

Prof. dr hab. Marek Kosmulski  
Politechnika Lubelska

### Recenzja

osiągnięcia naukowego „Kryteria doboru warunków procesów otrzymywania nanocząstek metali szlachetnych w mikroreaktorach przepływowych” oraz ogólnego dorobku dr. inż. Krzysztofa Jana Paclawskiego w związku z postępowaniem habilitacyjnym w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa prowadzonym na Wydziale Metali Nieżelaznych Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Dr inż. Krzysztof Jan Paclawski przedstawił osiągnięcie naukowe „Kryteria doboru warunków procesów otrzymywania nanocząstek metali szlachetnych w mikroreaktorach przepływowych”. Jest to cykl 11 publikacji, opublikowanych w latach 2007-2014, w tym 10 w języku angielskim i 1 w języku polskim. W treści tych publikacji (np. A.7, A.9) znajdują się odwołania do materiałów uzupełniających („supplementary material”), jednak materiały te nie znalazły się w dokumentacji przesłanej recenzentowi i nie są one przedmiotem niniejszej recenzji. Ponadto Habilitant przedstawił obszerny (15 stron) autoreferat w języku polskim i angielskim, w którym streszcza najważniejsze osiągnięcia zawarte w poszczególnych publikacjach, jak również oszacował swój udział procentowy w poszczególnych publikacjach. Udział ten wyniósł 40% w jednej z publikacji i 50-80% w pozostałych oraz został potwierdzony przez oświadczenia współautorów, którzy na ogół oceniają swój udział na 5-10%, a jedynie w pojedynczych przypadkach na 20 - 40%. Dziewięć z tych publikacji ukazało się w czasopiśmie, dla których został określony współczynnik IF (0,184-4,058). Przedstawione do oceny publikacje mają 2 - 6 współautorów.

Przedstawianie osiągnięcia naukowego w postępowaniu habilitacyjnym w postaci cyklu publikacji powiązanych tematycznie, zwłaszcza w dziedzinie nauk fizycznych i chemicznych jest obecnie powszechną praktyką. Z drugiej strony, w naukach technicznych, częstą formą przedstawienia osiągnięć naukowych habilitanta jest monografia, zwana też żartobliwie „książką habilitacyjną”. O ile generalnie nie jestem zwolennikiem książek habilitacyjnych, to w konkretnym przypadku dr. inż. Krzysztofa Jana Paclawskiego, przedstawienie osiągnięcia naukowego w postępowaniu habilitacyjnym w postaci monografii w dużym stopniu ułatwiłoby recenzentom zadanie polegające na wyodrębnieniu ze współautorskich publikacji osobistego wkładu naukowego Habilitanta i potwierdzenia, że stanowi ono istotny wkład do dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa. Zanim przejdę do omówienia poszczególnych publikacji, chciałbym zwrócić uwagę na pewne trudności, z jakimi spotyka się recenzent przy wybranej przez Habilitanta formie przedstawiania osiągnięcia naukowego w postępowaniu habilitacyjnym i w ten sposób usprawiedliwić te uwagi recenzenta, które mogą być uznane za kontrowersyjne. Chcę podkreślić, że niezbyt wygodna dla recenzenta forma, nie jest w moim przekonaniu argumentem do obniżenia oceny tego osiągnięcia naukowego.

Przedstawione publikacje zostały opublikowane w latach 2007-2014, a więc 3-10 lat przed napisaniem tej recenzji. Synteza nanocząstek metali szlachetnych jest przedmiotem intensywnych badań i postęp następuje bardzo szybko. W przypadku prac opublikowanych kilka lat temu, element nowości naukowej powinien być więc oceniany z perspektywy historycznej, tzn. należy raczej ocenić, czy dana publikacja stanowiła nowość w momencie opublikowania, nie zaś, czy stanowi taką nowość w momencie pisania recenzji. Jest to nietypowe zadanie, gdyż w większości recenzji np. projektów badawczych lub prac wysyłanych do redakcji czasopism naukowych, oceny nowości naukowej dokonuje się z perspektywy bieżącej.

