

Katowice, 25.03.2024

Dr hab. inż. Janusz Lasek, prof. instytutu

Instytut Technologii Paliw i Energii

Ul. Zamkowa 1

41-803 Zabrze

jlasek@itpe.pl

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr. Daniela Lacha,

zatytułowanej „Projektowanie i synteza nowych nanomateriałów jako układów katalitycznych dla reakcji metanowania ditlenku węgla i selektywnej katalitycznej redukcji tlenków azotu”,

wykonanej w Instytucie Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach,

pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Jarosława Polańskiego

Rozprawa doktorska, przedstawiona przez mgr. Daniela Lacha, dotyczy bardzo istotnego zagadnienia syntezy katalizatorów, wykorzystywanych w procesie metanowania ditlenku węgla oraz procesie selektywnej katalitycznej redukcji tlenków azotu. Zagadnienia, które podjął Doktorant są aktualne i niezwykle ważne, nie tylko z poznawczego, ale i aplikacyjnego punktu widzenia. Przedstawione przez Doktoranta wyniki badań oraz co ważniejsze ich analiza i interpretacja mogą być z powodzeniem wykorzystane w sferze gospodarczej i społecznej. Metanizacja CO₂ wpisuje się w intensywnie badany wychwytywanie CO₂ wraz z jego utylizacją (ang. Carbon Capture Storage & Utilization, CCUS) stanowiąc wyżej ceniony sposób ograniczenia negatywnego skutku oddziaływania CO₂ niż pierwotnie proponowany wychwytywanie CO₂ wraz z jego składowaniem, CCS. Z kolei, usuwanie tlenków azotu NO_x (tj. NO+NO₂), należących obok SO₂ do głównych zanieczyszczeń gazowych, powstających w procesach spalania stanowi często podejmowany temat badawczy ze względu na silny związek pomiędzy ograniczeniem emisji NO_x i zmniejszeniem niekorzystnych skutków środowiskowych tejże emisji. Na uwagę zasługuje fakt, iż wyniki badań, jakie przedstawił mgr Lach mogą mieć zastosowanie zarówno w przypadku palenisk stacjonarnych (kotły, piece przemysłowe) jak i silników spalinowych.

Przedstawiona praca doktorska została napisana w języku polskim i należy do grupy prac o charakterze eksperymentalnym. Struktura pracy jest logiczna, praca czytelna i napisana poprawnym językiem. Praca obejmuje łącznie 95 stron i składa się z następujących części: Spis treści (str. 4-5), Cel i zakres pracy (str. 6-7), Wprowadzenie (str. 8-26), Badania własne (str. 27-64), Część eksperymentalna (str. 65-79), Podsumowanie i wnioski (str. 79-81), Bibliografia (str. 82-89), Skróty i akronimy (90-91), Dorobek naukowy (str. 92-93), Życiorys (94-95). Bibliografia odnosi się do 117 pozycji literaturowych, głównie artykułów naukowych oraz książek, stron internetowych i patentów. Na uwagę zasługuje, iż Doktorant sięga do prac historycznych tzw. „klasyki gatunku”, opublikowanych przed XXI wiekiem jak

i do prac nowych. Dokonuje też porównania i zestawienia prac innych zespołów badawczych jak i zespołu, w którym pracuje.

W pierwszej części pracy Doktorant formułuje cel i zakres badawczy pracy. Już w pierwszym akapicie podkreśla wagę zagadnienia, jakiego się podejmuje, wyjaśniając, iż odgrywa ono bardzo istotną rolę nie tylko w aspekcie „zrównoważonej i efektywnej chemii”, ale jest ważna „dla inżynierii i środowiska i energii”. Z mojego punktu widzenia chciałbym tutaj uwypuklić interdyscyplinarny charakter pracy, jako jej niewątpliwego atutu. Oprócz głównego trzonu pracy, jaką jest synteza i badania nowych „form materiałów katalitycznych” (aspekt chemiczny), widać wyraźnie wątki wspomnianych już zagadnień „inżynierii środowiska” jak i „energii”. W tym miejscu chciałbym zaproponować pewne uzupełnienie. Cel, a szczególnie zakres pracy powinien być bardziej uwypuklony i szczegółowo opisany. Przecież przedmiotem badań nie są jedynie „metale bloku d układu okresowego...”, a przykładowo procesy metanizacji CO₂ oraz selektywnej redukcji NO_x w obecności licznych katalizatorów, które syntezował Doktorant. Myślę, że zakres pracy obejmuje również działania dotyczące zagadnień „utyliczacji odpadów” i „nadawania drugiego życia produktom” ze względu na podjęcie się bardzo ciekawego procesu reutilizacji przemysłowego katalizatora V₂O₅-WO₃-TiO₂. Chciałbym dobrze wyrazić moją intencję. Celem tej uwagi nie jest wykazanie braku, ale raczej podkreślenie walorów pracy.

