

Dr hab. inż. Tomasz Klepka, prof. uczelni  
Katedra Technologii i Przetwórstwa Tworzyw Polimerowych  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 36  
20-618 Lublin

Lublin, dnia 02.04.2024r.

## **Recenzja**

### **Osiągnięć naukowych dr inż. Adriana Lewandowskiego w związku z wszczętym postępowaniem habilitacyjnym**

Podstawą wykonania recenzji jest pismo Przewodniczego Rady Naukowej Dyscypliny Inżyniera Mechaniczna Politechniki Warszawskiej – prof. dr hab. inż. Roberta Sitnika z dnia 17 stycznia 2024 roku o symbolu RND.IM.524.18.2023-2024. W którym zawarto informacje, że w dniu 10.01.2024 r. zostałem powołany w skład komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie mechaniczna Pan dr inż. Adriana Lewandowskiego. Wraz z niniejszym pismem dołączono wniosek Habilitanta, monografię naukową oraz załączniki, w tym także wszystkie dokumenty w wersji elektronicznej.

#### **1. Sylwetka Habilitanta**

Dr inż. Adrian Lewandowski urodził się w dniu 22 listopada 1982 roku w Świdniku. W dokumentacji brak jest szczegółowych informacji o przebiegu kariery naukowej, a na podstawie kopii Dyplomu stwierdzam, że w dniu 25 października 2011 Rada Wydziału Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej za rozprawę doktorską pt.: „Modelownie przepływu tworzywa polimerowego w wytłaczarce dwuślimakowej współbieżnej” nadała Adrianowi Lewandowskiemu stopień doktora nauk technicznych, w zakresie budowy i eksploatacji maszyn. Obecnie habilitant jest zatrudniony na

stanowisku adiunkta badawczo-dydaktycznego w Instytucie Technik Wytwarzania na Wydziale Mechanicznym Technologicznym Politechniki Warszawskiej.

## **2. Podstawa wszczęcia postępowania habilitacyjnego**

Dr inż. Adrian Lewandowski jako osiągnięcie naukowe wynikające z art. 219 ust. 1, pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.), stanowiące podstawę do ubiegania się o uzyskanie stopnia naukowego doktora habilitowanego, wskazał monografię habilitacyjną swojego autorstwa pt.: „Wybrane zagadnienia modelowania CFD procesu wytlączania tworzyw polimerowych”, opublikowaną przez Oficynę Wydawniczą Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2023, ISBN 978-83-8156-564-6 o całkowitej objętości 137 stron maszynopisu.

## **3. Ocena osiągnięcia naukowego - monografii habilitacyjnej**

Monografia habilitacyjna rozpoczyna się, półtorastronicowym streszczeniem, w języku polskim i angielskim, następnie znajduje się bardzo ogólny wstęp wprowadzający do tematu wytlączania i modelowania tego procesu oraz kilka akapitów wprowadzających, definiujących poszczególne zagadnienia i problematykę badawczą, określoną w tytule monografii.

Na kolejnych stronach zamieszczony jest dwustronicowy wykaz ważniejszych oznaczeń i symboli.

Problematyka wytlączanie tworzyw polimerowych jest procesem wytwórczym o długiej historii, jednakże wiele jego aspektów pozostaje nadal niejasnych i wymaga dalszych badań. Proces ten obejmuje trzy kluczowe fazy: transport tworzywa w stanie stałym, jego uplastycznienie, przepływ w stanie uplastycznionym oraz fazę formowania w narzędziu przetwórczym - głowicy wytaczarskiej oraz ochładzanie wraz z utwaleniem geometrii wytłoczyny w kalibratorze. Homogenizacja tworzywa w wytłaczarce odgrywa więc istotną rolę i ma zasadnicze znaczenie dla uzyskania

