

prof. dr hab. inż. Ryszard Kacprzyk
ul. Seweryna Wysloucha 32
52-433 Wrocław
Tel. kom. +48 603 677 693

Wrocław, dnia 11.10.2023

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr-a **Arkadiusza, Tomasza Sobczyka**, zatytułowanej „**Powstawanie struktur węglowych w stałonapięciowym wyładowaniu elektrycznym w układzie igła- płyta w przepływającej mieszaninie argonu z cykloheksanem**”.

Recenzję przygotowano na zlecenie Instytutu Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, umowa nr 20.07/D/3 z dnia 20 lipca 2023 r.

I. Charakterystyka rozprawy doktorskiej

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr-a Arkadiusza, Tomasza Sobczyka, zatytułowana: „Powstawanie struktur węglowych w stałonapięciowym wyładowaniu elektrycznym w układzie igła-płyta w przepływającej mieszaninie argonu z cykloheksanem” liczy 184 strony i obejmuje: streszczenia rozprawy w języku polskim i angielskim, zasadniczy tekst rozprawy zebrany w 6-ciu rozdziałach oraz bibliografię (259 pozycji). W rozprawie zawarto 113 rysunków, 9 tabel oraz dodatek charakteryzujący publikacyjny dorobek doktoranta.

Rozprawa ma charakter interdyscyplinarny a jej tematyka obejmuje zagadnienia z obszaru inżynierii mechanicznej, techniki wysokich napięć, chemii plazmy oraz inżynierii materiałowej. Celem pracy było poznanie procesu tworzenia depozytów węglowych, wytwarzanych podczas wyładowań w gazie zawierającym węglowodór oraz sprecyzowanie warunków umożliwiających otrzymanie żądanych struktur (węglowych). Zastosowano wyładowania elektryczne jarzeniowe przy napięciu stałym, w układzie elektrod niesymetrycznych (ostrze-płyta). Gaz nośny (argon) zawierał domieszkę oparów cykloheksanu, stanowiącego prekursor depozytów węglowych powstających na obu elektrodach pod wpływem ww. wyładowań.

W rozdziale pierwszym autor przedstawił cel i zakres badań zebranych w rozprawie doktorskiej oraz sformułował tezę rozprawy.

W rozdziale drugim dokonał przeglądu aktualnego stanu badań nad powstawaniem struktur węglowych, zwłaszcza przy wykorzystaniu plazmy nie termicznej wytwarzanej przy wykorzystaniu wyładowań elektrycznych w gazach. Przedstawił podstawowe właściwości fizyczne otrzymywanych struktur węglowych w zależności od zastosowanej technologii.

W rozdziale 3-cim autor omawia podstawy fizyczne wyładowań elektrycznych w gazach, zwłaszcza wyładowań słaboprądowych, przy zasilaniu układu wyładowczego wysokim napięciem stałym.

W rozdziale 4-tym przedstawił opis techniczny zbudowanego stanowiska badawczego, umożliwiającego wytwarzanie struktur węglowych podczas reakcji w fazie gazowej (argon, mieszanina argon-cykloheksanem) pod ciśnieniem bliskim normalnemu. Reaktor plazmowy wykorzystuje wyładowania elektryczne przy napięciu stałym. Zawarto w nim opisy

stosowanych procedur badawczych i metod analitycznych oraz aparaturę badawczą używaną w eksperymentach jak i w badaniach właściwości fizycznych otrzymanych struktur.

W największym (ponad 110 stron) rozdziale 5-tym autor zebrał wyniki własnych badań eksperymentalnych, w tym:

- charakterystyki prądowo-napięciowe układu wyładowczego (ostrze-płyta) oraz wpływ na nie odległości międzyelektrodowej i stężenia cykloheksanu (rozdz. 5.1), jak również wpływ tych czynników na morfologię otrzymanych struktur węglowych (rozdz. 5.2);
- wyniki badań chromatograficznych i spektroskopowych (widm emisyjnych) produktów gazowych powstających w wyładowaniu elektrycznym w mieszaninie par cykloheksanu z argonem i analizę wpływu wcześniej wymienionych czynników na powstające produkty gazowe (rozdz. 5.3, 5.4);
- wyniki badań rozkładu wielkości cząstek powstających w kolumnie plazmowej (rozdz. 5.5) oraz widm Ramana depozytów otrzymanych w różnych warunkach (wyładowania i składu atmosfery).