Przedstawione do oceny publikacje są wieloautorskie. Nie można z tego czynić zarzutu, gdyż obecnie

najlepsze czasopisma naukowe, zwłaszcza w dziedzinie nauk fizycznych i chemicznych, przyjmują głównie obszernie artykuły, w których wykorzystano wiele różnych technik badawczych. Jest to trudne do zrealizowania i raczej niepraktyczne, aby wszystkie badania, których wykonania oczekują redaktorzy i recenzenci, prowadziła jedna osoba, czy nawet jeden zespół badawczy, chociażby z powodu ograniczonego dostępu do nowoczesnej aparatury. Prace mniej obszerne i wykorzystujące jedynie wybrane techniki badawcze są na ogół publikowane w czasopismach słabszych. Z jednej strony należy więc docenić starania Habilitanta, by publikować w dobrych czasopismach, z drugiej jednak, wybitni naukowcy (Dekany, Fitzner, Szaciłowski) z pewnością mieli wpływ na redakcję prac, których są współautorami. Habilitant podał wprawdzie obok udziału procentowego także opis swojego wkładu do powstania poszczególnych prac, jednak jest to opis skrótowy i ogólnikowy. Zachodzi zatem obawa, że z jednej strony Habilitant otrzyma niezасłużone pochwały, a z drugiej zostanie poddany niezасłużonej krytyce za fragmenty publikacji, za które byli odpowiedzialni ich inni współautorzy. Dr inż. Krzysztof Jan Paclawski ubiega się o stopień doktora habilitowanego w dyscyplinie inżynieria materiałowa. Tymczasem według bazy danych Web of Science(R) żadna z prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego „Kryteria doboru warunków procesów otrzymywania nanocząstek metali szlachetnych w mikroreaktorach przepływowych” nie została opublikowana w czasopiśmie zaliczającym się do kategorii „materials science”, która w przybliżeniu odpowiada dyscyplinie inżynieria materiałowa. Zaliczają się one natomiast do kategorii „metalurgia”, „chemia fizyczna”, „inżynieria chemiczna” i „inżynieria środowiska”. Dr inż. Krzysztof Jan Paclawski posiada w swoim dorobku szereg prac w czasopismach, które baza danych Web of Science(R) zalicza do kategorii „materials science”, ale prace te nie wchodzi w skład osiągnięcia naukowego „Kryteria doboru warunków procesów otrzymywania nanocząstek metali szlachetnych w mikroreaktorach przepływowych” będącego przedmiotem niniejszej recenzji. Gdyby zatem, jak to czyni wiele osób, restrykcyjnie traktować przypisywanie publikacji naukowych do poszczególnych dyscyplin na podstawie kategorii według Web of Science(R), to wybór dyscypliny naukowej, w której dr inż. Krzysztof Jan Paclawski ubiega się o stopień doktora habilitowanego, mógłby budzić duże wątpliwości. Po zapoznaniu się z treścią prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego „Kryteria doboru warunków procesów otrzymywania nanocząstek metali szlachetnych w mikroreaktorach przepływowych” uważam, że osiągnięcie to ma charakter interdyscyplinarny i że można je zaliczyć (między innymi) do dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa, jakkolwiek nie jest to w pełni oczywiste. Pewien niedosyt może także budzić brak patentów w prezentowanym osiągnięciu naukowym. Patenty są typowym sposobem dokumentacji wyników badań w naukach technicznych (w odróżnieniu od nauk fizycznych). Habilitant jest co prawda współautorem patentów, jednak nie zalicza ich do poddawanego ocenie osiągnięcia naukowego. Te i inne wątpliwości w kwestii zaliczenia prezentowanego osiągnięcia do dyscypliny naukowej inżynieria materiałowa mogłaby definitywnie rozwiązać odpowiednio napisana książka habilitacyjna.