wymaganej jakości wycieczyny ale przyczynia się także do rozwoju elementów z dziedziny nauk inżyniersko-technicznych, a także tworzenia nowych kompozycji materiałowych. Konstruowane wycieczarki jedno- i dwuślimakowe różnią się pod względem intensywności procesu mieszania oraz szybkości uplastyczniania. Aby zwiększyć szybkość uplastyczniania w wycieczarkach jednoślimakowych, stosuje się niekiedy niekonwencjonalne rozwiązania konstrukcyjne ślimaków, wprowadzając elementy intensyfikujące te procesy np. Maillefera, Barra, Maddocka. Współczesne projektowanie procesów wycieczania w dużym stopniu wykorzystuje symulacje komputerowe oparte na modelach matematycznych opisujących z określonym przybliżeniem rzeczywiste procesy wytwarzania. Mimo że istnieją liczne monografie i artykuły na temat wycieczania, dotychczasowe prace nie uwzględniają pełnego modelowania globalnego tego procesu. W związku z Autor słusznie zauważył, że istnieje potrzeba dalszych badań, które pozwolą na lepsze zrozumienie i optymalizację procesów wycieczania tworzyw polimerowych. Modelowanie procesu wycieczania tworzyw stanowi więc kompleksowe wyzwanie naukowe, które wymaga pełnego ujęcia wszystkich jego aspektów. Istotnymi elementami są: dokładny opis transportu tworzywa w stanie stałym, mechanizmy uplastyczniania tworzywa oraz jego przepływ w stanie uplastycznionym, zarówno w cylindrze jak i w głowicy wycieczarskiej. Chociaż przepływ tworzywa uplastycznionego jest stosunkowo dobrze zbadany, to transport tworzywa w stanie stałym oraz proces uplastyczniania są wciąż przedmiotem intensywnych badań naukowych, głównie ze względu na ich złożoność i istotność dla ostatecznej jakości wytwarzanych wyrobów.

W rozdziale 1, Habilitant przedstawia aktualny stan wiedzy dotyczący modelowania procesu, wycieczania tworzywa w stanie stałym oraz ocenę dotychczasowych modeli komputerowej symulacji zjawisk występujących podczas uplastyczniania z którego wynika inspiracja Kandydata do podjęcia tematu rozprawy. Stan wiedzy oparty zastał na literaturze, która łącznie liczy 275 pozycji. Stanowi ją literatura w postaci książek i artykułów, głównie w języku angielskim, opublikowanych w temacie zbliżonym do rozprawy. Przy czym publikacji nie starszych niż 15 lat w pracy jest ok. 72 pozycji. Moim zdaniem Autor rozprawy publikacje z lat 50-70-tych i 80-tych, powinien

potraktować jak wiedzę podstawową i skupić się w analizie literatury tylko na najnowszych opracowaniach z tej problematyki. Miedzy innymi z uwagi na fakt, że postęp w dziedzinie modelowania oraz zdolności mikroprocesorowych obliczeń jest ciągle udoskonalany. Bezcelowe wydaje się przywoływanie w rozprawie publikacji z roku 1922 pozycje [239] i [251], z roku 1923 pozycja [133], z roku 1927 pozycja [182] oraz z roku 1933 pozycja [183].

W rozdziale 2 o objętości półtorej strony autor przedstawił zwięźle cel i zakres pracy, przy czym zauważalny jest brak sformułowanej tezy/tez badawczych rozprawy. Postawiony cel pracy jest dokładnie określony i obejmuje następujące główne zagadnienia, które polegają na: rozwiązaniu zidentyfikowanych problemów modelowania procesu wytłaczania jednoślismakowego poprzez zastosowanie technik obliczeniowych CFD, ze szczególnym uwzględnieniem opracowania globalnego modelu procesu. Autor zakłada ponadto, że celem jest znalezienie optymalnego punktu pracy wylączarki poprzez wielokrotne iteracje obliczeń, uwzględniające zarówno wydajność procesu, jak i gradient ciśnienia wytłaczania. Autor Proponuje koncepcję, która opiera się na analizie bezwymiarowych charakterystyk przepływu tworzywa, uzyskanych dzięki zaawansowanym obliczeniom CFD, a następnie zaimplementowania ich w globalnym modelu procesu przy użyciu modeli regresyjnych. W ramach przyjętego zakresu pracy Autor wymienia także kluczowe aspekty modelowania CFD procesu wytłaczania. W tym przypadku dotyczą one możliwości modelowania przepływu tworzywa uplastycznionego w trójwymiarowej przestrzeni z wykorzystaniem różnych rodzajów elementów ślimaka, modelowania procesu uplastyczniania tworzywa, oraz analizy przepływu w warunkach granicy płynięcia i poślizgu.

