



Politechnika Łódzka

Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska

Łódź, 11 lutego 2022 r.

Prof. dr hab. inż. Jacek Tyczkowski
Katedra Inżynierii Molekularnej
Wydział Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska
Politechnika Łódzka
ul. Wólczańska 213
90-924 Łódź

OCENA

**osiągnięcia naukowego oraz aktywności naukowej, dydaktycznej
i organizacyjnej**

dr inż. Michała Młotka

w związku z postępowaniem o nadanie stopnia doktora habilitowanego
w dziedzinie **nauk inżynieryjno-technicznych** w dyscyplinie **Inżynieria
Chemiczna**

Podstawa opracowania

W dniu 7 grudnia 2021 r. zostałem powołany (o czym informację uzyskałem w dniu 20 grudnia 2021 r.), zgodnie z decyzją Rady Naukowej Dyscypliny *Inżynieria Chemiczna* Politechniki Warszawskiej (nr RNDICH.12-4.2021), w skład komisji habilitacyjnej w charakterze recenzenta, której celem ma być przeprowadzenie postępowania habilitacyjnego Pana dr inż. Michała Młotka w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Chemiczna.

Oświadczam, że nie są mi znane powody, dla których może wystąpić konflikt interesów uniemożliwiający sporządzenie przeze mnie oceny osiągnięcia naukowego oraz pozostałego dorobku Habilitanta.

Ocenę przygotowałem na podstawie dostarczonych mi materiałów dokumentujących dorobek Habilitanta, opierając się na Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478), jak również zgodnie z Poradnikiem Rady Doskonałości Naukowej pt. "Postępowanie dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego" z dnia 05 sierpnia 2021 r.

Podstawowe informacje o Kandydacie

Dr inż. Michał Młotek ukończył jednolite studia magisterskie na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej na kierunku technologia chemiczna, uzyskując w 2001 roku stopień magistra inżyniera na podstawie pracy dyplomowej nt. "*Elektroplazmowe utlenianie podtlenku azotu w ślizgowym wyładowaniu łukowym*". W okresie od 2002 do 2010 roku kontynuował studia jako doktorant Studium Doktoranckiego na swoim macierzystym Wydziale, broniąc w 2012 roku pracę doktorską nt. "*Przemiany metanu w skojarzonym układzie plazmowo-katalitycznym*". Na początku 2013 roku zatrudniony został jako adiunkt naukowo-dydaktyczny na tym samym Wydziale, gdzie w Katedrze Technologii Chemicznej, kierowanej przez znanego i cenionego specjalistę w obszarze technologii plazmy – prof. Krzysztofa Krawczyka, pracuje do dnia dzisiejszego.

W ramach doskonalenia zawodowego Habilitant brał udział w latach 2013-2014 w kilku warsztatach, między innymi dotyczących pozyskiwania środków na naukę oraz modelowania komputerowego.

W zasadzie cała kariera zawodowa Habilitanta, poczynając od realizacji pracy magisterskiej, aż do chwili obecnej, związana jest z tą samą jednostką naukową. Z jednej strony fakt ten należy ocenić pozytywnie, świadczy bowiem o długoletnim zaangażowaniu i dogłębnym włączeniu się Habilitanta w realizowane prace w jednym ośrodku, nie pozostawiając żadnych wątpliwości w przypisaniu Go do obecnie szeroko rozumianej dyscypliny Inżynieria Chemiczna. Z drugiej jednak strony może to wskazywać na zbyt ograniczone spojrzenie na uprawianą tematykę badawczą oraz podporządkowanie się wzorcom i metodom badawczym charakterystycznym tylko dla jednego zespołu. Dr inż. Michał Młotek odbył na szczęście kilka staży zagranicznych (na Uniwersytecie w Orleanie, Uniwersytecie w Brunzwicku oraz w Firmie ECP we Francji), co prawda dość dawno, jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora, ale bez wątpienia poszerzyły one Jego wiedzę na temat zasad i metodyki prowadzenia badań w innych miejscach na świecie.

