



Prof. dr hab. inż. Łukasz Kaczmarek
Instytut Inżynierii Materiałowej
Wydział Mechaniczny
Politechnika Łódzka

Łódź, 15.04.2023r.

RECENZJA

Dorobku dr. inż. Izabeli Barbary Zgłobickiej

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie decyzji Rady Naukowej Inżynieria Materiałowa Politechniki Warszawskiej, z dnia 20 stycznia 2023 r. w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie „ nauk inżynieryjno-technicznych” w dyscyplinie inżynieria materiałowa, na podstawie art. 221 ust.4 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574).

1. Charakterystyka Habilitantki.

Doktor inżynier Izabela Barbara Zgłobicka w 2015 r. obroniła pracę doktorską w Politechnice Warszawskiej na Wydziale Inżynierii Materiałowej, kierunek Inżynieria Materiałowa. Tematem pracy doktorskiej było „Exploratory study of the use of *Didymosphenia geminata* stalks as a functional biomaterial”.

Pracę inżynierską (obroniona w 2010r. pt. „Badania nad degradacją mechanicznych zastawek serca”) oraz magisterską (obroniona w 2011r. pt. „Nanokompozyty polimerowe dla zastosowań medycznych”) zrealizowała w Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie, w Międzywydziałowej Szkole Inżynierii Biomedycznej.



W latach 2009 – 2010 zatrudniona była w Instytucie Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk im. Henryka Niewodniczańskiego w Krakowie na stanowisku Asystenta.

W latach 2011 – 2018 zatrudniona była w Politechnice Warszawskiej na Wydziale Inżynierii Materiałowej.

W latach 2016 – 2018 zatrudniona została w Politechnice Warszawskiej na Wydziale Inżynierii Materiałowej na stanowisku Technolog.

Od roku 2018 zatrudniona jest w Politechnice Białostockiej na Wydziale Mechanicznym na stanowisku Adiunkt.

2. Ocena osiągnięcia naukowego jako podstawa do uzyskania habilitacji.

Dr inż. Izabela Barbara Zgłobicka przedstawiła do oceny osiągnięcie naukowe stanowiące zbiór 7 prac naukowych opublikowanych na łamach czasopism z listy Journal Citation Reports, których Impact Factor zawiera się w przedziale od 2,117 do 4,996 (odpowiednio Metals oraz Scientific Reports), pod wspólnym tytułem:

„Budowa i właściwości okrzemek w kontekście zastosowań w innowacyjnych materiałach funkcjonalnych”.

Osiągnięcie naukowe w myśl Ustawy zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt 2b stanowi 7 publikacji naukowych, w przypadku których Habilitantka wykazała, stosownymi oświadczeniami, indywidualny i znaczący wkład w opracowanie koncepcji przeprowadzonych analiz, krytycznej oceny literatury, opracowanie procedury preparatyki i badania pancerzy okrzemek, prowadzenie badań przy wykorzystaniu Skaningowej Mikroskopii Elektronowej oraz nano- i mikrotomografii komputerowej w efekcie dokonanie oceny zbadanych zjawisk, a także sformułowania wniosków i odpowiedzi na recenzje ocenianych artykułów. Cykl ten stanowią:



1. Visualization of the internal structure of *Didymosphenia geminata* frustules using nano X-ray tomography, Zglobicka, I., Li, Q., Gluch, J., Plocinska, M., Noga, T., Dobosz, R., Szoszkiewicz, R., Witkowski, A., Zschech, E., Kurzydłowski, K.J., Volume 7, Article Number 9086, DOI10.1038/s41598-017-08960-5
2. 3D Diatom-Designed and Selective Laser Melting (SLM) Manufactured Metallic Structures, Zglobicka, I., Chmielewska, A., Topal, E., Kutukova, K., Gluch, J., Kruger P., Kilroy C., Swieszkowski W., Kurzydłowski K.J., Zschech E., Volume 9, Article Number 19777, DOI10.1038/s41598-019-56434-7
3. Investigation of Energy-Absorbing Properties of a Bio-Inspired Structure, Dubicki A., Zglobicka I., Kurzydłowski, K.J., Volume 11, Issue 6, Article Number 881, DOI10.3390/met11060881
4. Insight into diatom frustule structures using various imaging techniques, Zglobicka, I., Gluch J., Liao Z.Q., Werner S., Guttmann P., Li Q., Bazarnik P., Plocinski T., Witkowski A., Kurzydłowski, K.J., Volume 11, Issue 1, Article Number 14555, DOI10.1038/s41598-021-94069-9
5. Titanium matrix composites reinforced with biogenic filler, Zglobicka, I., Zybala R., Kaszyca K., Molak R., Wieczorek M., Recko K., Fiedoruk B., Kurzydłowski K.J., Volume 12, Issue 1, Article Number 8700, DOI10.1038/s41598-022-12855-5
6. Poly(lactic acid) Matrix Reinforced with Diatomaceous Earth, Zglobicka, I, Joka-Yildiz M, Molak, R., Kawalec M., Dubicki A, Wroblewski J., Dydek K., Boczkowska A., Kurzydłowski K.J., Volume 15, Issue 18, Article Number 6210 DOI10.3390/ma15186210
7. Multi-length scale characterization of frustule showing highly hierarchal structure in the context of understanding their mechanical properties, Zglobicka, I Kurzydłowski, KJ, Volume 33, Article Number 104741, DOI10.1016/j.mtcomm.2022.104741



Uwaga. Powyższe artykuły spełniają kryterium określonego w art. 219 ust. 1 pkt 2 lit. b ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, tzn. zostały opublikowane w czasopiśmie naukowym lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b tej ustawy. **W związku z tym artykuły te i osiągnięcie w nich zawarte stanowią przedmiot niniejszej recenzji.**

Przedłożona do recenzji habilitacja dotyczy analizy morfologiczno-strukturalnej pancerzy okrzemek wraz z ich potencjalnym zastosowaniem w aspekcie wytwarzania kompozytów o osnowie metalicznej lub polimerowej, a także materiałów o hierarchicznych strukturach i gradientowych właściwościach.

W literaturze przedmiotu szeroko opisywane są materiały pochodzenia naturalnego stanowiące źródło syntezy nowych materiałów, w tym także kompozytów. Do tej grupy zalicza się m.in. pancerze okrzemek, które wykazują szeroki potencjał perspektywnego zastosowania np.

- (a) w elektrodach baterii Li-jonowych (A.P. Nowaka et al. Electrochemical behavior of a composite material containing 3D-structured diatom biosilica, Algal Research Volume 41, August 2019, 101538)
- (b) jako systemy stosowane do uwalniania leków (Abhishek Saxena et al. Envisaging marine diatom Thalassiosira weissflogii as a "SMART" drug delivery system for insoluble drugs, Journal of Drug Delivery Science and Technology, Volume 68, February 2022, 102983)
- (c) czy o potencjale wykorzystania jako markery komórek rakowych (Javid Esfandyari et al. Capture and detection of rare cancer cells in blood by intrinsic fluorescence of a novel functionalized diatom, Photodiagnosis and Photodynamic Therapy, Volume 30, June 2020, 101753).



Innym ciekawym i perspektywicznym zastosowaniem okrzemek jest ich wykorzystanie jako składnik cementów przeznaczonych do odbudowy kości. Badania te prowadzone są przez zespół A. Reid z chool of Chemistry & Chemical Engineering, Queen's University, Belfast, UK. Kolejnym ciekawym obszarem badań okrzemek, jako napełniaczy kompozytów o osnowie metalicznej, są badania prowadzone między innymi w Fraunhofer Institute for Ceramic przez zespół Dr.-Ing. Birgit Jost, Dyrektor Departamentu Microelectronic Materials and Nanoanalysis.