Rozdział 3 pt. „Metodyka modelowania MES procesu wytłaczania” obejmuje charakterystykę oprogramowania do obliczeń jednak tylko pakietu ANSYS Polyflow z zakresu dynamiki płynów (CFD). Autor nie omówił innych programów do symulacji modelowania wytaczania w zakresie układów uplastyczniających jak i przepływu tworzywa w głowicy np.: Altair Inspire Extrude Polymer, PolyXtrue Solid Works, Compuplast CEA Software, Ludovic and XimeX-TSE Software itp. Z powyższego

wynika, że analiza stanu literatury nie jest przeprowadzona dogłębnie, rzetelnie i solidnie i że pominięto wiele istotnych pozycji i zagadnień, które mogłyby poszerzyć zakres wiedzy.

W kolejnym 4 rozdziale Autor dokładnie przedstawia modelowanie procesu wytłaczania jednoślimakowego, omawiając przepływ tworzywa w głowicy podstawowy, przepływ z poślizgiem oraz z granicą płynięcia. Jest to przeprowadzone dla geometrii przepływu zbieżnego cylindrycznego (rys.4.1) oraz zbieżnego prostokątnego (rys. 4.13). Opisany jest także przepływ tworzywa w wylączarce dla układu konstrukcyjnego ślimak-cylinder. W tym przypadku analizowano to także w kilku wariantach: dla przepływu klasycznego, niekonwencjonalnego, z poślizgiem oraz z granicą płynięcia. Przeprowadzone badania modelowania komputerowego, obejmowały swoim zakresem wytłaczanie w układzie jednoślimakowym, a materiałem wejściowym do analiz był kompozyt polimerowo-drzewny na osnowie PP z zawartością 50 % maczki drzewnej.

W rozdziale 5 monografii omówiono kluczowe aspekty modelowania globalnego procesu wytłaczania jednoślimakowego, analizuje współpracę pomiędzy wylączarką (ślimakiem) a głowicą wylączarską, podkreślając wzajemne oddziaływanie tych elementów na efekty uplastyczniania. Proces wytłaczania opisywany jest poprzez charakterystyki działania zarówno ślimaka, jak i zjawisk zachodzących w głowicy, które determinują rzeczywiste warunki pracy wylączarki. Badania symulacyjne wymagały budowy oddzielnych modeli dla każdej strefy ślimaka i ich połączenia w modelu globalnym. Obliczenia były wykonywane krok po kroku w przestrzeniach kanału ślimaka, co wymagało opracowania odpowiedniego algorytmu obliczeniowego. W przypadku klasycznego wytłaczania jednoślimakowego, natężenie przepływu tworzywa jest wynikiem współpracy ślimaka z głowicą i musi być wyznaczone poprzez obliczenia iteracyjne. Autor zwraca uwagę na złożoność procesu wytłaczania, oraz zachowania się tworzywa, w układzie trójwymiarowym, nieizotermicznym, o cechach płynu nienewtonowskiego i często lepkosprężystego. Modelowanie takiego przepływu jest możliwe głównie za pomocą obliczeń metodami elementów skończonych, choć jest to trudne i czasochłonne. Zaproponowana koncepcja modelowania opiera się na

bezwymiarowych charakterystykach przepływu tworzywa, które są otrzymywane za pomocą obliczeń numerycznych i aproksymowane modelami regresyjnymi. Modele te były następnie implementowane do globalnego modelu procesu wytłaczania, co pozwalało na szybkie obliczenia z zachowaniem wysokiej dokładności. W monografii przedstawiono również szczegółową charakterystykę modeli matematycznych charakteryzujących przepływ w różnych strefach ślimaka, co umożliwiło dokładną symulację procesu wytłaczania. Parametry tych modeli zostały estymowane przy użyciu zaawansowanych metod statystycznych, co zapewniło wymaganą dokładność wyników obliczeń.