W tytule osiągnięcia naukowego pojawia się termin „metale szlachetne”. Prawdopodobnie w ten sposób Habilitant podkreśla różnicę pomiędzy swoimi wcześniejszymi dokonaniem (zarówno jego praca magisterska jak i doktorska dotyczyły kinetyki redukcji jonów złota) a prezentowanym osiągnięciem naukowym. W istocie aż 9 z 11 prac wchodzących w skład ocenianego osiągnięcia naukowego dotyczy złota jako jedyne metalu szlachetnego, przedmiotem jednej pracy (A.8) są cząstki Pt, zaś w kolejnej pracy (A.10) badano - obok cząstek Au - także cząstki innych metali. Co prawda na stronach 3.5; 4.5 i 5.3 dostarczonej dokumentacji przy opisie publikacji A.11 zostały wymienione także cząstki Pt, jednak nie znajduje to potwierdzenia w treści tej publikacji. Zatem osiągnięcie naukowe „Kryteria doboru warunków procesów otrzymywania nanocząstek metali szlachetnych w mikroreaktorach przepływowych” w istocie dotyczy głównie nanocząstek złota, a fragmenty dotyczące innych metali stanowią jedynie niewielki dodatek.

W tytule osiągnięcia naukowego pojawia się termin „mikroreaktory przepływowe”, jednak opis eksperymentu w pracy A.5 i wyjaśnienie w autoreferacie wskazuje na to, że w tej publikacji zastosowano reaktor okresowy (cykliczny). Opis eksperymentów przeprowadzonych w reaktorach okresowych można też znaleźć w innych publikacjach recenzowanego cyklu.

Otrzymywanie i badanie właściwości nanocząstek Au ma dłuższą historię niż inżynieria materiałowa jako dyscyplina naukowa. Najstarsze źródła pisane dotyczące technologii koloidalnego złota i jego wykorzystania, głównie do barwienia szkła pochodzą XVI lub XVII wieku, jednak proces barwienia szkła za pomocą koloidalnego złota był prawdopodobnie znany już w starożytności. Badanie koloidalnego złota przyniosło Richardowi Adolfowi Zsigmondy'emu Nagrodę Nobla w 1925 roku. Po okresie względnej stagnacji w drugiej połowie XX wieku, na przełomie XX i XXI wieku nastąpił renesans zainteresowania koloidalnym złotem w związku z odkryciem jego - niedocenianych wcześniej - właściwości katalitycznych. Zainteresowania naukowe Habilitanta wpisują się zatem w modną i aktualną tematykę. Pomimo wielkiej liczby prac publikowanych co roku na temat koloidalnego złota, jest to temat praktycznie niewyczerpalny. Wystarczy wymienić możliwości zastosowania różnych prekursorów złota, różnych reduktorów, otrzymywanie cząstek o różnych rozmiarach i różnych stopniach polidispersyjności, funkcjonalizowanie nanocząstek Au np. celem ich stabilizacji lub destabilizacji w różnych środowiskach i ich osadzenie na różnych nośnikach oraz przeróżne aplikacje. W publikacjach A.1-A.11 wchodzących w skład osiągnięcia naukowego „Kryteria doboru warunków procesów otrzymywania nanocząstek metali szlachetnych w mikroreaktorach przepływowych” wyodrębniłem 3 grupy tematyczne. Publikacje A.2 i A.4 dotyczą absorpcji promieniowania X w roztworach Au(III) i w dyspersjach Au(0) powstających w trakcie ich redukcji. Te badania znajdują się poza głównym nurtem tematyki określonej w tytule recenzowanego osiągnięcia naukowego i mają z nim jedynie pośredni związek. Absorpcja promieniowania X stosowana jest raczej do badania struktury kompleksów metali w roztworach i w dyspersjach w stanie równowagi niż do badań kinetycznych w układach, gdzie obok siebie występuje wiele różnych indywiduów chemicznych. W takich skomplikowanych układach otrzymuje się widma absorpcyjne będące wynikiem nakładania się widm wielu indywiduów chemicznych i ich jednoznaczna dekonwolucja prowadząca do struktury poszczególnych indywiduów chemicznych i ich ilościowych proporcji jest praktycznie niemożliwa. W praktyce wiele badań ogranicza się do porównania widm zmierzonych w badanym układzie do widm próbek wzorcowych o znanej strukturze, co również znajdujemy w cytowanych publikacjach. Równanie (2) w pracy A.2 jest błędne. Sugeruje ono, że Au(III) ma liczbę koordynacyjną 6, co jest nieprawdą. Dla niewielkich jednofunkcyjnych ligandów nieorganicznych liczba koordynacyjna Au(III) wynosi 4. Co prawda w tekście powyżej równania (2) w pracy A.2 przypisano molekule wody do drugiej powłoki koordynacyjnej, ale jeżeli tak jest w istocie, to zapis w równaniu (2) w pracy A.2 jest nieprawidłowy, gdyż nawias kwadratowy jest zastrzeżony dla ligandów w pierwszej powłoce koordynacyjnej. Ponadto liczba molekuł wody w drugiej powłoce koordynacyjnej jest z pewnością większa niż 2. Jestem zaskoczony, że redaktor i recenzenci tak znakomitego czasopisma jak Journal of Physical Chemistry przeoczyli ten szczegół. Badania absorpcji promieniowania X mogłyby być użyteczne do rozstrzygnięcia pewnych problemów, np. w pracy A.9 Habilitant powołuje się na kompleksy  $[\text{AuCl}_3\text{OH}]^-$  jako produkty hydrolizy jonów  $[\text{AuCl}_4]^-$  nie podając jednak przekonującego dowodu na ich istnienie. Być może udałoby się sprawdzić, czy istotnie dochodzi do postulowanej przez Habilitanta wymiany ligandów.

