



Poznań, 10.05.2024 r.

RECENZJA

osiągnięcia naukowego **Pana dr. inż. Łukasza Kuterasińskiego**, zaprezentowanego w formie cyklu powiązanych tematycznie 7 artykułów naukowych nt. **„Multifunkcjonalne układy $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ otrzymane z zastosowaniem sonochemii – synteza i charakterystyka fizykochemiczna”**, będącego podstawą w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego, w dziedzinie nauk ścisłych i przyrodniczych w dyscyplinie nauki chemiczne.

1. Dane formalne

Podstawą formalną do przygotowania recenzji jest pismo Dyrektora Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie – prof. dr. hab. Piotra Warszyńskiego (pismo DG-521-2/23 z dnia 19 marca 2024 r.) oraz Uchwała nr 3/132/2024 Rady Naukowej IKiFP PAN z dnia 7 marca 2024 r., w sprawie powołania Komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. inż. Łukaszowi Kuterasińskiemu, wszczętym przez Radę Doskonałości Naukowej w dniu 31 sierpnia 2023 r.

Dokumentację, której głównym elementem są osiągnięcia naukowe zaprezentowane w formie cyklu powiązanych tematycznie 7 artykułów naukowych pt. **„Multifunkcjonalne układy $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ otrzymane z zastosowaniem sonochemii – synteza i charakterystyka fizykochemiczna”**, oceniono zgodnie z wymogami określonymi w art. 219 ust. 1 punkt 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Całość dokumentacji nie budzi wątpliwości formalnych i spełnia wszystkie wymogi ustawowe i zwyczajowe stawiane Kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

2. Dane ogólne i charakterystyka dorobku naukowego Kandydata

Pan dr inż. Łukasz Kuterasiński swoją karierę naukową rozpoczął w Akademii Górniczo-Hutniczej im. S. Staszica w Krakowie, gdzie w 2011 roku uzyskał tytuł zawodowy magistra (dyplom z wyróżnieniem) i został absolwentem Wydziału Energetyki i Paliw. Co ciekawe, w 2013 roku ukończył także studia inżynierskie na tej samej uczelni, tym razem na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki. W trakcie studiów odbył 5-miesięczny staż dyplomowy, w ramach programu „Uczenie się przez całe życie – Erasmus”, w Laboratorium Badania Reakcyjności Powierzchni Uniwersytetu im. Piotra i Marii Curie w Paryżu, pod opieką Profesora Patricka Da Costy (współpromotora pracy dyplomowej). Stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk chemicznych w dyscyplinie chemia nadano Panu dr. inż. Łukaszowi Kuterasińskiemu 17 grudnia 2015 r. Uchwałą Rady Naukowej IKiFP PAN. Promotorem rozprawy doktorskiej zatytułowanej *„Natura protonowych centrów kwasowych w zeolitach typu MFI izomorficznie podstawionych borem”* był prof. dr hab. inż. Mirosław Derewiński. W 2016 roku Pan dr inż. Łukasz Kuterasiński został zatrudniony na 2 lata

na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej, w ramach stażu podoktorskiego w projekcie LIDER, a od 2017 roku jest pracownikiem IKiFP PAN. Pracę zaczynał na stanowisku specjalisty w zespole *Kataliza w ochronie przyrody*, kolejno asystenta i obecnie adiunkta w zespole *Kataliza heterogeniczna: teoria i eksperyment*.

Zgodnie z danymi zaprezentowanymi we wniosku, sumaryczny dorobek Kandydata obejmuje 51 oryginalnych prac naukowych – 49 artykułów opublikowanych w czasopismach indeksowanych przez *Thomson Reuters Journal Citation Reports* oraz 1 monografia naukowa opublikowana w wydawnictwie *AGH Kraków*. Spośród wymienionych prac, 3 artykuły zostały opublikowane przed, a 48 prac już po uzyskaniu stopnia naukowego doktora, co biorąc pod uwagę okres 8 lat od obrony rozprawy doktorskiej, dowodzi istotnej aktywności Kandydata i wskazuje na jego dynamiczny rozwój naukowy. Rozpatrując wyłącznie prace z okresu po uzyskaniu stopnia doktora należy wspomnieć, że ich sumaryczny IF wynosi 193,7 (co daje średnio 4,1 na pracę). Jest to wysoki wskaźnik naukometryczny, który wskazuje na jakość prac i potwierdza ich wartość naukową. Prace dr. inż. Łukasza Kuterasińskiego cytowano 643 razy, a związany z tym indeks Hirscha wynosi 15 i 14, odpowiednio w oparciu o dane z bazy Scopus oraz Web of Science (dane na dzień 24.04.2024 r.). Jest to wynik bardzo dobry, zwłaszcza biorąc pod uwagę krótki okres w jakim prace się ukazały. Można zatem wnioskować, że dr inż. Łukasz Kuterasiński jest naukowcem rozpoznawalnym w środowisku krajowym oraz międzynarodowym. Dowodem na to są również zaproszenia do wykonania recenzji artykułów naukowych – Kandydat deklaruje, że od 2018 roku zrecenzował łącznie 16 prac. Kandydat jest także współtwórcą zgłoszenia wynalazku, za który przyznano patent krajowy – biorąc pod uwagę nowatorski charakter realizowanych badań oraz ich znaczenie, zasadnym jest pytanie dlaczego wyłącznie 1 patent?

