniowego odkształcenia plastycznego.

Zaproponowany przez Habilitanta model charakterystyki zmęczeniowej tak jak uznane i powszechnie stosowane modele empiryczne wymienione powyżej z powodzeniem może być stosowany do opisu wyników badań zmęczeniowych w układzie amplitudy odkształcenia liczba cykli do zniszczenia. Ponadto w przypadku badań w warunkach rozciągania-ściskania uwidoczniła się dodatkowa zaleta proponowanego modelu. Podobnie jak w przypadku proponowanej naprężeniowej charakterystyki zmęczeniowej pojawia się zauważalna tendencja do przyjmowania przez charakterystykę kształtu litery 'S' (moim zdaniem raczej kształt litery S, ale pochylonej w lewo i odwróconej). Ten kształt lepiej dopasowuje się do rzeczywistych wyników eksperymentów zmęczeniowych. Współczynnik korelacji R^2 jest najwyższy wśród analizowanych modeli i dla modelu autorskiego Habilitanta przy testach rozciągania-ściskania wynosi 0,9676 a zginania 0,9872.

Autor w artykule zwraca uwagę, że istnieje możliwość zastąpienia podstawowego testu rozciągania-ściskania wykonywanego na dużych maszynach wytrzymałościowych testami wahadłowego zginania przeprowadzanymi na prostym stanowisku badawczym takim jak opracowanym z udziałem Habilitanta i przedstawionym na rysunku 7 podrozdziału 4.3.4 Autoreferatu. Najbardziej znana charakterystyka zmęczeniowa Masona-Coffina-Basquina stosowana do opisu wyników badań eksperymentalnych wymaga podzielenia odkształcenia na składowe sprężyste i plastyczne. Takiego wymogu nie ma w przypadku badań prowadzonych w warunkach zginania oscylacyjnego. Udowodniono, że proponowana metoda badania może bardzo dobrze zastąpić próbę rozciągania i ściskania i być prostsz przy ustalaniu właściwości zmęczeniowych materiału.

Publikacja **A2** której współautorem jest habilitant dotyczy wpływu gradientu odkształcenia i naprężenia na określenie charakterystyki zmęczeniowej odkształceniowej dla zginania oscylacyjnego. Udział Habilitanta w tym artykule obejmował opracowanie metodologii wraz z prof. Łagodą i przeprowadzenie badań wraz z dr Koziarską, a następnie ich analizę oraz napisanie, zgłoszenie i poprawa artykułu. Pełnił rolę 'corresponding author'. W artykule zaproponowano model umożliwiający konwersję charakterystyk zmęczenia odkształceniowego uzyskanych na podstawie cyklicznej próby zginania na równoważne z uzyskanymi charakterystykami w próbie rozciągania-ściskania. Zaproponowany model opiera się na stosunku gradientu naprężenia i odkształcenia w krytycznym miejscu, tj. na powierzchni. Dla analizowanych materiałów stwierdzono, że amplitudy odkształceń uzyskane na podstawie zaproponowane modele podczas próby zginania oscylacyjnego z utwierdzeniem dla danej trwałości zmęczeniowej były porównywalne z modelami uzyskanymi w próbie rozciągania-ściskania, z wyjątkiem stali 16Mo3. W przypadku zginania wahadłowego w pierwszym etapie amplitudy naprężeń przeliczono z modelu ciała sprężystego na model ciała sprężysto-plastycznego, a następnie w kolejnym kroku przeliczono tak wyznaczone amplitudy naprężeń na proponowany w niniejszej pracy model, który uwzględnia gradient naprężeń i gradient odkształceń według poniższej formuły $\sigma_{a,grad}$, co stanowiło podstawę do obliczenia gradientu odkształceń, $\epsilon_{a,grad}$. Następnie wyniki przedstawiono w formie naprężeniowej i odkształceniowej charakterystyki zmęczeniowej.

