

Dr hab. inż. Piotr Kurcok, prof. CMPW PAN
Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych
Polskiej Akademii Nauk
Zabrze

piotr.kurcok@cmpw-pan.edu.pl

Recenzja pracy doktorskiej
mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego
pt.: "NOWE PREKURSORY METALIZOWANIA BEZPRĄDOWEGO MATERIAŁÓW
POLIMEROWYCH MODYFIKOWANYCH LASEROWO"

Promotor: dr hab. n. t. Piotr Rytlewski, prof. UKW
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Krzysztof Moraczewski, prof. UKW

Recenzja została wykonana na podstawie uchwały Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej z dnia 16.01.2019 roku.

Przedłożona do recenzji praca dotyczy istotnego z punktu widzenia nauk o materiałach zagadnienia jakim jest metalizacja materiałów polimerowych. Metalizacja materiałów polimerowych jest jedną z metod modyfikacji ich właściwości chemicznych (zwiększenie odporności na działanie czynników atmosferycznych i chemicznych) jak i eksploatacyjnych (zwiększenie twardości czy odporności na ścieranie). Ponadto istotnym problemem jest tutaj także redukcja masy wytwarzanych produktów a także energii niezbędnej do ich wytworzenia porównując z podobnymi produktami wykonanymi z takich materiałów jak metale czy ceramika. Jedną z bardziej wygodnych metod nanoszenia warstwy metalu na podłoże polimerowe jest metalizowanie bezprądowe, tzn. proces przebiegający bez stosowania zewnętrznego źródła prądu elektrycznego. Proces ten ma znaczenie przemysłowe i jest znany już od kilkudziesięciu lat jednakże ciągle trwają intensywne badania mające na celu wytworzenie z odpowiednią szybkością powłok o dobrej jakości i przyczepności do podłoża. Wytwarzanie metalizowanych materiałów polimerowych jest ważnym procesem ze względu na ich szerokie zastosowanie nie tylko jako elementów wyposażenia samochodów, statków czy samolotów, ale przede wszystkim jako materiałów do produkcji zminiaturyzowanych systemów elektronicznych i mechatronicznych. Sukcesywny rozwój wytwarzania układów elektronicznych i mikroelektronicznych oraz dążenie do miniaturyzacji sprzętu elektronicznego związane są z intensywnymi badaniami nad nowymi procesami aktywacji powierzchni metalizowanych materiałów polimerowych przy użyciu różnych nowych kompleksowych prekursorów metalizacji. Zatem **przedstawiona do recenzji praca Pana mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego, pt. „Nowe prekursory metalizowania bezprądowego materiałów polimerowych modyfikowanych laserowo” doskonale wpisuje się w aktualne trendy badań dotyczących metalizowania materiałów polimerowych metodą bezprądową i jest istotna zarówno ze względów naukowych jak i aplikacyjnych.**

Centrum Materiałów Polimerowych i Węglowych jest Instytutem Polskiej Akademii Nauk

tel. 32 271 60 77
faks 32 271 29 69
sekretariat@cmpw-pan.edu.pl
www.cmpw-pan.edu.pl

Biuro Dziekana

Nr rej. RIN-III-70/11
NIP: 648-000-67-14
Konto bankowe:

48 1130 1091 0003 9112 2420 0001

wpłynęło dnia5.03.2019.....

nr753101000..... zał.2 kpl.....
2018119

Praca ma charakter pracy doświadczalnej, chociaż zawiera obszerne opracowanie teoretyczne stanu wiedzy dotyczące problemów metalizacji. **Tytuł rozprawy w pełni odzwierciedla zawarte w niej treści.** Formalnie, recenzowana praca składa się z następujących rozdziałów: **Wprowadzenie** (trzy strony) poprzedzone dwustronicowym *Wykazem stosowanych akronimów*, **Aktualny stan literatury** (czterdzieści sześć stron), **Teza badawcza i cel rozprawy** (trzy strony), **Metodyka badań** (dwadzieścia cztery strony), **Wyniki badań wstępnych** (trzydzieści trzy strony), **Wyniki badań zasadniczych** (dwadzieścia osiem stron), **Wnioski końcowe** (cztery strony), **Literatura** obejmującego sto trzydzieści dwie pozycje (siedem stron), oraz **Streszczenia** (w języku polskim i angielskim; cztery strony). W sumie, uwzględniając stronę tytułową itd., przedstawiona do recenzji praca liczyła sto pięćdziesiąt dziewięć stron i zamieszczono w niej 104 rysunki oraz 14 tabel.