Publikacje A.1, A.3 i A4-A10 stanowią główny nurt badań w przedstawionym cyklu i poświęcone są kinetyce krystalizacji Au i innych metali szlachetnych. Habilitant użył wielu substancji jak: etanol, siarczan (IV), hydrazyna, glukoza, kwas askorbinowy i nadtlenuk wodoru jako reduktorów, zaś kwasu chlorozłotowego jako prekursora złota. Badania przeprowadzono przy różnych stężeniach tych reduktorów. Sam dobór reagentów jest raczej standardowy i nie jest oryginalnym pomysłem

Habilitanta. Kwas chlorozłotowy jest najpopularniejszym prekursorem koloidalnego złota i stosowany był w wielu recepturach, np. przy produkcji słynnej purpury Kasjusza. Itakura i wsp. (1995) zastosowali etanol, Matijevic i wsp. (1999) zastosowali kwas askorbinowy, zaś Ishizuka i wsp. (1992) - hydrazynę do redukcji Au(III). Większość badaczy, którzy stosowali powyższe reagenty nie prowadziła szczegółowych badań kinetycznych, ograniczając się do badania właściwości końcowego produktu. Niewielkie zainteresowanie badaniami kinetycznymi ma swoje głębokie uzasadnienie. Kinetyka reakcji chemicznej zależy od wielu czynników, które w dużej części trudno jest kontrolować, jak wielkość i kształt reaktora, sposób i szybkość mieszania, kolejność dodawania reagentów, a przede wszystkim obecność niewielkich ilości różnych substancji, w tym obecnych jako zanieczyszczenia reagentów, które w danej reakcji mogą spełniać rolę katalizatorów dodatnich lub ujemnych. Dlatego też uzyskanie powtarzalnych wyników w eksperymentach kinetycznych jest niezwykle trudne, a czasami wręcz niemożliwe. W badaniach kinetycznych mamy do czynienia z problemami, które nie występują w badaniach układów w stanie równowagi. Eksperymentator ma do wyboru monitorowanie składu reagującej mieszaniny *in situ*, bez pobierania próbek, co wymaga specjalnej konstrukcji reaktora, lub okresowe pobieranie próbek do analizy, co z kolei zakłóca proces i wpływa na jego dalszy przebieg. Nawet jeżeli uda się uzyskać powtarzalne wyniki w jednym laboratorium, to zazwyczaj nie można ich odtworzyć w innym. Dlatego też wyniki takie mają ograniczone znaczenie, a otrzymane „stałe szybkości reakcji” są często stałe tylko z pozoru. Niepowtarzalność wyników jest wielkim problemem w badaniach kinetycznych, zwłaszcza gdy reakcja może zachodzić w różnych kierunkach, np. z jednej strony nukleacja, a z drugiej wzrost już utworzonych cząstek.