Ocena osiągnięcia naukowego

Jako główne swoje osiągnięcie naukowe zatytułowane "*Plazmowe i plazmowo-katalityczne procesy do rozkładu trwałych związków organicznych*", stanowiące podstawę

postępowania habilitacyjnego, dr inż. Michał Młotek przedstawił cykl 11 prac będących wynikiem badań prowadzonych przez Niego w latach 2011–2020, w tym 9 publikacji, wszystkie opublikowane w czasopismach z listy filadelfijskiej (o łącznym współczynniku wpływu $IF = 22,155$), oraz wzór użytkowy i udzielony już patent. W sześciu z dziewięciu przedstawionych publikacji Habilitant jest pierwszym i zarazem korespondencyjnym autorem, co wskazuje bez wątpienia na wiodącą Jego rolę w przygotowaniu tych prac. Uważam, że nie jest tu już konieczne dokładne określenie procentowego wkładu Habilitanta w publikacje, potwierdzonego oświadczeniami współautorów. Jeśli jednak taka informacja zostaje podana, powinna ona być wiarygodna. W pracy A8 wkład Habilitanta ustalono na 60%, gdy tymczasem w publikacji czytamy: "All authors were contributed equally...", co przy 4 autorach oznacza wkład każdego równy 25%, Habilitanta również. Które zatem z oświadczeń, to w Autoreferacie, czy w publikacji, jest niewłaściwe? Jak już jednak wspomniałem wcześniej, uważam ustalanie udziału procentowego autorów w publikacji za mało sensowne, natomiast istotne znaczenie powinno mieć miejsce w spisie autorów oraz rola autora korespondencyjnego. Na tej podstawie nie mam więc wątpliwości co do kluczowego znaczenia wkładu dokonanego przez Habilitanta w powyższe osiągnięcie naukowe.

Wspólnym mianownikiem prac stanowiących podstawę omawianego osiągnięcia naukowego jest zastosowanie plazmy nierównowagowej w procesach plazmowego (procesy homogeniczne) lub plazmowo-katalitycznego (procesy plazmowe w obecności katalizatora) rozkładu i przemian związków organicznych. Badania realizowano generując plazmę głównie dwiema metodami, w wyładowaniu z barierą dielektryczną (DBD) oraz w wyładowaniu ślizgowym, pod ciśnieniem atmosferycznym. Habilitant swoje badania skoncentrował na zagadnieniach dotyczących przetwarzania metanu w warunkach utleniających lub nieutleniających (prace A1, A2 i A3), rozkładu lotnych związków chlorowcopochodnych, takich jak chloroform czy czterochlorek węgla (prace A1, A4), rozkładu pierścieniowych węglowodorów alifatycznych (cykloheksan) i aromatycznych (ciekły toluen) (prace A5, A6), jak również rozkładu substancji niebezpiecznych (typu pestycydów, np. DMMP) oraz substancji smolistych w gazie po pirolizie biomasy, gdzie jednak badania skoncentrowały się jedynie na toluenie jako substancji modelowej (prace A7, A8, A9). Wybór badanych substancji wydaje się być dobrze uzasadniony, wiąże się bowiem z aktualną problematyką dotyczącą wykorzystania metanu jako substratu do wytwarzania użytecznych produktów, jak też usuwania lotnych związków organicznych (LZO) i substancji szkodliwych ze środowiska. Zastosowanie procesów plazmowych i plazmowo-

katalitycznych w tym celu, mając na myśli wykorzystanie ich nie tylko w skali laboratoryjnej, ale większej, w świetle obecnej wiedzy wydaje się być w pełni uzasadnione.

Procesy przemian chemicznych w fazie gazowej zachodzące w obszarze plazmy nierównowagowej badano już w XIX wieku, kiedy to na przykład dokonywano w wyładowaniu elektrycznym konwersji jednych węglowodorów w inne, produkowano ozon, czy też Ignacy Mościcki rozpoczął prace nad syntezą tlenków azotu do produkcji kwasu azotowego. Pomysł z zastosowaniem katalizatorów w procesach plazmowych zrodził się w drugiej połowie ubiegłego wieku, kiedy jednym z pierwszych sygnałów zastosowania takiego połączenia był patent U.S. z 1976 roku dotyczący usuwania NO_x. Pojawił się wówczas nowy dział w chemii plazmy, tzw. kataliza plazmowa, bazująca na synergii działania katalizatora, którego zadaniem jest zwiększenie selektywności danego procesu, oraz działania plazmy, która ma wytwarzać aktywne prekursory reakcji już w temperaturze pokojowej. Ogromne nadzieje pokładane w tej nowej technologii spowodowały, szczególnie na samym początku obecnego stulecia, gwałtowny rozwój badań w tym zakresie w wielu ośrodkach naukowych na świecie. Szybko jednak przekonano się, że zastosowanie katalizy plazmowej do realizacji konkretnych procesów chemicznych, szczególnie związanych z rozkładem związków organicznych, jest problemem znacznie bardziej złożonym niż początkowo sądzono i aby uzyskać zadawalające wyniki, stawiające metody plazmowe ponad innymi konkurencyjnymi metodami, takimi jak spalanie termiczne, rozkład katalityczny lub fotokatalityczny, metody absorpcyjne, metody biologiczne itp., konieczne jest prowadzenie dalszych szeroko zakrojonych, zaawansowanych badań w tym zakresie. Dr inż. Michał Młotek aktywnie włączył się w tę problematykę.

