

dr hab. inż. Stradomski Grzegorz prof. PCz

Częstochowa 16.10.2025

Politechnika Częstochowska

Wydział Inżynierii Produkcji

i Technologii Materiałów

Recenzja pracy doktorskiej**Mateusza Dziubek**

pod tytułem *Wykorzystanie mechanizmu rekrytalizacji typu PSN w procesie dwuetapowej obróbki cieplnej stali X120Mn12 w celu zwiększenia odporności na zużywanie ścierne*

przygotowanej pod kierunkiem:

promotora: dr hab. inż. Dominiki Grygier, Prof. Wr

i

promotora pomocniczego: dr inż. Małgorzaty Rutkowskiej-Gorczyca.

1. Podstawa opracowania

Recenzja została wykonana na zlecenie Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Wrocławskiej oraz Pana Przewodniczącego prof. dr hab. inż. Zbigniewa Gronostajskiego, na podstawie pisma nr W10/RDND07/149/2025 z dnia 09.07.2025 r.

Podstawa prawna art. 190 ust. 2 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.

Politechnika Częstochowska**Wydział Inżynierii Produkcji i Technologii Materiałów**

al. Armii Krajowej 19, 42-201 Częstochowa

tel. +48 34 325 06 25, e-mail: dziekanat@wip.pcz.pl

www.wip.pcz.pl

Ad 1.

Przedstawiona do recenzji praca doktorska Pana mgr inż. Mateusza Dziubek pt.: „Wykorzystanie mechanizmu rekrytalizacji typu PSN w procesie dwuetapowej obróbki cieplnej stali X120Mn12 w celu zwiększenia odporności na zużywanie ściernie” została wykonana na Wydziale Mechanicznym, Politechniki Wrocławskiej pod kierunkiem promotora dr hab. inż. Dominiki Grygier, Prof. Wr oraz promotora pomocniczego dr inż. Małgorzaty Rutkowskiej-Gorczyca, świadczy o uzyskaniu przez Doktoranta wiedzy teoretycznej w zakresie dyscypliny Inżynieria Mechaniczna. Poświadczeniem tego jest część teoretyczna pracy, która w sposób wystarczający, a nawet w niektórych przypadkach więcej niż wystarczający, wprowadza czytelnika w tematykę dysertacji. Część teoretyczna napisana jest w sposób klasyczny dla tego typu prac naukowych. Ciekawym elementem tego fragmentu pracy jest wykaz pojęć i skrótów tak w języku polski jak i angielskim oraz krótkie notki biograficzne kluczowych w punktu widzenia dysertacji autorów. Dopelnieniem tego fragmentu są encyklopedyczne definicje wybranych zagadnień. Takie podejście świadczy o dojrzałości naukowej autora oraz umiejętności odejścia od pewnych utartych schematów, co zwiększa czytelność pracy. Doktorant posługuje się językiem naukowy sprawnie i poza drobnymi błędami w nomenklaturze nie można mu zarzucić braków w tym zakresie.

Ad 2.

Oceniana rozprawa doktorska wykazuje, że Doktorant posiada umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Zaplanowane i zrealizowane eksperymenty wskazują, że autor nie tylko potrafi przeprowadzić złożony proces badawczy, ale również, a może przede wszystkim, prawidłową i złożoną analizę oraz wyciągać prawidłowe wnioski. Warty w tym miejscu jest podkreślenie, że przeprowadzone badania wstępne, zawarte w rozdziale Tło badań w bardzo dobry sposób wprowadzają czytelnika w analizowaną tematykę i w połączeniu z rozdziałem Dyskusja i podsumowanie przeglądu literatury zamykają kłamrą część wstępną. Zastosowany język jest czytelny a znikoma ilość wad edytorskich świadczy o wysokim poziomie przygotowania dysertacji. Ważnym aspektem, który należy mieć również na uwadze jest element praktyczny pracy, który jest znaczący i dla każdego czytającego, który współpracuje z szeroko rozumianym otoczeniem gospodarczym, widoczny w bardzo wielu obszarach. Zaplanowany eksperyment i dobrane do niego narzędzia badawcze, są prawidłowe w pełni odpowiadają na zapotrzebowanie naukowe i muszą zostać ocenione bardzo wysoko.

Ad 3.