Habilitant zgromadził więc jedyną w swoim rodzaju kolekcję danych kinetycznych. Z wielu przedłożonych publikacji wynika, że eksperymenty nie były powtarzane, tzn. stałe szybkości reakcji podawane są z 3 lub 4 cyframi znaczącymi (np. Tabela 3 w pracy A.3, Tabela 1 w pracy A.5, Tabela 2 w pracy A.6 oraz Tabele 1 i 2 w pracy A.10) bez podania odchylenia standardowego lub innej wielkości określającej rozrzut wyników. Odchylenia standardowe przytoczono natomiast w pracach A.7-A.9, jakkolwiek podane w tych pracach wartości ( $2\sigma$  z 5 pomiarów na poziomie 2-7% wartości mierzonej) są małe w porównaniu z typowymi odchyleniami obserwowanymi w badaniach kinetycznych w podobnych układach.

Habilitant użył w swoich badaniach reaktora przepływowego, jednak część przedstawionych wyników otrzymano w reaktorze (reaktorach?) okresowych (cyklicznych). Użycie reaktora przepływowego nie jest oryginalnym pomysłem Habilitanta. Np. Niesz i wsp. (2008) użyli reaktora przepływowego do syntezy nanocząstek Pt i ich osadzania na mezoporowatej krzemionce SBA-15, zaś Ishizaka i wsp. (2012) użyli podobnego reaktora do syntezy nanocząstek złota.

Wyznaczanie kinetyki tworzenia cząstek koloidalnych jest wymagającym zadaniem. Na Rysunku 2 w pracy A.5 przedstawiono spadek absorbancji przy 314 nm tzn. długości fali odpowiadającej maksimum w widmie absorpcyjnym  $[\text{AuCl}_4^-]$ . Habilitant słusznie zauważa, że spadek absorbancji w początkowym etapie procesu jest głównie związany ze spadkiem stężenia jonów  $[\text{AuCl}_4^-]$ , zaś następujący po nim wzrost absorbancji jest spowodowany absorpcją promieniowania przez wytworzone nanocząstki Au. Habilitant konkluduje, że w takim razie do wyznaczenia stałej szybkości reakcji powinno się uwzględniać tylko fragment krzywej przedstawiającej absorbancję przy 314 nm jako funkcję czasu poniżej minimum. Takie rozumowanie jest nieprawidłowe, gdyż cała krzywa przedstawiająca absorbancję przy 314 nm jako funkcję czasu, w tym jej fragment poniżej minimum, jest wynikiem z jednej strony spadku absorbancji wskutek spadku stężenia jonów  $[\text{AuCl}_4^-]$ , z drugiej zaś wzrostu absorbancji spowodowanego wzrostem stężenia nanocząstek Au. W początkowej części (do minimum) przeważa pierwszy z tych efektów, zaś w dalszej części (między minimum a maksimum) - efekt drugi. Jedynie ekstrapolacja wykresów przedstawionych na Rysunku 2 w pracy A.5 do  $t=0$ , czyli do warunków, gdzie nanocząstki Au są nieobecne lub odpowiednia korekta krzywych kinetycznych (na