W rozdziale 6-tym podsumowano pracę badawczą oraz uzyskane wyniki. Sformułowano również wniosek ostateczny zawierający stwierdzenie o udowodnieniu tezy rozprawy.

2. Ocena najważniejszych osiągnięć doktoranta

Jednym z najistotniejszych osiągnięć Autora zawartych w pracy jest wykazanie możliwości wytwarzania struktur węglowych w reaktorze wykorzystującym niskoprądowe wyładowania elektryczne w układzie ostrze-płyta przy napięciu stałym i w atmosferze pod ciśnieniem bliskim normalnemu.

Zastosowanie układu ostrze-płyta z kolumną plazmową, ustawioną prostopadle do kierunku przepływu gazu, zawierającego jako prekursor cykloheksan, pozwoliło na otrzymanie różnych struktur węglowych, o różnym kształcie jak i gładkości powierzchni, włącznie z włóknami węglowymi.

Wyszczególniono warunki prowadzenia procesu dla otrzymania konkretnych struktur (np. włókna węglowe o średnicy ca. 20 μm i gładkiej powierzchni otrzymano na elektrodzie ostrzowej podczas wyładowania z prądem o wartości 1,6 – 2 mA, przy dodatniej polarności elektrody ostrzowej, w atmosferze ciągłego przepływu argonu z domieszką C_6H_{12} (2-5% vol. – dla oparów).

Autor wykonał badania składu i struktury otrzymanych depozytów. Badania struktury depozytów węglowych wykazały, że stosowana procedura prowadzi do otrzymania węgla o strukturze grafitu nanokrystalicznego lub amorficznego.

Autor potwierdził również występowanie nano-cząsteczek węgla w gazie poreakcyjnym oraz dokonał ich analizy ilościowej i wymiarowej. Struktura cząstek była zbliżona do struktury depozytów na elektrodzie ostrzowej.

3. Uwagi dyskusyjne, krytyczne oraz pytania.

1. We wstępie (str. 9, 15 linia od dołu) autor informuje o badaniach XRD – nie zauważyłem wyników ww. badań, nie ma też informacji w rozdziałach 4 i 5.

2. Treść tezy (str. 11, rozdz. 1.2.): „Wyładowania koronowe ...” budzi wątpliwość. Autor wytwarza struktury węglowe wykorzystując wyładowania jarzeniowe. Wyładowania koronowe, z definicji, obejmują jedynie część przestrzeni, w której zachodzi wyładowanie, jeśli przyjąć najkrótszy odcinek pomiędzy elektrodami.

3. Str. 13, rozdz. 2.2. 7 l.g. „Diamant ... jest półprzewodnikiem.” Do półprzewodników zalicza się materiały o szerokości przerwy zabronionej mniejszej (równej) od 2 eV. Prawdopodobieństwo termicznej jonizacji elektronów w diamencie, w temperaturze 300 K (dla 5,47 eV) jest „żadne”. Diamant jest wspaniałym dielektrykiem.

4. Proces wyładowania w gazie jest w istotny sposób uzależniony od ciśnienia gazu. Stanowisko opisane przez Autora nie pozwala na pomiar ani nie kontroluje ciśnienia w komorze reaktora, zakładając (a’piori), że jest one stałe i równe atmosferycznemu. Zmiana wielkości przepływu będzie prowadziła do zmiany ciśnienia w komorze, ze względu na skończony opór przepływu elementów włączonych na wylocie reaktora. Czy możliwość wystąpienia ww. efektu sprawdzono?