$$\sigma_{a,grad} = \sigma_{a,e-p} \left[1 + E(1/K')^{1/n'} 1/n' \sigma_{a(x)}^{1/n'-1} \right]^{1/5n'}$$

$$\varepsilon_{a,grad} = \left(\frac{\sigma_{a,e-p} \left[1 + E \left(\frac{1}{K'} \right)^{1/n'} \frac{1}{n'} \sigma_{a,e-p}^{1/n'-1} \right]^{1/5n'}}{E} \right) + \left(\frac{\sigma_{a,e-p} \left[1 + E \left(\frac{1}{K'} \right)^{1/n'} \frac{1}{n'} \sigma_{a,e-p}^{1/n'-1} \right]^{1/5n'}}{K'} \right)^{1/n'} \quad (2)$$

W celu weryfikacji modelu zbadano siedem różnych materiałów na podstawie przeprowadzonych badań zmęczeniowych lub danych dostępnych w literaturze: stal 30CrNiMo8, 10HNAP, SM45C, 16Mo3, mosiądz MO58 oraz stopy aluminium 2017A-T4 i 6082-T6. W rezultacie potwierdzono, że zaproponowaną metodą można wyznaczyć charakterystyki zmęczenia odkształceniowego zgodne z wartościami wyznaczonymi na podstawie próby rozciągania-ściskania.

Publikacja **A3** której współautorem jest habilitant dotyczy opracowania modelu naprężeniowej charakterystyki zmęczeniowej dla zmęczenia wysoko i niskocyklowego. Udział Habilitanta w artykule polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, przeprowadzeniu, analizie i obróbce graficznej wyników badań zmęczeniowych oraz zaproponowaniu modelu charakterystyki zmęczeniowej, a także napisanie, zgłoszenie i poprawa artykułu. Pełnił rolę 'corresponding author'.

Zaproponowany przez Habilitanta model naprężeniowej charakterystyki zmęczeniowej przeznaczony jest do opisu badań z zakresu niskiej i wysokiej liczby cykli:

$$\text{Log } \sigma_a/R_m = B \text{Log } 2N_f + C \text{Log}^2(2N_f) + D \text{Log}^3(2N_f) \quad (3)$$

W modelu, założono, że granica doraźnej wytrzymałości R_m ma wpływ na kształt naprężeniowej charakterystyki zmęczeniowej w zakresie bardzo małej liczby cykli. Proponowane rozwiązanie uwzględnia często zauważany w praktyce fakt, że charakterystyka zmęczeniowa dla większości materiałów nie przyjmuje, w układzie pojedynczo lub podwójnie logarytmicznym, kształtu linii prostej, lecz przypomina raczej pochyloną literę 'S'.

Weryfikację proponowanego modelu przeprowadzono na wynikach badań eksperymentalnych dziesięciu różnych materiałów z trzech podstawowych grup tj. stali niskostopowych, wysokostopowych i niestopowych. Na podstawie przeprowadzonych symulacji dla dziesięciu różnych materiałów sformułowano stwierdzenie, że zaproponowany model w sposób właściwy opisuje wyniki badań eksperymentalnych i może być stosowany jako charakterystyka zmęczeniowa zarówno dla zmęczenia niskocyklowego, jak i wysokocyklowego. Jego podstawową zaletą jest to, że uwzględnia wytrzymałość na rozciąganie R_m , aby odzwierciedlić dokładniej charakter krzywej naprężeń występujący w aktualnych warunkach.

Publikacja **A4** której współautorem jest habilitant dotyczy porównania trwałości zmęczeniowej stali 16Mo3 i stopu aluminium 6082-T6 podczas próby rozciągania-ściskania i zginania wahadłowego. Udział Habilitanta w artykule polegał na przeprowadzeniu, analizie i obróbce graficznej wyników badań zmęczeniowych oraz metalograficznych. A także opisanie tych badań, zgłoszenie i poprawa artykułu. Pełnił rolę 'corresponding author'.

