UNIWERSYTET IM. ADAMA MICKIEWICZA W POZNANIU
Zakład Katalizy Heterogenicznej, Wydział Chemii
dr hab. Maciej Trejda, prof. UAM

Poznań, 28.02.2020

Recenzja pracy doktorskiej

„Sferyczny tlenek cyrkonu jako baza do otrzymywania materiałów aktywnych katalitycznie w dopalaniu lotnych związków organicznych"

przedstawionej przez **Pana mgr Tomasza Kondratowicza**

wykonanej pod kierunkiem **prof. dr hab. Piotra Kuśtrowskiego**

Ekstensywna działalność człowieka względem środowiska, między innymi pozyskiwanie i przeróbka paliw kopalnych, jak również zachodzące w nim w sposób naturalny procesy prowadzą do emisji dużych ilości lotnych związków organicznych (LZO) do atmosfery. Nie podlega dyskusji negatywny wpływ tychże związków zarówno na zmiany zachodzące w ekosystemach jak i na komfort życia człowieka. Spośród różnych metod usuwania LZO istotną rolę pełni całkowite utlenianie ich do ditlenku węgla. Procesy te prowadzone z zastosowaniem katalizatora, tj. katalityczne dopalanie, pozwalają z jednej strony na obniżenie temperatury reakcji, co implikuje korzyści ekonomiczne, jak i pozwalają na kontrolę selektywności procesu, co zapobiega powstawaniu niepożądanych produktów ubocznych, jakie mogą tworzyć się podczas termicznego dopalania LZO. Dobry katalizator dla procesu dopalania LZO powinien charakteryzować się niską temperaturą pracy, bardzo wysoką selektywnością do ditlenku węgla, a także stabilnością katalityczną w różnych warunkach w jakich proces może zachodzić, np. w obecności pary wodnej. Przedłożona praca doktorska doskonale wpisuje się w światowy nurt badawczy związany z opracowaniem efektywnego stałego kontaktu dla wyżej wspomnianego procesu stawiając sobie za cel nie tylko dobór i optymalizację ilości odpowiedniej fazy aktywnej, lecz także poszukiwanie atrakcyjnego dla niej podłoża typu rdzeń-powłoka. Przedstawione wyniki badań wpisują się również mocno w tematykę badawczą intensywnie rozwijaną w grupie badawczej pana profesora Piotra Kuśtrowskiego.

Praca doktorska Pana Tomasza Kondratowicza składa się z 5 głównych rozdziałów zawartych na 198 stronach. Układ pracy jest klasyczny dla prac doktorskich. Po streszczeniu w języku polskim i angielskim pracę rozpoczyna wstęp literaturowy (rozdział 1, 53 strony) stanowiący trafnie wyselekcjonowane informacje dotyczące aktualnego stanu wiedzy w podjętej tematyce badawczej. Jest to zarazem bogate studium literatury światowej w temacie wiodącym, które uwzględnia co ważne także najnowsze doniesienia literaturowe. W krótkim rozdziale drugim przedstawiony jest cel pracy, po czym rozpoczyna się rozdział trzeci zawierający opisy części eksperymentalnej (15 stron). Rozdział czwarty, najbardziej obszerny (97 stron) przedstawia wyniki przeprowadzonych badań oraz dogłębną ich dyskusję. Rozdział piąty zawiera wnioski końcowe. Po nim przedstawiona jest bibliografia obejmująca 361 pozycji oraz przedstawiony jest także całkowity dorobek naukowy Pana Tomasza Kondratowicza.

Cel pracy

Cel pracy zdefiniowany jest bardzo szczegółowo, a planowane badania zostały podzielone na cztery etapy. Ścieżki realizacji kolejnych etapów uzależnione były od wyników uzyskanych w poprzednich. Szczegółowe cele badawcze obejmowały optymalizację metody syntezy pustych sfer cyrkonowych @ZrO_2 z układu warstwowego SiO_2@ZrO_2, modyfikację wspomnianych układów metalami przejściowymi (Cu i Co) i wytypowanie najaktywniejszego materiału pod względem nośnika jak i fazy aktywnej w modelowej reakcji dopalania toluenu, otrzymanie katalizatorów platynowych na zoptymalizowanym nośniku oraz zsyntezowanie struktury kompozytowej (mezoporowata replika węglowa - tetragonalny ZrO_2 wzbogacony fazą CuO lub Pt dla procesów adsorpcyjno-katalitycznych).