Obok aktywności publikacyjnej, na uwagę zasługuje również współautorstwo Kandydata w 39 komunikatach zaprezentowanych na konferencjach krajowych i międzynarodowych (22 w roli prelegenta), w tym 2 wykładów na zaproszenie, a także 30 prezentacji plakatowych.

Pan dr inż. Łukasz Kuterasiński brał udział w realizacji 5 projektów badawczych (NCN, NAWA, NCBiR) – w 4 z nich pełnił rolę wykonawcy, natomiast w projekcie Miniatura pełnił rolę kierownika. Kierował także 1 projektem rozwojowym i 1 projektem badawczym IKiFP PAN. Pomimo, że nie jest to wymóg formalny stawiany Kandydatom do stopnia doktora habilitowanego, spodziewałbym się większej aktywności Kandydata na tym polu, zwłaszcza w zakresie kierowania bardziej prestiżowymi projektami finansowanymi ze źródeł zewnętrznych.

Na uwagę zasługuje także znaczna mobilność Kandydata udokumentowana odbytymi 7 stażami naukowymi – 4 w jednostkach zagranicznych (2 krótkoterminowych i 2 długoterminowych) oraz 3 w jednostkach krajowych (2 krótkoterminowych i jednym 2-letnim stażem podoktorskim). Dr inż. Łukasz Kuterasiński spędził łącznie 9 miesięcy za granicą, w tym 8 miesięcy przed obroną doktoratu. Efektami staży są wspólne publikacje naukowe, a co ważniejsze, bezcenne doświadczenie naukowe.

Słabym punktem aktywności naukowej Kandydata jest brak współpracy z otoczeniem społecznym i gospodarczym oraz ograniczona działalność organizacyjna. Pojawia się jedynie wzmianka, o członkostwie dr. inż. Łukasza Kuterasińskiego w Polskim Towarzystwie Zeolitowym.

Za efekty swojej działalności naukowej Kandydat był wielokrotnie nagradzany – uzyskał m.in. Złoty medal za wynalazek zatytułowany „*Cu – zeolite based catalyst prepared by sonochemical method for selective catalytic reduction of NO_x*” podczas Międzynarodowej Wystawy Wynalazków „*Seoul International Invention Fair 2018*”; jest laureatem Nagrody Rektora AGH za monografię pt. „*Research on morphology and topology of ANFO based on various types of oxygen components*”,

a od 2018 roku regularnie otrzymuje coroczną Nagrodę Dyrektora IKiFP PAN za wyróżniającą się aktywność naukową.

W przedłożonej do oceny dokumentacji zabrakło danych naukometrycznych w zestawieniu pozostałych publikacji naukowych, co w zdecydowany sposób ułatwiłoby ich analizę. Wartością dodaną byłoby także sumaryczne (liczbowe/tabelaryczne) podsumowanie dorobku naukowego przed i po uzyskaniu stopnia naukowego doktora.

3. Ocena osiągnięcia naukowego

Osiągnięcie naukowe zaprezentowane przez Kandydata stanowi spójny tematycznie cykl 7 publikacji naukowych nt. „**Multifunkcjonalne układy $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ otrzymane z zastosowaniem sonochemii – synteza i charakterystyka fizykochemiczna**”, co jest zgodne z zapisami art. 219 ust. 1 punkt 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Wszystkie prace są wieloautorskie. W pięciu z tych prac dr inż. Łukasz Kuterasiński jest pierwszym autorem i autorem korespondencyjnym, a co ważniejsze jest twórcą planu i koncepcji badań, a także wykonał znaczną część prac eksperymentalnych, czego potwierdzeniem są zamieszczone w dokumentacji oświadczenia współautorów. W dwóch pozostałych pracach Kandydat jest jednym ze współautorów, odpowiedzialnym za opracowanie założeń preparatyki i oceny fizykochemicznej materiałów, których te prace dotyczą, a także brał udział w interpretacji wyników badań ukierunkowanych na ocenę wpływu zaproponowanej metody syntezy materiału na wykazywane właściwości fizykochemiczne i użytkowe. Biorąc pod uwagę liczbę współautorów należy podkreślić, że udział Kandydata w powstanie tych prac nie jest wiodący jednakże zadeklarowany zakres działań jest ściśle związany z tematyką przedłożonego do oceny osiągnięcia naukowego i w takiej formie poddany został ocenie. Prace opublikowano w takich czasopismach jak *Journal of Molecular Structure*, *Ultrasonics Sonochemistry*, *Materials Research Bulletin*, *Catalysis Letters*, *Catalysts*, *Materials*. Sumaryczny IF tych prac wynosi 37,0 (średnio 5,3 na pracę), łączna liczba $P_{\text{MNI SW}}$ wynosi 760 (średnio 108,6 na pracę), a o ich znaczeniu świadczy dodatkowo liczba cytowań wynosząca 37, co biorąc pod uwagę okres publikacji (lata 2019-2022), należy uznać za wynik bardzo dobry. Analizując sumaryczny dorobek publikacyjny Kandydata zastanawiającym jest fakt, że najpóźniej opublikowane prace wchodzące w skład monotematycznego cyklu datowane są na 2022 rok – czy od tego czasu prace eksperymentalne w tym nurcie nie były kontynuowane? Skąd ta „luka”?