Natomiast wiele problemów nastęrcza:

- (a) skwantyfikowanie i usystematyzowanie właściwości pancerzy w odniesieniu do ich pochodzenia oraz**
- (b) powiązania ich struktury z właściwościami fizykochemicznymi jako materiałów funkcjonalnych czy elementów kompozytów konstrukcyjnych.**

Z tego względu podejmowany temat przez dr Izabelę Zgłobicką jest aktualny i stanowi rozwinięcie prac realizowanych w czołowych ośrodkach naukowych na świecie.

Cel naukowy zdefiniowany jako „...poszerzenie wiedzy dotyczącej pancerzyków okrzemek, w szczególności wiedzy mającej istotne znaczenie dla ich wykorzystania przy projektowaniu i wytwarzaniu zaawansowanych lekkich materiałów kompozytowych„ jest zbyt ogólny i nie uwzględnia zjawisk, które stanowią przedmiot wnioskowanego osiągnięcia naukowego.

Przedłożony do oceny cykl publikacji podzielono na trzy obszary:

1. Wieloskalową charakterystykę budowy i właściwości pancerzyków okrzemek z uwzględnieniem modelowania – oznaczonego w opisie jako D.1. W tym obszarze wymieniono artykuły oznaczone symbolami A1, A4 i A7.
2. Zastosowanie pancerzyków okrzemek jako napełniacza w nowoczesnych materiałach kompozytowych – oznaczonego w opisie jako D.2. W tym obszarze wymieniono artykuły oznaczone symbolami A5 i A6.



3. Wykorzystanie pancerzyków jako wzorca do druku ich analogów – oznaczonego w opisie jako D.3. W tym obszarze wymieniono artykuły oznaczone symbolami A2 i A3.

W części D.1 na łamach artykułu A1 (*Visualization of the internal structure of Didymosphenia geminata frustules using nano X-ray tomography, Zglobicka, I., Li, Q., Gluch, J., Plocinska, M., Noga, T., Dobosz, R., Szoszkiewicz, R., Witkowski, A., Zschech, E., Kurzydłowski, K.J., Volume 7, Article Number 9086, DOI10.1038/s41598-017-08960-5*) habilitantka poprzez opracowanie autorskiej procedury przygotowania preparatów do badań, uzyskała wysokorozdzielcze obrazy ich struktur. W tym zakresie została wykorzystana m.in. Mikrotomografia Rentgenowska (nano-XCT) oraz Skaningowa Mikroskopia Elektronowa, dzięki temu możliwe było zidentyfikowanie budowy przestrzennej badanych okrzemek wraz z kwantyfikacją tworzących je domen.

Następnie w artykule A4 (*Insight into diatom frustule structures using various imaging techniques, Zglobicka, I., Gluch J., Liao Z.Q., Werner S., Guttmann P., Li Q., Bazarnik P., Plocinski T., Witkowski A., Kurzydłowski, K.J., Volume 11, Issue 1, Article Number 14555, DOI10.1038/s41598-021-94069-9*) habilitantka zastosowała zaawansowane metody analizy obrazu umożliwiające ocenę strukturalną w układzie 3D. Zastosowanie wysokorozdzielczej mikroskopii HR-SEM/HR-TEM, a także XCT oraz TXM pozwoliło określić periodyczność oraz zaburzenia badanej struktury w układzie przestrzennym z dokładnościami rzędu 25 nm. Dzięki temu możliwe było powiązanie struktury przestrzennej badanych okrzemek z ich specyficznymi właściwościami mechanicznymi, co zostało opisane w artykule A7 (*Multi-length scale characterization of frustule showing highly hierarchal structure in the context of understanding their mechanical properties, Zglobicka, I Kurzydłowski, KJ, Volume 33, Article Number 104741, DOI10.1016/j.mtcomm.2022.104741*). W tym przypadku wykazano poprawność opracowanej i zastosowanej techniki oceny strukturalnej badanych okrzemek adaptując obrazowanie wieloskalowe stosowe w analizie struktur biologicznych.