Należy stwierdzić, że układ pracy jest zgodny z ogólnie przyjętymi zwyczajami a proporcje zasadniczych jej części prawidłowe.

Odnosząc się do poszczególnych części pracy stwierdzam co następuje:

W **Aktualnym stanie literatury** poprzedzonym *Wykazem stosowanych skrótów* oraz krótkim *Wprowadzeniem* dotyczącym przedmiotu rozprawy tj. pokrywania materiałów polimerowych metalami, Autor scharakteryzował krytycznie wybrane, główne metody metalizowania materiałów polimerowych omawiając zarówno same metody metalizacji jak i czynniki wpływające na poszczególne procesy jak i jakość wytwarzanych powłok. Szczególnie dużo uwagi Autor poświęcił procesom modyfikowania warstwy wierzchniej materiałów polimerowych pod działaniem plazmy oraz promieniowania laserowego mającym na celu przygotowanie powierzchni polimeru do metalizacji bezprądowej by w końcu omówić wybrane prekursory - związki metaloorganiczne, wykorzystywane w bezprądowym metalizowaniu zwracając uwagę na sposób ich stosowania oraz na reakcje ich termicznego rozkładu prowadzące do wytworzenia aktywowanej powierzchni pokrytej metalem na zerowym stopniu utlenienia.

Przedstawione w dysertacji studia literaturowe zakończone są szczególnie cennymi wnioskami wynikającymi z analizy stanu wiedzy dotyczącej tytułowej metalizacji i problemów z nią związanych, i pozwalającymi stwierdzić, że zarówno **temat jak i zakres recenzowanej rozprawy mają charakter oryginalny i są określone trafnie pod względem naukowym jak i aplikacyjnym.**

Układ tej części pracy nie budzi zastrzeżeń. Jednakże w trakcie lektury rozdziału nasunęły mi się następujące pytania i uwagi krytyczne:

- w *Spisie ważniejszych akronimów* nazwy niektórych związków są błędne np. APTMS rozwinięto jako *3-aminipropyl-trimetylosilan* a powinno być (3-aminopropyl) trimetylosilan; podobnie PFA to nie *poli(tetrafluoroetylen-perfluoropropyl) eter winylowy* a poli(tetrafluoroetylen-co-eter perfluoropropylowo-winyłowy); nazwy te są powtórzone również w innych miejscach rozprawy
- s.13: Autor pisze: *Wraz ze wzrostem temperatury kąpeli do metalizowania wzrasta szybkość osadzania, aż do przekroczenia pewnej wartości temperatury, w której **związek kompleksowy** traci zdolność wiązania jonów metalu i dochodzi do spadku szybkości osadzania warstwy metalicznej.*

Z treści całego akapitu wynika, że Autor ma na myśli nie związek kompleksowy a związek kompleksujący, np. EDTA. Problem przewija się przez całą pracę.

- s.14: określenie *odczyn pH* jest użyte błędnie – albo odczyn (kwaśny, obojętny, zasadowy) albo pH (wartość liczbowa opisana wzorem $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$)
- s.15: proszę o wyjaśnienie, co Autor ma na myśli używając określenia: *...szybkość osadzanej warstwy metalicznej...*
- s.17: rys. 1.4 – przedstawiony wzór chemiczny nie odpowiada 2-merkaptobenzotiazolowi
- s.19: *Możliwość bardzo dokładnego wykonania ścieżek przewodzących można wykonać za pomocą promieniowania laserowego.* Zdanie niezbyt szczęśliwe, nielogiczne
- s. 21: co Autor miał na myśli pisząc o *...cząsteczkach odparowanego metalu...?*
- s.33: Okubo pisał o kwasie akrylowym a nie arylowym (oba określenia mają sens) jako składniku gazu procesowego
- s.40: jaki związek miał Autor na myśli pisząc o *diwodorofosforanie sodu podfosforynu?*
- s. 45: Autor podaje, że produktami reakcji zachodzących w warstwie wierzchniej podczas modyfikowania laserowego są również *produkty małocząsteczkowe takie jak woda i woda utleniona*. Otóż woda utleniona raczej w takich reakcjach nie powstaje, jako że woda utleniona to zwyczajowa nazwa 3% roztworu nadtlenku wodoru; w trakcie modyfikacji powstaje nadtlenek wodoru
- s.53: zdanie *... Powłoka acetyloacetonianu miedzi (II) z dodatkiem tlenku miedzi (II), a następnie ich modyfikowanie laserowe, powoduje redukcję Cu^{2+} do Cu^0 .* Prawdopodobnie po kolejnych poprawkach i przeróbkach straciło trochę sens, chociaż jeśli czytelnik bardzo chce to zrozumie jaki jest jego sens.
- s.54: we wniosku nr 7 Autor pisze: *Były to przede wszystkim acetoniany i acetyloacetoniany palladu, miedzi lub niklu.* Czy na pewno chodzi o acetoniany czy o octany??