Jako jedno z osiągnięć Kandydat prezentuje także działanie naukowe Miniatura (oznaczone jako [M]), które zaklasyfikował jako oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne. Niemniej jednak, kierowanie projektem badawczym nie wpisuje się w tę kategorię i nie może być uznane jako zgodne z wymogami art. 219 ust. 1 punkt 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.).

Tematyka badawcza zaprezentowana przez dr. inż. Łukasza Kuterasińskiego w spójnym tematycznie cyklu publikacji jest wielowątkowa i skoncentrowana została na sonochemicznej syntezie nowej grupy funkcjonalnych materiałów wspartych na nośnikach $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$, o zróżnicowanej reaktywności i specyficznych właściwościach fizykochemicznych, oraz ich wykorzystaniu w reakcjach szeroko rozumianej katalizy przemysłowej i środowiskowej czy jako składników materiałów wybuchowych. Motywacją do podjęcia badań było znalezienie korelacji pomiędzy wykorzystaniem sonochemii, postacią chemiczną i właściwościami projektowanych materiałów, a ich aktywnością katalityczną w wybranych procesach chemicznych.

W mojej opinii nurt badań podjęty przez Kandydata jest istotny i uzasadniony z naukowego, a co ważniejsze, z praktycznego punktu widzenia. Wykorzystanie metod sonochemicznych niesie ze sobą wiele korzyści m.in. niższe koszty syntezy i obciążenie dla środowiska naturalnego, przy jednoczesnym zróżnicowaniu możliwych ścieżek reakcji. Zaprezentowane zagadnienia są wielokierunkowe – obejmują badania podstawowe dotyczące rozważań nad syntezą nowej grupy materiałów/katalizatorów, których dopełnieniem jest wnikliwa charakterystyka fizykochemiczna pozwalająca zdefiniować i wyjaśnić wpływ ultradźwięków na poszczególne komponenty oraz na wykazywaną przez nie aktywność katalityczną. Za kluczowe należy jednak uznać testy weryfikacyjne zaprojektowanych układów w wybranych reakcjach katalitycznych, realizowane w układzie heterogenicznym, zarówno w fazie ciekłej jak i gazowej. Definiując szczegółowe cele naukowe prowadzonych badań Kandydat wskazał niezagospodarowane obszary badawcze, które były inspiracją do podjęcia prac w tym nurcie. Zabrakło jednak postawionej hipotezy badawczej, na którą odpowiedzią powinny być przeprowadzone eksperymenty oraz ich rezultaty.

Badania zainicjowane zostały rozważaniami nad sonochemiczną syntezą katalizatorów $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ z naniesioną metaliczną fazą aktywną (Co, Pd, Ce), na potrzeby reakcji utleniania cykloheksenu. Założeniem było, że ultradźwięki mają kontakt jedynie z prekursorami fazy metalicznej. Wyniki tego etapu prac badawczych zaprezentowano w pracy **H1**. Analizując wpływ ultradźwięków na postać chemiczną fazy metalicznej Kandydat dowiódł jej lepszej dystrybucji na nośniku, a także zmiany parametrów struktury porowatej i wielkości krystalitów w odniesieniu do próbek syntezowanych bez udziału sonochemii. Ponadto, wykazano znikomy wpływ domieszki Pd i Ce na właściwości fizykochemiczne syntezowanych układów. Jedną z istotniejszych obserwacji było stwierdzenie częściowej transformacji związków kobaltu z Co_3O_4 do CoAl_2O_4 pod wpływem ultradźwięków, a co za tym idzie zmian w wykazywanej przez materiały aktywności katalitycznej i selektywności w reakcji utleniania cykloheksenu do 2-cykloheksenolu, 2-cykloheksenonu oraz trans-1,2-cykloheksanediolu, niezależnie od rodzaju i zawartości współlistniejącej fazy metalicznej.