Część literaturowa

Trafny dobór 325 pozycji literaturowych stanowi kanwę dla opisu najważniejszych tematów podjętych przez Doktoranta, które dotyczą w szczególności LZO, właściwości tlenku cyrkonu(IV) i jego zastosowań katalitycznych oraz materiałów o zaprojektowanym, sferycznym pokroju ziaren.

Część literaturowa rozpoczyna się wprowadzeniem czytelnika w problematykę związaną z LZO, przedstawiając najważniejsze istotne definicje oraz klasyfikacje tych związków. Szczegółowo przedstawione są źródła emisji LZO, antropogenne jak i naturalne. Zaprezentowany w dalszej części wpływ LZO na zdrowie człowieka i środowisko naturalne stanowi swoistą motywację dla podjętej tematyki badawczej, zakładającej opracowanie metody usuwania tych związków. Doktorant prezentuje różne podejścia stosowane do zmniejszenia ilości emisji LZO, tj. metody pierwotne oraz wtórne. Z oczywistych względów uwagę skupia na tych drugich. Pomimo tego, że praca dotyczy katalitycznego dopalania LZO, czyli jednej z metod wtórnych, szeroko opisane są również inne technologie wraz z ich zaletami i wadami, co daje czytelnikowi pełen obraz możliwości usuwania LZO. Procesowi katalitycznego utleniania LZO poświęcony jest osobny obszerny podrozdział (18 stron), w którym Doktorant prezentuje między innymi postulowane mechanizmy procesu utleniania, grupy stosowanych katalizatorów (metale szlachetne, tlenki metali przejściowych) czy stosowane nośniki fazy aktywnej. Osobno przedstawione są także najczęściej badane katalizatory, dla których fazę aktywną stanowią takie metale jak Pt, Pd, Au, Ag, Cu, Co, Mn, Ce. Podkreślić należy, iż Doktorant nie tylko przedstawia doniesienia literaturowe, lecz także wchodzi niejednokrotnie z nimi w polemikę, co świadczy o jego dojrzałości naukowej.

Drugi istotny podrozdział części literaturowej traktuje o tlenku cyrkonu(IV), jego właściwościach i zastosowaniach w procesach katalitycznych. Jest to jak najbardziej celowe zważywszy na fakt, iż miał być on wykorzystany jako bezpośrednie podłoże dla Cu, Co oraz Pt. Doktorant przedstawia odmiany polimorficzne ZrO_2, warunki ich przemiany, a także metody identyfikacji. W dalszej części przedstawione są sposoby stabilizacji wysokotemperaturowych odmian ZrO_2. Gdyby czytelnik zaczął zastanawiać się dlaczego takie odmiany należy stabilizować, Doktorant zaspokaja jego ciekawość przedstawiając w kolejnej części zastosowania tlenku cyrkonu(IV) jako nośnika fazy aktywnej w katalizatorach reakcji całkowitego utleniania LZO. W tej części zebrane są informacje dotyczące zastosowania między innymi katalizatorów Cu/ZrO_2, Pt/ZrO_2 i Co/ZrO_2 w procesie utlenianiu toluenu, prezentując jednocześnie tlenek cyrkonu(IV) jako znakomitą alternatywę dla stosowanego wysokopowierzchniowego γ-Al_2O_3.

