



**Łukasiewicz**  
Instytut  
Mikroelektroniki  
i Fotoniki

dr hab. inż. Marcin Chmielewski  
Sieć Badawcza Łukasiewicz  
Instytut Mikroelektroniki i Fotoniki

POLITECHNIKA POZNAŃSKA WYDZIAŁ INŻYNIERII MATERIAŁOWEJ I FIZYKI TECHNICZNEJ		
DNIA	30 -03- 2026	DNIA
WPŁYNEŁO		

DF-510/32/2026 Warszawa, 25.03.2026

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej  
mgr inż. Jakuba Wiśniewskiego  
pod tytułem

### "Opracowanie technologii wytwarzania kompozytów z proszków WC/Ti techniką FAST/SPS"

(wykonana na zlecenie  
Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Poznańskiej)

przygotowanej pod kierunkiem:  
Promotor: prof. dr hab. inż. Jarosław Jakubowicz  
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Dariusz Garbiec

### Podstawa opracowania

Niniejsza recenzja powstała na podstawie uchwały Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Poznańskiej z dnia 05.12.2025r.

Zgodnie z Art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce przedstawiona recenzja zawiera trzy elementy:

- opinię wraz z uzasadnieniem czy przedstawiona rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria materiałowa,
- ocenę wraz z uzasadnieniem czy Doktorant posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej,
- ocenę wraz z uzasadnieniem czy przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

## **Informacje ogólne**

Recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Jakuba Wiśniewskiego powstała w ramach programu „Doktorat wdrożeniowy” Ministerstwa Edukacji i Nauki (obecnie: Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego). Promotorem pracy jest Profesor Jarosław Jakubowicz od lat specjalizujący się w otrzymywaniu i charakteryzacji materiałów na bazie stopów tytanu, a promotorem pomocniczym dr hab. inż. Dariusz Garbiec, uznany autorytet w dziedzinie wytwarzania materiałów z wykorzystaniem technologii spiekania FAST/SPS. Tematyka przedstawiona w rozprawie doktorskiej mgr. inż. Jakuba Wiśniewskiego dotyczy zagadnień związanych z wytwarzaniem węglików spiekanych z wykorzystaniem tytanu jako spoiwa. Węgliki spiekane WC-Co stanowią obecnie podstawowy materiał narzędziowy stosowany szeroko w różnych gałęziach przemysłu, ze względu na wysoką twardość i odporność na zużycie. Obserwowany dynamiczny rozwój technologii obróbki, rosnące prędkości skrawania oraz wytwarzanie materiałów o coraz lepszych właściwościach powodują intensyfikację zużycia narzędzi. Istotnym ograniczeniem obecnych rozwiązań jest stosowanie kobaltu jako spoiwa do spiekania węgliku wolframu. Zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/1252 z 11 kwietnia 2024 r., ustanawiającym ramy zapewnienia bezpiecznego i zrównoważonego dostępu do surowców, kobalt jest materiałem należący do surowców krytycznym. Jego pozyskiwanie cechuje wysoki poziom ryzyka geopolitycznego, z uwagi na dominującą pozycję Demokratycznej Republiki Konga w jego produkcji. Ponadto pozyskiwanie kobaltu wiąże się z istotnymi kwestiami społecznymi i środowiskowymi, co podnoszone jest m.in. w raportach organizacji międzynarodowych takich jak Amnesty International. Należy również zaznaczyć, że kobalt klasyfikowany jest jako substancja o potencjalnym działaniu toksycznym i kancerogennym, co w perspektywie regulacyjnej zwiększa presję na ograniczanie jego praktycznego wykorzystania. Stąd podejmuje się wiele wysiłku w kierunku eliminacji kobaltu z procesu wytwórczego węglików spiekanych.

