

## **OPINIA**

### **o całokształcie dorobku dr inż. Dariusza Moszyńskiego w związku postępowaniem w sprawie nadania Mu stopnia naukowego doktora habilitowanego nauk technicznych w zakresie technologia chemiczna**

#### **Rozwój zawodowy Habilitanta**

Dr inż. Dariusz Moszyński jest absolwentem Politechniki Szczecińskiej. Po studiach na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej, ukończonych w 1994 r., był uczestnikiem Studium Doktoranckiego na macierzystym Wydziale. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w 1999 r. po przedstawieniu pracy „Wpływ pierwiastków elektronoakceptorowych na aktywność katalizatora żelazowego”. Promotorem pracy doktorskiej był prof. dr hab. Walerian Arabczyk. Od 1997 r. pracuje w Politechnice Szczecińskiej (od 2009 r. Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie) na stanowisku asystenta, a od 1999 r. adiunkta. Jest kierownikiem Pracowni Spektroskopii Elektronowych.

Doświadczenie naukowe zdobywał nie tylko w macierzystej uczelni, ale również na długoterminowych stażach w Niemczech w Max-Planck-Institut für Eisenforschung, Düsseldorf (2000-2001) i w Leibniz Universität Hannover (2001-2002).

#### **2. Opis dorobku naukowo-badawczego**

Dr inż. D. Moszyński od początku pracy naukowej opiekuje się specjalistyczną aparaturą do analizy składu powierzchni ciał stałych metodami spektroskopii elektronowych. Zaprojektował nowy system badawczy, co zaowocowało zbudowaniem i uruchomieniem w Instytucie Technologii Chemicznej Nieorganicznej i Inżynierii Środowiska ZUT unikalnej aparatury badawczej, łączącej możliwości analizy metodą spektroskopii i mikroskopii elektronowej z technikami modyfikacji materiałów *in situ*. Połączenie jej z reaktorem ciśnieniowym pozwala Habilitantowi analizować skład i przemiany zachodzące na stałej powierzchni w warunkach zbliżonych do panujących w warunkach przemysłowych. Analizy morfologii i składu warstwy powierzchniowej dokonuje przy tym spektroskopią fotoelektronów (XPS), spektroskopią elektronów Augera (AES) oraz technikami temperaturowo programowanymi (TPD i TPSR). Habilitant swoją wiedzę i umiejętności analityczne wykorzystuje w badaniach naukowych do analizy przebiegu procesów zachodzących na powierzchni ciała stałego pod wpływem różnych

czynników. Głównym kierunkiem Jego zainteresowań jest praca katalizatora żelazowego do syntezy amoniaku. Badał przemiany struktury katalizatora żelazowego, co jest przedmiotem przedstawionego osiągnięcia naukowego.

Habilitant jest autorem lub współautorem:

\* osiągnięcia naukowego - rozprawy habilitacyjnej zatytułowanej **Przemiany struktury powierzchni oraz struktury krystalicznej katalizatora żelazowego w procesach syntezy i rozkładu amoniaku**, której podstawą jest cykl 12 jednotematycznych publikacji, znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)

oraz

\* 24 artykułów w czasopismach znajdujących się w bazie JCR, w tym 3 przed doktoratem,

\* 5 zgłoszeń patentowych,

\* 11 monografii i prac w czasopismach zagranicznych i krajowych z poza bazy JCR, w tym 3 przed doktoratem.

W sumie 52 pozycje.

### **3. Ocena dorobku naukowo-badawczego**

Przedstawiony dorobek naukowy Habilitant osiągnął praktycznie w całości po doktoracie (oprócz 3 artykułów i 3 monografii konferencyjnych). Wśród wymienionych pozycji 1 publikacja i 2 zgłoszenia patentowe są samodzielnego autorstwa Kandydata. Habilitant publikuje prace w czasopismach o wysokich wymaganiach, co świadczy o bardzo dobrym poziomie naukowym prowadzonych przez Niego prac. Sumaryczny współczynnik oddziaływania (IF) opublikowanych prac jest bardzo wysoki i wynosi 63,9 w roku publikacji ( $IF_{2012}=74,941$ ) a po doktoracie 59,5 ( $IF_{2012}=66,009$ ). Jego prace cieszą się dużym zainteresowaniem, o czym świadczy liczba cytowań 177 (207 z autocytowaniami) i współczynnik cytawalności Hirscha  $H=9$ . Habilitant również aktywnie uczestniczy w konferencjach. Po doktoracie prezentował 29 prac na konferencjach międzynarodowych i 14 na krajowych. Wygłosił 6 referatów, w tym 2 na zaproszenie.