W rozdziale drugim Doktorant opisuje zagadnienie nadmiernego stężenia tlenków węgla i tlenków azotu udowadniając przez to, jak prowadzone przez niego badania są ważne dla ochrony przed globalnym ociepleniem oraz niekorzystnymi zjawiskami związanymi z zakwaszaniem środowiska. Dalej wyjaśnia proces metanizacji CO₂, podając jego charakterystyczną reakcję wraz z parametrami termodynamicznymi. W dyskusji Doktorant wyjaśnia wpływ temperatury i ciśnienia na przebieg procesu oraz podaje możliwe reakcje występujące podczas tego procesu.

W kolejnym podrozdziale mgr Lach wprowadza w zagadnienie selektywnej katalitycznej redukcji NO_x wyjaśniając charakterystyczne reakcje tego procesu jak i pożądane produkty końcowe, czyli N₂ i H₂O. Doktorant ma świadomość pewnych „meandrów” i „ślepych uliczek” procesu wyjaśniając zagadnienie tzw. „poślizgu amoniaku” ang. NH₃-slip, ammonia-slip (czyli obecność nieprzereagowanego amoniaku w spalinach za reaktorem SCR), podając jednocześnie sposoby zapobiegania temu zjawisku.

Wobec tej części pracy zrodziło się kilka pytań z prośbą o wyjaśnienie:

Na str. 16 Doktorant wskazał zakres dopuszczalnego poślizgu amoniaku (NH₃-slip) na poziomie 2-10 ppm, powołując się prawdopodobnie na normy amerykańskie (Environmental Protection Agency, EPA), podczas gdy dla warunków europejskich wskazuje się najczęściej zakres 3-5 ppm. Proszę wskazać na źródło zakresu wartości poślizgu amoniaku.

Str. 17 L19. Doktorant wskazuje na reakcje „pasożytnicze” Można przypuszczać, iż chodzi o reakcje, w których dochodzi do zużywania reagenta bądź też powstawanie niepożądanych produktów lub produktów pośrednich. Proszę o wyjaśnienie o jakie reakcje chodzi i jaki niekorzystny mają one wpływ na przebieg SCR.

Str. 17 L 4-8 od dołu. Doktorant wskazuje na „urządzenie kontroli cząstek stałych”, Chodzi tu pewnie o odpylacz, a filtr elektrostatyczny określany jest w energetyce terminem „elektrofiltr”.

W dalszej części pracy Doktorant wyjaśnia zagadnienie katalizatora heterogenicznego oraz przedstawia konkretne rozwiązania stosowane w procesie metanizacji CO₂ oraz selektywnej redukcji

NO_x. Ze względu na silny aplikacyjny charakter pracy, do tej części bardzo interesujące byłoby rozwinięcie pewnej kwestii. Mianowicie, niektóre z zastosowanych prekursorów materiałów (np. rutenu czy palladu), mimo uzyskiwanych polepszonych „parametrów procesowych” (selektywność, wydajność) są kosztowne. Interesujące byłoby przedstawienie, w uproszczonym zakresie, bilansu materiałowego i kosztowego w odniesieniu do masy uzyskanego katalizatora. Pewną wskazówkę Doktorant zawarł na str. 19 wskazując na uszeregowanie aktywnych składników względem ceny w 2022, a na stronie 61 przyjął zasadę stosunku molowego Re:Pd:Ni z uwagi na cenę rynkową tych metali. Odniesienie do ceny znajduje się również na stronie 64 L5 od dołu.