W ostatnim podrozdziale wstępu literaturowego Doktorant przedstawia różne strategie syntezy materiałów o sferycznym pokroju ziaren, rozpoczynając od pierwszych syntez takich krzemionek opisanych w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych ubiegłego wieku. W dalszej części zaprezentowano sposoby kontroli morfologii oraz dystrybucji wielkości wytwarzanych struktur, jak i modyfikacje w wyniku których możliwe jest uzyskanie krzemionki o znacznie zwiększonej porowatości. Taka kolejność opisu badań nad sferycznymi krzemionkami w płynny sposób pozwala przejść do sferycznych materiałów o strukturze mezoporowatej i materiałów węglowych. W dalszej części opisywane są strategie syntez wspomnianych materiałów, w tym i uporządkowanych materiałów węglowych, które można wytworzyć na drodze odwzorowania twardych szablonów strukturotwórczych, w tym przypadku uporządkowanych mezoporowatych krzemionek posiadających trójwymiarowy system porów. Przedstawione są liczne struktury replik węglowych, które dotychczas wytworzono. Ta część opracowania, a zarazem całego wstępu literaturowego, kończy się prezentacją materiałów, które Doktorant zamierzał wykorzystywać w swoich badaniach jako podłoże dla fazy aktywnej, tj. struktury typu rdzeń-powłoka oraz puste sfery. Warto podkreślić, iż opis ten nie ogranicza się tylko do struktur będących przedmiotem pracy badawczej. Opisane są również bardziej skomplikowane układy, tzw. nanogrzechotki, których synteza wymaga osadzenia na pierwotnym rdzeniu dwóch warstw i usunięcia w końcowym etapie środkowej (krzemionki).

Podsumowując, część literaturowa jest bardzo interesująca i odpowiada tematyce pracy doktorskiej. Informacje w niej zawarte są także istotne z punktu interpretacji wyników przeprowadzonych badań. Warta podkreślenia jest ponadprzeciętna dbałość o poprawność językową pracy jak i jej stronę edytorską, co sprawia że opracowanie czyta się bardzo dobrze. Z przyjemnością stwierdzam, że do tej części opracowania właściwie uwag nie mam. *Jednym elementem, który mógłby dodatkowo pojawić się w na koniec pierwszego podrozdziału to zestawienie aktywności dla różnych opisanych w pracy katalizatorów dopalania LZO, w formie tabeli lub innej. Zdaję sobie jednak sprawę, że ze względu na różne warunki prowadzenia procesu niekoniecznie byłoby to zadanie proste.*

Metodyka pracy

Metodyka pracy przedstawiona jest w rozdziale trzecim zatytułowanym "Część eksperymentalna". Zawiera ona dokładne opisy stosowanych procedur syntezy, charakterystyki otrzymanych materiałów, testów katalitycznych, adsorpcyjnych i adsorpcyjno-katalitycznych. Czytelnik znajduje także opis metod obliczeniowych stosowanych do oznaczenia poszczególnych wyznaczanych wartości charakteryzujących badany materiał czy też sposoby obliczeń stopnia przereagowania LZO w przeprowadzanych testach katalitycznych. Wszystkie opisy przedstawione są w sposób klarowny i z właściwą szczegółowością, która pozwoliłaby na ewentualne odtworzenie eksperymentu. W tej części (lub dalej w trakcie prezentacji i dyskusji wyników) zabrakło informacji na temat celowości pozostawienia próbki modyfikowanej fazą cyrkonową po jej odwirowaniu i kilkakrotnym przemyciu w wodzie dejonizowanej na okres 3 dni (materiały o akronimie Si@Zr_a). Czy jest to etap konieczny do wytworzenia dobrego pokrycia sferycznego szablonu krzemionkowego? Drugie pytanie dotyczy również materiałów z tej samej serii (Si@Zr_a) oraz próbki referencyjnej (Zr_900_mezo). Pierwsza próbka suszona była w temperaturze 70 °C, a druga w 90 °C. Różnica nie jest duża i pewnie nie miała wpływu na strukturę czy właściwości otrzymanych materiałów. Pytanie związane jest jednak z tym czy ta wprowadzona różnica była celowa.

Część doświadczalna, wyniki i dyskusja

Opracowanie poświęcone wynikom badań i ich dyskusji podzielone jest na trzy główne podrozdziały, a całość zaopatrzona jest wstępem stanowiącym bardzo ciekawy przewodnik po tej części pracy. Zaproponowany układ treści jest bardzo czytelny, a kolejność opisywanych działań jest logiczna.

