

Opinia

dotycząca dorobku naukowego dr inż. Mariana Kordasa oraz Jego pracy habilitacyjnej „Intensyfikacja procesów transportu masy, pędu i energii w mieszalniku cieczy z mieszadłem wykonującym jednoczesny ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy”

Podstawą opracowania opinii jest skierowane do mnie pismo Pana Dziekana Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie prof. dr hab. inż. Ryszarda Kaleńczuka z dnia 21 maja 2018r, z prośbą o wykonanej ujętej w tytule recenzji.

Ocena działalności naukowo-badawczej, dydaktycznej i organizacyjnej w okresie przed wykonaniem pracy doktorskiej

Działalność naukową dr inż. Marian Kordas rozpoczął tuż po uzyskaniu w 2001r stopnia naukowego magistra na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Politechniki Szczecińskiej pod kierunkiem prof. Stanisława Masiuka. W tym samym roku zostaje słuchaczem Studium Doktoranckiego na macierzystym wydziale aby po pięciu latach, w roku 2006 uzyskać stopień naukowy doktora nauk technicznych. Tytuł pracy doktorskiej "Struktura schematu blokowego modelu matematycznego oraz charakterystyki dynamicznej mieszalnika z mieszadłem wahadłowym". Promotorem pracy był prof. Stanisław Masiuk. Praca dotyczyła badań w mieszalniku przepływowym z nietypowym mieszadłem wahadłowym i z impulsowym zaburzeniem pola temperaturowego wewnątrz zbiornika. W trakcie wykonywania pracy doktorskiej Habilitant opublikował jedną pracę w Inżynierii i Aparaturze Chemicznej w 2004r oraz brał udział w trzech konferencjach naukowych. Wyniki prac były publikowane w materiałach konferencyjnych. W tym samym czasie w ramach Studium Doktoranckiego prowadził zajęcia ze studentami oraz brał czynny udział w przygotowaniu stanowisk doświadczalnych do prowadzenia prac dyplomowych. Równolegle w 2004r ukończył Podyplomowe Studia Pedagogiczne.

Opisany krótko i przedstawiony w Autoreferacie dorobek Habilitanta (1,5 strony) jest dość typowy dla wielu karier naukowych tego okresu. Jest to najczęściej okres intensywnej pracy laboratoryjnej, który nie zawsze sprzyja częstemu publikowaniu uzyskanych wyników cząstkowych. Dopiero opanowanie podstawowego warsztatu naukowego oraz publikacja uzyskanych wyników po wykonaniu pracy doktorskiej pozwala na bardziej obiektywną ocenę potencjału oraz dorobku naukowego Kandydata.

Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą wniosku o przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego

Osiągnięcie naukowe nt. "*Intensyfikacja procesów transportu masy, pędu i energii w mieszalniku cieczy z mieszadłem wykonującym jednoczesny ruch posuwisto zwrotny i obrotowy*" składa się z trzech elementów:

- monografii pod tym samym tytułem (149 stron, 277 cytowanych pozycji literaturowych),
- cyklu 10 artykułów zamieszczonych w czasopiśmie z bazy *Journal Citation Reports (JCR)* o sumarycznym współczynniku **IF =13.14**,
- pięciu publikacji zamieszczonych w polskim recenzowanym czasopiśmie *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* oraz,
- trzech patentów PL związanych tematycznie z osiągnięciem naukowym uzyskanych w 2014r.

Powyższy wykaz można uznać za kompletny ponieważ zawiera on element literaturowo-naukowy (monografia), ściśle naukowy czyli 15 opublikowanych artykułów oraz element praktyczny tzn. trzy uzyskane patenty. Sądząc po tekście zamieszczonym na 25 stronie *Autoreferatu* zaproponowane rozwiązania zostały praktycznie wdrożone do linii produkcyjnej ESC Global Sp. z o.o. Wymieniona firma zajmuje się produkcją środków chemicznych do kondycjonowania wody przemysłowej i jest liderem w tej dziedzinie w Polsce.