Wykazano, że w przypadku zginania próbki ze stali 16Mo3 w zakresie zmęczenia niskocyklowego wykazały wzrost trwałość zmęczeniowa w stosunku do wyników uzyskanych w warunkach rozciągania-ściskania. Natomiast w przypadku próbki ze stopu

aluminium stan obciążenia praktycznie nie wpływa na trwałość zmęczeniową. Wyniki trwałości zmęczeniowej porównano z trwałością uzyskaną według modelu Mansona-Coffina-Basquina. Przeprowadzono analizę przełomów zmęczeniowych, która wykazała prawie jednorodne pęknięcia zmęczeniowe w próbkach stali 16Mo3, praktycznie sprężysto-plastyczne. Analizowany stop aluminium 6082-T6 charakteryzował się właściwościami sprężystymi i kruchymi.

Publikacja **A5** której współautorem jest habilitant dotyczy określenia charakterystyki stopu aluminium 6082-T6 w warunkach rozciągania-ściskania i wahadłowego zginania. Udział Habilitanta w artykule polegał na opracowaniu koncepcji artykułu, pomoc przy opracowaniu metodologii badań, przeprowadzenie większości badań zmęczeniowych na zginanie przy kontrolowanym przemieszczaniu na maszynach typu MZGS oraz analiza uzyskanych wyników. Przedstawiono porównanie wyników eksperymentalnych badań zmęczeniowych stopu aluminium 6082-T6 dla dwóch stanów obciążenia: rozciągania-ściskania kontrolowanego odkształceniem oraz zginania oscylacyjnego kontrolowanego odkształceniem i momentem zginającym. Wykorzystano w tym celu: modele zmęczeniowe Mansona-Coffina-Basquina, Kandila, Langerera oraz według modelu własnego, a także charakterystykę zmęczenia naprężeniowego Basquina. Uzyskane wyniki wykorzystano do porównania obu typów obciążeń przy różnych metodach sterowania i różnych charakterystykach zmęczeniowych. Najlepsze dopasowanie charakterystyki zmęczeniowej do wszystkich danych eksperymentalnych zapewnia zaproponowana przez autorów czteroparametrowa charakterystyka będąca fragmentem paraboli w układzie podwójnie logarytmicznym (współczynnik korelacji $R^2=0,9881$), i jest nieco lepsza od trójparametrowej charakterystyki Kandila (współczynnik korelacji $R^2=0,9868$).

Publikacja **A6** której współautorem jest habilitant dotyczy określenia mikrostruktury i właściwości zmęczeniowej stopu AlZn6Mg0,8Zr poddanego niskotemperaturowej obróbce termomechanicznej. Udział Habilitanta w artykule polegał na przeprowadzeniu i analizie wyników badań zmęczeniowych. Przedstawiono wyniki badań wpływu niskotemperaturowej obróbki termomechanicznej na mikrostrukturę stopu AlZn6Mg0,8Zr (stop 7003) oraz zależności pomiędzy mikrostrukturą i właściwościami zmęczeniowymi a fraktografią pękniętych próbek. Trwałość zmęczeniową określono w badaniu mechanicznym w prostym stanie obciążenia w warunkach zginania i skręcania. Rozwój pęknięcia zmęczeniowego opisano na podstawie badań fraktograficznych pękniętych próbek z wykorzystaniem skaningowego mikroskopu elektronowego (SEM). Stwierdzono, że czynnikami determinującymi wytrzymałość zmęczeniową badanego stopu są mikrostruktura oraz rodzaj i wielkość naprężeń cyklicznych. Czynniki te determinują fraktografię próbek zmęczeniowych. Stwierdzono również, że stop AlZn6Mg0,8Zr wykazuje wyższą chwilową wytrzymałość zmęczeniową w przypadku cyklicznych obciążeń zginających w porównaniu do obciążeń skręcających, niezależnie od stanu materiału.

