

RECENZJA

osiągnięć naukowych zawartych we wniosku dr inż. Adriana Lewandowskiego, z dnia 29.09. 2023 r. o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna

Podstawę opracowania przedmiotowej recenzji stanowią następujące dokumenty:

- pismo Pana Prof. dr hab. inż. Roberta Sitnika, Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej, RND IM.524.18.2023-2024 (4) z dnia 17.01.2024r,
- kopia Uchwały nr 664/II-IM/2024 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej, z dnia 10 stycznia 2024 r. w sprawie powołania komisji habilitacyjnej, w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna wszczętym na wniosek dr inż. Adriana Lewandowskiego,
- kopia Załącznika do Uchwały nr 320/L/2023 Senatu Politechniki Warszawskiej, z dnia 29 marca 2023 r. w sprawie Szczegółowego trybu postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego,
- obowiązująca Ustawa Prawo o Szkolnictwie Wyższym i Nauce,
- dokumentacja wniosku dr inż. Adriana Lewandowskiego o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynierijno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna (otrzymana w dniu 30 stycznia 2024 r).

Podstawowe dane o Kandydacie i przebiegu pracy naukowo-zawodowej

Dr inż. Adrian Lewandowski, urodził się 22 listopada 1982 r. w Świdniku. W 2006 roku ukończył jednolite studia magisterskie na Wydziale Inżynierii Produkcji kierunku Mechanika i Budowa Maszyn. W dniu 25.10.2011r obronił pracę doktorską w zakresie budowy i eksploatacji maszyn, pt. „Modelowanie przepływu tworzyw polimerowych w wyciśnarku dwuślimakowej przeciwbieżnej”, której promotorem był prof. dr hab. inż. Krzysztof Wilczyński. Recenzentami w przewodzie byli: prof. dr hab. inż. Józef Koszkuł oraz dr hab. inż. Jacek Garbarski prof. PW. Kandydat nie ubiegał się wcześniej o nadanie stopnia doktora habilitowanego.

Kandydat w latach 2007-2011 był zatrudniony na stanowisku asystenta na Wydziale Inżynierii Produkcji, następnie w latach 2012-2021 na stanowisku adiunkta, na Wydziale Inżynierii Produkcji a od 2021 do chwili obecnej na stanowisku adiunkta na Wydziale Mechanicznym Technologicznym PW, pełniąc równocześnie obowiązki kierownika Zakładu Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych w Instytucie Techniki Wytwarzania Politechniki Warszawskiej.

Podstawą postępowania habilitacyjnego jest osiągnięcie naukowe pt. „Wybrane zagadnienia modelowania CFD procesu wyciśniania tworzyw polimerowych”, które został przedstawione w formie monografii wydanej przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej, 2023, ISBN 978-83-8156-564-6. Monografia jest napisana w języku polskim, liczy 137 stron i składa się z 6 rozdziałów: (1)

Aktualny stan wiedzy, (2) Cel i zakres pracy, (3) Metodyka modelowania MES procesu wytłaczania, (4) Modelowanie procesu wytłaczania jednoślismakowego, (5) Charakterystyki przepływu wytłaczania jednoślismakowego – modelowanie globalne procesu, (6) Wnioski i perspektywy naukowe. Wykaz literatury obejmuje 275 pozycji (ponad 20 pozycji z ostatnich pięciu lat).

Tematyka monografii dotyczy ważnego zagadnienia modelowania procesu wytłaczania tworzyw polimerowych przede wszystkim wspomaganie projektowania tej powszechnie stosowanej w przetwórstwie tworzyw metody. Zakres pracy obejmuje analizę przepływu tworzyw zarówno w układzie uplastyczniającym (ślismak, tuleja) oraz głowicy wytłaczarki. Zasadniczym aspektem działań naukowych Habilitanta jest modelowanie komputerowe w/w procesów uwzględniające zmienność zarówno przetwarzanych tworzyw (pierwotnych, modyfikowanych, kompozytowych), jak i zmiennych cech geometrycznych układu uplastyczniającego (ślismak i głowica) i głowicy wytłaczarskiej. Stosowane w praktyce badawczej i inżynierskiej projektowanie tych układów, wspomagane symulacjami komputerowymi, z wykorzystaniem globalnych modeli procesu umożliwia opis procesu wytłaczania w sposób całościowy, z uwzględnieniem transportu tworzywa w stanie stałym uplastycznionym oraz przepływu tworzywa uplastycznionego w wytłaczarce i głowicy wytłaczarskiej. Szczególne cechy technologii wytłaczania związane są z wymaganą podatnością na wytwarzanie wyrobów profilowych w procesie ciągłym. Masowy charakter wytłaczania występuje przede wszystkim w procesach wytłaczania profili okiennych, profili meblowych, systemów instalacji do wody, gazu a także innych związanych z przepływem mediów. Wytłaczanie jest również szeroko wykorzystywane w procesach przygotowania materiałów polimerowych do przetwórstwa (wytwarzanie masterbacy), związanych z napelnianiem tworzyw, granulacją, regranulacją, procesami mieszania tworzyw, a także wzmacniania włóknem krótkim lub ciągłym. Wytłaczanie jest także od kilku lat podstawową technologią wytwarzania filamentów do druku 3D metodą FDM/FFF. Dodatkowo na bazie wytłaczarek intensywnie rozwijane są techniki hybrydowe takie jak kalandrowanie, wytłaczanie z rozdmuchiowaniem w formie, wytłaczanie swobodne, porujące itp. Procesy te mogą być realizowane z wykorzystaniem wytłaczarek jednoślismakowych lub dwuślismakowych, z dozowaniem wolumetrycznym lub grawimetrycznym materiałów polimerowych do układu uplastyczniającego. Wiodącą rolę we wszystkich tych procesach odgrywają układy uplastyczniające i głowice. W procesach wytłaczania z wykorzystywaniem złożonych układów pomocniczych, można jednocześnie przetwarzać wielo- składnikowe mieszaniny materiałów o różnych cechach geometrycznych i właściwościach lepkosprężystych. Stanowi to wyzwanie zarówno w rzeczywistych procesach przetwórstwa, jak również w procesach ich modelowania i konstituowania komputerowych programów wspomagających przetwórstwo.