Wobec przedstawionego stanu wiedzy w zakresie znaczenia obecności CO₂ i NO_x w atmosferze, procesów metanizacji CO₂ i selektywnej katalitycznej redukcji NO_x jak również syntezy katalizatorów do tych procesów, **Doktorant udowadnia, iż w swojej rozprawie doktorskiej, prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie nauki chemiczne.**

W rozdziale 3 zatytułowanym „Badania własne” Doktorant przedstawia uzyskane wyniki badań własnych w zakresie syntezy poszczególnych katalizatorów oraz ich testowania w procesach metanizacji CO₂ i SCR NO_x w obecności NH₃. Na początku tego rozdziału przedstawił sposób syntezy nanocząstek Re, Ru, Pd, Au na matrycy krzemionkowej i dokonał analizy uzyskanych wyników. Uzyskiwanie cząstek o rozmiarze nanometrów przy zapobieganiu tworzenia się aglomeratów jest niezwykle ważne dla syntezy skutecznych katalizatorów przy optymalnie niskim zużyciu prekursorów metalicznych, które są kosztowne. W tym miejscu chciałbym nadmienić, iż przedstawiona przez Doktoranta metoda nanoszenia dyspersyjnych warstw nanocząstek metalicznych (zwłaszcza Pd, Au i Ag) może być z powodzeniem stosowana w przypadku foto-katalizatorów.

Podczas analizy tej części pracy zrodziło się pytanie. Na str. 28-30 rys. 9-12. Doktorant przedstawił rozkład cząstek w zależności od rozmiaru. Interesujące jest w jaki sposób dokonano analizy tego rozkładu. Czy był to program dedykowany do mikroskopu czy też Doktorant prowadził analizę obrazu w oparciu o inne dostępne programy (np. ImageJ, Fiji)?

Dalej, Doktorant przedstawił wyniki badań syntezy poszczególnych katalizatorów w zakresie analizy składu i struktury katalizatora oraz badania aktywności tych katalizatorów w procesie metanizacji CO₂ oraz SCR NO_x w obecności NH₃. Testowane katalizatory podzielił na trzy główne grupy: Katalizator bimetaliczny z przestrzennym szkieletem Ni i nanocząstkami Re, Ru, Pd lub Au (rozdział 3.2), katalizator trimetaliczny (Re,Pd)/Ni oraz (Re,Pd)/Ni modyfikowany Mo (rozdział 3.3) oraz układ Re-Pd-Ni w reutilizacji przemysłowego katalizatora V₂O₅-WO₃-TiO₂. W tej części rozprawy widać jak duży ogrom pracy włożył Doktorant w przygotowanie katalizatorów oraz ich testowanie. Rozdział 3.2 zawiera bowiem dwie podgrupy katalizatorów, tj. przy wykorzystaniu jako nośników siatki niklowej oraz wełny niklowej. W sumie wykonano 11 rodzajów katalizatorów o różnych konfiguracjach nośnika (siatka/wełna), ilości oraz rodzaju dodatku metalicznego. Katalizatory te testowano w procesie metanizacji. Godnym pochwały jest świadomość Doktoranta związana z ograniczeniami stosowania katalizatorów w dużej, przemysłowej skali, którą zawarł w myśli na str. 31 L5-8. Zwiększa to wartość poznawczą jak i aplikacyjną pracy, bowiem Doktorant wziął pod uwagę w swoich badaniach i poszukiwaniach nie tylko same efekty związane ze stosowanym katalizatorem pod względem procesowym (tj. stopień konwersji, uzysk, selektywność), ale i praktyczne aspekty związane z potencjalnym zastosowaniem katalizatora w przyszłości.

W rozdziale 3.3., dotyczącym katalizatorów trimetalicznych na nośniku płytkowym lub w postaci proszku, Doktorant testował materiały w 10 konfiguracjach dokonując analizy ich składu i struktury.