absorbpcję promieniowania przez nanocząstki Au) może doprowadzić do prawidłowej wartości stałej szybkości reakcji. Mam nadzieję, że kwestionowane w tej recenzji sformułowanie jest wynikiem braku właściwej komunikacji między współautorami pracy lub niezręcznym tłumaczeniem z polskiego lub z węgierskiego na angielski, gdyż biorąc to sformułowanie dosłownie można by kwestionować wartości stałych szybkości reakcji otrzymanych w pracy A.5. Moje obawy potwierdza Rysunek 5 w pracy A.5, na którym liniowość zależności wyrażonej równaniem 5 w pracy A.5 pozostawia wiele do życzenia. Nie podzielam fascynacji Habilitanta modelem kinetycznym autorów Watzky i Finke, na który powołuje się on w większości publikacji A.3 i A.5-A.10. Publikacja tych autorów ukazała się w czasopiśmie o wysokim współczynniku IF i osiągnęła gigantyczną liczbę cytowań (do której przyczynił się sam Habilitant), jednak zaproponowany w niej model jest dość prymitywny i w żadnym razie nie odzwierciedla on rzeczywistego mechanizmu reakcji (nota bene w cytowanej pracy nie chodziło o reakcję tworzenia cząstek Au). Ich model może w najlepszym razie być traktowany jako podstawa do wyprowadzenia wygodnego równania empirycznego. Pewien niedosyt budzi brak zainteresowania Habilitanta innymi równaniami kinetycznymi.

W publikacji A.1 natężenie światła rozproszonego wyrażono w nietypowych jednostkach, a mianowicie w kHz (oś pionowa na Rysunkach 4a, 5 i 6).

Za dość niefortunny uważam pomysł przedstawiony w pracy A.7, a polegający na wykorzystaniu równania Daviesa (równ. 10 w tej pracy) w badaniach kinetycznych. To empiryczne równanie służy do obliczania współczynników aktywności w roztworach elektrolitów, nie zaś do obliczania stałych szybkości reakcji redoks, w której reagentami są jony i molekuly. Rysunek 6 w pracy A.7 sugeruje, że Habilitant w obliczeniach ogólnej siły jonowej pominął udział kwasu solnego, którego stężenie wynosi ok. 1 M, skoro roztwór ma pH 1.3, a uwzględnił jedynie stężenie nadchloranu sodowego, którego maksymalne stężenie wynosi 0.35 M, a więc jest dużo mniejsze. Zatem we wszystkich eksperymentach przedstawionych na Rys. 6 i w Tabeli 6 w pracy A.7, ogólna siła jonowa była w przybliżeniu jednakowa. Według równania Davisa, aktywność jonów maleje wraz z siłą jonową. Jeżeli zatem szybkość reakcji jest wprost proporcjonalna do aktywności jonów, a nie do ich stężenia, to powinna ona maleć ze wzrostem siły jonowej, zaś Rys. 6 i Tabela 6 w pracy A.7 wskazują raczej na wzrost szybkości reakcji. W moim przekonaniu wpływ jonów nadchloranowych na szybkość reakcji redoks nie wynika ze wzrostu siły jonowej, lecz raczej z ich reaktywności redoks. Jony nadchloranowe w środowisku kwaśnym mogą być zarówno utleniaczem jak i reduktorem. Jeżeli Habilitant chciał badać wpływ siły jonowej na kinetykę reakcji, to po pierwsze powinien zastosować elektrolit, który w warunkach badanej reakcji nie wykazuje reaktywności redoks, a po drugie badać taki zakres jego stężeń, który pozwoli zmieniać siłę jonową w szerokich granicach.

W publikacji A.11 Habilitant w rozdziale 2.2 słusznie postawił znak zapytania (w nawiasie) przy potencjale  $\zeta$ . W pracy tej podano wartość potencjału  $\zeta$  -46.11 mV. Wynik ten jest dziwny co najmniej z trzech powodów. Po pierwsze wartość potencjału  $\zeta$  nie jest właściwością cząstek, lecz zależy od otaczającego roztworu, np. od siły jonowej. Jeżeli zatem skład roztworu nie został podany, to taki wynik jest bezwartościowy. Wielkością bezpośrednio mierzoną jest ruchliwość elektroforetyczna, z której można obliczyć potencjał  $\zeta$  stosując różne modele. Domyślnie (ustawienia opcji w przyrządzie Zetasizer firmy Malvern) stosowany jest model Smoluchowskiego, który jednak jest słabym przybliżeniem w przypadku cząstek o średnicy 30 nm, ze względu na zbyt małą wartość  $\kappa a$  (aby równanie Smoluchowskiego dawało prawidłowy wynik, wartość ta powinna wynosić co najmniej 100). W opisanej sytuacji należało raczej zastosować model O'Brien'a i White'a. Ponadto, specyfika pomiaru potencjału  $\zeta$  pozwala na precyzję pomiaru w najlepszym razie rzędu 1 mV, a więc podawanie wartości w dokładnością do 2 cyfr po przecinku jest niewłaściwe.