Należy podkreślić ważny dla nauki użyteczny charakter ocenianych w monografii dokonań, a ich aktualność i ciągły rozwój są szczególnie silnie związane z od lat dynamicznie rozwijającą się dziedziną wytwarzania i przetwórstwa tworzyw polimerowych. Uważam, że opisane osiągnięcie naukowe związane z wspomaganie komputerowym tych procesów, polegające na opracowaniu metodyki i modelowania procesu wytłaczania spełniają kryteria i wymagania stawiane w aktualnych postępowaniach habilitacyjnych.

Od lat znane są w świecie zespoły opracowujące programy do modelowania wytłaczania, które umożliwiają prognozowanie przebiegu procesu, ale jak dotychczas nie rozwiązują one wszystkich zaobserwowanych problemów i zjawisk. Są to zespoły działające m.in. w Uniwersytecie w Paderborn (Niemcy), Akron (USA) ale także jest to zespół na Politechnice Warszawskiej, kierowany od lat przez prof. Krzysztofa Wilczyńskiego, do którego należy Habilitant. W monografii Autor podjął skuteczną próbę modelowania zjawisk w tworzywach wykazujących granicę płynięcia, oraz tworzyw wykazujących poślizg podczas przepływu, co stanowi stosunkowo nowy kierunek prac badawczych. Wyniki i założenia tych procedur mogą istotnie usprawnić dobór cech konstrukcyjnych wylotek i narzędzi - głowic wytłaczarskich, szczególnie w przypadku dużej różnorodności geometrycznej wylotek, skali produkcji a także szerokiego spektrum stosowanych materiałów polimerowych.

Celem głównym przyjętym w monografii było rozwiązanie problemów modelowania metodą CFD ze szczególnym uwzględnieniem stosowania tych rozwiązań do globalnego modelowania procesu wytłaczania, realizowanego w wielokrotnych, iteracyjnych pętlach obliczeń, umożliwiające poszukiwanie punktu pracy wylotki, definiowanego wydajnością procesu (natężeniem przepływu tworzywa) oraz ciśnieniem wytłaczania (gradientem ciśnienia w głowicy wytłaczarskiej).

Na podstawie szerokiej analizy stanu wiedzy i techniki zaproponowano rozwiązanie następujących zagadnień; modelowania przepływu tworzywa uplastycznionego w rzeczywistej przestrzeni przepływu przy zastosowaniu elementów ślimakowych o konwencjonalnej geometrii a także elementów ślimakowych o geometrii niekonwencjonalnej, w celu budowy bezwymiarowych charakterystyk przepływu, umożliwiających wykorzystanie wyników tego modelowania do modelowania globalnego procesu.

W pracy zaproponowano modelowanie uplastycznienia tworzywa w wylotce na gruncie obliczeniowej mechaniki płynów (CFD), w tym modelowanie przepływu w wylotce (w przestrzeni ślimaka i głowicy) tworzyw wykazujących granicę płynięcia, oraz tworzyw wykazujących poślizg podczas przepływu. W pracy zaproponowano koncepcję modelowania procesu na podstawie bezwymiarowych charakterystyk przepływu tworzywa w wylotce, które uzyskuje się w wyniku trudnych i czasochłonnych obliczeń numerycznych CFD, a następnie aproksymuje modelami regresyjnymi i implementuje do globalnego modelu procesu. Model globalny w wielokrotnych obliczeniowych pętlach iteracyjnych korzysta z modeli regresyjnych, co zapewnia szybkie obliczenia z akceptowalną dokładnością.