Testował je w procesie SCR NO_x (tutaj również w pewnych przypadkach poprzez zastosowanie dwóch rodzajów grzania tj. zewnętrznie oraz przy wykorzystaniu grzania indukcyjnego, jak również przy zastosowaniu nośników płytkowych oraz w postaci proszku, w sumie 16 układów odniesienia) oraz w procesie metanizacji CO₂ (8 układów katalitycznych). Najwyższą konwersję uzyskał katalizator 0,3%(Re, Pd)/Ni-Mo, czyli ~92% przy 325°C. Ten katalizator, Doktorant postanowił przetestować w reakcji krakingu amoniaku. Chociaż jak zaznaczył Doktorant, celem tego testu było sprawdzenie na ile katalizator ten pozwoli na uniknięcie poślizgu amoniaku, należy podkreślić, iż obecnie reakcja krakingu NH₃ nabiera „gospodarczo” bardzo dużego znaczenia ze względu na możliwość magazynowania „zielonego” wodoru (czyli powstałego w oparciu o odnawialne źródła energii i najczęściej proces elektrolizy) poprzez jego konwersję w kierunku amoniaku, a następnie „odzysk tego wodoru” w reakcji krakingu NH₃. Jak wiadomo, wodór, ze względu na swoje parametry (np. niską gęstość) nie jest związkiem łatwym do magazynowania i transportu. Dlatego coraz częściej promuje się konwersję H₂ w kierunku NH₃ jako jednego ze sposobów jego magazynowania. Myślę, że ten wątek mógłby być naturalną kontynuacją badań dokonanych przez Doktoranta.

W rozdziale 3.4 Doktorant syntezował i analizował trzy układy ze względu na sposób nakładania farby z nanocząstkami oraz testował katalizator w dwóch konfiguracjach tj. w warunkach laboratoryjnych oraz rzeczywistych, przy wykorzystaniu kotła gazowego jako źródła NO_x

Wobec tej części pracy (tj. całego rozdziału 3) **proszę o podjęcie dyskusji i komentarz związanych z kilkoma aspektami:**

Str. 34-36, rys. 15–17. Uzyskane wyniki przedstawione na zdjęciach są ciekawe, choć ich komentarz jest bardzo skromny. Proszę o przedstawienie dyskusji uzyskanych wyników w zakresie morfologii (struktury) powierzchni jak i nano-cząstek, mappingu, różnic w kształcie (układzie) nano-cząstek Pd (rys. 16 E układ „ziarnowy”) i nano-cząstek Au (rys. 16 F układ „siatkowo-nalotowy”), jak uzyskana forma nano-cząstek, a co za tym idzie rozwinięcie ich powierzchni, może skutkować w uzyskiwanych parametrach procesowych (stopień konwersji, uzysk, selektywność)?

Str. 41 L 7-10 „Układ włókien próbki Ni-welna może wpływać na bardziej turbulentny przepływ gazów i dłuższy czas kontaktu reagentów z katalizatorem, co przekłada się na lepszą aktywność” Należałoby wskazać na „lepszą aktywność w odniesieniu do ... (jakiego katalizatora/postaci)”. Prawdopodobnie chodzi o materiały w postaci ziarnowej. Czy tak? Dodatkowo, zdanie to jest nieco nieprecyzyjne i wymagałoby wyjaśnienia, ponieważ „bardziej turbulentny przepływ gazów” sprzyjałby raczej skróceniu czasu kontaktu. Prawdopodobnie chodzi o to, iż układ katalizatora w postaci wełny stanowi, jako całość strukturę o większej objętości jak i powierzchni w porównaniu do przepływu gazów nad warstwą usypanych ziaren katalizatora.

Str. 44 Doktorant wskazuje na różnice w uzyskanych wynikach badań pomiędzy układem z grzaniem konwencjonalnym (poprzez zastosowanie grzałek oporowych) oraz indukcyjnym, wyjaśniając, iż różnice te wynikają ze zmiany warunków przepływu ciepła. Nie negując wyjaśnień przedstawionych przez Doktoranta (np. związanych ze zjawiskiem gorących elektronów), należałoby również, dla zasady, rozważyć, czy uzyskane różnice nie wynikają po części ze sposobu pomiaru temperatury? Proszę wyjaśnić sposób pomiaru temperatury (tj., jaką metodą i w jakim miejscu, jeśli pomiar jest z wykorzystaniem termoelementów proszę podać ich średnicę oraz czy są umieszczone w płaszczu) w tych dwóch omawianych przypadkach tj. reaktora z grzaniem oporowym oraz indukcyjnym.