5. Dlaczego rezystor ograniczający (rezystor balastowy – str. 48, 2 l.g.) ma wartość $R=5M\Omega$ i w jaki sposób ją dobrano? Jaka jest wytrzymałość napięciowa ww. rezystora? Czy jego wartość wpływa na charakterystykę I-V reaktora (układu wyładowczego) i w jaki sposób?

6. Stosowane wychyłowe (ME) mierniki prądu zostały prawdopodobnie (nie naniesiono ich na schemacie – patrz rys. 4.1) zamontowane/włączone (szeregowo) od strony elektrody wyładowczej (ostrze), dołączonej do źródła wysokiego napięcia. Do montażu zastosowano izolator-wspornik. Czy sprawdzono izolator/(elementy montażu) na możliwość wystąpienia wyładowań niezupełnych, zwłaszcza w zakresie najwyższych stosowanych napięć? Jak była rezystancja upływu wsporników? Podobna uwaga dotyczy sondy z cewką Rogowskiego oraz sondy napięciowej.

7. W opisie układu wyładowczego Autor pisze: . Str. 43, 9 l.d. Elektrode ... zaostrzony ...”. Niejasne jak „zaostrzony”! Czy była to elektroda w formie stożka? Jeżeli tak to jaki promień posiadała końcówka elektrody ostrzowej -stożka? Jest to parametr bardzo istotny z p-tu widzenia charakterystyki I-V, przynajmniej na początku procesu wyładowań – kiedy nie ma jeszcze na niej depozytu. Od początkowej wartości promienia może również zależeć struktura depozytu. Jakie zdanie ma w tej sprawie autor.

8. Str. 64. Wyniki przedstawione na Rys. 5.(1)12 wskazują, że wymiary kolumny plazmowej praktycznie są stałe w czasie. Przyelektrodowe spadki napięcia (U_c , U_a) również przyjęto jako stałe (patrz str. 60). Jaka jest zatem przyczyna widocznych zmian napięcia międzyelektrodowego, pokazanych na Rys. 5.1.11.c? (dla mieszanki o stężeniu 5% C_6H_{12}).

9. Czy istnieje możliwość zmian średnicy włókna powstającego na elektrodzie ostrzowej?

10. Jakie właściwości elektryczne posiadały otrzymane włókna?

11. Czym autor tłumaczy zjawisko, w którym przy wzroście całkowitej mocy traconej w reaktorze (patrz rys. 5.4.1- wzrostowi napięcia towarzyszy wzrost prądu) energia dostarczona cząsteczkom gazu – patrz Rys 5.1.21, 5.1.22 - jest praktycznie stała a nawet maleje!!! (patrz przypadek dla odległości pomiędzy elektrodami 3,55 mm);

12. Wyniki przedstawione na rys. 5.2.6 oraz 5.2.9 wydają się być niekompatybilne, w kontekście informacji: „Nie zauważono występowania większych nierówności Średnica włókna wynosiła ... wzdłuż całej długości włókna”. Prędkość narastania długości włókna wykazuje maksimum (rys. 5.2.6) a prędkość narastania jego objętości – monotoniczny, niemal liniowy wzrost (rys. 5.2.9). Jak Autor to tłumaczy zjawisko?

