



INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI JĄDROWEJ

ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa

prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski

Warszawa, 2023 - 01- 04

Ocena dorobku naukowego, dydaktycznego i organizacyjnego oraz osiągnięcia naukowego stanowiących podstawę postępowania habilitacyjnego Pana dr inż. Bogdan Ulejczyka.

Pan dr Bogdan Ulejczyk uzyskał dyplom magistra inżyniera w Politechnice Warszawskiej, na Wydziale Chemicznym, na kierunku: technologia chemiczna, w roku 2000. Tytuł pracy dyplomowej: " Rozkład chlorowcopochodnych za pomocą ślizgowego wyładowania łukowego", Na tym samym Wydziale obronił w roku 2005 pracę doktorską zatytułowaną: "Plazmowy proces osadzania cienkich warstw zawierających związki krzemu". W latach 2000 – 06 był zatrudniony, w końcowej fazie pracy na stanowisku asystenta, w Instytucie Chemii Przemysłowej, następnie rozpoczął równoległe pracę w Instytucie Tele - i Radiotechnicznym (2006 - 07, w końcowej fazie na stanowisku adiunkta) oraz w latach 2006 – 09 w Instytucie Fizyki Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy na stanowisku adiunkta. Od dnia 01.12.2009 – do dnia dzisiejszego, pracuje w Politechnice Warszawskiej, na Wydziale Chemicznym, na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego.

Ocena osiągnięć i dorobku naukowego Habilitanta.

Przed uzyskaniem stopnia doktora opublikował On 5 prac w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JRC), ponadto dwie prace w czasopismach posiadających punkty ministerialne (2 x 20 pkt.) oraz dwie w czasopismach branżowych. Ponadto jest współautorem jednego rozdziału, opublikowanego w tym czasie, w monografii. Wygłosił 2 referaty oraz prezentował 2 postery na konferencjach krajowych oraz 2 postery na konferencjach zagranicznych (Włochy i Estonia). Jest współautorem 5 referatów prezentowanych w kraju i 3 za granicą (Czechy, Niemcy).

Habilitant jest współautorem, 28 prac w czasopismach posiadających IF, opublikowanych po uzyskaniu stopnia doktora, omówienie 7 z nich znajduje się poniżej, jako, że zostały wykorzystane do opisu osiągnięcia naukowego. Opublikował On też 2 prace w czasopismach ujętych w spisie ministerialnym oraz 4 prace w czasopismach branżowych. Ponadto jest współautorem pięciu rozdziałów opublikowanych w monografiach naukowych. Wygłosił 7 prezentacji ustnych na konferencjach krajowych oraz 5 na konferencjach zagranicznych (Czechy, Rumunia, Rosja). Był współautorem 15 prezentacji ustnych na konferencjach organizowanych w kraju i 10 na konferencjach zagranicznych (Czechy, Rumunia, Niemcy, Tajwan). Prezentował 4 postery na konferencjach w kraju i 3 za granicą (Czechy, Rumunia). Otrzymał od własnej uczelni dyplom „Best Paper” za najlepszą publikację w 2019 roku. Wykonał nieliczne recenzje (6) artykułów przesłanych do czasopism naukowych. Indeks Hirscha Habilitanta wynosi 9 (WoS), a całkowita liczba cytowań (bez auto) 235.

Pan dr inż. Ulejczyk jest kierownikiem obecnie realizowanego projektu I-Chem.2, przyznanego na okres 2021-2022 (nie podano instytucji finansującej), był wykonawcą 8 projektów (dwa z nich NCBiR PBS i

B/ST8 - są omyłkowo wymienione w spisie dwukrotnie), wadą przedstawionego zestawienia jest brak podania nazwy agencji finansującej, poza jednym projektem - finansowanym przez PW. Przed doktoratem realizował trzy projekty, w jednym był jego kierownikiem. Habilitant został też wyróżniony przez macierzystą Uczelnię za udział w zespole badawczym (II nagroda Rektora, 2021). Uzyskanie własnego grantu lub twórczy udział w jego realizacji, jest dobrym potwierdzeniem osiągnięć naukowego pracownika, zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym. Dlatego też, uzyskanie własnych grantów i zarządzanie ich realizacją, jest ważnym parametrem uwzględnianym w postępowaniach awansowych pracowników naukowych, zarówno w postępowaniu habilitacyjnym, jak i prowadzących do uzyskania tytułu profesora.