Wobec przedstawionej prezentacji wyników krakingu amoniaku na str. 55, proszę o bardziej szczegółowe zaprezentowanie i dyskusję wyników tych badań (np., jeśli są dostępne, wyniki stopnia konwersji w funkcji temperatury).

W kolejnym rozdziale 4. Część eksperymentalna mgr Lach opisał sposób syntezy, stosowane odczynniki oraz aparaturę wykorzystywaną do analizy struktury samych katalizatorów jak również aparaturę wykorzystaną do testowania procesu metanizacji CO₂ oraz selektywnej katalitycznej redukcji NO_x w obecności NH₃. Opis ten jest obszerny, bardzo szczegółowy i jest kolejnym dowodem opanowania przez Doktoranta ogólnej wiedzy teoretycznej w dyscyplinie nauki chemiczne.

Wobec tej części pracy proszę o ustosunkowanie się Doktoranta wobec następujących kwestii:

Doktorant nie przedstawił dyskusji niepewności pomiarowej układów badawczych. Proszę o przedstawienie niepewności wynikającej z zastosowania aparatury badawczej metanizacji oraz SCR NO_x (tj. niepewność wynikająca z pomiaru temperatury oraz przepływu reagentów).

Str. 76. Proszę podać więcej szczegółów dotyczących reaktora ogrzewanego zewnątrz (zakres i sposób regulacji temperatury, grzanie jedno lub kilku strefowe, sposób pomiaru temperatury (termopary, termoelementy oporowe, inne), odchylenia od zadanej temperatury).

W pracy wspomniano o testowaniu katalizatorów w procesie usuwania NO_x ze spalin pochodzących z kotła gazowego (Str. 62, 63 i 79) nie podając szczegółowego opisu eksperymentu oraz wyników (np. przebieg pomiaru stężenia NO_x w funkcji czasu w przypadku stosowania katalizatora i bez jego obecności, temperatura spalin, obciążenie rzeczywiste kotła kW). Jaką metodą wyznaczono strumień spalin? (str. 79). Bardzo ciekawe byłoby zapoznanie się z tymi wynikami jak i opisem eksperymentu.

Na końcu pracy, mgr Lach podsumowuje badania i formułuje wnioski w postaci punktów, dalej przedstawia bibliografię, skróty i akronimy oraz dorobek naukowy. Praca kończy rozdział zawierający życiorys Doktoranta. Choć nie jest to przedmiotem oceny chciałbym wskazać na jeden dodatkowy aspekt, który zwrócił moją uwagę. Na końcu pracy, w życiorysie Doktorant wspominał o szkole podstawowej i gimnazjum. Myślę, że świadczy to o przywiązaniu i szacunku Doktoranta do swoich korzeni oraz tego, iż jest świadomy swojej drogi.

Ocena językowa i edycyjna:

Jak wspomniano, struktura pracy jest logiczna, praca czytelna i napisana poprawnym językiem. Dla zasady przedstawiono poniżej nieliczne uwagi o charakterze językowym:

Str. 6. L4 W tytule Doktorant słusznie stosuje obowiązujące nazewnictwo związków chemicznych, tj. ditlenek węgla zamiast dotychczas stosowanej tradycyjnie „dwutlenek węgla” Niemniej, już na początku pracy powraca do „starej” nazwy związku (przykładowo na str. 6, L 4 i 6; str. 10 L 8, 11, 12; str. 11 L 6)). Podobnie tyczy się to nazw innych związków np. str. 9 L2 „dwutlenek azotu”, „podtlenek azotu”. Z kolei na str. 18 Doktorant stosuje obowiązującą konwencje nazewnictwa „tlenek diazotu” w odniesieniu do N₂O.