**Na podstawie przedstawionych informacji można uznać, że tematykę pracy doktorskiej mgr. inż. Jakuba Wiśniewskiego należy zaliczyć do niezwykle istotnych zagadnień z zakresu wytwarzania materiałów, a sama praca spełnia wymagania przyjęte w dziedzinie Inżynierii Materiałowej.**

## **Ocena edytorska pracy**

Przedstawiona rozprawa, zawarta na 111 stronach, ma charakter klasyczny. Składa się ze streszczenia w języku polskim i angielskim, analizy literatury zawierającej aktualny stan wiedzy w problematyce rozprawy, wyodrębnionego rozdziału dotyczącego motywacji pracy oraz części doświadczałnej, zawierającej zastosowaną metodykę prowadzonych prac, uzyskane rezultaty i ich dyskusję. Całość dopełniają rozdziały z wnioskami i podsumowaniem wynikającymi z przeprowadzonych badań. Taki podział

rozprawy czyni ją jasną i przejrzystą z punktu widzenia czytelnika. W Bibliografii Doktorant wykorzystał 131 pozycji literaturowych, z czego około 25% prac została opublikowana w ostatnich 5 latach. Przedstawione publikacje naukowe dotyczą stricte zagadnień związanych z tematyką rozprawy, a ich przywoływanie w kontekście prowadzonych prac świadczy o dobrym rozpoznaniu stanu zagadnienia. Zamieszczone w pracy elementy graficzne są w większości przypadków czytelne i uzasadnione z punktu widzenia prezentowanych wyników. Całość pracy napisana jest poprawnym językiem, a pojedyncze pomyłki nie wpływają na jednoznacznie pozytywny odbiór pracy.

**Podsumowując można zatem stwierdzić, że Autor rozprawy posiada ogólną wiedzę teoretyczną niezbędną do ubiegania się o stopień doktora w dyscyplinie inżynieria materiałowa.**

### **Ocena merytoryczna i metologiczna rozprawy**

Przechodząc do szczegółowej analizy i oceny przedstawionej rozprawy doktorskiej, Recenzent skupił się na głównych wątkach pracy, koncentrując się na treści oraz formie przekazywanych informacji. W części literaturowej Doktorant przedstawił ogólną charakterystykę zagadnień związanych z węglnikami spiekаныmi, głównie pod kątem ich wytwarzania, charakteryzacji właściwości oraz możliwych zastosowań. Całość stanowi dosyć obszerny materiał, jest jednak ważnym elementem stanowiącym bazę do zrozumienia istoty problemów związanych z syntezą materiałów węglkowych. Autor koncentruje się na węgliku wolframu, choć można znaleźć szersze informacje np. na temat węglków metali przejściowych. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na dosyć skąpe informacje na temat roli wielkości ziaren węglka wolframu na właściwości uzyskiwanych spieków. W dostępnej literaturze istnieje wiele aktualnych badań, które zwracają szczególną uwagę właśnie na relację pomiędzy uziarnieniem WC a właściwościami finalnego wyrobu. Można tu wymienić kilka dostępnych prac:

- Luhao Yang, et al., Preparation, microstructure, and mechanical properties of ultrafine-grained WC-Cr<sub>2</sub>(C,N)-Co cemented carbides, *Ceramics International*, 51(15), 2025, 20290-20302, <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2025.02.194>
- D. Müller, et al., WC coarsening in cemented carbides during sintering. Part I: The influence of WC grain size and grain size distribution, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 102, 2022, 105714, <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2021.105714>
- Jian Chen, et al., Effect of initial WC particle size on grain growth behavior and gradient structure formation of bilayer functionally graded cemented carbides, *Materials Chemistry and Physics*, 271, 2021, 124919, <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2021.124919>

Uzyskanie drobnoziarnistej struktury jest istotne w kontekście zastosowania techniki Spark Plasma Sintering (SPS) do spiekania tego typu materiałów, która została

wykorzystana w niniejszej rozprawie. Dlatego też zabrakło mi podkreślenia tego zagadnienia. W dalszej części Autor szczegółowo analizuje różne rodzaje spoiwa dodawanego do spiekania węglika wolframu. Szczególnie ważnym aspektem pracy jest określenie roli kobaltu w procesie spiekania węglików oraz związane z tym ograniczenia, wynikające w szczególności z jego dostępności, pozyskiwania oraz oddziaływania na zdrowie człowieka. Ten fragment pracy jest bardzo precyzyjnie opisany i stanowi dobre uzasadnienie do podjęcia tej tematyki w ramach rozprawy doktorskiej. Z drugiej strony bardzo dużo miejsca poświęcono aspektom technologicznym wytwarzania materiałów tj. mieszaniu proszków oraz ich konsolidacji. Autor poddał bardzo szczegółowej analizie wpływ poszczególnych parametrów na przebieg procesu wytwórczego, opisaną łącznie na 15 stronach rozprawy. Wydaje się to być zbędny zabieg, gdyż przedstawione informacje stanowią wiedzę dość powszechnie znaną i niewiele wnoszą do całości pracy. Oczywiście znajomość poszczególnych relacji pomiędzy technologią a materiałem jest niezwykle istotna, jednak w kontekście niniejszej pracy można było skupić się na wpływie tych parametrów na końcowe właściwości materiału, zamiast szczegółowo omawiać powszechnie znane procedury technologiczne.