#### **3.1. Ocena osiągnięcia naukowego w postaci jednotematycznego zbioru publikacji pt. Przemiany struktury powierzchni oraz struktury krystalicznej katalizatora żelazowego w procesach syntezy i rozkładu amoniaku**

Obszar zainteresowań Habilitanta jest związany z tematyką katalizatora do syntezy amoniaku, zagadnieniami badanymi w zespole prof. Waleriana Arabczyka. Katalizator ten jest przedmiotem badań od wielu lat. Jednak dopiero rozwój technik analitycznych, pozwalających badać skład i strukturę warstw powierzchniowych ciała stałego, umożliwił określenie roli poszczególnych składników katalizatora. Wciąż istotną kwestią była rzeczywista struktura warstwy powierzchniowej katalizatora, odpowiedzialna za jego właściwości katalityczne. W ramach pracy doktorskiej Habilitant badał wpływ związków siarki, fosforu, chloru i arsenu na aktywność tego katalizatora.

W ramach pracy habilitacyjnej Habilitant podjął się ambitnego zadania - opracowania nowego, spójnego modelu, opisującego właściwości i zachowanie katalizatora do syntezy amoniaku, z uwzględnieniem struktury warstwy powierzchniowej, a następnie jego weryfikację.

Był współtwórcą nowego modelu kompleksowo ujmującego zależności między składem chemicznym katalizatora, jego strukturą wewnętrzną, strukturą warstwy powierzchniowej a właściwościami katalitycznymi. Zaproponowano model powierzchni katalizatora, w którym w warstwie powierzchniowej atomy metalu związane są bezpośrednio z warstwą atomów tlenu, powyżej której znajdują się atomy promotorów - K, Al, Ca. Wykazano, że liczba atomów tlenu w warstwie pośredniej zależy ściśle od rodzaju promotora, który wpływa też na stopień rozwinięcia powierzchni. Szczególną uwagę Habilitant zwrócił na rolę potasu jako promotora. Badania prowadził modyfikując skład katalizatora przemysłowego oraz wytopionego bez dodatku związków potasu. Materiał badany był w formie nanokrystalitów. Wykazał szczególną rolę potasu w aktywacji katalizatora. Za pomocą spektroskopii elektronów Augera wykazał, że atomy potasu obecne w ziarnach katalizatora mogą dyfundować z ziaren na powierzchnię. Wykazał również, że w warunkach syntezy amoniaku następuje przenoszenie potasu również pomiędzy ziarnami, co prowadzi do wyrównania stężeń w katalizatorze.

Habilitant badał też zatrucie katalizatora siarką (trwałe blokowanie miejsc aktywnych) w warunkach syntezy i rozkładu amoniaku. Wykazał, że ze wzrostem temperatury rośnie liczba wolnych miejsc adsorpcyjnych. Mechanizm rekonstrukcji struktury powierzchni wyjaśnił wiązaniem części atomów siarki z promotorami.

Habilitant dogłębnie zanalizował również azotowanie katalizatora żelazowego - proces, zachodzący przy dużych stężeniach amoniaku w mieszaninie gazowej. Przeprowadził analizę przemian strukturalnych katalizatora podczas oddziaływania mieszaniny amoniaku i wodoru w warunkach zmiennego potencjału azotującego. Wykazał zależność składu struktury krystalicznej od potencjału azotującego oraz obecność histerezy cyklu azotowanie- redukcja, której kształt zależał od wielkości krystalitów.

Do najważniejszych osiągnięć pracy, stanowiących jednocześnie element nowości naukowej, zaliczam:

- zaproponowanie modelu struktury katalizatora żelazowego do syntezy amoniaku, ze szczególnym uwzględnieniem jego warstwy powierzchniowej,
- wyjaśnienie roli promotorów w tworzeniu struktury porowatej i powierzchni aktywnej katalizatora,
- wykazanie, że modyfikacja składu chemicznego katalizatora prowadzi do rekonstrukcji jego struktury i wpływa na aktywność zgodnie z modelem,
- wykazanie, że na powierzchni katalizatora wytwarza się warstwa z udziałem tlenu i potasu,
- wykazanie dyfuzji potasu na powierzchnię katalizatora i między ziarnami, prowadzącej do wyrównania jego stężeń w złożu,

-udowodnienie, że proces azotowania katalizatora zależy od jego struktury krystalicznej, oraz że krystality ulegają przemianom fazowym przy różnym potencjale azotującym, zależnie od ich wielkości.