W części D.2 w artykule A5 (*Titanium matrix composites reinforced with biogenic filler*, Zglobicka, I., Zybala R., Kaszyca K., Molak R., Wieczorek M., Recko K., Fiedoruk B., Kurzydłowski K.J., Volume 12, Issue 1, Article Number 8700, DOI10.1038/s41598-022-12855-5) habilitantka opisała wytworzone kompozyty ceramiczno-metaliczne. Zastosowała mieszaninę proszków Ti6Al4V oraz krzemionki biogenicznej stanowiącej napełniacz, którą spieczono techniką Spark Plasma Sintering (SPS). Analiza strukturalna wykazała dobre połączenia spiekanych proszków na ich granicy fazowej. Analiza właściwości mechanicznych wykazała znaczny wzrost odporności na ściskanie w funkcji zawartości fazy biogenicznej (ponad 60% wzrost w stosunku do czystego stopu tytanu, przy zawartości napełniacza w okolicy 5% objętościowych). Podobne badania przeprowadzono w kontekście wytworzonego kompozytu na bazie polimeru PLA z dodatkiem krzemionki biogenicznej – artykuł A6 (*Poly(lactic acid) Matrix Reinforced with Diatomaceous Earth*, Zglobicka, I., Joka-Yildiz M., Molak, R., Kawalec M., Dubicki A., Wroblewski J., Dydek K., Boczkowska A., Kurzydłowski K.J., Volume 15, Issue 18, Article Number 6210 DOI10.3390/ma15186210). Wykazano, że możliwe jest uzyskanie kompozytów o wysokiej dyspersji napełniacza w ośrodku ciągłym, w zakresie jego zawartości w przedziale 1-15% wagowych. Kompozyty te charakteryzowały się obniżoną gęstością przy niezmiennych właściwościach mechanicznych, co wyraźnie wskazuje na możliwość kreacji lekkich kompozytów do szerokich zastosowań.

W części D.3 na łamach artykułu A2 (*3D Diatom-Designed and Selective Laser Melting (SLM) Manufactured Metallic Structures*, Zglobicka, I., Chmielewska, A., Topal, E., Kutukova, K., Gluch, J., Kruger P., Kilroy C., Swieszkowski W., Kurzydłowski K.J., Zschech E., Volume 9, Article Number 19777, DOI10.1038/s41598-019-56434-7) habilitantka w oparciu o zidentyfikowane, przestrzenne struktury okrzemek (wysokorozdzielcze analizy nano-XCT) stworzyła model CAD, który w ostatnim kroku posłużył do wygenerowania wydruku próbki stanowiącej ich strukturalne odzwierciedlenie. Wydrukowane struktury metodą Selective Laser Melting (SLM) posiadały długość około 3 cm na 1 cm, co w porównaniu do badanych układów okrzemkowych (długość około 150 μm)



pozwoili na swobodną analiz wszystkich zale¿noŝci strukturalnych bez koniecznoŝci stosowania wysokorozdzielczej mikroskopii.

W ostatnim kroku, w celu okreŝlenia wplywu zidentyfikowanych przestrzennych struktur okrzemek na wlaŝciwoŝci mechaniczne, poddano je badaniom odpornoŝci na ŝciskanie. Analizy te odniesiono do modelowania numerycznego metod elementów skoŝczonych. Przeprowadzone badania wykazały, że wytworzone materiały biomimetyczne odznaczają się odmiennymi zachowaniami w stosunku do znanych w literaturze pian metalicznych. W tym przypadku wytworzone struktury wzorowane na żywych organizmach stanowiących okrzemki odznaczają się ekstremalnie niską gęstoŝci. W analizowanym przypadku próbki wykazywały gęstoŝci okoł 0,11 g/cm³, co ju¿ wskazywać mo¿e na wyraźną odmiennosć adsorpcji energii w porównaniu do materiałów litych czy pian polimerowych o znormalizowanych porach. Fakt ten stanowić mo¿e przełm w konstrukcji ultralekkich materiałów kompozytowych (stanowi to przedmiot badaŝ zestawionych przez habilitantkę w czŝci D2). Wyniki zaprezentowano w publikacji A3 (*Investigation of Energy-Absorbing Properties of a Bio-Inspired Structure*, Dubicki A., Zglobicka I., Kurzydłowski, K.J., Volume 11, Issue 6, Article Number 881, DOI10.3390/met11060881).