Jeśli chodzi o współpracę z sektorem przemysłowym i społecznym, wykonał prace badawcze dla Wastech Recycling sp. z o.o. dotyczące wpływu pól elektrycznych i magnetycznych na procesy elektrochemiczne, projekt dla Korean Institute of Science and Technology dotyczący implantacji jonów, współpracował z firmą Galacio sp. z o.o. przy budowie reaktora plazmowego w ramach projektu PBS. Jest współautorem 9 patentów RP i 4 zgłoszeń patentowych. Patenty których jest Współautorem uzyskały dwa złote i jeden srebrny medal na targach wynalazków.

Odbył trzymiesięczny staż w Uniwersytecie Orlean (Erasmus) i jednomiesięczny staż w Instytucie Fizyki i Technologii w Charkowie (fellowship IAEA), ale bez wątplenia ważniejsze dla jego rozwoju naukowego były okresy pracy w innych niż PW, instytucjach naukowych wymienionych na wstępie opinii. Fakt ten pozwala na stwierdzenie, że jest wypełniona przesłanka 3 wymieniona w Poradniku Rady Doskonałości Naukowej - „Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego” - RDN, 2021 : „Trzecim warunkiem nadania stopnia doktora habilitowanego jest wykazywanie się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.” Dodatkowo Habilitant wymienił współpracę z innymi wydziałami PW, ZUT i instytucjami badawczymi.

Ocena osiągnięcia naukowego zatytułowanego „Wytwarzanie wodoru z metanolu lub etanolu” będącego podstawą wniosku.

Ocena formalna

W pakiecie prac zawierających opis przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego zestawiono 7 prac opublikowanych przez Habilitanta w latach 2019 – 2022, (2 w roku 2021, 4 w roku 2022), w których przygotowaniu Jego udział wyniósł 60 - 75% . We wszystkich pracach Jego nazwisko występuje jako pierwsze na liście autorów i jest w nich oznaczony jako osoba korespondująca. Do wniosku dołączone są oświadczenia współautorów potwierdzające ich udział w wykonaniu pracy i przygotowywaniu publikacji. Można zatem stwierdzić, że ocenie poddawany jest dorobek naukowy będący własnym osiągnięciem Pana dr inż. Bogdan Ulejczyka, przy udziale innych pracowników naukowych nie przekraczającym 40 %.

Ocena merytoryczna

Badania przedstawione w pracach zgrupowanych w ramach opisu osiągnięcia naukowego są jednotematyczne i dotyczyły badań nad plazmowym procesem otrzymywania wodoru z różnych substratów. Bez wątplenia tematyka tych prac, wynika z kierunków badań nad wykorzystaniem plazmy nierównowagowej, prowadzonych w zespole kierowanym przez uznanego w świecie eksperta w dziedzinie, Pana prof. dr hab. inż. Krzysztofa Krawczyka, kierownika Katedry Technologii Chemicznej na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej. Stąd też wynika Jego ścisła współpraca z współautorami publikacji, pracującymi w tym samym zespole, ale prowadzącymi badania nad

wykorzystaniem omawianej techniki w innych zastosowaniach. Ważne, że ta grupa badawcza ma duże doświadczenie w zagadnieniach związanych z syntezą i badaniami katalizatorów, wykorzystywanych również w pracach Habilitanta.