Więcej uwag do fragmentu nie mam, ale chciałem zwrócić uwagę, że powyższe uwagi są uwagami w głównej mierze dotyczącymi nomenklatury.

W części zatytułowanej **Teza badawcza i cel rozprawy** Autor w oparciu analizę literatury **sformułował w sposób jasny i w pełni zrozumiały tezę badawczą podjętych badań** stwierdzając, że *wybrane trzy związki kompleksowe miedzi (II) mogą okazać się efektywnymi prekursorami metalizacji bezprądowej materiałów polimerowych, których powierzchnia będzie aktywowana laserowo*, jak również sprecyzował cele (poznawcze i uytylitarne) pracy oraz zaprezentował sposób realizacji badań niezbędnych do ich osiągnięcia.

Autor wyjaśnia również, że w związku z koniecznością przeprowadzenia pewnych badań niezbędnych dla osiągnięcia postawionych celów, a wymagających użycia specjalistycznej aparatury niedostępnej w macierzystej Uczelni, zostały one wykonane w innych jednostkach naukowych takich jak: Instytut Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie i Instytut Inżynierii Materiałów Polimerowych i Barwników w Toruniu.

Tutaj chciałbym prosić Doktoranta o wyjaśnienie, co rozumie przez *określenie mechanizmów degradacji cieplnej badanych kompleksów miedzi*.

Metodyka badań jest napisana w zasadzie właściwie. Autor najpierw omówił stosowane w pracy materiały z podziałem na materiały użyte do: wytworzenia odpowiednio podłoży powłok polimerowych, osnów powłok polimerowych, materiałów użytych jako dodatki do powłok polimerowych oraz kąpiel do metalizacji bezprądowej. Wybór poszczególnych materiałów został racjonalnie uzasadniony; opisano zarówno warunki wytwarzania podłoży oraz głównych dodatków powłok tj. kompleksów miedzi (II), które były syntezowane zgodnie z przepisami dostępnymi w literaturze naukowej. Przygotowano powłoki zawierające jako dodatki odpowiednie związki miedzi (II) oraz w niektórych przypadkach mikrosfery o różnej granulacji naniesione na podłoża napromieniano laserowo w celu zredukowania miedzi (II) znajdującej się w powłoce do miedzi metalicznej. Wszystkie otrzymane powłoki (również po napromienieniu) były charakteryzowane następującymi technikami: dynamiczna analiza mechaniczna, różnicowa kalorymetria skaningowa, termogravimetria połączona z analizą spektroskopową, spektroskopia w podczerwieni, spektroskopia UV-vis, rentgenowska spektrometria fotoelektronowa i skaningowa mikroskopia elektronowa. Ponadto badano również kąt zwilżania powłok oraz wyznaczono swobodną energię powierzchniową powłok i mierzono wytrzymałość adhezyjną na granicy podłoże-powłoka i powłoka-osadzona warstwa miedzi metalicznej.

Uwagi do tego rozdziału:

- s.62: nazwy związków kompleksowych są dosyć skomplikowane i długie dlatego zaleca się stosowanie nazw w formie wzorów jak jest zaprezentowane np. w pozycjach literaturowych dotyczących zsyntezowanych i stosowanych w dysertacji (poz. 100-102). Tam używa się nazw kompleksów w formie $[Cu(tyr)_2]_n$, $[Cu(bpy)_2(O_2SO_2)] \cdot CH_3OH$, i $[Cu(bpy)_3][CrO_4] \cdot 7.5H_2O$ chociaż w tym ostatnim przykładzie zamiast kropki oddzielającej dziesiętne powinien być w języku polski przecinek; dodatkowo można wyjaśnić znaczenie „tyr” i „bpy” chociaż są one powszechnie stosowane. Pozwoli to uniknąć niepotrzebnej dyskusji i jest precyzyjne i nie generuje błędów. A propos błędów to w zapisie kompleksu A nawias klamrowy jest niepotrzebny, w kompleksie B chrom jest na VI stopniu utlenienia a nie IV.