10. Po jakim czasie pobierano próbki gazu wylotowego do badań chromatograficznych i w jakich ilościach?

4. Uwagi redakcyjne

- Str. 10, 4-7 linia (l) od góry (g) – „Wyładowanie elektryczne koronowe ... podobnymi ... wyładowania koronowego”. Nie jasne co Autor chciał przekazać?
- Str. 10, 11 l.g., jest „kolumnie”, winno być „kolumny”;
- Str. 11, Rozdz. 1.2. Teza, „... struktury węglowe na elektrodach wytwarzających wyładowanie.” Elektrody nie wytwarzają wyładowania a jedynie pole elektryczne.
- Str. 17, 11 l.g., „(poliynu)” czy „polinyu”? - patrz str. 18, 1 l.g.
- Str. 20, 15 l.g., jest „... hybrydyzacja ...”, winno być „... hybrydyzacji ...”, podobnie - patrz 17 l.g. ;
- Str. 23-31, Tab. 2.1. Wydaje się być kompletnie nieuporządkowana, brak nr. wierszy itp. : np. str. 23, i) co oznacza skrót i jednostka - Flow/tot [sccm]? Jaka jest relacja do [l/h]); wiersz 4, co oznacza skrót PLC? Grubość – czego? I to mniejsza od średnicy nanowłókna?; iii) $U=10\text{ V}$ – co oznacza U? Jeśli to napięcie wyładowań to gdzie prawo Paschen’a?; itd.
- Str. 32, 11. l.g., „Bardzo wysoki sprężystości.” Stwierdzenie budzi wątpliwość. Grafit jest miękki. Dalej, 7 l. od dołu (d) – za wyrazami: „... strukturę elektrody.” oraz 5 l. d. za „przrządach nanoelektronicznych.” powinna być podana literatura. Dalej: „Natomiast ...do końca strony, cały akapit wydaje się być poza tematyką pracy;
- Str. 35, rys. 3.1. W podpisie brak informacji czy to wynik badań własnych czy cytowane?
- Str. 38, 11, 17 l.d. „... przynajmniej z powierzchni...”, winno być „... przynajmniej jedna z powierzchni...”;
- Str. 40, zależność (3.5). Brak opisu symbolu „d” ;
- Str. 42, 4 l.d. , również podpis pod rys.3.4 . To nie jest schemat. Brak rozkładu potencjału oraz rozkładu pola elektrycznego na rys. 2.4 oraz 3.4.
- Str. 43, 10 l.d. „Różnica potencjałów na anodzie wykonanej z miedzi ...” Jest równa zeru! Chodzi prawdopodobnie o różnicę potencjałów występującą w obszarze przy-anodowym. Dalej: „... ma wartość ok. 15V czyli zbliżoną do energii jonizacji ...”. Niewłaściwe sformułowanie. Nie można porównywać dwóch różnych wielkości.
- Str. 46, 6 l.g. Powtórzona informacja „...z butli poprzez rotametr ...”;
- Str. 43, 8 l.g. Patrz akapit „ W komorze ...płaskiej”. Nie jest jasne co było „naprzeciwko...”.
- Str. 43, 13 l.g. „ Badanie cząstek w gazie po reaktywnym ...”. Nie jasne.
- Str. 43, 14 l.d. „ Komora wyładowcza była walcem ...”. Obawiam się, że gdyby komora była walcem autor nie mógłby prowadzić badań w gazie. Komora reaktora wraz z elektrodami jest bardzo istotnym elementem układu pomiarowego. Powinna być opisana w sposób jednoznaczny – np. przez podanie właściwego rysunku technicznego lub szkicu, na którym znajdują się podane przynajmniej krytyczne wymiary. Dla przepływu oraz ciśnienia w reaktorze istotną rolę odgrywa element, który Autor nazwał „wylot” oraz „rozcieńczalnik” – rys. 4.1. Brak wymiarów wywołuje pytania. Przyjmuje się, że podawanie wymiarów w [cm] jest właściwe w salonie mody.
- Str. 43, 12 l.d. Jaka była objętość komory reaktora: 0.099 l czy 0,1 l. (3 l.d.)?
- Str. 43, 9 l.d. Elektrode ... zaostrzony ...”. Niejasne jak „zaostrzony”? Czy była to elektroda w formie stożka? Jeżeli tak to jaki miała promień ostrza!? Promień ostrza w zasadniczy sposób wpływa na przebieg charakterystyki I-V;
- Str. 47, rys. 4.1. Brak miernika składowej stałej prądu reaktora – mikro/miliamperomierzy magneto-elektrycznych; brak informacji o rezystancji sondy HV;
- Str. 47, rys. 4.2. Niejasne jaki cel widział autor w pokazaniu tego rysunku ?
- Str. 49, Zależność (4.2). brak opisu większości symboli;
- Str. 50, rys. 4.3. Brak objaśnień. Niejasne jaki cel widział autor w pokazaniu tego rysunku ?
- Str. 4