Jak wcześniej wspomniano osiągnięcie przedstawione do oceny dotyczy wytwarzanie wodoru z metanolu lub etanolu. Autor w części wstępnej przedstawia uzasadnienie podjęcia badań w temacie związanym z planowanym i postępującym w świecie rozwojem energetyki wodorowej. Również w Polsce, Ministerstwo Klimatu i Środowiska opracowuje ramy prawne i organizacyjne mające służyć wdrożeniu gospodarki wodorowej w naszym kraju. Przygotowana w Ministerstwie Polska Strategia Wodorowa do roku 2030, z perspektywą do roku 2040 określa strategiczne kierunki wdrażania polskiej gałęzi gospodarki wodorowej. Podjęcie tej tematyki, bez względu na końcową ocenę techniczno – ekonomiczną proponowanych rozwiązań, związanych z otrzymywaniem wodoru, jego przesyłaniem i wykorzystaniem, jest działaniem godnym pochwały. W wielu przypadkach technologie z tej dziedziny, nie są proponowane przez chemików. Tak np. otrzymywanie „zielonego wodoru” via synteza i dekompozycja amoniaku, jest nadużywaniem tej nazwy. Trudno znaleźć technologię syntezy amoniaku którą można nazwać „zieloną”. Podobnie proces elektrolizy wykorzystujący energię z OZE, nie koniecznie można określić takim kolorem, jako, że roztworem poddawanym elektrolizie nie jest woda destylowana. Warto też, aby chemicy ocenili powyższe procesy pod względem energetycznym w oparciu o zasady termodynamiki i metody określania efektywności końcowej procesów wielostopniowych. Na niektóre ograniczenia wskazuje Habilitant (składowanie amoniaku). Ogólnie jednak należy się zgodzić z tezą, że gospodarka wodorowa ma swą przyszłość, zapewne głównie w transporcie. Dlatego też wybór tematyki badawczej należy ocenić pozytywnie. Autor referatu motywuje też zainteresowanie problemem, rezultatem podjętych badań literaturowych z których wynika, że alkohole mogą być substratem w procesie produkcji wodoru. Jak wynika z danych statystycznych wynikających z przeglądu literaturowego, prace badawcze nad produkcją wodoru obejmują głównie wykorzystanie metanolu i etanolu, jako substratów. W następujących dwu rozdziałach, Autor przedstawia stan wiedzy na temat technologii uzyskiwania bio - metanolu i bio - etanolu. (Tu uwaga, w tabeli 2, niewłaściwie oznaczono znak efektu energetycznego reakcji egzo - i endo – termicznych. Wg zapisu termodynamicznego, znak ΔH jest ujemny dla pierwszej z nich, a dodatni dla drugiej, gdyż oznakowanie odnosi się do układu w którym reakcje zachodzą, a nie do procesu wymiany ciepła z otoczeniem). W dalszej części, tego skrótowego przeglądu prowadzonych przez innych uczonych badań, Autor omawia działania dążące do opracowania selektywnego i skutecznego katalizatora reakcji prowadzonych w niskich temperaturach i prowadzących do uzyskania wodoru oraz dwutlenku węgla. Wskazano w nich również na przyczyny dezaktywacji tych materiałów w czasie ich długotrwałej eksploatacji. Zazwyczaj w procesach hybrydowych (plazma + katalizator), katalizator jest umieszczany na wylocie gazu z reaktora plazmowego. Dlatego też ważnym osiągnięciem Zespołu działającego w Katedrze Technologii Chemicznej jest opracowanie konstrukcji reaktorów w których plazma generowana jest w obszarze wyładowań barierowych i ślizgowych, a katalizator umieszczony jest w strefie plazmy. Ponadto wg Autora znane są też rozwiązania, w których elektrody wykonane były z materiałów mających właściwości katalityczne. Były to zwykłe reaktory, w których plazma wytwarzana jest w wyładowaniach barierowych. Jednak w trakcie badań prowadzonych w Katedrze Technologii Chemicznej zaobserwowano, że również w wyładowaniu iskrowym materiał elektrod wpływał na efektywność procesu chemicznego. Porównanie efektywności różnych procesów zestawiono w tabeli 2. (Nie rozumiem dlaczego w przypadku trzech wartości, dotyczących wyładowania ślizgowego, mają one znak ujemny (stopień przemiany alkoholu i selektywność przemiany do wodoru wyrażone w %)).