Zrozumiałym jest, iż ze względu na pewną tradycję nazewnictwa, stosowanie „starych” nazw jest w określonych sytuacjach akceptowalne przy przyjęciu danej konwencji lub/i poinformowaniu o takiej decyzji. Dobrym wyjściem byłaby krótka nota informacyjna na początku pracy o przyjęciu określonej konwencji nazewnictwa wraz z krótkim wyjaśnieniem dlaczego przyjęto taką konwencję. Przykładowo, może być to zachowanie pewnej tradycji nazewnicznej czy chęć dotarcia do grupy czytelników z branży energetycznej, w której stosowane jest na co dzień „stare” nazewnictwo związków chemicznych.

Str. 8 Jest „Trend wzrostowy wynika ze coraz...”, powinno być „Trend wzrostowy wynika z coraz...”

Str. 10 L 2 i 4. Po wyliczeniach „Po pierwsze,” „Po drugie,” zalecany jest przecinek.

Str. 12 L4 od dołu; brakuje przecinka przed „a”

Str. 14 L 8 powinno być „adsorpcję”, „dysocjację”

Str. 15 L9-10 od dołu, powinno być „przed katalizatorem”

Doktorant stosuje czasami styl cytowania, odnosząc się bezpośrednio do pracy np. na str. 22 L8 „co szczegółowo podsumowano w”, L 16 „Jednakże wg badania”, L 22-23 „Dzięki danym z”, str. 60 L3 od dołu „Zgodnie z doniesieniem...”. Zaleca się stosowanie stylistyki jak przykładowo „w pracy...”, „w publikacji...” , „co szczegółowo podsumowano w pracy” lub z odniesieniem do Autorów publikacji „w badaniach przedstawionych przez (Nazwisko głównego Autora) i współpracowników”, „jak zaprezentowali (Nazwisko głównego Autora) i współautorzy...” itp.

Str. 25 L9, powinno być „skali” zamiast „sakli”

Str. 26 oraz 88, brak nr patentu w odniesieniu do pozycji lit. (96)

Str. 26 L5 od dołu powinno być „powierzchniowo czynnym”

Str. 30 L 6 powinno być „W porównaniu z”

Str. 30 L2 od dołu powinno być „W literaturze dotyczącej procesu metanizacji CO₂”

Str. 42 L6 powinno być „wodorowanie”

Str. 43 L2 od dołu- podobnie co powyżej

Doktorant stosuje naprzemiennie stronę bierną „zrobiono, wykonano...” oraz zwraca się w pierwszej osobie „zrobiłem, wykonałem...”

Po przeczytaniu i przeanalizowaniu pracy doktorskiej stwierdzam, iż mgr Daniel Lach posiada umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Na uwagę zasługuje wszechstronność Doktoranta- działa sprawnie zarówno w przestrzeni uniwersyteckiego laboratorium (synteza katalizatorów, ich charakterystyka na licznych aparatach badawczych, sprawdzanie aktywności

katalizatorów w warunkach laboratoryjnych) jak i zreczenie prowadzi prace o charakterze inżynierskim (chodzi tutaj o modyfikację płyt przemysłowego katalizatora SCR na osnowie $V_2O_5-WO_3-TiO_2$).

Praca doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego jakim jest tworzenie dyspersyjnych nano-cząstek na powierzchni katalizatora oraz ich testowanie w procesie metanizacji CO_2 i SCR NO_x . Szczególnie imponującym osiągnięciem jest uzyskanie katalizatora (Re,Pd)/Ni o podwyższonej odporności, którą wykazano w teście powyżej 100h (str. 59).

Uważam również, iż **praca doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej**. Chciałbym tutaj wyróżnić przedstawiony sposób regeneracji/aktywacji i w sumie „nadania drugiego życia” przepracowanym katalizatorom na bazie $V_2O_5-WO_3-TiO_2$. Oprócz pracy typowo laboratoryjnej, Doktorant wykazał się umiejętnościami pracy technicznej przy pokrywaniu katalizatorów na bazie $V_2O_5-WO_3-TiO_2$ nano-farbą Re, Pd, Ni. Nowatorskim i aplikacyjnym charakterem jest również ukierunkowanie badań na układy z grzaniem indukcyjnym, co ma bardzo istotne znaczenie w przypadku obniżenia emisji NO_x w procesach odsuniętych od stanu równowagi termicznej np. podczas pracy silników spalinowych w stanach rozruchu lub stanach niskich obciążeń.