Na tej samej stronie wyrażenie: *Związki zostały opracowane na Wydziale.....* nie jest szczególnie udane ; powinno być: *Synteza.....została opracowana....*, chociaż i tutaj można by dyskutować o poprawności.

- S. 63: jeśli to możliwe to czy Autor mógłby skomentować co było powodem jedynie 70% wydajności syntezy kompleksu $[Cu(bpy)_2(O_2SO_2)] \cdot CH_3OH$?
- Charakteryzując formaldehyd Autor zadał sobie trud przedstawienia masy molowej tego związku nie pisząc nic na temat stężenia tego związku czy jego czystości.
- brak jakikolwiek informacji dotyczącej sposobu nanoszenia powłoki polimerowej na podłoże. Czy można uzyskać informację na ten temat??
- Autor dość obszernie opisuje stosowane metody instrumentalne użyte w charakterystyce zarówno materiałów jak i warstwy wierzchniej i powłoki metalicznej i wydaje się, że byłby wskazany krótki komentarz dotyczący wyboru metody badania wytrzymałości adhezyjnej.

Część dotycząca omówienie uzyskanych wyników badań podzielona jest na dwa odrębne

rozdziały, z których w pierwszym zawarto **wyniki badań wstępnych**, związanych z doborem materiału podłoża i osnowy powłoki, określeniem wpływu dodatku oraz wielkości mikrosfer szklanych na właściwości utworzonej powłoki a także charakterystyką wybranych kompleksów miedzi (II) głównie pod kątem ich stabilności termicznej. W drugiej części obejmującej **wyniki badań zasadniczych** przeprowadzono ocenę wybranych kompleksów miedzi (II) jako prekursorów metalizowania bezprądowego, scharakteryzowano morfologię powierzchni powłok napromienionych laserowo oraz zbadano zależność pomiędzy energią i ilością impulsów a zawartością miedzi (0) w warstwie wierzchniej. Zbadano również wpływ mikrosfer szklanych na efekt modyfikacji laserowej.

Przeprowadzone w ramach pierwszej części badania zakończone pełnym sukcesem pozwoliły na wyselekcjonowanie materiałów o właściwościach (wytrzymałości adhezyjnej, właściwościach termicznych) korzystnych do dalszych badań a mianowicie: poliwęglanu jako podłoża oraz żywicy Z2 (żywica poliuretanowa typu B4060 firmy Haering ze środkiem sieciującym) jako osnowy powłoki. Dodatkowo Doktorant przeprowadził modelowe badania termogravimetryczne stabilności termicznej wybranych związków miedzi (II) nie tylko wyznaczając zakresy temperatur ich rozkładu, ale także określając, które składniki organiczne/części ulegają uwolnieniu w odpowiednich zakresach temperatur. Przeprowadzone badania wykazały, że kompleks A, tj. $[Cu(tyr)_2]_n$, jest obiecującym kandydatem prekursora metalizowania po obróbce laserowej.

Badania referowane jako badania zasadnicze zweryfikowały wyniki badań wstępnych i potwierdziły, że korzystnym prekursorem dla miedziowania bezprądowego jest kompleks stanowiący połączenie miedzi (II) z tyrozyną natomiast pozostałe dwa kompleksy miedzi (II) raczej nie nadają się do tego celu. Opracowany w ramach niniejszej pracy specjalny model określania na podstawie całych widm fotoelektronów udziału poszczególnych form miedzi pozwolił na stwierdzenie, że miedź w powłokach napromienionych mniejszą liczbą impulsów laserowych występuje głównie w formie Cu_2O , CuO oraz $Cu(OH)_2$, natomiast wraz ze wzrostem liczby impulsów rośnie udział miedzi metalicznej zwłaszcza w przypadku większych energii jednostkowych. W badaniach tych stwierdzono również istotny wpływ mikrosfer szklanych oraz ich rozmiaru na proces metalizacji bezprądowej.