R.15

- Str. 51, rozdz. 4.5. „... używano mocy lasera 0,5%...”. Moc jest zawsze podawana w [W]
– patrz zdanie wcześniejsze;
- Str. 51, rozdz. 4.6., p. 6: jest „...do kolby cykloheksanu ...wyciągnięcia depozytu ...”; winno być: „...do kolby z cykloheksanem ...wyjęcia elektrod(y) z depozytem ...”;
- Str. 53, zależność 5.1.1. Brak opisu dla symbolu Us;
- Str. 53, 6 l.d. jest: „... procentowym cykloheksanu 1% vol. ...”, winno być: „... procentowym oparów cykloheksanu 1% vol. ...”, - uwaga dotyczy całej pracy;
- Str. 54, Rys. 5.1.1. Brak ciśnienia w podpisie.
- Str. 54, 2 l.d. jest: „...rośnie ze stężeniem.”, winno być: „...rośnie z jego stężeniem.”
- Str. 55, 1 l.g.: „... strimerowego ...”, winno być „... strimerowego ...”;
- Str. 55, Rys. 5.1.3. Co jest źródłem ujemnego prądu występującego po impulsach prądu wyładowań? W podpisie brak informacji o „strimerach początkowych”. Wykres 5.1.3.c ma dziwną skalę na osi czasu.
- Str. 56, 2 l.g.: „... 15 μA ...”, winno być: „... 60 μA ...” – patrz rys. 5.3.1.a; dalej – jak wyznaczono/zdefiniowano długość impulsu?
- Str. 57, rys. 5.1.5. Brak definicji „napięcia inicjacji wyładowania strimerowego” oraz „natężenia prądu koronowego”. Brak informacji że wykres dotyczy „strimerów początkowych”;
- Str. 58, 6 l.g. Brak definicji „napięcia przebicia” – patrz rys. 3.1, oraz 5.1.1.. Czy wg Autora napięcie przebicia to to samo co „napięcie inicjacji” wyładowań jarzeniowych?
- Str. 58, 8 l.g. „...rośnie z kwadratem stężenia ...” – brak dowodu.
- Str. 60, 6 l.d. Rys. 5.1.9 jest pojedynczy.
- Str. 65, 3 l.g. „Czas przepływu ...”, to jest raczej „Szacowany czas przepływu ...”; dalej: „...międzyelektrodowej 2,55...”, winno być: „...międzyelektrodowej, odpowiednio 2,55.. ”;
- Str. 65, Rys. 5.1.13. Podpis: „...: 1% vol – a) i 3 vol.% - b).”
- Str. 68-75, – brak w wersji pisanej;
- Str. 68, 7, 8, 11 l.g. , jest: „...zderzenia cykloheksanu z elektronem...”, winno być: „...zderzenia cząsteczki cykloheksanu z elektronem ...”;
- Str. 68, 7 l.d., Zdanie „Dane dotyczące ...0,13 eV.” jest gramatycznie niepoprawne. Czy E jest symbolem natężenia pola elektrycznego [V/m], czy energii [J, eV]
- Str. 68, 1 l.d., Na rys. 5.1.17 nie ma przekrojów czynnych;
- Str. 70, 1 l.g., na Rys. 5.1.20 podano zależności dla stężenia oparów 1, 3 i 5%. W podpisie tylko 5%;
- Str. 71, 12 l.g., brak źródła z którego zaczerpnięto zależność, brak zależności – jeśli inna niż (5.1.1);
- Str. 71, Rys. 5.1.22. Z jaką dokładnością określano odległość pomiędzy elektrodami – patrz ilość cyfr znaczących w opisie (w ramce)!;
- Str. 72, Akapit „Temperatura ... wyładowczej”. Czy temperatura gazu nie zależała od prądu wyładowań?
- Str. 72, 3 l.d., „Na podstawie badań ...”. Nie zauważyłem jakichkolwiek badań natężenia pola elektrycznego w niniejszej pracy;
- Str. 73, 17 - 14 l.d., Informacja powtórzona wielokrotnie.
- Str. 73, 8 - 9 l.d., Niejasne o jaki impuls prądowy chodzi. Brak analizy układowej. Problem bardzo istotny!
- Str. 74, Rys. 5.2.1. W podpisie brak czasu wyładowania;
- Str. 75, Rys. 5.2.2. W podpisie brak czasu wyładowania, prądu wyładowania; stężenia oparów cykloheksanu;
- Str. 76, 1 l.d., Brak Rys. 5a);
- Str. 5