Dalsza część autoreferatu, przynosi opis prac własnych (pewną niedogodnością w pisaniu tej opinii był fakt, że w przekazanym na nośniku pliku dokumentacji, brak było pdf tych prac, recenzent uzyskał teksty prac A1-A7 , ale po próbach ściągnięcia prac B1 do B3 uznał , że nie będzie brał ich zawartości pod uwagę przy pisaniu tej recenzji). Osiągalne prace [A1] B. Ulejczyk, Ł. Nogał, M. Młotek, K. Krawczyk, "Hydrogen production from ethanol using dielectric barrier discharge", Energy, 2019, 174, 261-268 i [A3] B. Ulejczyk, Ł. Nogał, M. Młotek, K. Krawczyk," Efficient plasma technology for the production of green hydrogen from ethanol and water", Energies, 2022, 15,2277, dotyczyły wytwarzania wodoru z mieszaniny wody etanolem w reaktorach plazmowych w których plazma wytwarzana była w wyładowaniach barierowym lub iskrowym. W autoreferacie nawiązuje też do innego stosowanego rozwiązania, był to reaktor typu rura w rurze, w którym plazma generowana była w wyładowaniu barierowym. W tym przypadku występowała konieczność stosowania argonu (dla uzyskania wyładowania elektrycznego), w mieszaninie z wodą i etanolem, co wymagało wprowadzenia dodatkowego gazu, utrudniając praktyczne zastosowanie tej metody, mimo uzyskiwanych dla małych przepływów, stopnia przemiany alkoholu wynoszącego niemal 100%. Dlatego też, Habilitant skonstruował reaktor, w którym stosowanie jakichkolwiek dodatkowych gazów nie było konieczne. Cel ten osiągnięto przez zastosowanie specjalnej elektrody żłobionej z sinusoidalną zmianą napięcia zasilania, rys.2 w [A1]. Temperatura w przestrzeni mikro wyładowania (powstającego na powierzchni elektrody wysokonapięciowej) jest o około 100°C wyższa od temperatury gazu w reaktorze. W reaktorze ze żłobioną elektrodą temperatura ścianek reaktora wynosi od 150 do 350°C. Stwierdzono, że stopień przemiany etanolu i produkcja dwutlenku węgla zmniejszyły się wraz ze wzrostem natężenia przepływu substratów. Natomiast produkcja wodoru, metanu, tlenku węgla, etylenu i etanu oraz wydajność energetyczna wytwarzania wodoru wzrastały wraz z jego wzrostem. Stopień przemiany etanolu wynosił w tym przypadku zaledwie 27%, co jest niewielkim stopniem wykorzystanie surowca którym był etanol. (Tu występuje niezrozumiała niezgodność danych podanych w autoreferacie i publikacji [A1]; autoreferat : „Najwyższa efektywność energetyczna wytwarzania wodoru w wyładowaniu barierowym generowanym w reaktorze ze żłobiona elektrodą wynosiła 6,15 mol(H₂)/kWh i uzyskana została przy największym ze stosowanych natężeniu przepływu substratów. Stopień przemiany etanolu wynosił tylko 27%, co przekładało się na niskie wykorzystanie surowca.” [A1] „The highest ethanol conversion was 71%... production was 6.15 mol(H₂) kWh⁻¹. Stopień przemiany jest inny, a wydajność ta sama ?)

Z uwagi na niezadawalające rezultaty wytwarzania w wyładowaniu barierowym, Habilitant postanowił zastosować reaktor wykorzystujący wyładowanie iskrowe, co jest rozwiązaniem nowatorskim w procesie wytwarzania wodoru, nie raportowanym w dotychczasowych doniesieniach literaturowych. Badania i ich wyniki są opisane w publikacji [A2] B. Ulejczyk, P. Jóźwik, Ł. Nogał, M. Młotek, K. Krawczyk, "Efficient conversion of ethanol to hydrogen in a hybrid plasma-catalytic reactor", Energies, 2022, 15, 3050. Wykorzystywany w pracy reaktor iskrowy powstał z przekonstruowania stosowanego przez Autora reaktora do rozkładu lotnych związków organicznych, który nie mógł być zastosowany do produkcji wodoru z ciekłych substratów. Zastosowano odpowiednie rozmieszczenie elektrod które znajdowały się w układzie podobnym do litery Y gdzie w części centralnej znajdowała się rurka przez którą przepływała mieszanina reagentów. Dzięki takiemu rozwiązaniu skropliny zbierające się w tej przestrzeni reaktora spływały do rurki centralnej i nie powodowały zwarcia elektrod. Sadza, która może powstawać w aktywnym obszarze reaktora, zsuwa się, wg. obserwacji Autora, grawitacyjnie w dół. Tak skonstruowany reaktor plazmowy, w którym plazma generowana była w wyładowaniu iskrowym zasilany był prądem o sinusoidalnej zmianie jego napięcia (i natężenia). Stwierdzono, że moc wyładowania iskrowego wpływa na całkowity stopień przemiany etanolu. Wzrost mocy wyładowania początkowo powodował szybki wzrost całkowitego stopnia przemiany etanolu w granicach od 40 do