O ile sam materiał badawczy w postaci stali X120Mn12 oraz procesy zarodkowania stymulowanego cząsteczkami są znane o tyle podejście do problemu badawczego i samo zaproponowane rozwiązanie już wpisuje się w definicję nowości. Zastosowane narzędzia badawcze w tym techniki mikroskopowe, zaczynając od mikroskopii optycznej przez elektronową SEM, analizę EDS, EBSD, TEM, SEAD, przez szerokie określenie właściwości mechanicznych, chociaż w tym miejscu lepszym określeniem by było funkcjonalnych, aż po obserwację pęknięć in-situ, wskazuje na bardzo ambitne podejście do problemu badawczego. To ambitne podejście jest potwierdzone jakością wyników i ich analizą oraz uzyskanymi wnioskami. W zasadzie praca jest na tyle kompletna, że recenzent w tym miejscu mógłby zakończyć swoją ocenę stwierdzając, że praca jest na bardzo wysokim poziomie. Pewne drobne niuanse w żaden sposób nie mogą wpłynąć na jej ocenę.

W myśl art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (z późn. zm.) przedstawione mi do oceny dzieło spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim. W dalszych punktach mojej recenzji w sposób pełniejszy odniosę się do charakterystyki i opisu rozprawy oraz przedstawię wnioski końcowe.

Charakterystyka i opis rozprawy

Praca napisana jest w układzie klasycznym z podziałem na część stanowiącą przegląd literaturowy i część badawczą. Całość zawiera się na 148 stronach, składa się ze streszczenia w języku polskim jak i angielskim, 7 rozdziałów, wykazu ilustracji, wykazu tabel, bibliografii oraz trzech załączników (umieszczonych na końcu wydruku).

Spis literatury obejmuje 205 pozycji, z czego 61, czyli około 30% są to pozycje wydane przed rokiem 2000, 60, czyli 29% prace z lat 2001 – 2014 oraz 84, czyli 41% z okresu ostatnich 10 lat. Należy również podkreślić, że wśród literatury znajduje się wiele pozycji wręcz archiwalnych, ale w tym zakresie należy to odczytywać na plus a nie na minus. Świadczy to o dojrzałości badawczej i rzetelności przeglądu literatury. Innym aspektem, na który należy zwrócić uwagę jest znaczący udział prac obcojęzycznych.

Pod względem językowym i edytorskim praca posiada drobne błędy oraz wady, które w żadnym stopniu nie wpływają na moją wysoką ocenę. Zawarte w pracy rysunki, tabele oraz mikrostruktury są dobrej jakości, a Doktorant w tym zakresie w większości wykazał się starannością. Ze względu na specyfikę pracy niektóre schematy mogłyby być bardziej czytelne, ale nie jest to przeszkodą, która by eliminował dysertację z oceny. Jedyną może bardziej znaczącą uwagę w tym obszarze jest fakt jednak lepiej analizuje się mikrofotografie, jeśli są

one jakkolwiek rozdzielone, nie ma wtedy ryzyka, że czytający błędnie zinterpretuje przedstawione wyniki.

Omówienie tematyki i celu pracy

Tematyka rozprawy doktorskiej dotyczy możliwości wykorzystania mechanizmu rekrystalizacji typu PSN, czyli zarodkowania stymulowanego cząsteczkami, w procesie dwuetapowej obróbki cieplnej stali X120Mn12. Jak sam tytuł wskazuje jest to rozprawa o silnym aspekcie naukowym i co jest bardzo dobrze widoczne na każdym etapie jej czytania utylitarnym.

Wprowadzenie do dysertacji w postaci rozdziału 1 z rozbudowanymi podpunktami daje wgląd w całość zjawisk procesów i problemów jakie będą analizowane w dalszej części. W rozdziale 1.1 i podpunktach 1.1.1. -1.1.4 przedstawiono tak rys historyczny materiału jak i jego właściwości oraz co jest najważniejsze kierunki rozwoju i zastosowanie. Ten fragment podobnie jak pozostałe jest dobrze napisany, a szczególnie opis materiału i jego rys historyczny jest niezwykle ciekawy. Jest to o tyle ważne, że stale i staliwa manganowe, w pracy określane w wielu miejscach jako wysokomanganowe (Hadfielda), są znane od drugiej połowy XIX wieku i jako takie w teorii nie mają już wiele do „ukrycia”. Jak wykazał autor teza lub może lepiej hipoteza ta jest całkowicie błędna. Bardzo ważnym elementem tego rozdziału jest syntetyczny, lecz dokładny opis zjawisk umocnienia zachodzących w stalach i staliwach Hadfielda.

W kolejnym rozdziale 1.2. wraz z podrozdziałami 1.2.1 -1.2.3 autor scharakteryzował problemy tribologiczne. Tutaj ponownie dość syntetycznie opisał tą problematykę odniósł ją do typowych obszarów zastosowań i najważniejszych zjawisk tego typu niszczenia na jakie stale i staliwa Hadfielda są narażone.