Monografię kończy rozdział 6 stanowiący podsumowanie przeprowadzonych prac oraz wskazujący kierunki i perspektywy przyszłych badań Autora w zakresie modelowania procesu wytłaczania tworzyw

Do oryginalnych osiągnięć habilitanta zaliczyć można:

- Opracowanie metodyki modelowania przepływu tworzywa w wytłaczarce jednoślindakowej, uwzględniającej zarówno konwencjonalne, jak i niekonwencjonalne elementy ślimakowe. Metodyka ta została szczegółowo opisana w literaturze naukowej i została poddana analizie krytycznej w kontekście jej zastosowania w różnych warunkach przetwarzania tworzyw.
- Wykorzystanie zaawansowanych technik obliczeniowych, takich jak metoda elementów skończonych, do generowania bezwymiarowych charakterystyk przepływu tworzywa. Wyniki tych obliczeń zostały szczegółowo udokumentowane, a ich poprawność została zweryfikowana za pomocą odpowiednich testów weryfikacyjnych.
- Zaimplementowanie bezwymiarowych charakterystyk przepływu do globalnego modelu procesu poprzez zastosowanie modeli regresyjnych. Wykorzystane modele regresyjne zostały dokładnie opisane, a ich skuteczność została potwierdzona przez porównanie uzyskanych wyników z danymi eksperymentalnymi.
- Przeprowadzenie kompleksowych badań nad zjawiskami poślizgu i z granicą płynięcia w procesie wytłaczania. Wyniki tych badań zostały przedstawione w monografii i opublikowane w renomowanych recenzowanych czasopismach naukowych i stanowią istotny wkład w rozwój omawianej dziedziny nauki.

- Wdrożenie nowatorskiej metody ciągłego modelowania procesu uplastyczniania, opartego na rozkładzie temperatury, którego skuteczność została zweryfikowana na podstawie danych eksperymentalnych. Metoda ta może być wykorzystana w różnych odmianach procesu wytłaczania oraz wtryskiwania i stanowi istotny wkład w rozwój nowoczesnych technologii przetwórstwa tworzyw.

Ponadto, przedstawiona do oceny monografia stanowi cenne źródło informacji dla specjalistów zajmujących się przetwórstwem tworzyw, prezentując nowatorskie podejście do modelowania globalnego procesu wytłaczania jednoślیمakowego. Autor skupia się na różnych rodzajach wytłaczania, uwzględniając m.in. jedno- i dwuślیمakowe oraz zjawiska takie jak poślizg i granica płynięcia. Jest to zatem kompleksowa praca, która wnosi istotny wkład w dziedzinę modelowania procesów wytłaczania tworzyw polimerowych. Ważnym aspektem proponowanej koncepcji jest wykorzystanie bezwymiarowych charakterystyk przepływu tworzywa, które następnie są aproksymowane za pomocą modeli regresyjnych.

#### **4. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych i aktywności naukowej**

Habilitant do chwili złożenia wniosku opublikował w sumie liczące się w różnych rankingach 77 prace naukowe (25 przed oraz 52 po doktoracie). Z całkowitej liczby (wykazanych w załączniku 4) prac naukowych 24 stanowiły artykuły w czasopismach renomowanych, znajdujących się na tzw. liście filadelfijskiej, są nimi: Materials – Polymers (MDPI), Macromolecular Symposia (WILEY-VCH Verlag GmbH), International Polymer Processing (Carl Hanser Verlag GmbH), Polimery (Instytut Chemii Przemysłowej), Mechanik (Agencja Wydawnicza SIMP), Advances in Polymer Technology (Polymer Engineering and Science), Plastics Research Online (Society of Plastics Engineers), Polymer-Plastics Technology and Engineering (Taylor and Francis), 7 książek współautorskich i współredagowanych, 11 rozdziałów w monografii, 6 publikacji w materiałach konferencyjnych oraz 4 referaty zaprezentowane na konferencjach zagranicznych. Zdecydowana większość z w/w publikacji napisana została w języku angielskim. Przy czym, w żadnej z publikacji Habilitant nie jest samodzielnym autorem, a w otrzymanej dokumentacji brak jest oświadczeń

z zadeklarowanym udziałem własnym Habilitanta oraz określeniem jakościowym swojego wkładu w poszczególne prace.