75%. Dalszy wzrost mocy wyładowania powodował już nieznaczny wzrost tej wielkości. Wraz ze wzrostem natężenia przepływu substratów zmniejszał się całkowity stopień przemiany etanolu, selektywność przemiany etanolu do sadzy, dwutlenku węgla, acetylenu i etylenu, natomiast wzrastała produkcja wodoru i efektywność energetyczna procesu. Przy najwyższym ze stosowanych natężeniu przepływu substratów efektywność energetyczna wytwarzania wodoru wynosiła 27 mol(H₂)/kWh, przy całkowitym stopniu przemiany etanolu wynoszącym 63%. Wzrost stosunku molowego wody do etanolu powodował wzrost całkowitego stopnia przemiany etanolu oraz selektywność przemiany etanolu do wodoru i dwutlenku węgla, a zmniejszenie selektywności przemiany etanolu do sadzy i węglowodorów oraz efektywności energetycznej wytwarzania wodoru. Analizując schemat aparatury przedstawionej na Rys. 1 w poz. [A 3] i biorąc pod uwagę rozkład temperatur przedstawiony na Rys.2 nasuwa się szereg pytań dotyczących zjawisk przepływowych w przestrzeni reakcyjnej, czy też absorpcji rozpuszczalnych składników mieszaniny gazowej w chłodnicy kondensującej opary i dalszego bilansowania strumieni poszczególnych składników mieszaniny poreakcyjnej (czy w równaniach 1 – 4, te wszystkie dane zostały uwzględnione ?). Rozumiem, że pomiary prowadzono w warunkach ustalonych. Jeśli chodzi o przebieg procesu w strefie wyładowania stwierdzenie „Pod nieobecność argonu lub innych gazów, reakcje są inicjowane przez zderzenia wysokoenergetycznych elektronów z cząsteczkami wody i etanolu..” jest zbyt upraszczające opis przebieg procesów zachodzących w plazmie. Mechanizm przekazania energii w środowisku gazowym opiera się o jonizację, wzbudzenie cząsteczek, tworzenie wolnych rodników, co Autor przedstawia w postaci zestawu reakcji R21 – R61. Oczywiście opis tak skomplikowanych układów wymaga prowadzenia bardziej skomplikowanych rozważań teoretycznych i modelowych, opartych o stałe kinetyczne poszczególnych reakcji, nie wszystkie z nich mają jednakowe znaczenie dla końcowego wyniku konwersji. Ogólne założenie teorii szybkości reakcji jest takie, że przegrupowanie atomów odpowiadające reakcji chemicznej jest bezpośrednio poprzedzone przegrupowaniem energii wewnętrznej, która pozwala na zajście reakcji. Bezpośrednie fizyczne przekazanie energii jest różnorakie; wzbudzenie elektronów, jonizacja, wzbudzenie stanów energii oscylacyjnej, rotacyjnej, translacyjnej, zderzenia elastyczne etc. Zwiększenie stanów energetycznych tych składowych nie zawsze prowadzi do wywołania reakcji, często jedynie zwiększa temperaturę ośrodka. Główną różnicą między reakcjami jednocząsteczkowymi i bimolekularnymi jest to, że pojedyncze zdarzenie reaktywne w pierwszym z nich obejmuje molekuły jednego rodzaju, które ulegają wewnątrzcząsteczkowym przegrupowaniom, prowadzącym do dysocjacji lub izomeryzacji cząsteczki. Np. dla gazowej wody, nie musi on być tak prosty, jak zapisany w równaniu R21 i R28, powstające w procesie indywiduala chemiczne wywołują reakcje następcze, oczywiście ważna jest również energia elektronów pierwotnych. Należy też pamiętać, że reakcje w plazmie nie są reakcjami selektywnymi, a ilość energii zaabsorbowanej w składniku mieszaniny gazowej zależy od jego stężenia wyrażonego w postaci ułamka masowego. Oczywiście zapisy można uprościć w oparciu o pomiary stężeń końcowych produktów reakcji (Table 1 w poz. [A3]) , co pewnie wzięt pod uwagę Habilitant przedstawiając intuicyjny zapis reakcji zachodzących w badanym systemie.