We wstępie monografii Autor uzasadnia wybór tematyki badawczej chęcią sprawdzenia możliwości zwiększenia efektywności przebiegu transportu masy, ciepła i energii w mieszalnikach poprzez zastosowanie nietypowych układów mieszających. Jego zdaniem typowe mieszadła obrotowe wykazują stosunkowo małe wartości współczynników transportu natomiast mieszadła wibracyjne stwarzają niekorzystne zjawiska hydrodynamiczne wewnątrz samego zbiornika. Dlatego połączenie obu rozwiązań z dodatkową możliwością dynamicznej zmiany geometrii mieszadła podczas jego pracy mogłoby dać pozytywne rezultaty. Temu właśnie zagadnieniu poświęcone jest w całości przedstawione do oceny osiągnięcie naukowe Habilitanta. Na szczególną uwagę zasługuje konstrukcja mieszadła pozwalająca zmieniać obszar oddziaływania podczas jego obrotu i jednoczesnego ruchu posuwisto-zwrotnego. W dużym stopniu jest to rozwiązanie unikalne i wynika między innymi z szerokiej analizy rozwiązań patentowych dotyczących niekonwencjonalnych konstrukcji układów mieszających, ich napędów lub samego sposobu mieszania. Autor przedstawia tabelarycznie zwięzły opis 46. rozwiązań patentowych poszczególnych konstrukcji (w tym 3. własnych) oraz 15. prac badawczych dotyczących badań nowych rozwiązań mieszadeł i mieszalników. Jak wynika z podsumowania tej części monografii Habilitant stwierdza, że najwięcej prac dotyczy zastosowania mieszalników z mieszadłami pracującymi w ruchu obrotowym, następnie tzw. "mieszadła wibracyjne" i dopiero na trzecim miejscu są mieszadła poruszające się jednocześnie ruchem posuwisto-zwrotnym i obrotowym. Ponieważ nie istnieje jedna uniwersalna i najlepsza konstrukcja umożliwiająca właściwe przeprowadzenie dowolnego procesu dlatego, zdaniem Habilitanta, mieszadła wykonujące jednocześnie ruch posuwisto-zwrotny i obrotowy mogą połączyć zalety mieszadeł obrotowych oraz mieszadeł wibracyjnych.

Na podkreślenie zasługuje obszerne, ale zwięzłe omówienie w tej części monografii stanu wiedzy z zakresu technik i sposobów mieszania cieczy wewnątrz zbiorników. Pomimo cytowania w jednym rozdziale około stu prac badawczych oraz patentów czytelnik nie jest zagubiony w nadmiarze informacji. Jest to bardzo dobry materiał do wykorzystania dla tych wszystkich, którzy chcą szybko i łatwo uzyskać dane dotyczące najnowszych konstrukcji układów mieszających czy technik mieszania cieczy oraz mediów o złożonych właściwościach.

Nowatorstwo rozwiązania nowego układu mieszającego polegało na wykorzystaniu ruchu posuwisto-zwrotnego wału mieszadła do zmiany odległości dwóch piast mieszadła co wywoływało ruch łopatek mieszadła "w górę i w dół" zmieniając płynnie ich obszar oddziaływania podczas jednoczesnego ruchu obrotowego całego ośmiosegmentowego układu mieszającego. Konstrukcja wymagała dwóch odrębnych napędów. Badaniom poddano dwa mieszalniki geometrycznie podobne o średnicach $D=0.343\text{m}$ i $D=0.55\text{m}$ różniące się sposobem przekazywania napędów oraz koniecznością usztywnienia konstrukcji dla większej skali. Ze względu na zmieniające się podstawowe parametry geometryczne mieszadła Autor zdefiniował średnice zastępcze mieszadła dla ruchu obrotowego i ruchu posuwisto-zwrotnego wprowadzając pojęcie "powierzchni aktywnie mieszających". Były to powierzchnie łopatek mieszadła ustawionych prostopadle do kierunku ich ruchu. Dla obu konstrukcji Habilitant wykonał obszerny program badań, który zawarty jest w przesłanej monografii, 15 publikacji stanowiących część osiągnięcia naukowego jak również w wielu pozostałych publikacjach Habilitanta. Podstawowy zakres badań doświadczalnych obejmował m.in.:

- wyznaczenie charakterystyk mocy mieszania,
- wyznaczenie czasów mieszania i na tej podstawie obliczenie energii mieszania,
- określenie wpływu nowego typu mieszadła na szybkość wymiany masy w mieszalniku dla układów ciało stałe-ciecz oraz ciało stałe-gaz,
- badanie wpływu rodzaju ruchu mieszadła na szybkość wymiany ciepła.