Czytając pracę wydawało się początkowo, iż stosowany przez Doktoranta język opisowy jest oszczędny ale i słusznie skondensowany, co stanowiło pewien kontrast wobec tak licznych wyników i włożonej pracy. Niemniej uważam pracę za ponad przeciętną i wyróżniającą się ze względu na uzyskane wyniki jak i zaplanowaną strategię badawczą.

Biorąc pod uwagę przedstawione powyżej argumenty, stwierdzam, iż **przedstawiona praca doktorska spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim określone w artykułe 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742 z późn. zm.)**. Wnoszę do Rady Naukowej Instytutu Chemii Uniwersytetu Śląskiego o dopuszczenie mgr. Daniela Lacha do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora.

Przedstawione powyżej uwagi i spostrzeżenia mają zachęcić do podjęcia dyskusji naukowej i nie umniejszają wysokich walorów pracy. Mając to na uwadze, składam wnioszek i prośbę do Rady Naukowej Instytutu Chemii Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach o wyróżnienie rozprawy doktorskiej mgr. Daniela Lacha. Przekonanie o następującym wniosku nabrałem po przeanalizowaniu rozprawy doktorskiej jak i dorobku naukowego mgr. Daniela Lacha. Wobec tego przedstawiam następujące uzasadnienie wyróżnienia:

Wyniki pracy badawczej przedstawionej w rozprawie doktorskiej wraz z ich interpretacją i analizą, zwłaszcza w zakresie badań dotyczących regeneracji zużytych katalizatorów SCR oraz ich testowania w warunkach rzeczywistych (kocioł gazowy), są cennym dorobkiem, który może być wykorzystany w sferze gospodarczej, zwłaszcza, iż wypracowane rozwiązania poddano ocenie pod kątem czystości patentowej.

Mgr Lach podjął się trudnego i ryzykownego zadania przechodzenia na wyższe tzw. poziomy gotowości technologicznej (ang. Technology Readiness Level, TRL) w badaniach naukowych. Praca doktorska wiąże ze sobą walory poznawcze jak i aplikacyjne. Doktorant ma świadomość ograniczeń wynikających z aplikacji rozwiązania i tak strategicznie zaplanował badania, aby osiągnąć zarówno cel poznawczy jak i aplikacyjny (por. Str. 31 L6-8 w pracy). Wchodzenie na wyższe poziomy TRL jest o tyle

ryzykowne, iż często postawione założenia w warunkach laboratoryjnych nie wytrzymują próby warunków rzeczywistych z powodu innych ograniczeń.

Doktorant podjął się jednocześnie trzech wymagających dużego nakładu pracy zagadnień: syntezy katalizatorów oraz ich testowania w dwóch odrębnych procesach tj. metanizacji CO₂ oraz selektywnej katalitycznej redukcji NO_x w obecności NH₃ jako reduktora.

Doktorant osiągnął wszechstronny dorobek naukowy, obejmujący:

- 7 publikacji w międzynarodowych czasopismach, posiadających impact factor oraz wysoko punktowanych na tzw. liście Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, z pośród których w trzech mgr Daniel Lach jest głównym autorem; trzy prace przeglądowe (tzw. review), h-index 4, 44 cytowania (wg bazy Scopus) w przeciągu zaledwie 3 lat
- aż 4 zgłoszenia patentowe i patenty,
- udział w 3 projektach naukowych,
- staże i wizyty w międzynarodowych ośrodkach badawczych (tj. we Francji i Wielkiej Brytanii).

Widać duży nakład pracy. Godny pochwały jest fakt, iż Doktorant realizował swoje badania nie tylko we „własnym” ośrodku naukowym, ale i w ko-operacji z innymi ośrodkami (Politechnika Śląska, Instytut UŚ). Świadczy to o bardzo dobrych umiejętnościach organizacyjnych jak i ko-operacyjnych Doktoranta oraz całego zespołu, w którym pracuje.

Janusz Lasek