Wracając do opisu wyników uzyskanych przez Habilitanta, zastosowanie wyładowania iskrowego umożliwiło uzyskanie wyższych stopni przemiany etanolu i wydajności energetycznej wytwarzania wodoru niż w wyładowaniu barierowym. Autor stwierdza, że wg Niego, jest to skutek wyższej temperatury osiąganey w reaktorze iskrowym w porównaniu do reaktora barierowego. Biorąc pod uwagę badania literaturowe które wykazały, że stosując układy plazmowo-katalityczne można zwiększyć selektywność przemiany substratów w kierunku pożądaných produktów, Habilitant postanowił przeprowadzić podobne badania z wykorzystaniem dwu katalizatorów kobaltowych przez siebie zsyntezowanych. Jednym z nich był katalizator zawierający kobalt osadzony na tlenku cyrkonu. Wyniki prac przedstawiono w publikacji [A7] B. Ulejczyk, Ł. Nogał, M. Młotek, P. Falkowski, K. Krawczyk,

„Hydrogen production from ethanol using a special multi-segment plasma-catalytic reactor”, Journal of the Energy Institute, 2021, 95, 179-186. Drugim katalizatorem kobaltowym był czysty kobalt a opis prac przedstawiono w pozycji [A5] B. Ulejczyk, P. Józwik, M. Młotek, K. Krawczyk, „A promising cobalt catalyst for hydrogen production, Catalysts, 2022, 12,278.” Stwierdzono, że na obu zsyntezowanych katalizatorach powstawała i osadzała się sadza. Aktywność katalizatora bez nośnika była wielokrotnie wyższa niż katalizatora nośnikowego. W temperaturze 350°C stopień przemiany etanolu na katalizatorze nośnikowym wynosił tylko 2%, a na katalizatorze bez nośnika był 20-krotnie wyższy. Dla katalizatora beznośnikowego wykonano badania parametryczne. Katalizator nośnikowy wykorzystano w reaktorze z wyładowaniem barierowym ze żłobioną elektrodą, katalizator umieszczano w wyżłobieniach między elektrodami. To nowe rozwiązanie jest przedmiotem zgłoszenia patentowego. Pozycja [A5] przedstawia schemat syntezy katalizatora kobaltowego który wg Autora jest obiecującym katalizatorem do produkcji wodoru z mieszaniny wody i etanolu. Katalizator metaliczny jest odporny na spiekanie i pozwala na uzyskanie wysokiego stopnia konwersji etanolu i wysoką wydajność produkcji wodoru, szczególnie w wysokiej temperaturze przy niezbyt wysokim przepływie surówki i wyższych stężeniach wody w mieszaninie. Uzyskano wysoką aktywność działania katalizatora w temperaturach 500 – 600°C, a w badaniach stosowano system podobny do diskutowanego wcześniej w odniesieniu do publikacji [A3].

Pozytywne rezultaty badań uzyskane w przypadku stosowania reaktora plazmowo-katalitycznego, w którym plazma wytwarzana była w wyładowaniu barierowym skłoniły Autora do przeprowadzenia dalszych badań w układzie plazmowo-katalitycznym, w którym plazma wytwarzana była w wyładowaniu iskrowym [A2] B. Ulejczyk, P. Józwik, Ł. Nogał, M. Młotek, K. Krawczyk, Efficient conversion of ethanol to hydrogen in a hybrid plasma-catalytic reactor, Energies, 2022, 15,3050. W reaktorze z wyładowaniem iskrowym nie ma możliwości umieszczenia katalizatora w bezpośrednim sąsiedztwie plazmy, co oczywiście zmienia też warunki procesu, jako że strefa plazmy znajduje się w pewnej odległości od powierzchni katalizatora, który musiał być podgrzewany aby można było zaobserwować jego aktywny wpływ na przebieg reakcji. Dlatego też zastosowano katalizator bez nośnika, ponieważ nie było potrzeby formowania specjalnych kształtek. Produkcja wodoru z mieszaniny etanolu i wody w reaktorze plazmowo-katalitycznym charakteryzowała się wysoką konwersją etanolu i wydajnością produkcji wodoru. a jego aktywność wzrastała wraz ze wzrostem temperatury do 450 °C. Powyżej tej temperatury jednak aktywność katalizatora była dalej dobra. Zakres temperatur, w którym katalizator charakteryzował się bardzo dużą aktywnością rozszerzył się względem uzyskiwanego we wcześniejszych badaniach i dolna granica jego działania, była w tym przypadku niższa o 100°C od obserwowanej we wcześniej omawianych przypadkach. Autor wysuwa hipotezę, że wysoka efektywność procesu, mimo braku styczności obszaru plazmy z powierzchnią katalizatora, była rezultatem uzyskania przez cząsteczki wysokiej energii wewnętrznej, poprzez absorpcję promieniowania emitowanego przez plazmę. Tę tezę, rozwija w opisie zawartym poz. [A2], prezentując na Rys. 3 wpływ tego działania na wartość ΔE_a . Poparcie takiej tezy wymaga analizy widma podającego rozkład energii fotonów i intensywność ich strumienia.