W kolejnym etapie prac eksperymentalnych, dr inż. Łukasz Kuterasiński, podjął się syntezy hierarchicznych preparatów zeolitowych zbudowanych z fojazytu i ZSM-5. Założeniem było wykorzystanie unikalnej struktury zeolitów i stworzenie układów zawierających mikro- i mezopory, i skoncentrowanie uwagi na innowacyjnym wykorzystaniu metody sonochemicznej jako elementu wspomagającego desilikację. Wyniki prac eksperymentalnych Kandydat zaprezentował w publikacjach **H2** i **H3**. W toku przeprowadzonych badań udokumentowano istotny wpływ rodzaju i stabilności struktury zeolitu (FAU31 i ZSM-5) oraz ultradźwięków na skuteczność desilikacji mierzoną ilością wypłukiwanego krzemu i glinu, a także ich postać chemiczną i wykazywaną aktywność katalityczną. W przypadku fojazytu, Kandydat potwierdził, że zastosowanie sonochemii wpłynęło na właściwości fizykochemiczne hierarchicznych struktur zeolitowych, a co ważniejsze katalizowało tworzenie supermocnych centrów kwasowych, tak samo jak prowadzenie desilikacji w podwyższonej temperaturze. Zmianie ulegały także parametry struktury porowatej, przy czym większy udział objętościowy mezoporów w stosunku do mikroporów odnotowano w przypadku desilikacji wspomaganej ultradźwiękami, co bezpośrednio korelowało ze wzrostem aktywności katalitycznej w reakcji konwersji furfuralu do furanu. Kluczową obserwacją było stwierdzenie wzrostu częstotliwości przekształceń substratu na centrum aktywnym katalizatora będące następstwem zwiększonej dyfuzji reagentów wewnątrz szerszych kanałów, co potwierdza słuszność założeń tego etapu prac badawczych. Proces desilikacji innej struktury zeolitu (ZSM-5) przyniósł również ciekawe zależności. Stwierdzono m.in. zdecydowanie mniejszą ilość usuwanego krzemu na korzyść glinu i związane z tym drastyczne zmniejszenie ilości centrów kwasowych oraz obniżoną

skuteczność generowania mezoporów. Całość uzyskanych zależności i różnic Kandydat tłumaczy mniejszą stabilnością strukturalną FAU31, jak i różnicami w wielkościach kanałów, porów i komór w obu zeolitach, czego efektem jest kanałowy charakter hierarchizacji fojazytu oraz punktowy zeolitu ZSM-5. Jest to kluczowe spostrzeżenie, które w istotny sposób poszerza wiedzę na temat natury oddziaływań ultradźwięków w procesie hierarchizacji zeolitów, ich wpływu na wykazywane przez desilikowane materiały właściwości fizykochemiczne i aktywność katalityczną.

Kontynuacją tego nurtu prac były badania nad optymalizacją sonochemicznej hierarchizacji fojazytu. Rezultaty tych badań zostały zaprezentowane w pracy **H4**. Kandydat dowiódł, że zbyt długi czas desilikacji powoduje proces odwrotny czyli ponowne wbudowywanie się krzemu w strukturę zeolitu. Zastosowanie obróbki sonochemicznej skutkowało uzyskaniem większego rozdrobnienia krystalitów zeolitu, skuteczniejszej destrukcji mikroporów i tworzeniem mezoporów, a także destrukcji centrów kwasowych typu Brønsteda i powstawaniem centrów kwasowych Lewisa. Dowiedziono także, że manipulując składem czynnika desilikującego można wpływać na stopień usuwania krzemu i glinu, sterować rozdrobnieniem krystalitów, ilością centrów kwasowych oraz mezoporów. Uzyskane w ten sposób materiały zostały zweryfikowane w katalitycznej reakcji odwadniania etanolu, gdzie wykazały się znaczną aktywnością i selektywnością.

Biorąc pod uwagę zebrane dane eksperymentalne, dr inż. Łukasz Kuterasiński podjął się ambitnego wyzwania w zakresie opracowania protokołu syntezy mezoporowatego zeolitu o strukturze fojazytu, wykorzystując zalety sonochemii, jako alternatywy do omawianego wcześniej procesu desilikacji. Kandydat udowodnił, że wzrost czasu ekspozycji żeli zeolitowych na fale ultradźwiękowe sprzyja powstawaniu układów o coraz drobniejszych rozmiarach krystalitów i mniejszej ilości centrów kwasowych Brønsteda i Lewisa. Wartym odnotowania jest również fakt, że działanie ultradźwięków na prekursor zeolitowy prowadzi do powstania zeolitu zubożonego głównie w krzem oraz w nieco mniejszym stopniu w glin, w porównaniu do układu preparowanego bez obróbki sonochemicznej, analogicznie jak w przypadku zeolitu ZSM-5. Opisane prace eksperymentalne Kandydat zrealizował w ramach działania Miniatura, którego był kierownikiem, a które umieścił jako jedno z osiągnięć naukowych. Zastanawiające jest jednak dlaczego rezultaty tych badań nie są przedmiotem artykułu naukowego zaprezentowanego jako jeden z elementów spójnego tematycznie cyklu publikacji naukowych?