Monografia jest spójna tematycznie i stanowi jednocześnie efekt realizacji przemysłowego i szerokiego programu badawczego uwzględniającego zmienne cechy geometryczne układów uplastyczniających, szczególnie ślimaków (też tulei cylindrowych) a także szeroki zbiór parametrów procesowych oraz zjawisk determinujących efektywny przepływ tworzywa w zależności od jego właściwości reologicznych. Dotyczy to zarówno tej fazy gdy tworzywa znajduje się w stanie stałym, zjawisk występujących podczas uplastycznienia i wreszcie przepływu w stanie uplastycznionym zarówno w układzie uplastyczniającym jak i w głowicy.

Etap gdy tworzywo znajduje się w stanie stałym, jest szczególnie trudny do opisanego ze względu na dużą zmienność właściwości charakteryzujących materiał sypki. Są to m.in. takie wielkości jak wielkość i równomierność cząstek, ich gęstość (cechy geometryczne), kąt usypu, masa usypowa (cechy dynamiczne). Jest to szczególnie istotne w przypadku coraz powszechniej przetwarzanych produktów pochodzących z recyklingu. Już metoda granulacji (na zimno i gorąco) istotnie wpływa na warunki transportu tworzywa wynikające z możliwej „ruchliwości” cząsteczek. Można to stosunkowo prosto zweryfikować wyznaczając kąt usypu i masę utrzesioną. Również stopień i rodzaj napełnienia tworzywa ma tu ważny wpływ na współczynnik tarcia zarówno wewnętrznego jak i zewnętrznego (np. tworzywa napełnionych mączką drzewną, włóknem szklanym, talkiem, kredą). Te uwarunkowania wstępne na wejściu do układu uplastyczniającego w konsekwencji mają wpływ na cały proces uplastyczniania i przepływ tworzywa zarówno w cylindrze jak i głowicy. W sytuacji dużej zmienności i niejednorodności materiałów polimerowych na wejściu do procesu stanowić to może ograniczenie możliwości przewidywania efektywności procesów przetwórczych rozwiązanych z wykorzystaniem procedur modelowania.

Podjęta w monografii tematyka jest nowoczesna i ważna z praktycznego punktu widzenia a realizacja założonego celu dostarczyła oryginalnych wyników, charakteryzujących się dużą wartością poznawczą. Badania Habilitanta wpisują się w światowy trend rozwoju technologii wytłaczania materiałów polimerowych szczególnie z wykorzystaniem narzędzia modelowania tego procesu CFD. Załączony do monografii zbiór literatury, zarówno w zakresie opracowań „historycznych” z lat 50-tych i 60-tych (m.in. McIvey, White, Tadmora, Potente i innych) do współczesnych w tym bardzo aktualnych, z wyraźnym udziałem dokonań ośrodka warszawskiego (zespołu prof. Krzysztofa Wilczyńskiego z udziałem Autora monografii) kompleksowo dokumentuje najważniejsze światowe i krajowe osiągnięcia. Analizując przyjęty zakres pracy, można stwierdzić, że aktualne problemy modelowania procesu wytłaczania obejmują szereg zagadnień w tym: przepływ (transport) tworzywa (w stanie stałym) w strefie zasilania wytłaczarki i modelowanie tego przepływu na gruncie mechaniki ośrodków dyskretnych DEM, uplastycznianie tworzywa w wytłaczarce i modelowanie jego przepływu na gruncie obliczeniowej mechaniki płynów CFD, przepływ tworzywa uplastycznionego w rzeczywistej trójwymiarowej przestrzeni przepływu, także przy zastosowaniu ślimaków o niekonwencjonalnej geometrii, i modelowanie tego przepływu na gruncie obliczeniowej mechaniki płynów (CFD). Umożliwia to budowę bezwymiarowych charakterystyk przepływu i wykorzystanie wyników tego modelowania do modelowania globalnego procesu przepływu tworzyw w tym kompozytów polimerowych, wykazujących granicę płynięcia i poślizg podczas przepływu. Umożliwia modelowanie globalne procesu wytłaczania, realizowane w wielokrotnych, iteracyjnych pętlach obliczeń, w celu poszukiwania punktu pracy wytłaczarki, definiowanego wydajnością procesu (natężeniem przepływu tworzywa) oraz ciśnieniem wytłaczania (gradientem ciśnienia w głowicy wytłaczarskiej).

Na podstawie przedstawionego w rozdziale 1 monografii aktualnego stanu wiedzy, w pracy podjęto się rozwiązania następujących zagadnień modelowania CFD procesu wytłaczania jednoślismakowego i są to:

- modelowanie przepływu tworzywa uplastycznionego w rzeczywistej trójwymiarowej przestrzeni przepływu przy zastosowaniu elementów ślimakowych o konwencjonalnej geometrii w celu budowy bezwymiarowych charakterystyk przepływu, umożliwiających wykorzystanie wyników tego modelowania do modelowania globalnego procesu,
- modelowanie przepływu tworzywa uplastycznionego w rzeczywistej trójwymiarowej przestrzeni przepływu przy zastosowaniu elementów ślimakowych o niekonwencjonalnej geometrii w celu budowy bezwymiarowych charakterystyk przepływu, umożliwiających wykorzystanie wyników tego modelowania do modelowania globalnego procesu,
- modelowanie uplastyczniania tworzywa w wylączarce na gruncie obliczeniowej mechaniki płynów (CFD),
- modelowanie przepływu w wylączarce (w przestrzeni ślimaka i głowicy) tworzyw wykazujących granicę płynięcia,
- modelowanie (w przestrzeni ślimaka i głowicy) tworzyw wykazujących poślizg podczas przepływu.