Wyniki powyżej badań opisanych wskazują, że wyładowanie iskrowe jest efektywniejsze w działaniu od wyładowania barierowego.

W ramach przedstawionych do oceny działań prowadzono również badania nad wytwarzaniem wodoru w reaktorze plazmowym z zastosowaniem metanolu jako substratu. Wyniki tych prac przedstawiono w artykule [A6] B. Ulejczyk, P. Józwik, Ł. Nogał, M. Młotek, K. Krawczyk, Plasma-catalytic process of hydrogen production from mixture of methanol and water, Catalysts, 2021, 11,864. i [A4] B. Ulejczyk, Ł. Nogał, M. Młotek, K. Krawczyk, Enhanced production of hydrogen from methanol

using spark discharge generated in a small portable reactor, Energy Reports, 2022, 8, 183-191.]. Wyniki uzyskane w reaktorze plazmowym zostały przedstawione w publikacji [A4], a w reaktorze plazmowo-katalitycznym oraz katalitycznym w [A6]. Rezultaty badań przedstawionych w [A4] pozwalają na stwierdzenie, że w wyładowaniu iskrowym z mieszaniny wody i metanolu można wytworzyć wodór bez wprowadzania dodatkowych gazów, których stosowanie jest konieczne w przypadku wyładowania barierowego. Główne uzyskiwane w procesie produkty gazowe to H₂, CO, CO₂, CH₄. Ważną zaletą stosowania reaktora iskrowego jest możliwość szybkiego uruchamiania i zatrzymywania. W badaniach opisanych w [A6] zastosowano katalizator niklowy osadzony na nośniku z tlenku glinu, nikiel równomiernie pokrywał powierzchnię nośnika, był on aktywny w temperaturze powyżej 400°C. Konwersja metanolu i produkcja wodoru zależały od mocy wyładowania oraz temperatury złoża katalitycznego. Obserwowano synergetyczny efekt współdziałania obu systemów. Najlepsze wyniki uzyskano, gdy temperatura złoża katalitycznego wynosiła 500–550 C. Najwyższa wydajność rozkładu metanolu sięgała 64%. Stosowany układ badawczy był podobny jak w innych przypadkach.

Reaktor plazmowo - katalityczny pozwolił na osiągnięcie wyższej wydajności wytwarzania wodoru i lepszego stopnia konwersji metanolu w porównaniu z reaktorem plazmowym lub reaktorem katalitycznym.

W publikacjach tych Autor przedstawia również, w oparciu o literaturę, mechanizmy przebiegu reakcji chemicznych w plazmie, jednak stwierdzenie „W publikacjach tych został również przedstawiony mechanizm reakcji chemicznych inicjowanych zderzeniami z wysoko energetycznymi elektronami.” jest zbyt daleko idącym uproszczeniem. Jak wspomniano wcześniej procesy wykorzystujące wiązki elektronów do wytwarzania plazmy składają się z dwu etapów, fizycznego przekazania energii i następnie etapu przebiegu reakcji następczych.

W procesie produkcji wodoru z mieszaniny wody i metanolu powstaje mniej produktów niż przy produkcji wodoru z mieszaniny wody i etanolu (czy nie dlatego, że molekula etanolu zawiera więcej atomów tego pierwiastka?). Z tych względów koszt energetyczny produkcji wodoru jest wyższy, w porównaniu do produkcji z etanolu. W wyładowaniu iskrowym najwyższa wydajność produkcji wodoru z etanolu wynosiła 36% teoretycznej wydajności, a z metanolu 20%.