Część 4 autoreferatu (str. 3-21), w której Habilitant streszcza najważniejsze osiągnięcia zawarte w

poszczególnych publikacjach, traktuję jako integralną część osiągnięcia naukowego „Kryteria doboru warunków procesów otrzymywania nanocząstek metali szlachetnych w mikroreaktorach przepływowych”. W zasadzie jest ona napisana poprawnie, jednak mam do niej pewne zastrzeżenia. Na str. 6 użyto niezręcznego terminu „moc reduktora”. Są dobrze zdefiniowane pojęcia typu „standardowy potencjał reakcji redukcji”, „potencjał redoks”, które pozwalają ilościowo określić warunki reakcji redoks i przewidzieć jej kierunek. Przy okazji pragnę wyrazić moje rozczarowanie, że Habilitant w swoich badaniach kinetycznych nie monitorował potencjału redoks, który to pomiar jest relatywnie prosty i wiarygodny. Na str. 7 Habilitant często operuje pojęciami typu: duża proporcja, mała objętość, zamiast podać konkretne wartości (zakresy wartości). W wierszu 1 na str. 8 omyłkowo napisano F(sub)R zamiast R(sub)F. Na str. 16 użyto sformułowania „faza Au(I)”. Pomijając już fakt, że Au(I) jest silniejszym utleniaczem niż Au(III) i w związku z tym jest bardzo nietrwale, użycie terminu „faza” jest w tym kontekście nie na miejscu. W podsumowaniu na str. 20 jest mowa o pracy A.12, która nie występuje nigdzie indziej.

Pomimo powyższych uwag krytycznych i wątpliwości, **pozytywnie oceniam osiągnięcie naukowe „Kryteria doboru warunków procesów otrzymywania nanocząstek metali szlachetnych w mikroreaktorach przepływowych” i stwierdzam, że spełnia ono warunki stawiane w odpowiedniej ustawie i może być podstawą do ubiegania się przez dr. inż. Krzysztofa Jana Paclawskiego o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.**

W dalszej części tej recenzji oceniam ogólny dorobek Habilitanta. Habilitant posiada znaczący dorobek naukowy wyrażony poprzez takie współczynniki bibliometryczne jak liczba publikacji, liczba cytowań, liczba cytowań niezależnych, współczynnik Hirscha i sumaryczny współczynnik IF opublikowanych prac. Osiągnięcia Habilitanta są znacząco wyższe w porównaniu z innymi kandydatami ubiegającymi się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych oraz porównywalne z kandydatami ubiegającymi się o stopień doktora habilitowanego w dziedzinie nauk fizycznych. Habilitant jest także współautorem 2 patentów krajowych. Habilitant brał udział w wielu projektach badawczych, w tym jako kierownik i główny wykonawca. Habilitant prezentował swoje wyniki na konferencjach krajowych i zagranicznych. Habilitant odbył półroczny staż podoktorski w USA, ma także na swoim koncie krótkie wyjazdy zagraniczne w celu przeprowadzenia prac badawczych. Habilitant był promotorem wielu prac magisterskich i inżynierskich, w większości powiązanych tematycznie z prezentowanym osiągnięciem naukowym. Habilitant prowadził wiele zajęć dydaktycznych, głównie z chemii i metalurgii. Wiele z tych osiągnięć uzyskał po doktoracie. Ogólny dorobek Habilitanta jest znaczący i spełnia warunki odpowiedniej ustawy.

**Na podstawie przedstawionego mi do recenzji osiągnięcia naukowego i oceny ogólnego dorobku habilitanta, popieram wniosek o nadanie dr. inż. Krzysztofowi Janowi Paclawskiemu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.**

*Marek Kosmowski*