Kolejnym elementem pracy jest motywacja do zajęcia się przedstawioną tematyką. Doktorant precyzyjnie wyjaśnia przyczyny i założenia, które nim kierowały, podejmując się tego zagadnienia. I tutaj na uwagę zwraca fakt braku zdefiniowania celu prowadzonych badań, choć jest on dosyć klarowny od początku, a intencje badawcze zrozumiałe. Mimo, że cel badań nie został wprost sformułowany, to motywacja przedstawiona przez doktoranta pozwala w sposób wystarczający zrozumieć kierunek i zakres podejmowanych działań badawczych, co nie utrudnia odbioru pracy.

Opis metodyki prowadzonych prac zawiera szczegółowe informacje o koncepcji pracy, wykorzystanych materiałach oraz metodach użytych do wytwarzania i charakteryzacji materiałów. Metody badawcze przedstawiono w sposób klasyczny i nie budzą one zastrzeżeń. Pewne wątpliwości pojawiają się w przypadku opisu samej koncepcji. Wydaje się, że tworzy ona ciąg logicznych zadań, jednak sformułowania typu „...pierwotna koncepcja...” – przy braku oczekiwanej kolejnej/innej koncepcji czy też „...wyniki przedstawione zostały zgodnie z opisaną koncepcją, nie zaś według chronologii prowadzenia badań...” mogą sugerować, że koncepcja była kształtowana dopiero w trakcie prowadzenia badań, a nie została ustalona wcześniej. Oczywiście koncepcja może ewaluować, a potwierdzeniem tego jest wykorzystanie do spiekania węglika wolframu innych faz węglkowych  $TiC$ ,  $VC$  i  $Cr_3C_2$  czego nie ujęto w pierwotnej koncepcji.

Przechodząc do uzyskanych wyników można stwierdzić, że schemat działań obejmuje kolejno wytwarzanie mieszanin proszkowych oraz ich charakteryzację, następnie wytworzenie spieków z wykorzystaniem techniki SPS, a ostatecznie szeroką analizę