R. 5

Str. 77, Rys. 5.2.4. W podpisie brak czasu wyładowania;
 Str. 77, Rys. 5.2.5. Na rys. brak jakiejkolwiek skali; w podpisie zamiast igły wyładowczej – elektroda ostrzowa;
 Str. 79, Rys. 5.2.7. W podpisie brak czasów wyładowania;
 Str. 81, Rys. 5.2.8. W podpisie brak czasów wyładowania;
 Str. 82, 4 l.d. „Prędkość wzrostu objętości ... (mm/s). Jak można porównywać dwie różne wielkości!!! - patrz jednostki;
 Str. 84, Rys. 5.2.10. W podpisie brak czasów wyładowania;
 Str. 85, Rys. 5.2.11. W podpisie brak czasu wyładowania;
 Str. 85, 4 l.d. prędkością
 Str. 86, Rys. 5.2.13. Podpis. „... wyładowania elektryczne o dodatniej polaryzacji ...”.
 Co autor ma na myśli?
 Str. 87, Rys. 5.2.14. W podpisie brak czasu wyładowania;
 Str. 89, Rys. 5.2.16. W podpisie brak czasu wyładowania;
 Str. 90, Rys. 5.2.17. W podpisie brak czasu wyładowania; różne powiększenia;
 Str. 91, Rys. 5.2.18. W podpisie brak czasu wyładowania; różne powiększenia;
 Str. 92, 1-2 l.g. „... negatywny wpływ ...C.” brak odnośnika literaturowego;
 Str. 92, Rys. 5.2.20. W podpisie brak czasu wyładowania; Niejasne jak oś walcowatego depozytu ma się do powierzchni elektrody płaskiej;
 Str. 93, 7 l.g. „...była ...”; (rozdział 5.1) - ?;
 Str. 93, Rozd. 5.3. Brak pełnej informacji o pobieraniu próbek poddawanych analizie. Brak ww informacji również w rozdz. 4.4. Po jakim czasie wyładowań pobierano próbki gazu z reaktora?
 Str. 103, Tab. 5.3.1. „Powierzchnia pików ...” – w jakich jednostkach? 7 cyfr znaczących!?
 Str. 104, Rys. 5.3.9, Stężenie względne. Względem czego je obliczono. 7 l.g. Jeżeli jako odniesienie przyjąć stężenie C₆H₁₂, to z rys. 5.3.9.a wynika, że stężenia wszystkich (I każdego z osobna) powstałych produktów mogą być wyższe od stężenia domieszki (C₆H₁₂) – patrz przyp. odległości 3,5 mm;
 Str. 110, 13 l.d. „... kwadratem natężeniem prądu ...”. Nie ma dowodu.
 Str. 110, 3 l.d. „...cykloheksanu z argonem”;
 Str. 115, 6 l.g. Brak r-nia nr (1);
 Str. 116, Tab. 5.4.2. Wartości energii podane z dokładnością do 10 cyfr znaczących! Jaki to ma sens? Długość fali linii – 6 cyfr znaczących. Uwaga! Dokładność 1×10^{-12} m!!! Jaki to ma sens?! Gdzie reguła nieoznaczoności Heisenberg’a?
 Str. 116, Rys. 5.4.3. Temperaturę mierzy się w [K];
 Str. 117, 1,2, l.g., Temperaturę mierzy się w [K];
 Str. 125, zależność (5.4.3) co oznacza symbol „I” ? Współczynnik emisji? Rys. 5.4.3. Temperaturę mierzy się w [K];
 Str. 126, 1-4 l.g. Rys. 5.4.12 ... 15 mm”. Brak przecinków. Nie wiadomo o co Autorowi „chodzi”;
 Str. 126, Rys. 5.4.12. Depozyt – na jakiej elektrodzie?
 Str. 127, Rozdz. 5.4.4. „Temperatura wzbudzenia elektronów podczas wzrostu” ?! A kiedy Autor je posadził?
 Str. 127, 8-9 l.d., „... średnią temperaturę elektronową wzbudzenia ...” Co Autor przez to rozumie? 2 l.d. - temperaturę mierzy się w [K];
 Str. 128, Rys. 5.4.14. Temperaturę mierzy się w [K]., dotyczy również osi temperatury na rysunku;
 Str. 148, 10 l.g., „...otrzymanych dla obu polarność ...” O jaką polarność chodzi?