Badania wykonane przez Habilitanta w ramach przedstawionego osiągnięcia naukowego wymagały znacznego nakładu pracy i charakteryzują się dużą systematycznością pozwalającą na ustalenie wpływu poszczególnych parametrów procesowych i rozwiązań aparaturowych na przebieg procesów rozkładu trwałych związków organicznych. Badał On między innymi wpływ temperatury, natężenia przepływu mieszaniny reakcyjnej, składu tej mieszaniny oraz mocy wyładowania na stopień przemiany substratów. Osobnym zagadnieniem był odpowiedni dobór rozwiązania konstrukcyjnego reaktorów plazmowych, które zapewniałyby jak największą wydajność przy jak najmniejszym poborze mocy, co uzupełnione optymalizacją parametrów procesowych daje mocne podstawy do podjęcia skalowania procesu do skali przemysłowej. Pierwszy etap tych prac w kierunku przygotowania i przetestowania reaktorów w skali wielkolaboratoryjnej

został już przez Habilitanta wykonany. O innowacyjności tych rozwiązań świadczy udzielenie ochrony wzoru użytkowego (P1) oraz patentu (P2).

Do szczególnie ważnych wyników uzyskanych w ramach omawianego osiągnięcia naukowego należy przeprowadzenie porównania przebiegu procesów plazmowych bez oraz z udziałem katalizatora. Do badań stosowano szereg katalizatorów, głównie dobranych ze względu na ich aktywność w analogicznych procesach konwencjonalnych, jak też sprawdzonych we wcześniejszych badaniach z udziałem plazmy. Katalizatory umieszczane były w reaktorze w dwojaki sposób, co w znacznym stopniu narzucone było konstrukcją reaktora – albo znajdowały się w obszarze plazmy, albo poza tym obszarem. Ustalono, że miało to znaczny wpływ na ich rolę w procesie katalizy plazmowej. Generalnie jednak we wszystkich przypadkach potwierdzono synergiczny efekt działania plazmy i katalizatora. Odpowiedni dobór konstrukcji reaktora, typu katalizatora oraz parametrów procesu plazmowego pozwalał na osiągnięcie znacznie wyższych stopni przemiany w procesie plazmowo-katalitycznym niż w homogenicznym procesie plazmowym (bez katalizatora), jak również w konwencjonalnym procesie (bez plazmy) z udziałem jedynie katalizatora.

Dr inż. Michał Młotek podjął także badania zmian w strukturze i właściwościach katalizatorów biorących udział w procesach plazmowo-katalitycznych. Jest to bardzo ważne zagadnienie pozwalające ustalić trwałość katalizatora i stabilność stopnia przemiany oraz selektywności w czasie trwania procesu. Ma to przede wszystkim znaczenie w projektowaniu procesów rozkładu związków organicznych w reaktorach plazmowo-katalitycznych do zastosowań praktycznych, a więc trwających przez dłuższy czas. Badania prowadził z wykorzystaniem analizy powierzchni BET, mikroskopii SEM, spektrometrii EDX oraz dyfrakcji rentgenowskiej XRD, wskazując na rolę mieszaniny reakcyjnej, mocy wyładowania i temperatury złoża w przemianach zachodzących w katalizatorach. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że zarówno spektrometria EDX, jak też dyfrakcja XRD nie dają nam informacji o samej powierzchni katalizatora, która decyduje o jego właściwościach katalitycznych, ale "zaglądają" znacznie głębiej w objętość materiału, która najczęściej zachowuje się inaczej niż powierzchnia. Na tej podstawie nie można więc wyciągać jednoznacznych wniosków dotyczących zmian zachodzących na powierzchni. Konieczne jest tu zastosowanie technik badawczych dedykowanych jedynie powierzchni, na przykład spektrometrii XPS (ESCA). Mam nadzieję, że w dalszych swoich pracach Habilitant sięgnie po takie techniki.