Badania były wykonane dla przypadku kiedy mieszadło wykonywało tylko ruch obrotowy (O), tylko ruch posuwisto-zwrotny (W) lub oba ruchy jednocześnie (O+W). Dzięki temu była możliwość bezpośredniego porównania efektów pracy mieszadła w zależności od narzuconego sposobu ruchu.

Oprócz badań doświadczalnych program obejmował również określenie stopnia zmieszania zdefiniowanego w oparciu o elementy teorii informacji oraz wykonanie modelowania matematycznego dla mieszadła wykonujące tylko ruch (O), tylko ruch (W) lub ruch (O+W). Wykorzystując wartość bezwymiarowego czasu mieszania Θ zdefiniowanego w pracy [H11] będącej częścią przesłanego osiągnięcia naukowego Habilitant określił wartości Θ w zależności od sposobu mieszania oraz wartości obu liczb Reynoldsa. Generalnie wartości bezwymiarowego czasu mieszania malały wraz ze wzrostem liczb Reynoldsa. Wartości te posłużyły w dalszej części pracy do określenia efektywności mieszania.

Moc mieszania określano jako sumę dwóch mierzonych niezależnie mocy niezbędnych do utrzymania ruchu obrotowego i ruchu posuwisto-zwrotnego mieszadła. Uzyskane wyniki korelowane były ogólnie znaną formą równania $Ne=f(Re)$ opisującego przebiegi poszczególnych krzywych mocy. Jakościowo, uzyskane przebiegi są zgodne z przebiegami dla mieszadeł klasycznych, a obserwowane różnice w zapotrzebowaniu energii do podtrzymania obu ruchów mieszadła, są logiczne. Natomiast niepokój budzi obserwowana

bardzo duża różnica w uzyskanych wartościach liczb Newtona dla instalacji nr 1 i instalacji nr 2, dla tych samych lub zbliżonych liczb Reynoldsa. Różnice są ponad dziesięciokrotne (rys. 5.15) pomimo, że pomijając drobne różnice, obie instalacje są konstrukcjami geometrycznie podobnymi. Dla konstrukcji geometrycznie podobnych przebiegi krzywych mocy powinny się pokrywać lub ze względu na błędy pomiarowe, być bardzo zbliżone. Obserwowane różnice wymagają dodatkowego komentarza.

Dysponując zmierzonymi czasami mieszania oraz mocami mieszania Habilitant określił *energię mieszania* $e[J]$ jako iloczyn mocy mieszania i czasu mieszania. Obliczenia wykonane były analitycznie z wykorzystaniem uprzednio otrzymanych równań korelacyjnych dotyczących mocy i czasów mieszania. Jak wynika z analizy rys. 5.17 i 5.18 wartości bezwymiarowej energii mieszania e^* dla mieszalnika o większej skali są nawet o dwa rzędy wielkości większe niż ta sama wartość dla skali mniejszej. Czyli z energetycznego punktu widzenia bardziej ekonomiczne jest mieszanie prowadzone w małej skali aparatu niż w dużej skali. Moim zdaniem wniosek ten jest dyskusyjny i również wymaga komentarza.

W dalszej części pracy Habilitant badał szybkość transportu masy w układach gaz-ciecz oraz ciało stałe-ciecz w instalacjach z niestandardowym rozwiązaniem układu mieszającego. W przypadku układu gaz-ciecz wartości objętościowych współczynników wnikania ciepła określał metodą dynamiczną podczas napowietrzania wody korelując uzyskane wartości k_{LA} z wykorzystaniem liczby Stanton. Zgodnie z oczekiwaniem wartości tych liczb rosły wraz ze wzrostem liczb Reynoldsa dla ruchu obrotowego i ruchu posuwisto-zwrotnego.