Habilitant wykazał udział w 4 krajowych projektach badawczych, otrzymanych na drodze konkursów krajowych (NCN, KBN) w których był głównym wykonawcą oraz 11 grantów corocznych działań wykonywanych w ramach prac statutowych w macierzystej uczelni Politechnice Warszawskiej, w których był kierownikiem (3 projekty) oraz głównym wykonawcą (8 projektów).

Zainteresowania naukowe Kandydata przedstawione w publikacjach skupiają się wokół badań teoretycznych oraz badań symulacji komputerowej procesu wytłaczania tworzyw termoplastycznych oraz kompozytów polimerowych opartych na dodatkach z włókna drzewnego. Jest on współautorem oryginalnych opracowań modelowych, które powstały w Instytucie Techniki Wytwarzania Politechniki Warszawskiej. Dane obliczeniowe zaimplementowane do modelowania komputerowego dotyczą głównie konwencjonalnego wytłaczania jednoślimakowego z pełnym dozowaniem tworzywa, niekonwencjonalnego wytłaczania jednoślimakowego oraz wytłaczania dwuślimakowego przeciwbieżnego i współbieżnego. W pracach naukowych Habilitant przedstawia wybrane zagadnienia oraz wyniki badań ukazujące kompleksowe rozumienie problematyki symulacji uplastyczniania ślimakowego, wytłaczania zarówno jedno-, jak i dwuślimakowego, a metodami naukowymi opisuje modele reologiczne kompozycji materiałowych i prowadzi obliczenia komputerowe z zakresu mechaniki płynów, przedstawiając zachowanie się tworzywa pierwotnego oraz tworzywa napełnionego dodatkiem drewna (*WPC : ang. wood plastic composites*). Szczątkowe zainteresowanie można też odnotować w zakresie badań symulacyjnych przepływu tworzywa w kanałach formy wtryskowej. Obszar zainteresowań naukowo-badawczych Kandydata oceniam wysoce specjalistyczny jednak nie wykraczających poza główny nurt problematyki symulacji uplastyczniania ślimakowego.

Łączny współczynnik oddziaływania publikacji Kandydata na podstawie przedstawionych danych bibliometrycznych (zgodnie z rokiem opublikowania) wynosi tylko po uzyskaniu stopnia doktora  $IF= 33,493$ ; sumaryczna liczba punktów



ministerialnych: 889; Index Hirscha według bazy Web of Science oraz Scopus wynosi odpowiednio: h-index 13 (liczba cytowań 405), h-index 14 (liczba cytowań 431).

Habilitant do oceny dorobku przedstawił także informacje o odbytych stażach zagranicznych. Zgodnie z deklaracją (załącznik nr 4) oraz na podstawie potwierdzonych certyfikatów (załącznika nr 6) oceniam je na wystarczającym poziomie. Analiza dokumentów wykazała, że Kandydat odbył dwa staże zagraniczne długoterminowy 3 miesięczny w roku 2014 w Lehrstuhl Polymere Werkstoffe Universität Bayreuth, Bayreuth, Niemcy oraz krótkoterminowy (deklarowane 7 dni / certyfikat 4 dni) w Department of Chemical Engineering KU Leuven, Belgia. Uczestniczył także w krótkoterminowych pobytach w zagranicznych instytucjach badawczych: w roku 2013 w GÖTTFERT Werkstoff-Prüfmaschinen GmbH, Buhl, Niemcy (2 dni) oraz w tym samym ośrodku w rok 2018 (1 dzień), szkoląc się z technik badań właściwości reologicznych oraz badań wskaźnika szybkości płynięcia materiałów polimerowych.

Po przeanalizowaniu osiągnięć naukowo-badawczych oraz aktywności naukowej Kandydata stwierdzam, że dr inż. Adrian Lewandowski wykazał się istotną aktywnością naukową po uzyskaniu stopnia doktora, znacząco powiększył swój dorobek naukowo-badawczy oraz podnosił swoje kwalifikacje w zagranicznych ośrodkach naukowych.