Publikacja **A7** której współautorem jest habilitant dotyczy analizy mikrostrukturalnej i fraktograficznej odkształconego plastycznie stopu Al-Zn-Mg poddanego kombinowanemu zmęczeniu zginająco-skrętnemu o wysokiej częstotliwości cyklu. Udział Habilitanta w artykule polegał na przeprowadzeniu i analizie wyników badań zmęczeniowych. W pracy określono wpływ różnych poziomów odkształceń podczas niskotemperaturowej obróbki termomechanicznej (LTTT) na mikrostrukturę i wytrzymałość zmęczeniową stopu Al-Zn-Mg z mikroskopem Zr. Wytrzymałość zmęczeniową stopu badano w wysokocyklowych badaniach zginania i skręcania. Określenie wpływu poziomu odkształcenia plastycznego

podczas LTTT na mikrostrukturę przeprowadzono na podstawie obserwacji z transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM). Stan materiału po LTTT i wielkość obciążeń cyklicznych określają udział pęknięcia transkrystalicznego i plastycznego. Wzrost stopnia odkształcenia w zakresie 10–30% powoduje zwiększenie udziału pęknięcia plastycznego. Analizę pęknięć po badaniach zmęczeniowych przeprowadzono na podstawie obrazów fraktograficznych z wykorzystaniem skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM). Stwierdzono, że głównym czynnikiem wpływającym na mikrostrukturę stopu i determinującym charakter pękania zmęczeniowego jest poziom odkształcenia występującego podczas LTTT. Morfologia i duże rozproszenie cząstek międzymetalicznych η -MgZn₂ oraz aktywacja znacznej ilości układów poślizgu poprzecznego są czynnikami determinującymi powstawanie rozległych ścieżki pęknięć w warunkach złożonych obciążeń zmęczeniowych zginająco-skrętnych.

Publikacja **A8** której współautorem jest habilitant dotyczy określenia wpływu gradientu naprężeń jako efektu wielkości w wyznaczaniu trwałości zmęczeniowej przy zginaniu cyklicznym. Udział Habilitanta w artykule polegał na pomocy przy opracowaniu metodologii badań, przeprowadzeniu badań zmęczeniowych, wykonaniu zdjęć mikroskopowych i ich analiza. W artykule porównano wyniki eksperymentalnych badań trwałości zmęczeniowej dwóch rodzajów materiałów. Dla każdego z nich w badaniach zmęczeniowych uwzględniono zarówno efekt wielkości, jak i gradient naprężenia lub odkształcenia. Do analizy wybrano dwa różne materiały: stal 16Mo3 i stop aluminium 6082-T6. W przypadku 6062-T6 aluminium zarówno efekt skali, jak i efekt gradientu są niewielkie, co prawdopodobnie wynikało z faktu, że materiał zachowuje się w bardzo dużym stopniu sprężystości. Z drugiej strony efekt ten jest zauważalny w przypadku badań stali 16Mo3, gdzie materiał jest w dużej mierze materiałem w stanie sprężysto-plastycznym. Z analizy wynika, że gradient naprężeń uzyskany podczas zginania zmęczeniowego stali 16Mo3 i aluminium 6082-T6 daje podobny efekt jak w przypadku małych próbek, tj. wzrost trwałości zmęczeniowej w porównaniu do standardowych testów rozciągania-ściskania. Dlatego gradient naprężenia zginającego próbek bez karbu geometrycznego może być traktowany jako inny rodzaj efektu wielkości.