Habilitant za najważniejsze osiągnięcia będące wynikiem wyżej opisanych prac uznaje: (i) Opracowanie konstrukcji reaktorów plazmowych zasilanych ciekłymi substratami, w których produkcja wodoru przebiega bez konieczności wprowadzania dodatkowych gazów ułatwiających powstanie plazmy.(ii) Wykazanie, że wprowadzenie odpowiedniego katalizatora do reaktora plazmowego umożliwi zwiększenie wydajności produkcji wodoru z alkoholi, w porównaniu do reaktora plazmowego. (iii) Opis mechanizmów reakcji zachodzących w reaktorach plazmowych i plazmowo - katalitycznych w mieszaninach wody i etanolu oraz wody i metanolu.

O ile z pierwszymi dwoma stwierdzeniami można się w pełni zgodzić, to w odniesieniu do ostatniego, określone uwagi zostały przedstawione w fragmentach wcześniej przedstawionej opinii. Dlatego też recenzent uważa, że jest to osiągnięcie naukowe oparte o wyniki prawidłowo wykonanych eksperymentów, z wprowadzeniem ciekawych rozwiązań aparaturowych.

Wniosek dotyczący oceny aktywności i efektywności naukowej.

Mimo pewnych uwag krytycznych i dyskusyjnych, w sumie dorobek naukowy dr inż. Bogdana Ulejczyka oceniam pozytywnie, bowiem jak wynika z przedstawionej wcześniej analizy, zawiera on zdecydowaną większość elementów wymaganych w procesie prowadzącym do uzyskania stopnia doktora habilitacyjnego. Przed doktoratem opublikował 5 prac współautorskich posiadających IF. W sumie

opublikował 34 takie prace. Liczba cytowań wszystkich prac (bez auto) wynosi 235; IH = 9 (WoS); sumaryczny IF = 99. Jedną z prac (Krawczyk, K ; Ulejczyk, B „Decomposition of chloromethanes in gliding discharges”, Plasma Chemistry and Plasma Processing , 2003, 23(2), 265-281, była cytowana 50 razy. Jest współautorem 13 przyznanych patentów krajowych, uzyskał 2 złote i 1 srebrny medal na targach wynalazków. Habilitant recenzował 6 prac dla potrzeb czasopism o zasięgu międzynarodowym.

Ocena pracy dydaktycznej i organizacyjnej

Główne obciążenia dydaktyczne Habilitanta dotyczyły i dotyczą prowadzenia zajęć laboratoryjnych dla różnych kierunków i specjalności. Opiekował się 13 pracami magisterskimi i 16 pracami inżynierskimi realizowanymi przez studentów Wydziału Chemicznego Politechniki Warszawskiej. Został powołany na funkcję promotora pomocniczego rozprawy doktorskiej pt. „Węgłe aktywne do adsorpcji gazów cieplarnianych”. Przewód doktorski został wszczęty na Wydziale Technologii i Inżynierii Chemicznej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego.

Podsumowanie i wniosek końcowy

Wszystkie trzy przesłanki wymienione we wcześniej wspomnianym dokumencie przygotowanym przez Radę Doskonałości Naukowej, zostały spełnione przez Kandydata (ponadto zgodnie z wytycznymi RDN - katalog przesłanek warunkujących nadanie stopnia doktora habilitowanego ma charakter zamknięty, co oznacza, że nie może być on rozszerzany przez komisję habilitacyjną). W związku z tym, na podstawie przedstawionych mi do oceny materiałów stwierdzam, że dorobek naukowy oraz osiągnięcie naukowe dr inż. Bogdana Ulejczyka odpowiadają wymogom zawartym w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r., Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2020 r. poz. 85, 374, 695, 875, 1086, z 2021 r. poz. 159) i oceniam je pozytywnie. Przedstawione osiągnięcie naukowe mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie inżynieria chemiczna. Wnioskuje zatem do Rady Naukowej Dyscypliny Inżynierii Chemicznej Politechniki Warszawskiej o dopuszczenie Habilitanta do dalszych etapów przewodu habilitacyjnego.

Andrzej J. Chmielowski

Podpisano elektronicznie