Zainicjowane prace badawcze sprawiły, że w kolejnym etapie Kandydat zdecydował się na syntezę układów metal/zeolit, gdzie obie fazy były w bezpośrednim kontakcie z ultradźwiękami. Wyniki tych prac zostały zaprezentowane w publikacjach **H5-H7**. W pierwszej kolejności podjęta została próba syntezy zeolitu BEA (praca **H5**), na który nanoszono fazę metaliczną (Cu, Co, Fe). Oba komponenty tj. roztwór prekursora fazy metalicznej razem z nośnikiem (zeolitem BEA) traktowane były ultradźwiękami. Otrzymane materiały zweryfikowano jako katalizatory w reakcji odwodnienia kwasu mlekowego do kwasu akrylowego. Dowiedziono, że synteza materiałów z zastosowaniem sonochemii przyniosła lepsze efekty w stosunku do materiałów otrzymywanych na drodze wymiany jonowej, co bezpośrednio związane jest z większym wpływem ultradźwięków na fazę aktywną niż na sam nośnik zeolitowy. Znalazło to odzwierciedlenie w mniejszym rozmiarze krystalitów oraz porów z jednocześnie większą powierzchnią właściwą, czego efektem była lepsza dystrybucja materiału aktywnego na nośniku. Co ciekawe, obróbka sonochemiczna wpłynęła również na postać chemiczną fazy aktywnej i generowanie większej ilości ugrupowań oligomerycznych typu Cu-O-Cu oraz Co-O-Co, które w zdecydowany sposób determinowały mechanizm reakcji katalitycznej.

Z kolei w ramach badań opisanych w pracy **H6** Kandydat opracował katalizatory dedykowane do selektywnej katalitycznej redukcji tlenków azotu. Preparatykę materiałów prowadzono analogicznie do tej opisanej w pracy **H5**, z tą różnicą, że wybrano inną typ zeolitów o strukturze fojazytu (ZSM-5, Y, USY). W toku prac eksperymentalnych dowiedziono równomiernej dystrybucji fazy miedziowej na nośnikach zeolitowych. Odnotowano pogorszenie krystaliczności końcowych form preparatów typu Cu/Y i zmniejszenie wielkości krystalitów, co Kandydat tłumaczy kwaśnym odczynem roztworu prekursora fazy metalicznej oraz niskim modulem krzemowym – zbyt duża ilość glinu może skutkować większym stopniem dealuminacji i załamaniem struktury krystalicznej, a także większym wpływem ultradźwięków na ten typ materiału. Tego typu zmian nie odnotowano w przypadku ultrastabilizowanej formy zeolitu (USY). Kandydat udowodnił również, że zastosowanie sonochemii w syntezie wspomnianych układów w niewielkim stopniu wpłynęło na parametry struktury porowatej katalizatorów ale determinowało postać chemiczną metalicznej fazy aktywnej – prowadziło do tworzenia się dimerycznych ugrupowań Me-O-Me, które są odpowiedzialne za wyższą aktywność i selektywność do azotu cząsteczkowego w katalitycznej redukcji NO_x wspomaganą amoniakiem oraz wzrost konwersji NO.

Niezwykle interesujący kierunek badań zaprezentowany został w pracy **H7**. Dotyczy on możliwości wykorzystania zeolitów typu Y, o strukturze fojazytu, w charakterze dodatków pełniących funkcję nośnika modyfikatorów nieorganicznych, jako komponentów materiałów wybuchowych opartych o ANFO (z ang. *Ammonium Nitrate Fuel Oil*). Biorąc pod uwagę zainteresowania naukowe Kandydata kluczowym było określenie wpływu sonikacji, jako metody wprowadzania magnezu do zeolitu, na właściwości detonacyjne materiałów wybuchowych opartych na ANFO z dodatkami zeolitowymi. W toku badań dowiedziono istotnego wpływu metody modyfikacji zeolitów magnezem na wykazywane przez nie właściwości fizykochemiczne, w tym na postać chemiczną magnezu, która przełożyła się na oddziaływanie zeolitu z komponentami ANFO. Wykazano, że zastosowanie ultradźwięków prowadziło do otrzymania układów Mg-Y, gdzie magnez obecny był po części w postaci wymiennej (Mg²⁺) oraz w formie MgO, które to formy nie miały wpływu na eksperymentalne właściwości detonacyjne i termiczne otrzymanych preparatów wybuchowych. Oceniając właściwości termiczne przygotowanych materiałów Kandydat wskazał, że modyfikacja ANFO zeolitami doprowadziła do obniżenia ilości energii potrzebnej do rozkładu azotanu(V) amonu. Z kolei badając skład chemiczny gazów postrzałowych, prędkość detonacji oraz gęstość otrzymanych preparatów dowiedziono, że czynnikiem determinującym te parametry jest rodzaj modyfikatora, a co ważniejsze sposób wprowadzenia magnezu do jego struktury. Kandydat udowodnił ponadto, że zastosowanie modyfikatorów zeolitowych ANFO prowadziło do wzrostu ciśnienia, temperatury oraz ciepła wydzielonego na skutek detonacji materiałów wybuchowych, a największe wartości tych parametrów odnotowano stosując dodatki zeolitowe preparowane sonochemicznie. Ciekawe zależności i rezultaty prac eksperymentalnych opisane w pracy **H7** mają użytkowe znaczenie i mogą być platformą do dalszych prac nad modyfikatorami materiałów wybuchowych, zwłaszcza tymi otrzymywanymi z użyciem metody sonochemicznej.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych dr. inż. Łukasza Kuterasińskiego należy zaliczyć:

- wykazanie zalet i możliwości metody sonochemicznej w syntezie szerokiej gamy materiałów zeolitowych o unikalnych właściwościach fizykochemicznych i użytkowych, w tym o uwypuklonej aktywności katalitycznej;
- wyjaśnienie roli i wpływu ultradźwięków na parametry strukturalne zeolitów i postać chemiczną metalicznej fazy aktywnej, determinujące selektywność i mechanizm działania syntezowanych materiałów w układach katalitycznych;

- wykazanie roli sonochemii w hierarchizacji wybranych materiałów zeolitowych realizowanej w środowisku alkalicznym oraz jej katalizującego wpływu na tworzenie supermocnych centrów kwasowych, co bezpośrednio korelowało ze wzrostem aktywności katalitycznej materiałów;
- udokumentowanie wpływu rodzaju i stabilności struktury zeolitów oraz ultradźwięków na przebieg ich hierarchizacji;
- zaproponowanie protokołu syntezy sonochemicznej hierarchicznego zeolitu o strukturze fojazytu z zastosowaniem sonochemii jako alternatywy dla tworzenia tego typu układów z zastosowaniem alkaliów;
- zaproponowanie protokołu syntezy sonochemicznej układów łączonych metaliczna faza aktywna-nośnik zeolitowy, jako katalizatorów dedykowanych do selektywnej redukcji NO_x czy reakcji odwadniania kwasu mlekowego do kwasu akrylowego;
- przeprowadzenie testów weryfikacyjnych oraz udokumentowanie aktywności i selektywności wytworzonych materiałów w wybranych reakcjach katalitycznych (produkcja furanu z furfuralu, odwadnianie etanolu lub kwasu mlekowego, utlenianie cykloheksenu);
- opracowanie koncepcji zastosowania dodatków zeolitowych jako nośników modyfikatorów nieorganicznych, stanowiących komponenty materiałów wybuchowych.

Reasumując, po zapoznaniu się z przedłożonym do oceny osiągnięciem jednoznacznie stwierdzam, że cykl powiązanych tematycznie 7 artykułów naukowych nt. **„Multifunkcjonalne układy SiO₂-Al₂O₃ otrzymane z zastosowaniem sonochemii – synteza i charakterystyka fizykochemiczna”** w istotny sposób poszerza wiedzę z zakresu wykorzystania metody sonochemicznej do syntezy nowej grupy funkcjonalnych materiałów wspartych na nośnikach zeolitowych, o zróżnicowanej reaktywności i specyficznych właściwościach fizykochemicznych. Osiągnięcia, o których mowa wnoszą istotny element nowości naukowej oraz stanowią wartościowy wkład w rozwój reprezentowanej przez Kandydata dyscypliny naukowej. Co więcej, zaproponowane przez dr. inż. Łukasza Kuterasińskiego rozwiązania mają interdyscyplinarny charakter i znaczący potencjał aplikacyjny – łączą zagadnienia nauki o materiałach, chemii powierzchni, sonochemii czy zjawisk katalitycznych, a o ich znaczeniu świadczy renoma czasopism, w których Kandydat opublikował swoje osiągnięcia.

Obok wartości naukowej, wartym podkreślenia jest także aspekt praktycznego zastosowania projektowanych układów, co stanowi istotny element rozważań w przedłożonej do oceny dokumentacji. To wszystko, poparte zdefiniowaniem wpływu ultradźwięków na przebieg syntezy i wykazywane przez materiały właściwości strukturalne oraz aktywność katalityczną, w zdecydowany sposób może przełożyć się na zwiększone spektrum metod projektowania tego typu układów, a także możliwości ich praktycznego wykorzystania. Tym samym zaprezentowane osiągnięcia naukowe mogą być platformą do dalszych prac nad zrozumieniem natury oddziaływań pomiędzy komponentami układów syntezowanych przy udziale ultradźwięków, ich aktywnością i selektywnością w wybranych układach reakcyjnych.