mikrostruktury, struktury oraz wybranych właściwości opracowanych kompozytów. Dużo wysiłku autor włożył w analizę zjawisk zachodzących w trakcie wysokoenergetycznego mieszania proszków WC i Ti dla dwóch zawartości tytanu w mieszaninie. Analizowano wpływ czasu mieszania oraz prędkości obrotowej młynka na zmiany składu fazowego i mikrostruktury proszków przy użyciu metod XRD oraz SEM. W trakcie mielenia zaobserwowano stopniowe zanikanie fazy Ti oraz powstawanie podwójnego węgla w układzie (Ti,W)C. Wydłużenie czasu mielenia prowadziło do lepszej homogenizacji proszków oraz rozdrobnienia krystalitów. Nie jest jasnym celem prowadzenie badań w mieszalniku Turbula. Proces prowadzono przy znacznie niższej prędkości obrotowej (60 obr/min) i krótszym całkowitym czasie mieszania (1h). Oczywistym wydaje się być zatem, że zakres i charakter zachodzących zmian będą istotnie mniej znaczące w porównaniu z mieszaniem wysokoenergetycznym. Dodatkowo przeprowadzono testy porównawcze mieszania na mokro przy zastosowaniu alkoholu izopropylowego oraz kwasu stearynowego w różnej ilości. W ich wyniku udało się całkowicie powstrzymać zachodzące zmiany fazowe w układzie z 5% zawartością izopropanolu. Uwagę zwraca brak mikrofotografii przygotowanych mieszanek proszkowych. W swoim podsumowaniu tej części pracy Doktorant wskazuje jak poszczególne parametry wpływają na kształtowanie się mieszanek proszków tzn. ich skład chemiczny, rozdrobnienie, uzysk materiału, potencjalne zanieczyszczenia w procesie spiekania. Wykonano ogrom pracy o charakterze poznawczym, co oczywiście należy docenić. Jednak w moim odczuciu brak jest postawienia jasnego kryterium w stosunku do tego czego Doktorant oczekiwał wobec przygotowanych mieszanin proszkowych. Nasuwa się pytanie czy celem było uzyskanie jednorodnej mieszanki, zachowanie czystości składu chemicznego czy rozdrobnienie znacząco większych w stosunku do WC cząstek proszku tytanu. Pewną odpowiedzią na to pytanie są informacje przedstawione w Tabeli 6, gdzie wskazano parametry mieszania proszku przeznaczonego do spiekania, a więc prędkość obrotową 500 obr/min, czas mieszania 5 min, współczynnik BPR 10:1 oraz brak stosowania środka PCA. Wygląda na to, że krótko (w odniesieniu do czasu), szybko (w kontekście prędkości obrotowej) i bez dodatków to najskuteczniejszy sposób mieszania. Przechodząc do kolejnej części pracy poświęconej zagęszczaniu materiałów kompozytowych należy podkreślić, że Doktorant podjął się próby modyfikacji zastawu narzędziowego do spiekania SPS w stosunku do rozwiązań standardowo wykorzystywanych. W celu zapewnienia równomiernego rozkładu temperatury w próbce zastosowano filc grafitowy. Niewątpliwie jest to zabieg korzystny mający na celu zapewnienie uzyskania materiału o jednorodnej mikrostrukturze i właściwościach w całej objętości. Sporym osiągnięciem jest również uzyskanie bardzo wysokiej prędkości nagrzewania (około 2400°C/min), raczej nietypowym dla spiekania materiałów, nawet techniką SPS. Proces przeprowadzony według parametrów przedstawionych w Tabeli 8 nie pozwolił na uzyskanie pełnego zagęszczenia materiału, w związku z tym Doktorant podjął próbę optymalizacji procesu dla składu WC-5Ti. Proces optymalizowano pod względem czasu spiekania, temperatury spiekania oraz sposobu chłodzenia materiału po spiekaniu. Na tym etapie

syntezy zmianie uległy również wytypowane wcześniej warunki mieszania proszków, z uwagi na fakt: „...nie uzyskania pożądanego składu fazowego...”. Czy Doktorant mógłby wyjaśnić jaki był oczekiwany skład fazowy kompozytu? Ostatecznie zaproponowane modyfikacje pozwoliły uzyskać materiał o wysokiej twardości i podwyższonej odporności na kruche pękanie. Optymalny czas spiekania wynosił 4 min. Zastanawiającym jest jednak fakt, że optymalizację temperatury spiekania przeprowadzono dla czasu nieoptymalnego, czyli 10 min. Czym należy tłumaczyć taki zabieg technologiczny? Dalsze prace nad udoskonaleniem opracowanego materiału prowadzono przy wykorzystaniu dodatków do spiekania tj. węglików tytanu, wanadu i chromu. Jednak jak wskazuje Doktorant zabieg ten okazał się nieskuteczny i nieuzasadniony. W podsumowaniu przedstawiono optymalne z punktu widzenia właściwości materiału warunki połączonych procesów wysokoenergetycznego mieszania (HEBM) oraz spiekania wspomaganego przepływem prądu (SPS). Przedstawione w kolejnym rozdziale obrazy mikrostruktury spieków potwierdzają słuszność w doborze parametrów określonych jako optymalne. Mikrostruktura uzyskanych spieków jest zwarta, ze znikomą porowatością oraz wolna od widocznych wad. Analiza składu chemicznego wskazuje na obecność poza ziarnami węgliku wolframu, złożonych struktur typu (W, Ti)C oraz śladowych ilości czystego tytanu. W pracy przeprowadzono testy trybologiczne, określając średnią wartość współczynnika tarcia oraz wskaźnik zużycia. Trudno ocenić jednak jak korzystne są uzyskane wartości, ponieważ brak testów porównawczych dla np. materiału komercyjnie dostępnego ze spoiwem kobaltowym. Kluczowym testem dla opracowanych materiałów były procesy skrawania. Badania przeprowadzono w odniesieniu do materiału referencyjnego węgliku typu H10S. Jako kryterium stopienia przyjęto parametr zużycie krawędzi skrawającej oraz określono średnią trwałość narzędzia. Uzyskane wyniki trwałości, jak również badania chropowatości powierzchni obrabianych przedmiotów wskazują na uzyskanie materiału o korzystniejszych parametrach użytkowych nowo opracowanych materiałów, co należy uznać za niewątpliwy sukces. Podsumowanie pracy przedstawiono w postaci wniosków końcowych, które stanowią syntezę obserwacji poczynionych na poszczególnych etapach procesu badawczego.