Przedstawione w recenzowanej dysertacji wyniki oraz ich dyskusja pozostawiły wiele otwartych problemów, których wyjaśnienie nie było możliwe w niniejszej rozprawie ze względów chociażby czasowych jednakże wskazuje to na potencjał naukowy i technologiczny tego tematu i sugeruje kontynuację tych badań w przyszłości.

Układ tej części pracy jest poprawny, jednakże znowu nasunęły mi się krytyczne uwagi i spostrzeżenia, a mianowicie:

- s. 85: czy badano żywice czy usieciowane produkty, z których były wykonane powłoki?
- s.93: *im mniejszy jest współczynnik ciepła właściwego tym wyższy jest wzrost temperatury ...* - ciepło właściwe będące cechą charakterystyczną danego materiału nie jest współczynnikiem
- s 95: wraca problem użytych w powłokach kompleksów – rys. 4.12 nie przedstawia struktury chemicznej kompleksu A chociażby dlatego, że jego wzór sumaryczny w ref. 100 określony jest jako $C_{18}H_{20}CuN_2O_6$ a w dysertacji $C_{18}H_{18}CuN_2O_6$. Optymalnym wydawało się tutaj niezamieszczanie struktur bądź skorzystanie z rysunków zamieszczonych w cytowanych publikacjach. Rys. 4.13 przedstawia **zdeformowaną oktaedryczną sferę koordynacyjną** wokół jonu Cu(II) w $[Cu(bpy)_3]^{2+}$. Struktura na rysunku powinna być ujęta w nawias kwadratowy i w prawym górnym rogu powinien być ładunek 2+. Rys. 4.14 – podobnie jak wyżej przedstawia zdeformowaną oktaedryczną sferę koordynacyjną wokół jonu Cu(II) w $[Cu(bpy)_2(O_2SO_2)] \cdot CH_3OH$. Wydaje mi się, że poniższy zapis wyraża to, co Autor chciał

przedstawić w tym miejscu:

Jak wykazały badania krystalograficzne w zewnętrznej sferze koordynacyjnej kationu kompleksowego, $[Cu(bpy)_3]^{2+}$ (rys. 4.13), znajdują się jony CrO_4^{2-} (chromian (VI), które wraz z cząsteczkami wody hydratacyjnej stabilizują strukturę krystaliczną tego kompleksu za pomocą międzycząsteczkowych wiązań wodorowych. $[Cu(bpy)_2(O_2SO_2)]$, przedstawiony schematycznie na rys.4.14 krystalizuje w postaci $[Cu(bpy)_2(O_2SO_2)] \cdot CH_3OH$. Badania krystalograficzne wykazały, że cząsteczka metanolu uczestniczy w tworzeniu jednego międzycząsteczkowego wiązania wodorowego.

- Omawiając/przypisując odpowiednie pasma w widmach FTIR warto by odwołać się do odnośników literaturowych, chyba że jest to niemożliwe
- s.111, ostatni akapit: opis dotyczy kompleksu C a nie jak podano B
- s. 114: Autor podaje, że produktem rozkładu kompleksu C jest między innymi tlenek siarki – właściwie jest tlenek siarki (IV), chociaż do przyjęcia jest również dwutlenek siarki
- s.118, pierwszy akapit: kompleks C zawiera jony siarczanowe a nie chromianowe!
- s.142: uważam, że umieszczanie kolumny w tabeli (Tab. 5.6), w której są wpisane takie same wartości nie ma większego sensu, wystarczyło pod tablicą wyjaśnić gdzie położone było maksimum pików

Autor omawiając wyniki XPS dla powłok zawierających mikrosfery szklane stwierdza, że ... *Są to wyniki zasadniczo różne od tych wyznaczonych dla powłok niezawierających mikrosfer szklanych, w przypadku których udział miedzi w postaci $Cu^{(0)}$ wynosił niecałe 25%, a miedzi metalicznej ponad 30%....* W jaki sposób rozróżnia miedź (0) od miedzi metalicznej??

Poza powyższymi nie dostrzegłem istotnych usterek.