Podsumowując, za najważniejsze wyniki przedstawionego osiągnięcia naukowego uważam, po pierwsze – uzyskanie nowego, zakrojonego na szeroką skalę materiału

eksperymentalnego dotyczącego procesów rozkładu lotnych związków organicznych w układach plazmowo-katalitycznych, oraz po drugie – nowe konstrukcje reaktorów plazmowych z wyładowaniem ślizgowym do prowadzenia takich procesów. Materiał ten stanowi bogatą bazę dla dalszych badań w zakresie podstawowym nad utylizacją plazmową szkodliwych związków organicznych, ale przede wszystkim bazę do podjęcia prac nad przygotowaniem tak oczekiwanych wdrożeń przemysłowych. Nie mam też najmniejszej wątpliwości, że przedstawione osiągnięcie naukowe daje istotny wkład w rozwój dyscypliny, jaką jest inżynieria chemiczna, zarówno przybliżając nam zrozumienie bardzo złożonych procesów plazmowo-katalitycznych, jak też dostarczając podstaw do ich praktycznego wykorzystania.

Ocena aktywności naukowej

Dr inż. Michał Młotek, jak już wspomniałem o tym w "*Podstawowych informacjach o Kandydacie*", od początku swojej kariery naukowej do dnia dzisiejszego związany jest z zespołem działającym obecnie w ramach Katedry Technologii Chemicznej na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej (WCh PW), gdzie Jego tematyką badawczą są zagadnienia dotyczące procesów plazmowych i plazmowo-katalitycznych. Oprócz głównego nurtu tych badań, który stanowi podstawę przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego, obejmującego problematykę plazmowych i plazmowo-katalitycznych procesów do rozkładu trwałych związków organicznych, równolegle prowadził prace w ramach innych zadań badawczych realizowanych w obszarze plazmy nierównowagowej, często we współpracy z ośrodkami badawczymi poza macierzystą jednostką. Między innymi zajmował się plazmową modyfikacją rurek polietylenowych, co zaowocowało wdrożeniem w firmie Balton, czy też badał wpływ plazmy na właściwości powierzchni rusztowań komórkowych opracowując metodę poprawy właściwości porowatych tworzyw sztucznych.

Dorobek naukowy dr inż. Michała Młotka, według przedstawionego przez Niego zestawienia, obejmuje 27 artykułów opublikowanych w czasopismach z listy filadelfijskiej (wliczając w to 9 będących podstawą głównego osiągnięcia naukowego), 7 patentów, 9 artykułów spoza listy filadelfijskiej, 3 niepublikowane raporty oraz 51 doniesień konferencyjnych (w tym 24 na konferencjach zagranicznych). Sumaryczny współczynnik wpływu wszystkich prac zgodnie z rokiem opublikowania wynosi $IF = 58,104$. Prace cytowane były 339 razy, a indeks Hirscha wynosi 9. W chwili obecnej pojawiły się

dodatkowe 4 artykuły z listy filadelfijskiej (opublikowane w drugiej połowie 2021 roku), a liczba cytowań według bazy Web of Science wzrosła do liczby 378 (bez autocytowań 311). Uzyskany wynik bibliometryczny należy uznać za w pełni satysfakcjonujący, szczególnie jak na dyscyplinę nauk inżynieryjno-technicznych. Poza tym wyraźny wzrost dorobku Habilitanta, szczególnie w ostatnim okresie, dowodzi Jego dużej aktywności naukowej i rokuje uzasadnione nadzieje na dalszy rozwój naukowy.

Niewątpliwie na podkreślenie zasługuje fakt aktywności Habilitanta jako wykonawcy w 7 krajowych projektach badawczych i badawczo-rozwojowych oraz jednym międzynarodowym (Era-Net Chemistry). Kierował On też w latach 2020–2021 projektem finansowanym przez RND Inżynieria Chemiczna na Politechnice Warszawskiej, który dotyczył otrzymywania wodoru metodami plazmową i plazmowo-katalityczną z gazu zawierającego metan i dwutlenek węgla. W 2015 roku kierował również realizacją wykonania katalitycznego reaktora doświadczalnego przez firmę Instal Rzeszów.