Podsumowując, w przedło¿onym dziele „*Budowa i wlaŝciwoŝci okrzemek w kontekŝcie zastosowaŝ w innowacyjnych materiałach funkcjonalnych*”. Habilitantka dokonał wnikliwej oceny struktur okrzemkowych w układzie 3D, powiazania ich struktury z wlaŝciwoŝciami mechanicznymi oraz przy ich wykorzystaniu wytworzyła lekkie kompozyty o podwy¿szonych wlaŝciwoŝciach mechanicznych. Przedstawione dzieło ma logiczny charakter wzajemnie powiazanych analiz, w przypadku których dane wyjŝciowe badaŝ modelowych materiałów okrzemkowych stanowią dane wejŝciowe kolejnych analiz wytwarzanych kompozytów czy wydruków 3D zbadanych układw. Na podstawie tego Habilitantka wykazał, że:

1. Mo¿liwe jest okreŝlenie przestrzennej budowy strukturalnej wyekstrahowanych pancerzy okrzemek stosując zaawansowane techniki badawcze w tym: HR-SEM/HR-TEM, a tak¿e XCT oraz TXM.



2. Możliwe jest wytworzenie ultra lekkich kompozytów polimerowo-ceramicznych oraz metaliczno-ceramicznych, w przypadku których napełniacz stanowi krzemionka biogeniczna. Układy te charakteryzują się wyraźnie wyższymi parametrami mechanicznymi i fizykochemicznymi w porównaniu do nienapełnionych polimerów (PLA) czy czystych stopów metali (stop tytanu).
3. Możliwe jest wytworzenie analogów badanych struktur metodą druku 3D, które wykazują specyficzne właściwości mechaniczne przy ultra niskiej gęstości rzędu $0,11 \text{ g/cm}^3$.

Podjęty temat jest niezwykle istotny z punktu widzenia projektowania nowoczesnych materiałów, które wykazują zespół wyjątkowych cech fizykochemicznych w połączeniu np. z wysokimi właściwościami mechanicznymi i skrajnie niskiej wartości ich gęstości. Obszar potencjalnych zastosowań opracowanych materiałów jest niezwykle szeroki od typowych materiałów kompozytowych w rozwiązaniach codziennego użytku przez medycynę aż po przemysł motoryzacyjny, lotniczy i kosmiczny. **Badania te stanowią istotny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Materiałowa. Dodatkowo udział habilitantki w ich inicjację, realizację i opracowanie publikacji stanowiących przedłożone dzieło jest znaczny.**

Natomiast tematyka wymaga kontynuacji badań szczególnie w aspekcie określenia wpływu stopnia zdefektowania na właściwości mechaniczne. Istotne jest również dokonanie głębokiej analizy na poziomie molekularnym, na granicy faz metal/napełniacz biogeniczny czy polimer/materiał biogeniczny pod kątem określenia siły napędowej do generowania sił adhezji czy zmiany stopnia krystaliczności fazy ciągłej stanowiącej polimer.



3. Ocena aktywności naukowej albo artystycznej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

Główny obszar badań Habilitantki związany jest z wytwarzaniem i badaniem materiałów funkcjonalnych o specyficznym zbiorze właściwości fizykochemicznych. Pani Doktor w pracy naukowej szeroko stosuje techniki obrazowania w tym zastosowanie mikroskopii elektronowej pod kątem charakteryzowania zaawansowanych materiałów (ponad 30 publikacji w tym z autorami z zagranicznych jednostek badawczych). Swoje kompetencje w znaczny sposób poszerzyła w ramach zatrudnienia w ośrodkach polskich (Politechnika Warszawska, Politechnika Białostocka), ale także w trakcie odbytych starzy:

1. Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems, Drezno Niemcy (6 miesięcy).
2. Norwegian Institute for Water Research, Oslo, Norwegia (1 miesiąc).
3. Technische Universität Bergakademie Freiberg, Freiberg, Niemcy (2x 1 miesiąc).