## **5. Ocena osiągnięć dydaktycznych i organizacyjnych i popularyzujących**

Habilitant prowadził liczne wykłady, laboratoria, zajęcia projektowe oraz zajęcia komputerowe, zarówno na studiach stacjonarnym oraz niestacjonarnych, na trzech kierunkach studiów (w tym część wykładów również w języku angielskim). Obszar tematyki naukowo-dydaktycznej obejmuje procesy przetwórstwa tworzyw polimerowych, reologię oraz komputerowe systemy modelowania CFD przepływu płynów oraz CAD/CAE w przetwórstwie tworzyw. Zagadnienia te, Kandydat prowadzi w ramach specjalistycznych przedmiotów wykazanych szczegółowo w autoreferacie. Na uwagę zasługują również fakt współautorstwa w czterech podręcznikach/skryptach

dydaktycznych, w tym także opracowania materiałów dydaktycznych i pomocy do zajęć z wielu przedmiotów w postaci materiałów multimedialnych (na potrzeby zajęć w systemie on-line). Był opiekunem naukowym 40 prac przejściowych oraz 42 prac dyplomowych inżynierskich i magisterskich.

Popularyzację nauki wykonywał podczas 8 edycji zajęć na studiach podyplomowych oraz szkoleń w ramach projektu Inżynierski Inkubator Przedsiębiorczości-współfinansowanego w ramach Programu Operacyjnego UE „Wiedza – Edukacja – Rozwój”. Współorganizował przez kilka lat coroczną, międzynarodową konferencję doktorantów i młodych naukowców „Young Scientists Towards the Challenges of Modern Technology”. Od sierpnia 2022 r. pełni obowiązki kierownika Zakładu Przetwórstwa Tworzyw Sztucznych w Politechnice Warszawskiej.

Za działalność dydaktyczną i organizacyjną w latach ( 2011; 2015; 2017; 2019; 2021) otrzymywał nagrody indywidualne i zespołowe (I, II i III stopnia) od J.M. Rektora Politechniki Warszawskiej

Współpraca z otoczeniem społeczno-gospodarczym nie jest zbyt duża ale zgodna z zainteresowaniami Kandydata i wykazuje on działania na rzecz wiodących firm z dziedziny przetwórstwa tworzyw. Na zamówienie instytucji publicznych oraz firm produkcyjnych wykonał 5 ekspertyz, między innymi opracował opinię o innowacyjności oraz kilka opinii z zakresu oceny prawa patentowego. Jest współautorem zgłoszenie patentowego P.421409A1 pt: „Urządzenie dozowania substancji dodatkowej do substancji podstawowej oraz sposób dozowania substancji dodatkowej do substancji podstawowej. Po sprawdzeniu w bazie patentowej UP RP stwierdzam, że zgłoszenie to nie uzyskało na w/w wynalazek prawa wyłącznego. Habilitant wykonał także kilka recenzji publikacji na potrzeby czasopism naukowych międzynarodowych i krajowych oraz brał udziału w zespołach eksperckich i konkursowych. Biorąc pod uwagę specyfikę pracy w Politechnice Warszawskiej oraz możliwości jakie ona daje, uważam, że przedstawiony dorobek dydaktyczny jest wzorowy, jednak działania implantacji wyników własnych prac badawczych w szerszym środowisku przemysłowym, w tym opracowania autorskich zgłoszeń patentowych i wzorów przemysłowych nie jest imponujący.

## 6. Wniosek końcowy

Pozytywna ocena przedłożonego osiągnięcia naukowego w postaci monografii pt.: „Wybrane zagadnienia modelowania CFD procesu wytlaczania tworzyw polimerowych” oraz osiągnięć naukowo-badawczych, prowadzą do konkluzji, że przedstawiony dorobek Habilitanta spełnia w wystarczającym stopniu wymagania w odniesieniu do procedury prowadzenia przewodów habilitacyjnych, zawartych w art. 219 ust. 1, pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z poz. zmianami. **Niniejszym wnioskuje do komisji habilitacyjnej oraz Rady Naukowej Dyscypliny Inżyniera Mechaniczna Politechniki Warszawskiej o pozytywne rozpatrzenie wniosku i dopuszczenie Kandydata, dr inż. Adriana Lewandowskiego do dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.**