Monografię merytorycznie oceniam pozytywnie i uważam ją, za ważne osiągnięcie naukowo badawcze, w ramach którego istotnie poszerzono wiedzę z zakresu modelowania procesu technologii wylączania materiałów polimerowych. Rozwiązywanie przez Kandydata problemów poznawczych i użytecznych, polegało głównie na zgłębianiu i rozwijaniu kolejnych obszarów zagadnień naukowych, w realizowanych badaniach symulacyjnych. W pracy uwzględniono analizę wyników doświadczalnych, uzyskanych podczas identyfikacji stanów i zjawisk w procesach wylączania materiałów polimerowych. W monografii szczególnie uwzględniono opis zjawisk występujących w tworzywach wykazujących granicę płynięcia oraz tworzywach wykazujących poślizg podczas przepływu. Zagadnienia te należą do zbioru problemów naukowych, ważnych również w przypadku innych materiałów i technologii z różnych obszarów wiedzy od nauk podstawowych po nauki stosowane. W ocenianym przypadku osiągnięciami realizowanych przez Habilitanta prac mogą być zainteresowane zespoły jednostek rozwojowych i wdrożeniowych firm produkujących maszyny przetwórcze, szczególnie układy uplastyczniające i narzędzia (głowice wylączarskie ale też formy wtryskowe).

Jak wynika z przedstawionej analizy, pomimo wielu publikowanych prac ciągle jeszcze, istnieje zapotrzebowanie na nową wiedzę, opartą na gruntownej, wnikliwej weryfikacji naukowej problemów zaproponowanych przez Habilitanta. Ważnym jest ażeby uzyskać potwierdzenie w rzeczywistości przetwórczej wdrażanych modelowych ustaleń dotyczących relacji pomiędzy modyfikowanymi cechami geometrycznymi narzędzi a zmieniającymi się z jeszcze większą dynamiką właściwościami tworzyw. W ramach prowadzonych przez Habilitanta prac badawczych, przy dobrym rozeznaniu kierunków działań w nauce światowej, potwierdzono potrzebę dalszego prowadzenia prac naukowych, publikowania ich wyników zarówno teoretycznych, cząstkowych, symulacyjnych, laboratoryjnych i przemysłowych. Z prowadzonych prac wynika potrzeba dalszego doskonalenia opisu warunków niezbędnych do efektywnego zasilania jedno- i wieloślimakowych układów uplastyczniających. Badania z

modelowaniem przepływu są prowadzone w tylko w kilku ośrodkach na świecie a zasygnalizowane w **osiągnięciu** działania Autora, dobrze wpisują się w prace nad rozwojem istniejących standardowych modeli.

Szczególnie ważne w procesach doskonalenia wyłaczania tworzyw jest ocena podatności na przetwórstwo, mieszanin polimerowych a także kompozytów polimerowych o różnych cechach geometrycznych i materiałowych (polimerów, napelnaczy, modyfikatorów, stabilizatorów, poroforów, barwników itp). Wyłaczanie jest również jednym z najważniejszych etapów występujących w procesach regranulacji materiałów pochodzących z recyklingu. Możliwość charakterystyki tworzywa na wejściu do procesu przetwórstwa, jest często utrudniona szczególnie w przypadku dużego rozrzutu właściwości materiałów pochodzących z recyklingu materiałów poużytkowych (tzw. PCR). Oceniam, że opracowany przez Autora program komputerowy ma charakter uniwersalny i uwzględnia dużą część zasygnalizowanych problemów i może być stosowany także do modelowania innych procesów przetwórstwa. Część z przywołanych problemów wymaga prowadzenia dalszych badań i umożliwienia ich implementacji w ciągle rozwijanych modelach.

Podsumowując dr inż. Adrian Lewandowski w monografii habilitacyjnej przedstawił różne aspekty związane z modelowaniem procesu wyłaczania tworzyw polimerowych w tym szczególnie rozwiązał zagadnienia modelowania CFD procesu wyłaczania jednoślimakowego do budowy globalnego modelu procesu, umożliwiające modelowanie wyłaczania tworzyw wykazujących granicę płynięcia czy wykazujących poślizg. W ocenianej monografii zawarto wyniki poszerzające wiedzę w zakresie rozwoju koncepcji modelowania CFD procesu wyłaczania a główne osiągnięcia Habilitanta to uzyskanie następujących oryginalnych rozwiązań:

- opracowanie metodyki modelowania klasycznego wyłaczania jednoślimakowego z zastosowaniem konwencjonalnych i niekonwencjonalnych elementów funkcjonalnych ślimaków,
- zbudowanie bezwymiarowej charakterystyki przepływu tworzywa w wyłaczarce na podstawie złożonych obliczeń numerycznych,
- zaimplementowano bezwymiarowe charakterystyki do globalnego modelu procesu poprzez aproksymację wyników badań symulacyjnych modelami regresyjnymi.