Publikacja **A9** której współautorem jest habilitant dotyczy niskocyklicznego zmęczenia stali podczas cyklicznego zginania z kontrolą naprężeń. Udział Habilitanta w artykule to przeprowadzenie i analiza wyników badań zmęczeniowych stali 16Mo3 na prototypowym stanowisku. W pracy przedstawiono porównanie krzywych trwałości zmęczeniowej na podstawie badań stali 15Mo3 w warunkach cyklicznego zginania wahadłowego i rozciągania-ściskania. Badania te analizowano pod kątem dużej i małej liczby cykli, gdzie amplituda odkształcenia jest zależna od trwałości zmęczeniowej. Wykazano, że powszechnie stosowany model Mansona-Coffina-Basquina nie może być stosowany do badań w warunkach zginania cyklicznego ze względu na niemożność oddzielenia odkształceń sprężystych i plastycznych. W tym celu zaproponowano kilka dobrze znanych modeli Langer'a i Kandila oraz jeden nowy model autorski wg. równania (1), w którym amplituda odkształcenia jest zależna od liczby cykli. Porównując wyniki zginania z rozciąganiem-ściskaniem wykazano, że dla mniejszych amplitud odkształcenia trwałość zmęczeniowa dla obu metod badań była podobna, dla większych amplitud odkształcenia trwałość zmęczeniowa dla próby zginania była większa niż dla rozciągania-ściskania.

Przedstawiony do oceny zbiór 9 artykułów stanowi tematycznie powiązany cykl stosownie do zgłaszanego osiągnięcia pt. „Nowe modele charakterystyk zmęczeniowych odpowiadające

potrzebom badań zmęczeniowych w warunkach cyklicznego zginania”. Habilitant nie ustrzegł się jednak przed powtórkami wykresów i zdjęć w poszczególnych artykułach. Powtarza się zdjęcie próbki fig.2 w artykule A1 ze zdjęciem fig.2 z artykułu A9 (takie same oznaczenia i pęknięcie, a różne były materiały). Powtarzają się wykresy zmęczeniowe zawarte w artykule A9 (fig.6 do fig.10, materiał 16Mo3) z wykresami artykułu A1 (fig.9 do fig.13, materiał 15Mo3).

W podsumowaniu stwierdzam, że Habilitant w swoim osiągnięciu naukowym przedstawia nowe własne modele do określenia charakterystyk zmęczeniowych w warunkach cyklicznego zginania zweryfikowane eksperymentalnie. Model charakterystyki naprężeniowej określony równaniem (3) pozwala na dokładniejsze, niż przy zastosowaniu najpopularniejszych modeli jak na przykład Basquina odwzorowanie wyników eksperymentalnych. Proponowane rozwiązanie uwzględnia często zauważany w praktyce fakt, że charakterystyka zmęczeniowa dla większości materiałów nie przyjmuje, w układzie pojedynczo lub podwójnie logarytmicznym, kształtu linii prostej, lecz przypomina raczej pochyloną literę ‘S’ jak to scharakteryzował Habilitant. Model charakterystyki odkształceniowej określony równaniem (1), równie dobrze jak uznane i powszechnie stosowane modele empiryczne (Mansona-Coffina-Basquina, Langer, Kandila) z powodzeniem może być stosowany do opisu wyników badań zmęczeniowych w zależności od amplitudy odkształcenia. Ponadto w przypadku badań w warunkach rozciągania-ściskania uwiidocznia się dodatkowa zaleta proponowanego modelu. Podobnie jak w przypadku proponowanej naprężeniowej charakterystyki zmęczeniowej pojawia się zauważalna tendencja do przyjmowania przez charakterystykę kształtu litery ‘S’. Ten kształt często lepiej odwzorowuje rzeczywiste wyniki eksperymentów zmęczeniowych. Model uwzględniający gradient naprężenia lub odkształcenia opisany równaniem (2) w przypadku wyznaczania charakterystyk zmęczeniowych na podstawie badań w prowadzonych warunkach cyklicznego zginania umożliwia uzyskanie porównywalnych wyników z badaniami na rozciąganie-ściskanie. Udowodniono, że proponowana metoda testowania może bardzo dobrze zastąpić test rozciągania-ściskania i jest znacznie bardziej efektywnym kosztowo sposobem uzyskania właściwości zmęczeniowych materiału, nawet dla badań niskocyklowych.