W rozdziale 7. przedstawiono wyniki dotyczące *szybkości wymiany ciepła* na ścianie mieszalnika. Dla instalacji nr 1 wykonano pomiary wartości współczynnika wnikania ciepła α metodą przepływową. Wyniki przedstawiono w formie równania korelacyjnego $Nu=f(Re, Pr)$. Opisany sposób pomiaru wartości α oraz sposób przeprowadzonych obliczeń nie budzi zastrzeżeń, natomiast można mieć istotne zastrzeżenia co do uzyskanych wyników. *Po pierwsze*, niezrozumiałą jest duży wpływ wielkości strumienia wody chłodzącej przepływającej przez mieszalnik na wartość współczynników wnikania ciepła. Dwukrotnie większa wartość tego strumienia spowodowała prawie dwukrotne zwiększenie wartości α (rys. 7.11 i rys. 7.12) na ścianie mieszalnika. Oznaczałoby to, że zewnętrzny strumień wody ma decydujący wpływ na zwiększenie turbulencji w tym obszarze. Z inżynierskich obliczeń wynika, że stosowane w pracy strumienie wody chłodnej powodowały dodatkową prędkość przepływu wody w dół mieszalnika średnio o 0.18 mm/s i 0.36mm/s odpowiednio dla stosowanego mniejszego i większego zewnętrznego strumienia wody. Jak wynika z kolejnej symulacji przedstawionej na rys. 7.3a prędkości cieczy w obszarze ścianki są rzędu 0.2-0.3 m/s, a więc są one o trzy rzędy wielkości większe. Zatem strumień zewnętrzny nie powinien praktycznie odgrywać żadnej roli. *Po drugie*, na wykresach punktów doświadczalnych w układzie $Nu=f(Re_{obr}, Pr)$ na rys 7.9 wykładniki potęg przy liczbie Reynoldsa w absolutnie większości przypadków są z zakresu 0.2-0.3 (tabela Z.10). Dla wymiany ciepła na ścianie mieszalnika, dla zakresu mieszania burzliwego wartości tego wykładnika wynoszą zazwyczaj 0.67. Dla ruchu laminarnego są rzędu 0.33-0.5. Uzyskana w pracy tak niska wartość wykładnika potęgi przy liczbie Reynoldsa sugerowałaby bardzo słaby wpływ częstości

obrotowej mieszadła (burzliwości cieczy) na wartości α . A przecież badania dotyczą ruchu burzliwego. Czym można to wytłumaczyć?

Uzupełnieniem pracy było sformułowanie struktury blokowej modelu komórkowego na podstawie wykonanych uprzednio obliczeń numerycznych hydrodynamiki mieszalnika. Całą objętość mieszalnika podzielono na szereg mniejszych objętości, które były powiązane ze sobą odpowiednimi przepływami. Sformułowany i rozwiązany model komórkowy dobrze sprawdzał wyniki doświadczeń. Drugim uzupełnieniem był ostatni rozdział, w którym zdefiniowano stopień oparty o elementy teorii informacji.

Podsumowując ocenę przedstawionej monografii należy stwierdzić, że tematycznie jest ona bardzo obszerna. Dotyczy wszystkich trzech rodzajów transportu jakie znamy w inżynierii chemicznej tzn. transportu masy, ciepła i pędu. W monografii Habilitant przedstawił również obliczenia efektywności rozwiązania nowego układu mieszającego pod kątem analizy wielkości nakładów energetycznych jakie trzeba ponieść, aby uzyskać tę samą wartość odpowiednich współczynników szybkości transportu. Nowością pracy było m.in. wprowadzenie elementów regulacji automatycznej dla obiektu dynamicznego oraz wykorzystanie teorii informacji do definiowania stopnia zmieszania.

Zestawienie powyższej tematyki upoważnia do stwierdzenia, że oceniana praca ma w dużym stopniu charakter kompleksowy. Być może właśnie ze względu na obszerność tematyki, czytając pracę odnosi się czasami wrażenie dość powierzchownej analizy uzyskanych wyników. W wielu miejscach Habilitant tylko omawia przebieg poszczególnych linii widocznych na rysunkach natomiast ich nie komentuje i nie stara się odpowiedzieć na pytanie dlaczego taki właśnie wynik uzyskano. Próba własnego spojrzenia Habilitanta na uzyskane rezultaty w kontekście aktualnej wiedzy zwiększyłaby tylko wartość recenzowanej pracy. Poza tym w pracy brakuje porównania mierników efektywności uzyskanych dla badanego rozwiązania innowacyjnego z podobnymi miernikami dla ogólnie znanych rozwiązań.