Uzyskane wyniki są oryginalne i zasługują na wysoką ocenę. Oceniając całość dokonań eksperymentalnych, zaprezentowanych w rozprawie habilitacyjnej, chciałabym podkreślić dojrzałość samej koncepcji badawczej oraz konsekwencję Habilitanta w dążeniu do wyjaśnienia podstaw działania katalizatora żelazowego. Uważam, że wyniki doświadczalne weryfikują zaproponowany model budowy katalizatora. Wyjaśnienie mechanizmu przemian strukturalnych i zmian struktury warstwy powierzchniowej katalizatora, zachodzących w czasie syntezy i rozkładu amoniaku, ma kapitalne znaczenie poznawcze, ale i praktyczne. Przyczynia się nie tylko do lepszego zrozumienia zjawisk związanych z budową i działaniem katalizatora żelazowego, ale też może być podstawą opracowania nowego, efektywnego katalizatora.

**Uważam, że przedstawiona rozprawa habilitacyjna (na bazie cyklu publikacji) jest twórczym opracowaniem stanowiącym znaczny wkład Habilitanta w rozwój technologii chemicznej, w tym technologii amoniaku.**

Sumaryczny IF cyklu wynosi 16,554 ( $IF_{2012}=19,962$ ). Wśród czasopism są tak znaczące jak: *Langmuir*, *Applied Surface Science*, *Catalysis Today* czy *Applied Physics Letters*. Wszystkie prace są 2-3 autorskie, ale Habilitant praktycznie we wszystkich pracach miał rolę wiodącą (średni udział 75,5%) – był twórcą (w 10 pracach) lub współtwórcą (w 2 pracach) koncepcji, twórcą metodyki badań i ich wykonawcą. Jedynie w pierwszej publikacji, dotyczącej modelu, która ukazała się tuż po doktoracie, udział Habilitanta jest równorzędny z udziałem prof. W. Arabczyka. Wszyscy współautorzy złożyli stosowne oświadczenia.

### **3.2. Aktywność naukowa**

Habilitant wykazuje się aktywnością naukową wysoko ponad przeciętną. Po doktoracie, poza cyklem 12 jednotematycznych publikacji, jest autorem 1 i współautorem 20 publikacji z bazy JCR, 5 zgłoszeń patentowych, w tym 2 samodzielnych oraz 8 monografii i publikacji z poza bazy JCR. Swoją udział w pracach wieloautorskich z bazy JCR ocenił w granicach 10-80%, średnio 29,25%. Tematyka prac jest różnorodna. W czasie stażu naukowego w Niemczech brał udział w badaniach katastrofalnego nawęglania żelaza i stali oraz wpływu związków siarki na ten proces. Analizował skład powierzchni podczas nawęglania żelaza i stali. Jego badania przyczyniły się do wyjaśnienia i zrozumienia mechanizmu działania związków siarki w procesie nawęglania stali. Badał procesy utleniania metanolu na powierzchni miedzi.

Brał udział w badaniu modyfikacji azotem i metalami ziem rzadkich struktury ditlenku tytanu, który dalej był wykorzystywany jako fotokatalizator. Badał procesy funkcjonalizacji powierzchni nanomateriałów węglowych, adsorpcji związków węgla i siarki na sorbentach węglowych.

Analizował wpływ preparatyki na strukturę powierzchni nanokrystalicznych tlenków cynku i cyrkonu. Wyniki badań publikował w cenionych w środowisku czasopismach naukowych, takich jak, Journal of Catalysis, International Journal of Hydrogen Energy, Chemical Engineering Journal. W ramach projektów badawczych, którymi kierował, opracował nowe katalizatory do syntezy amoniaku na bazie azotków kobaltowo-molibdenowych, o aktywności przewyższającej tradycyjny katalizator. Wyniki badań były podstawą przygotowania 2 jednoautorskich zgłoszeń patentowych.

Habilitant aktywnie uczestniczy w pozyskiwaniu funduszy na badania naukowe. Brał udział w realizacji 10 projektów badawczych i jednego rozwojowego, finansowanych przez KBN, MNiSW oraz NCBR - kierował dwoma grantami, a w 9 był wykonawcą.

Jego wiedzę i umiejętności doceniają pracownicy nie tylko macierzystego Instytutu, ale również innych uczelni. Kierował badaniami na zlecenie Politechniki Łódzkiej i Politechniki Poznańskiej, przy czym badania te były częścią projektów finansowanych z funduszy Unii Europejskiej, Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Za aktywną pracę naukową dr inż. D. Moszyński był nagrodzony Nagrodą Ministra Edukacji (nagroda zespołowa) oraz 4 razy Nagrodą Rektora Politechniki Szczecińskiej i Rektora Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Został uhonorowany Srebrnym Medalem za wynalazek dot. żelazowego katalizatora do syntezy amoniaku na V Międzynarodowej Warszawskiej Wystawie Innowacji IWIS.