W pierwszej części badań Doktorant przeprowadził optymalizację syntezy materiału rdzeniowo-powłokowego SiO_2@ZrO_2 oraz wydrążonych sfer cyrkonowych @ZrO_2, które miały stanowić podłoże dla fazy aktywnej. W tym celu przygotowano sferyczną krzemionkę stosując zmodyfikowaną metodę Stöbera, a następnie jej powierzchnię modyfikowano butanolanem cyrkonu. Bardzo ważnym aspektem tych badań było określenie temperatury kalcynacji układu po wprowadzeniu prekursora cyrkonu, która zapewniałaby wytworzenie tetragonalnej formy tlenku cyrkonu(IV). Określono, że forma ta jest tworzona i stabilizowana w temperaturze 850 °C i wyższej. Stabilizację przypisano obecności rdzenia krzemionkowego. Tu pojawia się pytanie czy rozważony został mechanizm lub typ oddziaływania krzemionki z tlenkiem cyrkonu(IV) stabilizujący fazę tetragonalną, tak jak np. wcześniej opisano stabilizację fazy tetragonalnej poprzez wprowadzenie jonu obcego (np. itru) do sieci krystalicznej tlenku cyrkonu(IV). W dalszych badaniach prowadzono próby doboru optymalnych warunków ekstrakcji rdzenia krzemionkowego, zmieniając zarówno stężenie roztworu NaOH jak i temperaturę, w której prowadzono proces ekstrakcji. Optymalne warunki określono w oparciu o wyniki badań XRD, niskotemperaturowej adsorpcji azotu czy zdjęć SEM. Warto podkreślić, iż otrzymano puste sfery tetragonalnego tlenku cyrkonu(IV). Wykazano także, iż całkowite usunięcie krzemionki z układu nie było możliwe. Do tej części pracy mam drobną uwagę odnośnie interpretacji dyfraktogramów materiałów o różnym stopniu usunięcia rdzenia krzemionkowego. Czy wzrost intensywności obserwowanych refleksów nie należałoby skojarzyć także, a może przede wszystkim, ze znacznie większą procentową ilością ZrO_2 w całkowitej objętości próbki w porównaniu do próbki zawierającej również rdzeń krzemionkowy, a nie li tylko ze wzrostem krystaliczności fazy cyrkonowej?

Kolejnym zadaniem, które Doktorant chciał rozwiązać, było zbadanie wpływu obecności rdzenia krzemionkowego na właściwości podłoża katalitycznego, w celu wytypowania lepszego nośnika dla różnych ilości dwóch rozważanych tlenków metali przejściowych (Co lub Cu). W tym celu stosowano kompozyt rdzeniowo powłokowy SiO_2@ZrO_2 kalcynowany w temperaturze 900 °C i puste sfery cyrkonowe po wytrawieniu wcześniej wspomnianego materiału 3 M roztworem NaOH w temperaturze 50 °C. Wykazano, że obecność rdzenia krzemionkowego nie ma dużego wpływu na rodzaj tworzących się form kobaltu. W obu przypadkach obserwowano tworzenie spinelu Co_3O_4. W przypadku wprowadzenia miedzi do badanych próbek stwierdzono, iż usunięcie rdzenia krzemionkowego prowadzi do uzyskania także, obok form tlenku miedzi(II), izolowanych jonów Cu^{2+} oraz wielojądrowych klastrów $(Cu\text{-}O\text{-}Cu)^{2+}$. Przedstawione wnioski mają silną podstawę w wynikach przeprowadzonych badań charakterystyki materiałów. Szkoda, że w pracy nie zawarto również widm UV-Vis po dekonwolucji dla materiałów po wprowadzeniu miedzi, o których mowa podczas identyfikacji tychże form miedzi. Otrzymane katalizatory przebadano w procesie dopalania toluenu wykazując, że kontakty miedziowe są dużo bardziej aktywne od kobaltowych, a ponadto puste sfery cyrkonowe stanowią znacznie lepsze podłoże dla fazy aktywnej, którą stanowią formy miedzi. W związku z powyższym dalsze badania prowadzono stosując miedź jako fazę aktywną oraz puste sfery cyrkonowe różniące się strukturą krystaliczną.