Efektom wszystkich podjętych aktywności jest udział w projektach badawczych oraz publikacja szeregu artykułów naukowych w uznanych międzynarodowych periodykach. Niniejszą część oceniam bardzo wysoko.

Dodatkowo analiza współczynników bibliometrycznych Habilitantki dowodzi, że posiada:

- (a) 31 publikacji w czasopismach z IF (5 publikacji przed uzyskaniem stopnia doktora i 26 publikacjach po uzyskaniu stopnia doktora).
- (b) 2 publikacje w czasopismach nie posiadających IF.
- (c) Indeks Hirscha wynosi $H = 13$. Sumaryczny współczynnik wpływu na dzień 26.10.2022r. $IF = 98,728$ (po uzyskaniu stopnia doktora 83,918) – źródło WoS.
- (d) Liczba cytowań publikacji na dzień 26.10.2022r. wynosi 295 (z uwzględnieniem autocytowań 335) – źródło WoS.



(e) Suma zdobytych punktów ministerialnych:

- przed doktoratem – suma punktów MNiSW = 480,
- po doktoracie – suma punktów MNiSW = 2480.

Jako kierownik zrealizowała trzy projekty badawcze. Natomiast jako wykonawca brała udział w 15 projektach finansowanych w ramach programów POIG, POIR, POWER, NCN czy funduszy Polsko-Norweskich.

Na uwagę zasługuje wysoka aktywność w realizacji projektów jako kierownika, co także potwierdza kompetencje Habilitantki do organizacji i prowadzenia zespołów naukowych w tym międzynarodowych.

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

Jednakże w dorobku Habilitantki brak jest elementów bezpośrednio powiązanych z wdrożeniami wyników badań do przemysłu. Brak jest współpracy z otoczeniem gospodarczym poparte stosownymi aplikacjami. W tym zakresie nie wykazała również zgłoszeń patentowych i patentów. Ponadto przy tak ponadprzeciętnym dorobku naukowym wygłosiła jedynie trzy referaty, co także jest na symbolicznym poziomie.

Nie umniejsza to natomiast jej wysokiego poziomu naukowego, który poparty jest m.in. piastowaniem funkcji lidera zespołu naukowego w projektach badawczych w tym realizowanego z partnerem z Tajwanu – inicjatywa CORNET.

4. Wniosek końcowy.

Przedłożone do oceny osiągnięcie naukowe stanowiące zbiór publikacji naukowych, dorobek naukowy z uwzględnieniem współpracy dr inż. Izabeli Barbary Zgłobickiej stanowi:



(a) zbiór 7 prac naukowych opublikowanych na łamach czasopism z listy Journal Citation Reports, których Impact Factor zawiera się w przedziale od 2,117 do 4,996 (odpowiednio Metals oraz Scientific Reports), pod wspólnym tytułem:

„Budowa i właściwości okrzemek w kontekście zastosowań w innowacyjnych materiałach funkcjonalnych”

stanowi istotny wkład w rozwój w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa;

(b) dorobek naukowy, z wyłączeniem publikacji stanowiących podstawę ubiegania się o habilitację, jest oryginalny i wartościowy oraz wskazuje na ponadprzeciętną aktywność naukową;

(c) Kandydatka w ponadprzeciętny sposób spełnia wymagania w zakresie współpracy międzynarodowej, co stawia Panią Doktor w grupie naukowców zdolnych pracować samodzielnie, a także budować wokół siebie międzynarodowe zespoły badawcze z czołowymi naukowcami na świecie.

Na podstawie powyższego stwierdzam, że dr inż. Izabela Barbara Zgłobicka spełnia warunki określone w ustawie z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2022 r. poz. 574).). Uwzględniając powyższe, popieram wniosek o nadanie Habilitantce stopnia doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Z poważaniem
Prof. dr hab. inż. Łukasz Kaczmarek