Na krajowych i międzynarodowych konferencjach tematycznych wygłosił 6 referatów. Jego wiedza i doświadczenie zaowocowały 2-krotnym wygłoszeniem referatu na zaproszenie.

#### **4. Działalność dydaktyczna, popularyzatorska i organizacyjna**

##### **4.1. Działalność dydaktyczna**

Dr inż. Dariusz Moszyński jest bardzo aktywnym dydaktykiem. W ramach działalności dydaktycznej od 1999 r. przygotował szereg wykładów. Obecnie prowadzi zajęcia na kierunku Technologia Chemiczna, Nanotechnologia oraz dla Studium Doktoranckiego. Prowadzi wykłady: Elementy automatyki i pomiary, Elementy elektrotechniki i elektroniki, Analiza instrumentalna, również w języku angielskim, zajęcia audytoryjne i laboratoryjne. Jest współautorem podręcznika Grafika Komputerowa (Wydawnictwo Uczelniane PS). Był promotorem 14 prac magisterskich i inżynierskich. Recenzował 13 prac magisterskich i inżynierskich.

##### **4.2. Działalność popularyzatorska i organizacyjna**

Habilitant aktywnie uczestniczy w konferencjach, które są miejscem wymiany doświadczeń, prezentacji i poznawania nowych trendów w nauce. Po doktoracie prezentował 29 prac na 25

konferencjach międzynarodowych i 14 na krajowych. Większość konferencji międzynarodowych to konferencje cykliczne o uznanej renomie, np. European Conference on Surface Science -Wiedeń 1999, Kraków 2001, Wrocław 2011, International Congress on Catalysis- Amsterdam 2000, Paryż 2004, EuropaCat- Salamanca 2009, Glasgow 2011, International Seminar on Surface Physics- Kudowa Zdrój 2000, European Conference on Applications of Surface and Interface Analysis, Avignon 2001.

Wśród znaczących konferencji krajowych, w których uczestniczył, są: Kongres Technologii Chemicznej, Ogólnopolskie Kolokwium Katalityczne- Kraków 2006, 2007, Zastosowanie metod AAS, ICP-OES i ICP-MS w analizie środowiskowej- Kraków 2010, 2013, Warszawa 2012.

Dr inż. D. Moszyński brał aktywny udział w organizowaniu konferencji –Niemiecko-Polskiego Seminarium Doktorantów w Szklarskiej Porębie w 2006 i 2008r. oraz w Burg (Niemcy) w 2007r.

Współpracuje z naukowcami z innych ośrodków. Jest kierownikiem zadania w projekcie badawczym w ramach Programu Badań Stosowanych, NCBiR, realizowanym przez ZUT we współpracy z Politechniką Warszawską i Instytutem Nawozów Sztucznych w Puławach.

Jego prace znane są w kraju i za granicą. Kierował 5 pracami na zamówienie Politechniki Poznańskiej, Łódzkiej, Ośrodka Badawczo – Rozwojowego Przemysłu Rafineryjnego SA. Dowodem uznania jego wiedzy jest recenzowanie projektu dla Narodowego Centrum Nauki oraz artykułów naukowych w renomowanych czasopismach międzynarodowych.

Jest członkiem Polskiego Towarzystwa Chemicznego .

## 5. Podsumowanie

Na podstawie przedstawionej dokumentacji wysoko oceniam osiągnięcia Habilitanta. Dorobek naukowy dr inż. Dariusza Moszyńskiego, opublikowany w renomowanych czasopismach, oraz rozprawa habilitacyjna **Przemiany struktury powierzchni oraz struktury krystalicznej katalizatora żelazowego w procesach syntezy i rozkładu amoniaku** zawierają wartościowe elementy poznawcze. Uważam, że stanowią one znaczny wkład Habilitanta w rozwój technologii chemicznej, w tym technologii amoniaku. Ponadto Habilitant wykazuje się wysoką aktywnością naukową, upowszechnia swoje osiągnięcia na forum międzynarodowych konferencji, kieruje projektami naukowymi i prowadzi aktywną działalność dydaktyczną. Osiągnięcia te dowodzą, że jest On dojrzałym i twórczym pracownikiem naukowym i aktywnie uczestniczy w rozwoju swojej dyscypliny.

**Z pełnym przekonaniem stwierdzam, że Habilitant spełnia warunki określone w Ustawie o stopniach naukowych oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 (Dz. U. Nr 65 poz. 595 wraz z późniejszymi zmianami) i popieram wniosek o nadanie dr inż. Dariuszowi Moszyńskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauki techniczne, w dyscyplinie technologia chemiczna.**