Kolejna część pracy zatytułowana **Podsumowanie i wnioski** podsumowuje uzyskane wyniki badań i wykazuje, że założone w pracy cele zostały osiągnięte. Autor sformułował rozsądne i w pełni uzasadnione wnioski poznawcze oraz uytylitarne. Najważniejsze to odkrycie skuteczności kompleksu $[Cu(tyr)_2]_n$ jako prekursora w procesie bezprądowej metalizacji powłok, których powierzchnie aktywuje się promieniowaniem laserowym. Wykazano również korzystny wpływ mikrosfer szklanych na obniżenie zawartości L-tyrozyny miedzi. Wyniki aplikacyjne uzyskane w ramach realizacji niniejszej rozprawy są chronione poprzez odpowiednie zgłoszenia patentowe.

Po lekturze pracy nasuwa się pytanie czy zdaniem Doktoranta zastosowanie kompleksu $[Cu(tyr)_2]_n$ w procesach metalizacji bezprądowej rzeczywiście może być uzasadnione ekonomicznie.

Jak już wspomniano **Literatura** zawiera 132 odnośniki literaturowe (cytowania prac w publikowanych głównie w angielskojęzycznych czasopismach naukowych, monografiach i rozdziałów w monografiach, patentów jak i stron internetowych). Jeśli chodzi o sposób opisu cytowania to jest on w zasadzie poprawny, typowy dla prac z zakresu nauk technicznych; może przydatnym dla osób korzystających z tej pracy naukowej byłoby zamieszczanie w opisie cytowanych prac cyfrowego identyfikatora dokumentu elektronicznego (DOI). To pozwoliło by uniknąć problemów ze znalezieniem cytowanych z błędem pozycji literaturowych 65 (czasopismo cytowane to *Journal of Polymer Science and Technology* a artykuł znaleźć można w *Journal of Photopolymer Science and Technology*) czy 66

(artykuł jest wydrukowany wprawdzie w *Current Applied Physics* ale w suplemencie, zatem zakres stron powinien być nie 38-41 ale S38-S41). Ponadto wydaje się właściwym cytowanie nazw czasopism w formie skróconej, np. zamiast *Journal of Applied Polymer Science* należy użyć *J. Appl. Polym. Sci.*

Po spisie literatury zgodnie z wymogami w tego typu pracach zamieszczono właściwie przygotowane streszczenia w języku polskim i angielskim.

Należy stwierdzić, że praca posiada pewne dodatkowe niedociągnięcia redakcyjne np. błędy literowe (np. zamiast osnowa jest sosnowa), brak niezbędnych spacji czy przecinków, ale ich ilość jest typowa dla tego rodzaju opracowań i proponuję je Doktorantowi wybaczyć.

Reasumując uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mająca w dużym stopniu charakter multidyscyplinarnej, oryginalnej pracy naukowej zawiera ważne elementy poznawcze. Wyjaśnia ona częściowo niektóre problemy dotyczące bezprądowego metalizowania z wykorzystaniem nowych związków metaloorganicznych miedzi (II) i **wnosi istotny wkład w rozwój inżynierii materiałowej**. Cele poznawcze obejmujące zbadanie wybranych właściwości nowych kompleksów miedzi, a także polimerowych powłok zawierających te kompleksy, które zostały poddane laserowej modyfikacji i metalizacji bezprądowej tak otrzymanych powierzchni jak i cel użytkowy polegający na opracowaniu składu powłok polimerowych zawierających nowe kompleksy miedzi (II), umożliwiającego ich bezpośrednią metalizację bezprądową po wcześniejszym modyfikowaniu laserowym zostały zrealizowane z sukcesem. Jednocześnie w oparciu o lekturę treści dysertacji można stwierdzić, że **Autor wykazał się znaczną wiedzą w dziedzinie inżynierii materiałowej związanej z metalizacją materiałów polimerowych a także poznał i z powodzeniem stosował nowoczesne techniki badawcze niezbędne w pracy naukowej.**

Na podstawie szczegółowej analizy przedłożonej mi do recenzji rozprawy doktorskiej Pana mgr. Bartłomieja Jagodzińskiego **stwierdzam, że praca ta w pełni spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim w Ustawie „O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 roku z późniejszymi zmianami i zwracam się do Wysokiej Rady Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiego o dopuszczenie mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego do dalszych części przewodu doktorskiego.**

Jednocześnie biorąc pod uwagę dorobek naukowy Doktoranta (10 publikacji, WoS i 2 zgłoszenia patentowe z zakresu dysertacji), jak również wartość merytoryczną przedstawionej pracy wnioskuję o wyróżnienie pracy doktorskiej Pana mgr inż. Bartłomieja Jagodzińskiego.



Gliwice 28 luty 2019r.