Wszystkie otrzymane materiały z tej serii zostały wnikliwie scharakteryzowane z zastosowaniem licznych technik badawczych. W przypadku badań składu powierzchni materiałów zabrakło w opracowaniu omawianych widm XPS, bądź chociaż zebranych w tabeli wartości energii wiązań. Wykazano, iż krystaliczność podłoża, tj. pustych sfer cyrkonowych, miała znaczący wpływ na redukowalność tworzących się form miedzi, na co wskazały badania temperaturowo programowanej redukcji wodorem. Większą redukowalność miedzi określono w przypadku tetragonalnego tlenku cyrkonu(IV). Otrzymane spostrzeżenia wykorzystano w interpretacji wyników modelowej reakcji dopalania toluenu. W celach porównawczych przeprowadzono także badania z zastosowaniem komercyjnego ZrO_2 modyfikowanego 15 % mas. Cu. Aktywność preparatu była zbliżona do próbki 15.0Cu/@Zr_800, a zarazem mniejsza od materiału 15.0Cu/@Zr_900. W tym miejscu pojawia się pytanie jaka byłaby aktywność katalizatora miedziowego na podłożu ZrO_2 w formie tetragonalnej, nie mającego struktury sferycznej, a stabilizowanej innymi jonami. Takich próbek referencyjnych w pracy jednak nie badano.

W kolejnej części badań wyselekcjonowano najbardziej atrakcyjny katalizator, tj. 10.0Cu/@ZrO_2_900 i wykorzystano go w procesie dopalania toluenu przy różnym stężeniu reagenta oraz stosując różne temperatury reakcji. Wykazano między innymi, że szybkość procesu jest determinowana zjawiskami powierzchniowymi, tj. reakcja przebiega w obszarze kinetycznym. Badania te wzbogacono także o testy stabilności katalitycznej podczas 24 godzinnego testu dopalania toluenu, jak i w warunkach, w których okresowo wprowadzano do układu parę wodną. Te badania są o tyle cenne, że pozwalają określić aktywność katalizatora w warunkach bardziej zbliżonych do tych, w których mógłby znaleźć ewentualne komercyjne zastosowanie. Wprowadzenie pary wodnej do układu powodowało spadek aktywności katalizatorów miedziowych, niemniej jednak powracała ona do wartości początkowych po usunięciu wody z mieszaniny reakcyjnej.

Bardzo interesujące badania przeprowadzono w zakresie modyfikacji zoptymalizowanego nośnika @ZrO_2_900 platyną, stosując dwie metody wprowadzania różnych ilości tej fazy aktywnej, tj. impregnację oraz redukcję prekursora w roztworze glikolu etylenowego. Wykazano dobitnie, iż większe cząstki metalu szlachetnego uzyskuje się w przypadku drugiej z wymienionych metod, przy czym lokalizują się one na zewnętrznej powierzchni sfer cyrkonowych i są bardzo stabilne. Dużo większą dyspersję cząstek platyny, a zarazem ich większą skłonność do utlenienia, uzyskano dla materiałów otrzymanych na drodze impregnacji. Analizując redukowalność form platyny postulowano, iż pojawienie się wysokotemperaturowego piku redukcji, zgodnie z doniesieniami literaturowymi, związane jest bądź z tzw. efektem spillover, bądź z redukcją powierzchniowych grup hydroksylowych. W związku z powyższym pojawia się pytanie czy badane próbki były analizowane pod kątem stężenia grup hydroksylowych przed i po temperaturowo programowanej redukcji wodorem, np. z zastosowaniem spektroskopii IR. Tego typu badania mogłyby pomóc w interpretacji pojawiającego się wysokotemperaturowego piku redukcji obserwowanego na profilach H_2-TPR. W dalszej części pracy przedstawiono i omówiono badania dotyczące aktywności katalizatorów platynowych w procesie dopalania różnych LZO (toluen, n-heksan, aceton). Wykazano znaczny wpływ metody wprowadzenia platyny na uzyskaną aktywność katalityczną. Bardziej aktywnymi układami okazały się te zawierające większe cząstki tego metalu. Wykazano również, że katalizatory patynowe dla których nośnikiem były puste sfery ZrO_2 były także bardziej aktywne od materiałów porównawczych, dla których podłożem dla platyny był mezoporowaty ZrO_2. Niestety dla materiału porównawczego nie podano rozmiarów krystalitów platyny, co jak omówiono wcześniej w pracy

miało istotny wpływ na aktywność katalityczną materiałów. Godnym podkreślenia jest bardzo wysoka stabilność katalizatorów Pt/@ZrO_2 w reakcji prowadzonej z udziałem pary wodnej.

