

Imię i nazwisko recenzenta:

Kinga Korniejenko

Dane adresowe:

Wydział Inżynierii Materiałowej i Fizyki

Politechnika Krakowska

Al. Jana Pawła II 37,

31-864 Kraków

29.07.2025 Kraków

(data i miejsce)

Recenzja pracy doktorskiej

Mgr inż. Magdaleny Skrzyniarz

(imię i nazwisko doktoranta / doktorantki)

pod tytułem: „Analiza możliwości zagospodarowania uciążliwych dla środowiska produktów termicznego przetwarzania odpadów kalorycznych do opalania hutniczych pieców grzewczych”

przygotowanej pod kierunkiem:

Dr hab. inż. Paweł Niegodajew, Prof. PCz.

(imię i nazwisko promotora)

Dr inż. Sławomir Morel

(imię i nazwisko promotora / promotora pomocniczego)

1. Podstawa opracowania

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Częstochowskiej.

Podstawa prawna art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późn. zm.)

Opinia dotycząca przedmiotowej rozprawy doktorskiej zawiera trzy elementy:

- 1) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie inżynieria materiałowa;
- 2) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta ubiegającego się o nadanie stopnia doktora;
- 3) Ocenę wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

2. Charakterystyka i opis rozprawy

Przedstawiona praca doktorska zawiera spójny tematycznie cykl dziewięciu publikacji, opis merytorycznej części rozprawy zawarty na 56 stronach wprowadzenia, kopie oświadczeń potwierdzających współautorstwo publikacji oraz spis użytej literatury do części

opisowej – 114 pozycji. Rozprawa została przygotowana w dyscyplinie wiodącej Inżynieria Materiałowa, jakkolwiek należy zauważyć, że zawiera ona również aspekty interdyscyplinarne, co znacząco podnosi jej wartość naukową i aplikacyjną. Praca doktorska realizowana była na Politechnice Częstochowskiej, przy czym część badań została zrealizowana przez Doktorantkę w ramach stażu na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.

Temat podjęty w badaniach jest aktualny i ważny z uwagi na występujące wyzwania w branży hutniczej oraz nieustannie zwiększającą się świadomość społeczną dotyczącą potrzeby ochrony środowiska, w tym racjonalnego gospodarowania surowcami kopalnianymi. Praca dotyczy zagadnień związanych z analizą możliwości użycia różnego rodzaju odpadów oraz biomasy w procesie pirolizy, a następnie zagospodarowania produktów z tego procesu w przemyśle hutniczym. Podjęta tematyka pracy jest aktualna i posiada zarówno wymiar naukowy, jak i aplikacyjny, Doktorantka jasno określa potencjalne zastosowania gospodarcze. Tematyka pracy wpisuje się w aktualne kierunki badań w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Praca została podzielona na pięć części, które zawierają odpowiednio skomponowane podrozdziały. Jest ona poprzedzona spisem publikacji stanowiących zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, oraz streszczeniami w języku polskim i angielskim.

Część pierwszą pracy stanowi wprowadzenie opisujące motywację, tezy i cel pracy. W tej części opisując zastosowanie odpadów RDF Doktorantka dość ogólnie przedstawia sytuację na rynku, co nie daje pełnego obrazu, w tym odpowiedzi na pytanie dlaczego odpady te zostały wybrane jako główny przedmiot badań przedstawianych w części opisowej. W części pierwszej sformułowano również cel główny oraz cel użytkowy pracy. Nie została sformułowana teza, na którą powołano się w tytule podrozdziału. Cele pracy są sformułowane poprawnie, jakkolwiek dosyć ogólnie, bez podziału na cele szczegółowe.