Bardzo ważnym elementem aktywności naukowej dr inż. Michała Młotka jest realizowanie przez Niego badań w szerokiej współpracy z innymi jednostkami naukowymi i przemysłowymi w kraju (Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Inżynierii Lądowej PW, Katedra Chemii i Technologii Polimerów WCh PW, jak też firmy: Ertec-Poland, Balton i Instal Rzeszów) oraz zagranicą (Uniwersytet w Orleanie, Uniwersytet w Brunszwiku, Firma ECP we Francji, Firma Casale w Szwajcarii). Współpraca ta zaowocowała kilkoma wspólnymi publikacjami i patentami. Należy też dodać, że współpraca z zagranicą ugruntowana była stażami, które Habilitant odbył w niektórych z tamtych jednostek (w ramach Socrates-Erasmus na Uniwersytecie w Orleanie – 3 miesiące w 1999 roku, w ramach programu Era Net – dwa wyjazdy w 2009 roku na Uniwersytet w Brunszwiku, oraz staże w Firmie ECP w latach 1999-2006, łącznie 1 rok pobytu). Szkoda tylko, jak już o tym wspomniałem wcześniej, że wszystkie te wyjazdy odbyły się dość dawno, jeszcze przed uzyskaniem stopnia doktora i po tym czasie brak jest aktywności w tym zakresie.

Podsumowując stwierdzam, że Habilitant posiada wartościowy dorobek naukowy, który bez wątplenia umiejscowiony jest w dyscyplinie Inżynieria Chemiczna oraz wykazuje dużą aktywność naukową w obszarze rozwoju tematyki badawczej związanej z plazmą nierównowagową, realizowanej na Politechnice Warszawskiej, jak też we współpracy z innymi ośrodkami naukowymi i przemysłowymi, głównie zagranicznymi.

Ocena działalności dydaktycznej, organizacyjnej i popularyzującej naukę

Praca na Uczelni w charakterze nauczyciela akademickiego wiąże się nierozdzielnie z prowadzeniem dydaktyki. Dr inż. Michał Młotek nie ma więc problemu z wykazaniem działalności dydaktycznej, którą prowadzi od 2012 roku na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej. Są to przede wszystkim zajęcia w formie wykładu, ćwiczeń, seminariów i laboratorium dla kierunków Technologia Chemiczna – profil ogólnoakademicki oraz profil praktyczny. W latach 2014-2021 był promotorem 12 prac dyplomowych magisterskich i 13 prac inżynierskich. Działalność dydaktyczna Habilitanta została doceniona, czego wyrazem jest przyznanie Mu dyplomu za znakomitą realizację zajęć dydaktycznych w 2015 roku oraz nagrody zespołowej II stopnia za osiągnięcia dydaktyczne w latach 2018-19.

W zakresie działalności organizacyjnej dr inż. Michał Młotek uczestniczy jako członek w pracach w kilku komisji na Wydziale Chemicznym PW, między innymi, od roku 2017, w komisji ds. utworzenia Warszawskiego Chemicznego Parku Naukowo-Technologicznego. Jest również członkiem Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Chemiczna Politechniki Warszawskiej.

Najskromniej wygląda działalność Habilitanta w zakresie popularyzacji nauki. Przytacza tu jedynie spotkania z młodzieżą szkół średnich, nie podając chociażby kiedy i ile ich się odbyło, ani też tematyki, której dotyczyły. W moim przekonaniu odbiega to od oczekiwań związanych z popularyzacją nauki. W obszarze szeroko rozumianej współczesnej inżynierii chemicznej (a więc tej obejmującej nowoczesne, zaawansowane procesy wśród których znaczące miejsce zajmują również procesy plazmowe) działalność popularyzatorska ma szczególne znaczenie i niewątpliwie powinna stanowić ważny element w pracy osób zajmujących się tą dyscypliną. Spodziewam się, że po uzyskaniu stopnia doktora habilitowanego dr inż. Michał Młotek wyraźnie zwiększy swoją aktywność na tym polu.

Podsumowując stwierdzam, że aktywność Habilitanta w diskutowanym zakresie działalności generalnie nie odbiega od zwyczajowych, przeciętnych wymagań stawianych przed kandydatami do stopnia naukowego doktora habilitowanego.

Wniosek końcowy

Po przeanalizowaniu dostarczonych mi dokumentów i materiałów nie mam wątpliwości, że dr inż. Michał Młotek jest dobrze ukształtowanym, wykazującym samodzielność i inicjatywę, pracownikiem naukowym o wyraźnym dorobku i sprecyzowanych zainteresowaniach. Dokonał On też oryginalnego i istotnego wkładu naukowego w rozwój dyscypliny, jaką jest Inżynieria Chemiczna. Uważam, że pod względem formalnym i merytorycznym dr inż. Michał Młotek spełnia wymagania stawiane kandydatom do stopnia naukowego doktora habilitowanego przez ustawę z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r., poz. 478, art. 219).

W związku z powyższym wnioskuję o nadanie dr inż. Michałowi Młotkowi stopnia naukowego doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Chemiczna.



Jacek Tyczkowski