Za najważniejsze elementy nowości zaprezentowane w monografii uważam:

- opracowanie i skonstruowanie nowego typu mieszadła, które może pracować w ruchu obrotowym, ruchu posuwisto-zwrotnym lub obu ruchach jednocześnie,
- uzyskanie wielu patentów dotyczących tego rozwiązania,
- wykazanie, że zastosowanie mieszadła pracującego w obu ruchach jednocześnie jest korzystne z punktu widzenia szybkości homogenizacji płynu,
- opracowanie obszernego przeglądu literaturowego stanowiącego cenne kompendium wiedzy na temat nietypowych rozwiązań układów mieszających.

Pomimo przedstawionych powyżej niektórych wątpliwości oraz uwag krytycznych całość przedstawionego osiągnięcia naukowego oceniam pozytywnie. Szczególnie jeśli wziąć pod uwagę oryginalność rozwiązania, kompleksowe podejście do przedstawionego tematu, obszerność opracowania literaturowego oraz większość uzyskanych wyników.

Ocena pozostałego dorobku naukowego po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych

Nie uwzględniając publikacji i patentów wykazanych w osiągnięciu naukowym na pozostały dorobek habilitanta po uzyskaniu stopnia naukowego doktora składa się:

- 20 publikacji w czasopismach wykazanych na liście JCR o sumarycznym indeksie **IF=30.53**,
- 23 prace opublikowanych w czasopismach spoza listy JCR o sumarycznej punktacji MNiSW=769pkt (udział Habilitanta 179pkt),
- 44 opublikowanych materiałów konferencyjnych, w tym 28 konferencji zagranicznych,
- 11 przyznanych patentów,
- 30 zgłoszeń patentowych polskich oraz jedno zgłoszenie europejskie,
- 5 rozdziałów w książkach,
- liczba cytowań bez autocytowań, 46,
- indeks **h=6**.

Przestawiony powyżej dorobek jak na 12 letni oceniany okres pracy naukowej należy uznać za całkowicie wystarczający. Uwagę zwraca duża liczba uzyskanych patentów (11) i jeszcze wyższa liczba zgłoszeń patentowych (28). Należy podkreślić, że niektóre z patentów doczekały się aplikacji przemysłowej (str. 25 Wniosku).

Ocena ogólna Habilitanta

Materiały zamieszczone we Wniosku przesłanym Centralnej Komisji w Warszawie wykazują, że dr inż. Marian Kordas jest pracownikiem naukowym z wyraźnie zaznaczonymi dwoma obszarami swojej szczególnej aktywności, tj. działalności dydaktycznej oraz pracy naukowej związanej z badaniami i aplikacją opatentowanych nowych rozwiązań układów mieszających. W obszarze dydaktycznym zwraca uwagę duża liczba prowadzonych zajęć dydaktycznych w tym 14 cykli wykładowych na obu stopniach kształcenia (str. 9 i str. 23 Wniosku). Tak duża liczba wykładów dla pracownika niesamodzielnego to duży dowód zaufania Wydziału. Oprócz wykładów prowadził również zajęcia ćwiczeniowe, projektowe oraz laboratoryjne. Był promotorem 16 prac magisterskich i 8 prac inżynierskich, był również promotorem pomocniczym jednego zakończonego przewodu doktorskiego, a obecnie jest promotorem pomocniczym innego przewodu. Jest opiekunem Koła Naukowego „Inżynier”, który zorganizował. Oceniając przedstawiony powyżej ogólny dorobek dydaktyczny Habilitanta należy uznać za co najmniej dobry.