**Analizując przedstawiono proces myślowy w odniesieniu do działań technologicznych oraz zaproponowanej metodyki badawczej należy stwierdzić, że pomimo pewnych wskazanych uchybień czy niejasności, autor pracy posiada niezbędne umiejętności samodzielnego prowadzenia prac eksperymentalnych. W trakcie prowadzenia badań Doktorant wykazał się umiejętnościami starannego projektowania procesów oraz trafnego przewidywania ich skutków, a uzyskane wyniki interpretował w sposób poprawny i rzetelny. Ponadto demonstruje zdolności logicznego myślenia oraz kreatywność w rozwiązywaniu problemów pojawiających się w toku badań.**

### **Spostrzeżenia i uwagi krytyczne**

Zakres zrealizowanych w ramach rozprawy doktorskiej prac jest dosyć szeroki, dlatego też nie wszystkie pojawiające się aspekty mogły być należycie wyartykułowane. Stąd pojawiają się pewne spostrzeżenia i pytania do Doktoranta:

- 1) Praca realizowana była w ramach doktoratu wdrożeniowego. Czy uzyskane wyniki są w opinii Doktoranta możliwe do wdrożenia? Czy doktorant podjął jakieś kroki w celu komercjalizacji uzyskanych wyników? Czy podjęto rozmowy mające na celu pozyskanie partnera przemysłowego, który byłby zainteresowany wprowadzeniem takiego rozwiązania na rynek?
- 2) Jaki był cel zastosowania do mieszania proszków mieszalnika Tubular? Czy traktując ten proces jako referencyjny poddano procesowi spiekania proszki przygotowane w ten sposób?
- 3) W tabeli 7 na stronie 73 przedstawiono wyniki rozkładu wielkości cząstek po 5-minutowym procesie mieszania dla dwóch mieszanek z 5% i 15% dodatkiem tytanu. Zastanawiającym jest, że w przypadku 3-krotnie większej zawartości tytanu uzyskano znacznie niższe wartości parametru  $D_{90}$ . Jest to raczej wbrew logice, a przedstawione wyjaśnienie nie rozwiewa nasuwających się wątpliwości.
- 4) W Tabeli 8 na stronie 75 przedstawiono parametry spiekania dla maksymalnej szybkości grzania. Z czego wynikał zaprogramowany przebieg cyklu grzania odmienny dla materiałów WC-5Ti i WC-15Ti? W ten sposób nie można jednoznacznie porównać efektów spiekania dla tych próbek.
- 5) W ostatnim akapicie na stronie 78 podano, że badania „...pozwoliły na wyłonienie najkorzystniejszych parametrów wytwarzania...”. A jakie inne warunki spiekania analizowano niż te przedstawione w Tabeli 8?
- 6) Przy stosowaniu grzania z bardzo wysoką szybkość musi pojawić się problem przegrzewania materiału. Na stronie 79 podano, że „...maksymalna temperatura zarejestrowana w prowadzonych procesach spiekania mieści się w bezpiecznym zakresie dla tego gatunku grafitu...”. Czy na pewno, skoro stemple ulegały deformacji i zniszczeniu? Jaka w rzeczywistości była to temperatura maksymalna? A jak wygląda powtarzalność parametrów procesu w przypadku tak wysokich szybkości grzania?
- 7) Na stronie 81 Doktorant stwierdza, że prowadzone prace wykazały brak możliwości „...uzyskania pożądanego składu fazowego stosując opisywane technologie wytwarzania...”. A jaki był oczekiwany i pożądaný skład opracowywanego materiału? Czy w dalszej części pracy uzyskano pożądaný skład i jakie technologie zastosowano?
- 8) Czym różnią się Rysunek 20 oraz Rysunek 33a?
- 9) Dyfraktogramy spieku WC-5Ti (Rysunek 39 – krzywa 4 min CC) oraz Rysunek 41 – krzywa  $\varnothing 30$ ) reprezentują materiał wytworzony w identycznych warunkach technologicznych. Różni je jednak pik zidentyfikowany dla ok.  $38,5^\circ$ , widoczny

tylko w jednym przypadku jako  $W_2C$ . Jak można wytłumaczyć pojawiającą się różnicę?