Pozostałe osiągnięcia naukowo-badawcze nie powiązane z 9-cioma monotematycznymi publikacjami przedstawionymi do oceny Habilitant zawarł w publikacjach oznaczonych jako B1-B5. W współautorskiej publikacji B1 zaproponowano nowe wieloosiowe kryterium odkształcenia zmęczeniowego, analogiczne do kryterium naprężeniowego Dang Vana. Kryterium uwzględnia maksymalną amplitudę odkształcenia ścinającego i odkształcenia objętościowego. Przydatność proponowanego kryterium zweryfikowano na podstawie testów zmęczeniowych przeprowadzonych na próbkach ze stopu aluminium 2017A-T4 i 6082-T6, w warunkach cyklicznego zginania i skręcania.

W publikacji współautorskiej B2 przedstawiono analizę porównawczą charakterystyk zmęczeniowych, a w szczególności współczynników dla skręcania i rozciągania-ściskania zweryfikowanych na 26 materiałach. Stwierdzono, że korelacja między współczynnikami wytrzymałości zmęczeniowej na skręcanie i rozciąganie-ściskanie nie zależy od względnego nachylenia wykresów zmęczenia, które opisują odkształcenia plastyczne. Analiza wykazała, że stosunek współczynników wytrzymałości zmęczeniowej w przypadku rozciągania-ściskania waha się, w większości badanych materiałów, w zakresie od 0,5 do $1/(1+v)$. Dodatkowo, zauważono silną zależność między współczynnikami zmęczeniowymi opartymi na odkształceniu w przypadku skręcania i rozciągania-ściskania, a względnym nachyleniem krzywych trwałości zmęczeniowej. Wyniki te dostarczają istotnych informacji dla inżynierów materiałowych i konstruktorów w procesie wyboru optymalnych materiałów i procedur

badawczych. Pozostałe publikacje B3-B5 z okresu 2021-2022 dotyczą zagadnień związanych z trwałością zmęczeniową materiałów metalowych wytwarzanych metodami addytywnymi.

Uważam, że przedstawiony do oceny przez dr inż. Andrzeja Kurka jako osiągnięcie naukowe cykl publikacji, stanowi integralną całość o wysokiej wartości merytorycznej i jest tym samym osiągnięciem naukowym stanowiącym istotny wkład Habilitanta w rozwój badań modelowych do opisu trwałości zmęczeniowej metali w połączeniu z weryfikacją eksperymentalną. Zaproponowane i zweryfikowane przez Habilitanta modele do opisu trwałości zmęczeniowej w analizowanych warunkach obciążenia rozciągania-ściskania i zginania według mnie są oryginalne i potwierdzają istotny wkład Habilitanta w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

4. Ocena aktywności naukowej i dydaktycznej

Dorobek naukowy habilitanta został częściowo przedstawiony w punkcie 2 niniejszej recenzji. W tym opisie zostanie dokonana dodatkowa ocena aktywności naukowej. Ogólnie habilitant posiada 46 opublikowanych artykułów naukowych (14 przed doktoratem i 32 po doktoracie) oraz 29 rozdziałów w monografiach i 3 artykuły w recenzowanych materiałach konferencyjnych. Wśród przedstawianych publikacji będącymi rozdziałami w monografiach znajduje się wiele o zawartości kilku stron, co raczej wskazuje, że są to komunikaty w materiałach pokonferencyjnych. Habilitant jest współautorem w pięciu redakcjach naukowych monografii w okresie po uzyskaniu stopnia doktora wydanych w Oficynie Wydawniczej Politechniki Opolskiej i monografii pokonferencyjnej w języku angielskim Mechatronic Systems and Materials. W latach 2013-2023 habilitant uczestniczył w pięciu komitetach organizacyjnych konferencji naukowych krajowych i międzynarodowych pełniąc funkcje sekretarza. Od 2012 roku jest członkiem polskiego Towarzystwa Mechaniki Teoretycznej i Stosowanej pełniąc funkcje członka zarządu oddziału opolskiego. W latach 2020-2022 pełnił rolę edytora w wydaniu specjalnym pt. Fatigue and Fracture of Materials czasopisma Materials, zrecenzował 12 artykułów naukowych w czasopismach zagranicznych w okresie 2019-2023.