Z działalnością dydaktyczną wiąże się również działalność organizacyjna. Z najważniejszych działalności dra inż. Mariana Kardasa należy wymienić członkostwo w Komitecie Organizacyjnym dwóch ogólnopolskich konferencji (2011r i 2013r), był również członkiem zespołu odpowiedzialnym za przygotowanie materiałów do akredytacji Wydziału w 2013r oraz organizował różnego rodzaju spotkania i warsztaty dla podmiotów zewnętrznych. Jednak najważniejszą funkcję pełni od września 2016r – jest Zastępcą Dyrektora Instytutu Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska ZUT w Szczecinie. Biorąc szczególnie pod uwagę ostatnią z pełnionych funkcji, ogólny dorobek organizacyjny Habilitanta należy uznać za wystarczający.

Analizując ogólny dorobek naukowy Habilitanta należy dojść do wniosku, że Jego szczególnie aktywna praca naukowa rozpoczęła się po uzyskaniu stopnia naukowego doktora nauk technicznych, gdyż dorobek po obronie doktoratu stanowi więcej niż 95% dorobku ogólnego. Dlatego jako dorobek ogólny Habilitanta można traktować wykaz przedstawiony w poprzednim punkcie recenzji. Należy tutaj podkreślić dużą liczbę publikacji w czasopismach

z listy JCR (30), dużą liczbę ogólna publikacji (59), rzadko spotykaną wśród wnioskujących liczbę uzyskanych patentów (14), jeszcze większą liczbę zgłoszeń patentowych (30) oraz wysoki sumaryczny współczynnik $IF=43.36$. Do dorobku naukowego należy doliczyć 5 rozdziałów książkach oraz wystarczającą liczbę cytowań według bazy Web of Science (46). Są to niewątpliwie ważne atuty przedstawionego Wniosku. Są również niedociągnięcia. Jak wynika z sumarycznego zestawienia kryteriów osiągnięć Wnioskodawcy na str. 30 Wniosku brak jest staży zagranicznych, udziału w międzynarodowych projektach badawczych, brak wygłoszonych referatów na konferencjach krajowych czy zagranicznych, brak jest również recenzji publikacji w uznanych czasopismach (dwie recenzje w Inżynierii Chemicznej i Aparaturze). Ze względu na dużą liczbę kryteriów (29) ocena ogólna nie może być w tym przypadku jednoznaczna. W niektórych punktach wymagania są spełnione z dużym naddatkiem, w niektórych są one spełnione na granicy, a w niektórych jest ich brak. Łącznie spełnionych jest 19 kryteriów.

Wniosek końcowy

Biorąc pod uwagę całość dorobku naukowego, dydaktycznego oraz organizacyjnego dr inż. Mariana Kardasa wyrażam opinię, że Jego rozwój naukowy po uzyskaniu stopnia naukowego doktora został wyraźnie zdynamizowany, a osiągnięte wyniki wnoszą widoczny wkład w rozwój inżynierii chemicznej i procesowej. Szczególnie dotyczy to opracowania nowatorskich układów mieszających, które Habilitant opracował, zbadał i wdrożył do praktyki przemysłowej. W tym okresie istotnie rozwinął swoje umiejętności szczególnie w zakresie badań eksperymentalnych oraz modelowania matematycznego z zastosowaniem elementów dynamiki procesowej.

Jednocześnie mając na uwadze uwagi krytyczne zawarte w punkcie "*Ocena osiągnięcia naukowego będącego podstawą wniosku..*" wskazane jest zaproszenie Habilitanta na posiedzenie Komisji celem ustosunkowania się do przedstawionych uwag. Sądzę, że odbędzie to się to z dużą korzyścią dla recenzowanego wniosku.

Podsumowując moją ocenę osiągnięć naukowych, dydaktycznych i organizacyjnych dr inż. Mariana Kardasa, uważam, że jest On zdolny do samodzielnej działalności naukowej i dydaktycznej. Biorąc od uwagę powyższe stwierdzenia uważam, że spełnione zostały wymagania Ustawy z dnia 14 marca 2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U. Nr 65, poz.595, z późn. zm.) oraz z dnia 27 lipca 2005 – Prawo o szkolnictwie wyższym (Dz.U. Nr 164, poz.1365, z późn. zm.) i będę głosował za nadaniem dr inż. Marianowi Kardasowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria chemiczna