W ostatniej części pracy Doktorant wykorzystując informacje zdobyte w trakcie wcześniejszych badań przygotował bardzo ciekawe układy, tj. kompozyty węglowo-nieorganiczne. Synteza tychże materiałów nie była trywialna, wymagała wielu etapów, tj. otrzymania sferycznego materiału MCM-48, a następnie jego sferycznej repliki węglowej, tj. materiału CMK-1, na której powierzchnię w kolejnych etapach wprowadzano fazę cyrkonową oraz fazę aktywną, tj. Pt lub Cu. Badania charakterystyki materiałów kompozytowych jak i pośrednich wskazują, iż założona strategia syntezy została zrealizowana z pełnym sukcesem. W tym miejscu mam tylko drobną uwagę odnoście metodyki pomiaru średnicy porów dla materiałów mezoporowatych. W przypadku średnicy porów poniżej 10 nm do obliczeń powinna zostać wykorzystana metoda DFT, a nie BJH. Ta druga w przypadku mniejszych porów obarczona jest większym błędem.

Zamierzone efekty dotyczące kompozytowych materiałów węglowo-nieorganicznych zostały również pozytywnie zweryfikowane w testach sorpcyjnych (toluen) i adsorpcyjno-katalitycznych. Wykazano, iż materiały kompozytowe, w tym i próbki modyfikowane metalami (a zwłaszcza Pt), wykazują duże zdolności sorpcyjne, które niewiele odbiegają od tych jakie wykazuje czysta replika węglowa. Ze względu na podatność rdzenia węglowego na spalenie w warunkach reakcji katalitycznej prowadzonej w wyższych temperaturach przeprowadzono testy stabilności wspomnianych materiałów stosując metodę termograwimetryczną. W zoptymalizowanych warunkach (155 °C) uzyskano 39% konwersję toluenu stosując katalizator platynowy. Materiał ten był również bardzo efektywny w cyklu adsorpcyjno-katalitycznym, w którym odnotowano desorpcję na poziomie 97 % i konwersję na poziomie 93 %.

Podsumowując omówienie wyników i dyskusji badań należy stwierdzić, iż przedłożona praca zawiera dużą liczbę nowatorskich rozwiązań. Za najważniejsze osiągnięcie recenzowanej pracy doktorskiej uważam opracowanie kompozytu węglowo-cyrkonowego z platyną stanowiącą centra aktywne, który to materiał wykazał bardzo dobre własności w procesie adsorpcyjno-katalitycznym. O innowacyjności osiągnięcia świadczy także jego zgłoszenie do ochrony patentowej w Polskim oraz Niemieckim Urzędzie Patentowym.

Podsumowanie recenzji

Przedłożona do recenzji praca doktorska przedstawia oryginalne i wartościowe elementy naukowe, a duża część opisanych wyników została już opublikowana w bardzo dobrych czasopismach naukowych (bądź jest w trakcie recenzji) i prezentowana na licznych konferencjach, w tym o zasięgu międzynarodowym. Cel naukowy został w pełni osiągnięty, a wyniki badań są istotnym wkładem w dotychczasową wiedzę dotyczącą układów typu rdzeń-powłoka, w szczególności tych w których drugi element stanowi tlenek cyrkonu(IV). Praca jest napisana bardzo poprawnym językiem i co warto podkreślić zawiera nieliczne błędy typu edytorskiego.

Podsumowując ocenę pracy doktorskiej mgr Tomasza Kondratowicza stwierdzam, że spełnia ona wymagania ustawowe (Ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki, Dz. U. 2003, Nr 65, poz. 595 wraz z późniejszymi zmianami oraz Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 26 września 2016 r.

w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora, Dz. U. 2016, poz. 1586). ***W związku z powyższym wnoszę do Rady Dyscypliny Nauk Chemicznych Uniwersytetu Jagiellońskiego o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego. Biorąc pod uwagę wysoką wartość przedstawionej do recenzji rozprawy doktorskiej, dojrzałość w formułowaniu celów, hipotez badawczych, jak również obszerny zakres przeprowadzonych prac, dużą wnikliwość Doktoranta w prowadzeniu pracy naukowej jak i duży dorobek naukowy Pana Tomasza Kondratowicza (publikacje, wystąpienia konferencyjne, pozyskiwanie funduszy na badania) wnioskuję o wyróżnienie pracy.***

dr hab. Maciej Trejda, prof. UAM