Str. 148, Rys. 5.6.1. Zasadnicze piki widma występują dla 1350 i 1600 cm⁻¹ a nie dla 1200 i 1550 cm⁻¹?

Str. 162, 9-10 .l.g., „...dla słaboprądowego ...”. Autor nie wyróżnił w rozdziale 3 wyładowań jarzeniowych silnoprądowych.

5. Podsumowanie i wniosek końcowy

Tematyka badań podjętych przez Doktoranta wydaje się być bardzo aktualną ze względu na szeroki i ciągle rosnący udział różnych odmian węgla we współczesnych technologiach materiałów i struktur, tak dla zastosowań w obszarze konstrukcji mechanicznych jak i elektrycznych czy elektronicznych.

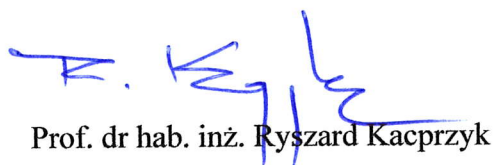
Podczas realizacji pracy Doktorant wykazał się dużym zasobem wiedzy w zakresie rozważanej problematyki oraz należytym podejściem do realizacji procesu badawczego, wymagającego zarówno opanowania zaawansowanych technik badawczych, jak i prawidłowego doboru procedur badawczych. Świadczy to o dobrym Jego przygotowaniu do prowadzenia samodzielnych badań naukowych. Pomimo wielu uwag zgłoszonych w niniejszej Recenzji, (mają one charakter subiektywny jak i dyskusyjny) nie podważają one jednak mojej całościowej pozytywnej oceny rozprawy.

Uzyskane wyniki badań potwierdzają słuszność tezy postawionej w rozdziale 1.2 rozprawy.

Tematyka rozprawy i osiągnięcia naukowe Doktoranta w zakresie badań struktur węglowych wytwarzanych w reaktorze ze stałonapięciowym wyładowaniem elektrycznym, z punktu widzenia ich technologii jak i dalszych zastosowań lokują się w zakresie dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

Stwierdzam, że oceniana rozprawa doktorska mgr-a Arkadiusza Tomasza Sobczyka spełnia kryteria oceny określone dla rozpraw doktorskich w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz.U.2003 poz. 595 z późn. zm. - stan prawny na 30 września 2011) i **wniosuję o dopuszczenie** przedstawionej rozprawy **do dalszych kroków w procedurze nadawania stopnia doktora nauk technicznych** w dyscyplinie Inżynieria Mechaniczna w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych.

Koniec



Prof. dr hab. inż. Ryszard Kacprzyk

Wrocław, 11.10.2023