Dane naukometryczne Habilitanta aktualne na dzień 20.07.2023 r. w dyscyplinie inżynieria mechaniczna :

1. Impact Factor sumaryczny opublikowanych prac wynosi: 62,267
2. Liczba cytowań publikacji z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań. – według bazy SCOPUS prace były cytowane 204 razy (139 bez autocytowań) w 143 pracach. Zgodnie z bazą Web of Science (WoS) prace były cytowane 149 razy (97 bez autocytowań) w 96 artykułach,
3. Indeks Hirscha. Zgodnie z bazą SCOPUS indeks Hirscha $h=9$, zgodnie z bazą Web of Science (WoS) indeks Hirscha $h=7$.

Działalność dydaktyczna

Działalność dydaktyczną Habilitant rozpoczął w 2011 roku na Wydziale Mechanicznym Politechniki Opolskiej. Prowadził zajęcia z wielu przedmiotów, w tym: podstaw mechaniki, podstaw konstrukcji maszyn, wytrzymałości materiałów, informatyki technicznej, projektowania antyzmęczeniowego, trwałości i niezawodności, a także technik

przyrostowych. Ponadto od ponad 10 lat prowadzi zajęcia w języku angielskim ze studentami z wymiany zagranicznej ERASMUS, w tym przedmioty takie jak: Machine Life, Building Structures czy Steel Structures. Dodatkowo wykłada przedmioty na anglojęzycznym kierunku studiów prowadzonym na Wydziale Mechanicznym. Pełnił przez dwie kadencje funkcję Przewodniczącego Samorządu Doktorantów Politechniki Opolskiej, a także funkcje w Porozumieniu Doktorantów Uczelni Technicznych. Jest także współautorem podręcznika laboratoryjnego pt: Laboratorium z wytrzymałości materiałów oraz wielu instrukcji laboratoryjnych do prowadzonych zajęć, takich jak Informatyka Techniczna i Wytrzymałość Materiałów. W ramach działalności dydaktycznej prowadzi także nieformalne koło naukowe dla studentów zainteresowanych metodami przyrostowymi. Był promotorem 15 prac inżynierskich i 17 magisterskich, głównie na kierunkach Mechanika i Budowa Maszyn i Mechatronika.

5. Wniosek końcowy

Po analizie osiągnięcia naukowego, przedstawionego w postaci monotematycznego cyklu 9 publikacji zatytułowanego: pt. „Nowe modele charakterystyk zmęczeniowych odpowiadające potrzebom badań zmęczeniowych w warunkach cyklicznego zginania” oraz całokształtu dorobku dr. inż. Andrzeja Kurka, opisanego w udostępnionej dokumentacji stwierdzam, że Habilitant spełnia wymagania, określone w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce (Dz. Ustaw z 2023r., poz. 742). Dr inż. Andrzej Kurek wykazał się umiejętnością posługiwania się nowoczesnym warsztatem badawczym z zakresu analiz i badań modelowych opisu trwałości zmęczeniowej metali połączonych z weryfikacją doświadczalną. Wykazał się także dużym doświadczeniem badawczym, zdolnością do współpracy w zespołach badawczych i w mojej opinii jest przygotowany do podjęcia samodzielnej pracy naukowej.

W związku z powyższym uważam, że przedstawiony do oceny dorobek naukowo-badawczy, dydaktyczny i organizacyjny, który zgromadził dr inż. Andrzej Kurek w pełni spełnia kryteria ustawowe oraz może być podstawą do ubiegania się o stopień doktora habilitowanego. Wnioskuje zatem o dopuszczenie dr. inż. Andrzeja Kurka do dalszego postępowania w sprawie nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie Nauk Inżyniersko-Technicznych w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna.