Oceniając znaczenie osiągnięcia naukowego, uwzględniając równocześnie przedstawiony przez Habilitanta stan wiedzy i techniki a także dokonania własne uważam że, skutecznie i efektywnie rozwiązał założony problem, głównie przez opracowanie oryginalnego narzędzia (programu komputerowego.) Uważam również, że przyjęta metoda modelowania stanowi rozwiązanie, w pełni oryginalne i ma charakter uniwersalny może więc być stosowane do modelowania zjawisk przepływu tworzyw w kolejnych modyfikacjach cech geometrycznych ślimaków a także modyfikowanych tworzyw.

Pozostałe osiągnięcia naukowo badawcze dr inż. Adriana Lewandowskiego, opublikowane po uzyskaniu stopnia doktora, koncentrują się wokół obszarów tematycznych opisanych w monografii i przywołanych w załączniku publikacjach naukowych. Są to 24 publikacje z których 18 opublikowane zostały w czasopismach indeksowanych w bazie JCR. (przykładowe wartości wskaźnika IF 4,967 -

0,512). Przywołane w autoreferacie czasopisma przypisane są dyscyplinie inżynieria mechaniczna i są to m.in. Polymers MDPI, Macromolecular Symposia, Wiley-VCH Verlag GmbH, International Polymer Processing, Carl Hanser Verlag, Polimer IChP, Advances in Polymer Technology, Polymer Engineering and Science, Polymer -Plastics Technology and Engineering. Habilitant w 7 artykułach jest pierwszym Autorem, w pozostałych pracach występuje na drugiej i trzeciej pozycji. Warto przywołać, że przed uzyskaniem stopnia doktora Habilitant opublikował 10 artykułów, głównie w polskich czasopismach naukowych.

Po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant był współautorem 4 książek, tu wyróżnię przede wszystkim pracę: Wilczyński K., Lewandowski A.: CFD Modeling, Rheology in Polymer Processing. Modeling and Simulation, 2020, Carl Hanser Verlag, ISBN 978-1-56990-660-6, s. 297-347, DOI:10.3139/9781569906613.006, a także 3 książki wydane przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej. Habilitant był również współautorem 11 Rozdziałów w monografiach opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora i 6 rozdziałów opublikowanych jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora.

W publikowanych materiałach konferencyjnych po uzyskaniu stopnia doktora Habilitant zamieścił 6 artykułów a przed uzyskaniem stopnia doktora 8. Ponadto prezentował po uzyskaniu stopnia doktora 4 referaty na konferencjach zagranicznych. Dr inż. Adrian Lewandowski po uzyskaniu stopnia doktora był redaktor wydania specjalnego czasopisma Polymers, Special Issue "Advances in Screw Processing of Polymeric Materials - In Memory of Professor James Lindsay White", w którym zamieszczono 29 artykułów, cieszących się dużą ilością wyświetleń (ponad 92 tys.). Brał ponadto udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych następujących konferencji: Komitet organizacyjny Międzynarodowej Konferencji Doktorantów i Młodych Naukowców Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology, 2009-2015, jako członek komitetu, Komitet organizacyjny konferencji POLIMER, jako członek komitetu.

Po uzyskaniu stopnia doktora, Habilitant brał aktywny udział w szeregu projektach m.in. 4 NCN i KBN jako główny wykonawca, a także w 11 projektach wewnętrznych Politechniki Warszawskiej jako kierownik i główny wykonawca. Swoją aktywność realizował także w ramach członkostwa w Fundacji na rzecz młodych naukowców, jako członek rady Fundacji. Jest także członkiem Towarzystwa Przetwórców Tworzyw Polimerowych.

Sumaryczna liczba cytowanych prac dr inż. Adriana Lewandowskiego według bazy Web of Science wynosi 405 a index Hirscha h-index: wynosi 13, według bazy Scopus dane te wynoszą odpowiednio 431 i 14 a w przypadku Google Scholar 543 i 14. Parametry bibliometryczne świadczą o dobrej rozpoznawalności naukowej Jego osoby w środowisku krajowym i międzynarodowym, i potwierdzają oddziaływanie Jego prac na środowisko czytelników czasopism, w których Habilitant zamieszczał swoje osiągnięcia.

Sumaryczny dorobek Habilitanta stanowi 77 prac o łącznej punktacji 919, a także 4 książki autorskie i 3 książki redagowane. W ramach publikacji 18 stanowią prace z listy A, 6 z tzw. Listy B a ponadto 10 publikacji z poza wykazu czasopism. Był także promotorem 42 prac dyplomowych (inżynierskich i magisterskich).