- 10) W procesie optymalizacji parametrów spiekania stwierdzono, że najkorzystniejsze właściwości spieków uzyskano dla czasu  $t_1=4$  min i kontrolowanej szybkości chłodzenia materiału po spiekaniu. Jak zatem wytłumaczyć fakt, że optymalizację temperatury przeprowadzono dla nieoptymalnego czasu spiekania  $t_2=10$ min?
- 11) W testach aplikacyjnych badano zużycie krawędzi skrawającej w funkcji czasu skrawania. Dlaczego dla poszczególnych serii badanych materiałów różne są wartości czasu, po którym oceniano wielkość zużycia? Dodatkowo zastanawiającym jest fakt dużego rozrzutu trwałości narzędzia handlowego? W takim przypadku wydaje się uzasadnionym przeprowadzenie większej ilości testów porównawczych.

Przedstawiona do recenzji rozprawa jest dobrze napisana, jednak autorowi nie udało się uniknąć pewnych błędów o charakterze rzeczowym czy edytorskim np.:

- Na stronie 19: „...w zależności od drobnoziarnistości...” – raczej uziarnienia lub wielkości ziaren,
- Na stronie 22: „...oprócz metalicznego wolframu spotkać można jedynie  $\delta$ -WC...” – poprawnym stwierdzeniem byłoby „występuje”,
- Na stronie 30: „...głównym mechanizmem zachodzącym podczas spiekania jest odwęglanie WC na skutek tworzenia się  $TiC...$ ” – poprawnie będzie, że w wyniku rozkładu WC tworzy się  $TiC$ ,
- Na stronie 57: „...współczynnik  $K_{IC}$  wyznaczony metodą Palmqvista...” – powinno być Palmqvista,
- Na stronie 57: „...Wyznaczenie modułu Younga w skali mikroskopowej możliwe było dzięki badaniu nanoindentacji...” – wydaje się jednak, że to badanie odbywa się w nanoskali,
- Na stronach 60-61: pierwsza zdania na obu stronach mówią dokładnie o tym samym i są powtórzeniem nic nie wnoszącym do pracy,\
- Na stronie 89: „...powiązany jest głównie z rozrostem mikrostruktury...” – raczej rozrostem ziaren.

Wszystkie wymienione uwagi nie wpływają na pozytywną ocenę merytoryczną pracy. Należy jednak dokonać wszelkich starań, aby w przyszłości unikać uogólnień, skrótów myślowych, a także błędów językowych, tak aby praca dla czytających była w pełni zrozumiała i nie budziła wątpliwości.

### Opinia końcowa

Recenzowaną pracę doktorską mgr. inż. Jakuba Wiśniewskiego oceniam pozytywnie. W mojej opinii rozprawa jest napisana poprawnie, w sposób przemyślany zaplanowano i przeprowadzono prace eksperymentalne i badawcze. Na uwagę zwraca bardzo dobrze uzasadniony przedmiot badań dotyczący eliminacji kobaltu z węglików spiekanych, analizowany i przedstawiony szeroko w wielu aspektach. Doktorant dał dowód znajomości podjętej tematyki i wykazał się umiejętnościami w zakresie prowadzenia eksperymentów, analizy wyników oraz wyciągania syntetycznych wniosków. Można zatem stwierdzić, że przedmiot rozprawy stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, a praca wnosi istotny wkład w rozwój Inżynierii Materiałowej.

**Mając powyższe na uwadze stwierdzam, że recenzowana praca spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim w dyscyplinie Inżynieria Materiałowa, określone ustawą o stopniach i tytułach naukowych i wnioskuję o dopuszczenie Pana mgr. inż. Jakuba Wiśniewskiego do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Poznańskiej.**

Opinia mgr. inż. [Redacted]