Część drugą pracy stanowi podsumowanie przeglądu literaturowego, gdzie skupiono się na zagadnieniach związanych z zastosowaniem gazu pirolitycznego, kierunkami energetycznego wykorzystania odpadów oraz zagospodarowaniem odpadów termicznego przekształcania w przemyśle stalowym. Przedstawiony przegląd literaturowy oraz przedstawione artykuły przeglądowe jako część cyklu publikacji pozwalają potwierdzić, że **rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie inżynieria materiałowa.**

Część trzecią stanowi krótkie omówienie metodyki badawczej. Badania zostały podzielone na „badania wstępne” i „badania zasadnicze”. W obu przypadkach opisano dość ogólnie użyte metody badawcze oraz przedstawiono wyniki prac badawczych. Większość szczegółów dotyczących metod badawczych została przedstawiona w poszczególnych publikacjach cyklu. W części wstępnej przeanalizowano 6 materiałów. Nie opisano pochodzenia poszczególnych materiałów. Został przedstawiony sposób ich przygotowania do dalszych badań oraz dalsze procedury badawcze, w tym podano użyte normy dla wybranych testów. Na bazie przeprowadzonych pomiarów został do dalszych badań wytypowany odpad RDF, co zostało głównie uzasadnione wartością opałową. Nie zostało wystarczająco wyjaśnione dlaczego pozostałe odpady nie są analizowane, tym bardziej, że przedstawiony

cykl publikacji w znacznej mierze rozpatruje również pozostałe materiały tj. biomasa czy odpad z maseczek ochronnych. W tej części również przedstawiono analizę produktów po procesie pirolizy RDF tj. gazu, oleju oraz karbonizatu. Prowadzono badania dla 3 różnych parametrów procesu, przy dwóch zmiennych: temperaturze i czasie. Wyniki w przypadku gazu pirolitycznego zostały przeanalizowane dla wszystkich trzech produktów, zaś w przypadku oleju pirolitycznego tylko dla dwóch. Badania dla karbonizatu były prowadzone dla dwóch lub trzech parametrów procesu. Dodatkowo, w tekście analizy występują drobne niedociągnięcia, które wymagają weryfikacji np. błędne wartości podanych zakresów dla kwasów karboksylowych (str. 38). Nie wyjaśniono również dlaczego analizy TGA dla karbonizatu prowadzono do 700 °C. W tej części pracy określono również możliwości energetycznego wykorzystania produktów pirolizy w piecu przepychowym. W części trzeciej przedstawiono również podstawowe założenia do modelowania składu spalin.

Część czwarta stanowi krótką charakterystykę zaprezentowanego cyklu publikacji. Doktorantka wybrała znaczną ilość publikacji, które zostały wydane w różnych czasopismach. Wszystkie znajdują się na liście ministerialnej i mają punktację pomiędzy 70 a 200 punktów. Czasopisma posiadają IF pomiędzy 0,5 a 11,2. Przedstawione publikacje w całości lub częściowo związane są z tematyką pracy doktorskiej. Wszystkie publikacje były poddane merytorycznej ocenie i pozytywnie ocenione przez niezależnych recenzentów, co potwierdza, że badania były uzasadnione, prawidłowo zaplanowane i właściwie zrealizowane. Udział Doktorantki w tworzeniu wspólnych publikacji został szczegółowo przedstawiony w dołączonych oświadczeniach i nie budzi wątpliwości co do Jej autorskich osiągnięć w realizacji prac. Należy również podkreślić, że **opublikowane prace badawcze, będące częścią rozprawy, stanowią oryginalne rozwiązanie problemu naukowego zgodnie z wymaganiami ustawy.**

Pracę zamyka część piąta stanowiąca podsumowanie i wniosku. Jest ona sformułowana bardzo syntetycznie, bez szczegółowego opisu realizacji celów i podsumowania wyników konkretnych przeprowadzonych analiz. Należy jednak zauważyć, że konkretne wnioski są również częścią każdego z opublikowanych artykułów.

Ogólnie praca została przygotowana starannie, zawiera jednak niewielkie niedociągnięcia edycyjne. Poniżej został zamieszczony wykaz uwag do pracy:

- Skróty użyte w pracy powinny być rozwinięte, gdy są stosowane po raz pierwszy, lub do pracy powinien być zamieszczony ich wykaz.
- Część 2.1.(str. 13): „Hut Stali”, kontekst nie uzasadnia użycia wielkich liter.
- Część 2.1. (str. 18): W podanej składni brakuje wyjaśnienia zastosowania spójników przy analizie użytych słów kluczowych”.
- Część 2.1. (str. 18): „Jak pokazuje...”, wskazana poprawa stylistyki w zdaniu.
- Część 2.2. (str. 20): „Dane GUS” – brak wskazania konkretnego źródła z odniesieniem do dokumentu lub strony internetowej, a także brak określenia roku pozyskania danych.
- Rysunek 4. „WYBTANYCH” zamiast „WYBRANYCH”.
- Część 3.1. (str. 27): brak podania odnośników do norm w literaturze.