Porównanie wskaźników bibliometrycznych przed i po uzyskaniu stopnia doktora, wskazuje na dynamiczny rozwój naukowy Habilitanta. Liczba publikacji: przed uzyskaniem stopnia doktora 18, po uzyskaniu stopnia doktora 59, sumarycznie 77. Impact Factor: przed uzyskaniem stopnia doktora 1,846, po uzyskaniu stopnia doktora 33,493, sumarycznie 35,339. Suma punktów KBN / MNiSW: przed uzyskaniem stopnia doktora 30, po uzyskaniu stopnia doktora 889, sumarycznie 919.

Podsumowując załączone we wniosku osiągnięcia uznaję, że najważniejszym efektem prowadzonych badań jest rozwinięcie koncepcji modelowania CFD procesu wyłaczania, na którą składa się szereg zagadnień podjętych w niniejszej pracy: – opracowanie metodyki modelowania klasycznego wyłaczanie jednoślakowego z zastosowaniem konwencjonalnych i niekonwencjonalnych (specjalizowanych) elementów ślimakowych; – zbudowanie bezwymiarowej charakterystyki przepływu tworzywa w wyłaczarce (trudne i czasochłonne obliczenia numeryczne); – zaimplementowanie bezwymiarowych charakterystyk do globalnego modelu procesu poprzez aproksymację wyników badań symulacyjnych modelami regresyjnymi; – podjęcie badania zjawisk występujących podczas uplastyczniania tworzyw w procesie wyłaczania: stwierdzenie na podstawie badań, że przy modelowaniu wyłaczania takich materiałów, jak kompozyty polimerowe (np. kompozyty drzewne WPC), elastomery, polichlorek winylu (PVC) i polietylen wysokiej gęstości (HDPE) czy zawiesiny polimerowe, powinien być uwzględniony poślizg, ze względu na istotny wpływ na położenie punktu pracy wyłaczarki.

Na podstawie uzyskanych przez Habilitanta rezultatów badań wykazano potrzebę zastosowania pogłębionej analizy procesu wyłaczania o zjawiska występujące na granicy polimer/narzędzie. Gdy zwiększa się poślizg na ślimaku, zmniejsza się natężenie przepływu i ciśnienie, natomiast gdy zwiększa się poślizg na głowicy, wzrasta natężenie przepływu i ciśnienie. Zbadano również wpływ parametrów poślizgu na przebieg wyłaczania. Z symulacji wynika, że poślizg zmniejsza wydajność w zakresie dodatniego gradientu ciśnienia, a zwiększa w zakresie ujemnego gradientu ciśnienia. Poślizg może też zmieniać klasyczny mechanizm uplastyczniania Tadmora, co zaobserwowano np. w przypadku polichloru winylu (PVC). W przypadku wyznaczania granicy płynięcia, stwierdzono, że powinna być uwzględniana przy modelowaniu wyłaczania takich materiałów, jak kompozyty polimerowe (np. kompozyty drzewne) czy zawiesiny polimerowe, ze względu na istotny wpływ na położenie punktu pracy wyłaczarki. Na podstawie badań Autor stwierdził, że wzrost granicy płynięcia powoduje również wzrost natężenia przepływu i ciśnienia, czyli wzrost wydajności i ciśnienia wyłaczania. W pracy opracowano oryginalne rozwiązania zagadnienia modelowania przepływu z poślizgiem, modelowania przepływu z granicą płynięcia, a także podjęto nowatorską próbę ciągłego modelowania uplastyczniania, uzyskując satysfakcjonujące wyniki.

Opracowana i wdrożona przez Habilitanta metoda ma charakter uniwersalny i nie wymaga szczegółowej znajomości mechanizmu uplastyczniania, co stanowi nowe podejście do globalnego modelowania procesu. Metoda ta umożliwia rozróżnienie fazy stałej tworzywa od fazy ciekłej na podstawie uzyskanego w wyniku obliczeń rozkładu temperatury. Metoda ta może znaleźć zastosowanie do modelowania uplastyczniania w innych odmianach procesu wyłaczania, a nawet wtryskiwania. Proces

przetwórczy można wówczas definiować nie tylko na podstawie jego konfiguracji geometrycznej, ale także na podstawie występujących w nim termomechanicznych warunków przepływu. W tym przypadku dokonano istotnego wkładu poznawczego, naukowego oraz aplikacyjnego wpisującego się w najnowsze trendy badawcze dotyczące wykorzystania metod komputerowych do opisu procesów, a dalej uzyskania modeli do projektowania coraz efektywniejszych maszyn przetwórczych.