4. Ocena istotnej aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej

W trakcie swojej kariery naukowej dr inż. Łukasz Kuterasiński wykazał się znaczną mobilnością, która udokumentowana jest zrealizowanymi 7 stażami naukowymi – 3 w jednostkach krajowych, w tym 2 krótkoterminowych (Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych w Gliwicach; Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Wydział Chemiczny, Zakład Katalizy Heterogenicznej) i jednym 2-letnim stażem podoktorskim (Politechnika Krakowska im. Tadeusza

Kościuszki, Wydział Inżynierii i Technologii Chemicznej) oraz 4 w jednostkach zagranicznych, w tym 2 krótkoterminowych (Uniwersytet w Oslo, Wydział Chemiczny, Centrum Inżynierii Materiałowej i Nanotechnologii; Instytut Chemii Fizycznej im. Jaroslava Heyrovskiego Czeskiej Akademii Nauk w Pradze) i 2 długoterminowych (5 miesięcy w Laboratorium Badania Reakcyjności Powierzchni, Uniwersytet im. Piotra i Marii Curie w Paryżu; 3 miesiące w Uniwersytecie w Oslo, Wydział Chemiczny, Laboratorium Innowacyjnego Przetwarzania Gazu Ziemnego). Kandydat spędził łącznie 9 miesięcy za granicą, w tym 8 miesięcy przed obroną doktoratu. Efektami staży są wspólne publikacje naukowe, a co ważniejsze, bezcenne doświadczenie. Prace zrealizowane w ramach tych pobytów są komplementarne z działalnością naukową Kandydata i w istotny sposób wpływają na jego rozwój. W mojej ocenie za istotną aktywność naukową realizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej, uznać należy z pewnością 3 pobyty długoterminowe.

Podczas 5-miesięcznego stażu dyplomowego (realizowanego w trakcie studiów) w Laboratorium Badania Reakcyjności Powierzchni Uniwersytetu im. Piotra i Marii Curie w Paryżu, pod opieką Profesora Patricka Da Costy (współpromotora pracy dyplomowej), Kandydat realizował badania w zakresie właściwości strukturalnych i morfologicznych warstwowych glinokrzemianów podpieranych glinem lub/i modyfikowanych kationami miedzi i srebra, jako potencjalnych układów katalitycznych do utleniania etanolu czy jednoczesnego usuwania lotnych związków organicznych (VOC) oraz tlenków azotu (NO_x). Wymiernym efektem tej działalności są m.in. artykuły naukowe opublikowane w *Catalysis Today* oraz *Comptes Rendus Chimie*.

Z kolei 3-miesięczny staż doktorski w Laboratorium Innowacyjnego Przetwarzania Gazu Ziemnego, na Wydziale Chemicznym Uniwersytetu w Oslo, przyczynił się do poszerzenia wiedzy Kandydata w zakresie właściwości katalitycznych zeolitów o strukturze MFI, izomorficznie podstawionych borem, weryfikowanych w reakcji izomeryzacji wiązania $\text{C}=\text{C}$ w liniowych butenach. W ramach pobytu dr inż. Łukasz Kuterasiński wygłosił wykład dla pracowników i doktorantów Wydziału Chemii Uniwersytetu w Oslo, związany z tematyką rozprawy doktorskiej.

Najistotniejszy jest jednak 2-letni staż podoktorski Kandydata na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej, realizowany w charakterze wykonawcy w projekcie LIDER. W trakcie tego stażu dr inż. Łukasz Kuterasiński realizował prace w zakresie opracowania warunków syntezy układów tlenkowych (głównie z zastosowaniem sonochemii), ich charakterystyką fizykochemiczną obejmującą badania krystaliczności, struktury, porowatości, kwasowości oraz postaci chemicznych metalicznych faz aktywnych obecnych w syntetyzowanych katalizatorach – badania ściśle związane z tematyką przedłożonego do oceny osiągnięcia naukowego. Wymiernym efektem tej działalności jest jeden patent, dziesięć artykułów naukowych opublikowanych w takich czasopismach jak *Catalysts*, *Nanomaterials*, *Applied Surface Science*, *Science: Technology and Innovation*, *Catalysis Letters* [H5], *Spectrochimica Acta*, *Catalysts* [H6], *Journal of Molecular Structure* [H1] oraz *Chemical Engineering Journal* oraz liczne wystąpienia na konferencjach krajowych i zagranicznych.

Obok mobilności, na uwagę zasługuje również współpraca naukowa Kandydata w zakresie materiałów wybuchowych opartych na ANFO z zagranicznymi oraz krajowymi ośrodkami, w tym m.in. z naukowcami z AGH w Krakowie, z Jednostki Oceny Zgodności w Mikołowie oraz z Uniwersytetu Banja Luka w Bośni i Hercegowinie czy współpraca w zakresie hydrożeli polimerowych z naukowcami z Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie. Z kolei zainicjowany nowy nurt badań nad związkami metaloorganicznymi do zastosowań medycznych zaowocował współpracą z naukowcami z Politechniki Krakowskiej, Uniwersytetu Medycznego w Lublinie, Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk w Krakowie, Małopolskiego

Centrum Biotechnologii w Krakowie, Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, AGH w Krakowie, Instytutu Inżynierii Chemicznej Polskiej Akademii Nauk w Gliwicach oraz TM LABS Sp. z o.o. w Krakowie.