- Część 3.2.2. (analiza FTIR): brakuje odnośników do literatury, która służyła do analizy widma.
- Część 3.2.2. (str. 37): błędna nazwa koloru w drugiej linijce.
- Część 3.2.2. (str. 38): dwukrotnie podano zakres drgań dla kwasów karboksylowych jest: „2500-330 cm⁻¹”, zamiast: „3300-2500 cm⁻¹”.
- Część 3.3. (str. 41): „CAPEX” – brak wskazania konkretnego źródła z odniesieniem do dokumentu lub strony internetowej, a także brak określenia roku pozyskania danych.
- Część 4. Tytuły powinny również zawierać tłumaczenie w języku polskim podane np. w nawiasach.

Powyższe uwagi nie wpływają na ocenę merytoryczną zawartości pracy.

Autorka poprawnie zaplanowała poszczególne etapy prac, właściwie dobierając metody badawcze. Przedstawione zagadnienie wymagało podejścia wieloaspektowego oraz szerokiej wiedzy z zakresu nie tylko inżynierii materiałowej, ale również innych dyscyplin naukowych. Przedstawione informacje w opisie oraz udział autorski w zaprezentowanych artykułach **potwierdza umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktorantkę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora.**

Pytania i zagadnienia do dyskusji w czasie obrony:

- Proszę o syntetyczne omówienie zalet i wad przedstawionego rozwiązania (pirolizy) w świetle hierarchii zarządzania odpadami. Jakie odpady w tym aspekcie byłyby najkorzystniejsze z punktu widzenia realizowanych prac badawczych?
- W części przeglądu literaturowego podkreślano liczne zalety procesu pirolizy. Proszę o krytyczną analizę zagadnienia i określenie również jakie wady posiada ta technologia?
- Tabela 5. Proszę o wyjaśnienia jaka metoda badawcza została użyta do określenia składu chemicznego oraz jakie są jej ograniczenia?
- W komentarzu do tabeli 5 określono, że skład tlenkowy jest typowy dla popiołów węglowych. Dla jakich klas tych popiołów?
- Dlaczego zdecydowano się na badania pirolizy w temperaturach 600 °C i 800 °C?
- Dlaczego olej pirolityczny (kondensat) nie był analizowany dla temperatury 800 °C?
- Proszę o wyjaśnienie czy wyniki przedstawione w rozdziale 3.3 dotyczą produktów pirolizy dla badanego wcześniej RDFu czy dla produktów pochodzących z biomasy? Czy zaprojektowany system może być stosowany do pirolizy innych odpadów. Jakie są jego ograniczenia?

3. Wniosek końcowy

Przedstawiona rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, który posiada istotne znaczenie dla rozwoju wiedzy w dyscyplinie inżynieria materiałowa. W trakcie realizacji rozprawy Doktorantka wykazała znajomość ogólnej wiedzy teoretycznej wiedzy związanej z tematyką rozprawy oraz kompetencjami w obszarze

planowania badań, interpretacji i analizy wyników, co potwierdza jej umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Podsumowując stwierdzam, że recenzowana rozprawa spełnia wymagania określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (z późn.zm.) i wnioskuję o jej dopuszczenie do dalszych etapów postępowania o nadanie stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

Równocześnie biorąc pod uwagę wysoki poziom przedstawionej rozprawy, w szczególności znaczną liczbę wchodzących w jej ramy artykułów naukowych, szeroki i interdyscyplinarny zakres prowadzonych prac, a także aspekt aplikacyjny **wnioskuję o wyróżnienie przedstawionej do oceny rozprawy.**

.....
(podpis recenzenta)