Podsumowując zaprezentowane w przedmiotowej monografii osiągnięcia, uznaję za znaczące dla rozwoju nauk inżynierijsko-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Przedstawione do oceny osiągnięcia naukowe obejmują oryginalne podejście do problematyki modelowania w procesie wytłaczania materiałów polimerowych. Należy podkreślić wagę przedstawionego problemu szczególnie silnie związanego z od lat dynamicznie rozwijającą się dziedziną wytwarzania i przetwórstwa tworzyw polimerowych. Nawiązując do wiedzy związanej z technologią przetwórstwa i użytkowania tworzyw, Autor przekonująco uzasadnił, że wprowadzenie metody modelowania CFD, umożliwiło uzupełnienie i poszerzenie niezbędnej wiedzy na temat zjawisk i warunków charakteryzujących proces wytłaczania. Zawarta w przedmiotowych opracowaniach wiedza, w mojej ocenie, jest próbą skutecznego, twórczego, kompleksowego spojrzenia na zagadnienia modelowania procesu wytłaczania materiałów polimerowych. Szeroko rozumiane efekty naukowe i użyteczne są wynikiem konsekwentnych działań rozwojowych, zajął się realizacją badawczych w kierunku poznania podatności na przetwórstwo materiałów polimerowych w warunkach uplastyczniania ślimakowego i przepływu w kanałach narzędziowych. Te obszary zasygnalizowane w opisie wniosku uznaję za dokonania, a moim zdaniem opis przedstawiony w załączonej monografii, wypełnia kryteria stawiane w postępowaniach habilitacyjnych. **W mojej opinii zaprezentowany w Autoreferacie i załączonej monografii materiał, jest udaną próbą opisu stanów, zjawisk i procesów występujących w obszarze modelowania przetwórstwa tworzyw polimerowych i wnosi do inżynierii mechanicznej nowe elementy dla jej rozwoju.**

W dorobku dydaktycznym, popularyzatorskim oraz współpracy międzynarodowej wykazano, że poza zasadniczym miejscem pracy naukowej Habilitanta jakim jest Wydział Mechaniczny Technologiczny Politechniki Warszawskiej, (zgodnie z przyjętymi kryteriami opiniowania procesu habilitowania), dr inż. Adrian Lewandowski realizował także staże w innych ośrodkach naukowo-badawczych. Były to m.in.: trzy miesięczny staż w Lehrstuhl Polymere Werkstoffe Universität Bayreuth, na którym pod opieką prof. Volkera Altstadta w ramach projektu CAS/34/POKL organizowanego przez Centrum Studiów Zaawansowanych Politechniki Warszawskiej realizował „Badania wytłaczania dwuślimakowego zaawansowanych materiałów polimerowych”. Dodatkowo brał udział w projekcie „Polypropylene/Halloysite nanocomposites using a co-rotating twin screw extruder” realizowanym przez katedrę Materiałów Polimerowych Uniwersytetu w Bayreuth. Efektem stażu oprócz podniesienia kompetencji naukowo badawczych, była późniejsza publikacja która ukazała się jako praca zbiorowa w czasopiśmie Polymers pt. „Computer Modeling for Single-screw Extrusion of Wood-Plastic Composites”. 2018, 10, 295.

Habilitant brał również udział w tygodniowych pobytach szkoleniowych w kilku europejskich laboratoriach, m.in. Uniwersytecie KU Leuven w 2015 (Belgia) a także dwukrotnie w Firmie Gottfert

Werkstoff-Prufmaschinen GmbH (Niemcy) w latach 2013 i 2018, poświadczane stosownymi dokumentami.

Inna aktywność naukowa Habilitanta związana była m.in. z pełnieniem od 2021 do chwili obecnej funkcji Redaktor wydania specjalnego czasopisma Polymers, Special Issue "Advances in Screw Processing of Polymeric Materials - In Memory of Professor James Lindsay White", 29 artykułów. Był również Recenzentem publikacji w czasopismach międzynarodowych: Polymers, wydawnictwo MDPI, IF 5.0, 2022, 2023 – 4 recenzje, Journal of Composites Science, wydawnictwo MDPI, IF 3.3, 2023 – 1 recenzja. Journal of Manufacturing and Materials Processing, wydawnictwo MDPI, IF 3.2, 2022 – 1 recenzja, Forests, wydawnictwo MDPI, IF 2.9, 2022 – 1 recenzja, Applied Sciences, wydawnictwo MDPI, IF 2.7, 2022 – 1 recenzja, Computation, wydawnictwo MDPI, IF 2.2, 2023 - 1 recenzja.

W ramach działalności dydaktycznej Habilitant prowadził wykłady, laboratoria, zajęcia projektowe oraz zajęcia komputerowe na wydziale Mechanicznym Technologicznym na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych, na trzech kierunkach studiów tj. Mechanika i Budowa Maszyn, Automatyzacja i Robotyzacja Procesów Produkcyjnych oraz Zarządzanie i Inżynieria Produkcji (również na specjalności anglojęzycznej Global Production Engineering and Management).