Reasumując stwierdzam, że aktywność naukowa dr. inż. Łukasza Kuterasińskiego realizowana w więcej niż jednej uczelni czy instytucji naukowej, w szczególności zagranicznej, spełnia wymogi stawiane Kandydatom do stopnia doktora habilitowanego. Wartym podkreślenia jest również fakt, że doświadczenie naukowe zdobyte za granicą jest bezcenne i potwierdza ambicje Kandydata oraz chęć ciągłego rozwoju naukowego.

5. Ocena pozostałych osiągnięć naukowych, dydaktycznych, organizacyjnych i popularyzujących naukę

Pozostała aktywność naukowa Kandydata związana jest z głównym nurtem Jego zainteresowań tj. syntezą funkcjonalnych materiałów dla szeroko rozumianej katalizy heterogenicznej. Obejmuje ona projektowanie i ocenę aktywności katalizatorów bazujących na warstwowych glinokrzemianach do utleniania lotnych związków organicznych, określanie właściwości kwasowych boralitów jako katalizatorów reakcji niewymagających silnych centrów, analizę wpływu natury centrów kwasowych typu Brønsteda i Lewisa oraz redoksowych w postaci różnych form miedzi na ich aktywność katalityczną w reakcjach dekarbonylacji oraz uwodornienia furfuralu jak również odwadniania i utleniania etanolu. Efektem tej działalności naukowej są cztery publikacje w czasopiśmie *Molecules*.

Jednym z dodatkowych obszarów badań były prace nad materiałami wybuchowymi opartymi na ANFO, obejmujące syntezę i charakterystykę fizykochemiczną, ocenę właściwości termicznych i testy detonacyjne modyfikowanych materiałów wybuchowych. Wymiernym efektem tej działalności są artykuły naukowe opublikowane w takich czasopismach jak *Przemysł Chemiczny*, *Microchemical Journal*, *Energies* oraz *Materials*.

Z kolei zupełnie nowym kierunkiem badań są zagadnienia związane z hydrożelami na bazie wysokometylowanych polimerów pektynowych i akrylowych jak również hydrożeli opartych na karboksymetylowanej skrobi i kwasie poliakrylowym (efektem są dwa artykuły naukowe w czasopiśmie *Polymers*) czy prace nad zastosowaniem związków metaloorganicznych (MOFów) jako nośników leków lub absorberów toksyn (efektem są trzy artykuły naukowe opublikowane w *ACS Applied Materials and Interfaces* oraz *Microporous and Mesoporous Materials*).

W zakresie działalności dydaktycznej dr inż. Łukasz Kuterasiński prowadził ćwiczenia laboratoryjne ze studentami z podstaw fizyki ogólnej oraz z chemii organicznej. W trakcie stażu podoktorskiego na Wydziale Inżynierii i Technologii Chemicznej Politechniki Krakowskiej sprawował opiekę nad pięcioma studentkami realizującymi prace dyplomowe (3 prace inżynierskie i 2 magisterskie), a od 2017 roku do 2022 roku, opiekę nad 8 stażystkami w ramach Projektu Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Małopolskiego na lata 2014-2020 "Kształcenie zawodowe uczniów – ZIT", współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej; w ramach praktyki studenckiej czy w ramach Projektu „Czas na staż” finansowanego z Europejskiego Funduszu Społecznego.

W ramach działalności popularyzującej naukę Kandydat wygłosił 4 wykłady popularno-naukowe (3 w jednostkach zagranicznych oraz 1 w jednostce krajowej) oraz brał czynny udział w Dniach Otwartych IKiFP PAN oraz w Krakowskich Festiwalach Nauki w latach 2011-2018.

W przedłożonej do oceny dokumentacji nie zamieszczono informacji na temat działalności organizacyjnej dr. inż. Łukasza Kuterasińskiego.

Całokształt działalności organizacyjno-dydaktycznej oraz popularyzującej naukę Kandydata oceniam jako dobry.

6. Wniosek końcowy

Na podstawie oceny całokształtu dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego, ze szczególnym uwzględnieniem cyklu powiązanych tematycznie 7 artykułów naukowych nt. „*Multifunkcjonalne układy $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ otrzymane z zastosowaniem sonochemii – synteza i charakterystyka fizykochemiczna*” oraz aktywności naukowej realizowanej w więcej niż jednej instytucji stwierdzam, że Pan dr inż. Łukasz Kuterasiński spełnia wszelkie wymogi formalne i ustawowe stawiane Kandydatom do stopnia doktora habilitowanego, zawarte w art. 219 ust. 1 punkt 2 ustawy „Prawo o szkolnictwie wyższym” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 z późn. zm.). Wniosuję zatem do Komisji habilitacyjnej oraz Rady Naukowej Instytutu Katalizy i Fizykochemii Powierzchni im. Jerzego Habera Polskiej Akademii Nauk w Krakowie o przeprowadzenie dalszych etapów postępowania habilitacyjnego.



Signed by /
Podpisano przez:

Filip Krzysztof
Ciesielczyk

Date / Data:
2024-05-10
08:21