Obszar tematyki naukowo-dydaktycznej Habilitanta obejmuje procesy przetwórstwa tworzyw polimerowych, reologię oraz systemy CAD/CAE. Te zagadnienia są prezentowane w ramach prowadzonych przedmiotów: Przetwórstwo tworzyw sztucznych, Systemy CAx w przetwórstwie tworzyw sztucznych, Komputerowe wspomaganie projektowania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, Systemy CFD o przeznaczeniu ogólnym, Zagadnienia technologiczne, materiałowe i konstrukcyjne w przetwórstwie tworzyw sztucznych, Projektowanie i modelowanie procesów przetwórstwa tworzyw sztucznych, Modelowanie CFD zagadnień przepływu płynów, CAD/CAE w przetwórstwie tworzyw sztucznych, Technologie przemysłowe, Materiały niemetalowe i kompozyty, Zajęcia warsztatowe, Bazy danych, Techniki informacyjne, Industrial Technologies, Intermediate Integrating Project

Dr inż. Adrian Lewandowski opracował również programy nowych przedmiotów takich jak: Modelowanie CFD zagadnień przepływu płynów, realizowanych na studiach magisterskich (wykład oraz laboratoria), Komputerowe wspomaganie projektowania w przetwórstwie tworzyw sztucznych, na studiach magisterskich (zajęcia komputerowe), Projektowanie i modelowanie procesów przetwórstwa tworzyw sztucznych, studia magisterskie, (zajęcia projektowe). Ponadto opracował materiały dydaktyczne i pomoce do zajęć z wielu przedmiotów, w tym materiały wideo do zajęć zdalnych w czasie trwania pandemii.

Po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych sprawował opiekę naukową w charakterze promotora prac przejściowych i dyplomowych 82 studentów (40 prac przejściowych oraz 42 prace dyplomowe). Opracował program i przeprowadził szkolenie „Zarządzanie procesami przetwarzania tworzyw sztucznych” w ramach projektu Inżynierski Inkubator Przedsiębiorczości współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Programu Operacyjnego „Wiedza – Edukacja – Rozwój”. W latach 2009-2015 współorganizował coroczną międzynarodową konferencję doktorantów i młodych naukowców Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology. Był aktywnym opiekunem Koła

Naukowego Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych Polimer. Potwierdzeniem i uznaniem działalności dydaktycznej oraz organizacyjnej było otrzymanie 12 nagród w tym: 5 nagród I, II i III stopnia Rektora PW.

Do innych osiągnięć, Habilitanta oprócz wymienionych już w recenzji, należy zaliczyć: organizację studiów podyplomowych „Technologia i przetwórstwo tworzyw sztucznych” w Zakładzie Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych, redagowanie Bazy Wiedzy Politechniki Warszawskiej, wykonawstwo opinii i ekspertyz branżowych, członkostwo w Uczelnianej Komisji Wyborczej (2008-2012), członkostwo w Rektorskiej Komisji ds. Warunków Pracy (2008-2010), członkostwo w Radzie ds. Jakości Kształcenia (2008-2012), członkostwo w wydziałowej komisji rekrutacyjnej na studia II stopnia Wydziału Inżynierii Produkcji, członkostwo rady Fundacji na Rzecz Młodych Naukowców, członkostwo w Komitecie organizacyjnym międzynarodowej konferencji doktorantów i młodych naukowców Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology. Habilitant organizował także laboratorium modelowania komputerowego, opiekował się oprogramowaniem CFD (Ansys Polyflow), organizował szkolenia w ramach projektu Inżynierski Inkubator Przedsiębiorczości. Pełnił także funkcję pełnomocnika do spraw zdalnego nauczania (instruktaż i wsparcie pracowników). Redagował stronę internetową Zakładu. Przewodniczył Wydziałowej Radzie Doktorantów. Przewodniczył Wydziałowej Komisji Stypendialnej.

Biorąc pod uwagę powyższe informacje stwierdzam, że dr inż. Adrian Lewandowski wykazał się wymaganą istotną aktywnością realizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej.

Podsumowanie recenzji

Na podstawie analizy, przedstawionej mi do opinii dokumentacji, będącej podstawą wszczęcia postępowania habilitacyjnego, zawierającej osiągnięcia naukowe, oraz pozostałe osiągnięcia dr inż. Adriana Lewandowskiego stwierdzam, że w moim przekonaniu wypełniają one wymagania i warunki stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego, określone w obowiązującej Ustawie. Wobec powyższego wyrażam pozytywną opinię w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego dr inż. Adrianowi Lewandowskiemu przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Warszawskiej w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Habilitant spełnia następujące wymagania:

- posiada stopień doktora nauk technicznych w zakresie budowy eksploatacji maszyn, nadany uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej z dnia 25.10.2011r.
- posiada w swoim dorobku osiągnięcia naukowe stanowiące znaczący wkład w rozwój dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych, w szczególności zaś dyscypliny inżynieria mechaniczna w postaci załączonej monografii i prac naukowych opisanych i ocenionych w recenzji,
- wykazał się istotną, dobrze udokumentowaną aktywnością naukową zrealizowaną we współpracy z innymi instytucjami naukowymi i badawczo rozwojowymi.