Ostatnim rozdziałem części literaturowej jest fragment poświęcony rekrystalizacji. Ponownie jest on syntetyczny i w ocenie recenzenta pomimo swojego znaczenia pozostawia pewien niedosyt. Nie zmienia to jednak faktu, że całość przeglądu literatury w odniesieniu do materiału i zjawisk na jakie jest narażony lub jakie są związane z jego charakterystyką winno się ocenić wysoko.

Wspominany już wcześniej rozdział Tło badań stanowi komplementarne opracowanie badań wstępnych. Jego lektura pokazuje jednoznacznie jaki jest problem badawczy i jakie jest jego podłoże. Przedstawione wyniki są jednoznaczne a odniesienie się w analizie do obserwacji 88 dni eksploatacji i ocena kluczowych parametrów z punktu widzenia użytkowania stanowią wartość dodaną tego fragmentu. Nie mniej ważnym z punktu widzenia czytelnika jest również

jednoznacznie unaoczniony wzrost poboru prądu, może nie najfortunniej nazwany, ale wskazujący także na aspekty ekonomiczne.

Logicznym łącznikiem pomiędzy częścią teoretyczną, badaniami wstępnymi i częścią badawczą jest Dyskusja i podsumowanie przeglądu literatury. Fragment ten pokazuje biegłość autora w badanej tematyce. Wartym zauważenia fragmentem jest przedstawiona na stronie 42 tabela przypisująca główne pozycje literaturowe do głównych problemów poruszonych w części przeglądu literatury. Takie podejście pozwala w łatwy i szybki sposób odszukać najważniejsze prace.

W rozdziale 3 przedstawiono Cel i tezę pracy oraz wskazano zadania badawcze i hipotezy zerową i alternatywną. W tym miejscu warto zwrócić uwagę na drobny niuans teza, zdaniem recenzenta brzmiałaby lepiej w takiej formie: *„Zastosowanie dwuetapowej obróbki cieplnej stali wysokomanganowej X120Mn12 – obejmującej izotermiczne wygrzewanie oraz ponowną reaustenityzację – umożliwia skuteczne uruchomienie mechanizmu rekrytalizacji stymulowanej cząstkami (PSN), prowadząc do istotnego rozdrobnienia mikrostruktury, w efekcie uzyskując wyraźną poprawę właściwości funkcjonalnych, w szczególności odporności na zużycie ścierne oraz poprawę uderzalności, czyniąc ten zabieg efektywnym w zastosowaniach przemysłowych.”*

Rozdział 4 z podrozdziałami 4.1 do 4.3.9 dokładnie prezentuje materiał badawczy oraz definiuje plan i metodykę badań. W rozdziale tym przedstawiono także dokładnie zastosowane techniki i urządzenia badawcze, pewien niedosyt może jedynie budzić brak fotografii urządzeń badawczy przynajmniej tych najważniejszych.

Mieszczący się na 52 stronach rozdział 5, czyli Wyniki badań posiada 8 podrozdziałów głównych i 6 pobocznych. Wyniki opracowane są rzetelnie i w sposób przemyślany. Ich przedstawienie i uporządkowanie w dysertacji ułatwia ocenę. Zastosowane techniki i narzędzia badawcze takie jak mikroskopia optyczna, elektronową SEM, analizę EDS, EBSD, TEM, SEAD, są warte podkreślenia. Dokumentacja wyników jest na bardzo wysokim poziomie. Ponieważ recenzent w tym obszarze nie widzi uchybień a jedynie drobne uwagi porządkowe pozwala sobie na ograniczenie tego fragmentu recenzji.

Przedostatnim 6 rozdziałem jest podsumowanie mieszczące się na stronach 108-116. Jest ono bardzo wysokiej jakości, jeśli czytając dysertację mogło się mieć czasem niedosyt w rozdziale 5, to wszystko to zostało rozwiane w rozdziale 6. Autor bardzo dojrzałe podsumował całość pracy. Analiza łączy w sobie szerokie spektrum wyników i opisuje

w całościowy sposób uzyskane wartości. Tak dokładna analiza wskazuje na wysoki poziom naukowy autora i nie może pozostać niezauważona.

Rozdział 7, czyli wnioski jest także dobrze napisany może część wniosków jest lekko długa, ale w obliczu ilości danych i ich jakości jest to zrozumiałe. Warty podkreślenia jest sformułowanie wniosków, o charakterze podsumowującym wyniki, jak i poznamy, co wskazuje na istotny wkład pracy w dyscyplinę naukową Inżynieria Mechaniczna, ale także w dyscyplinę naukową Inżynieria Materiałowa.

Uwagi i ocena pracy

Przedstawiona do oceny dysertacja jest na bardzo wysokim poziomie naukowym i edytorskim posiada jednak pewne drobne elementy, które wymagają dyskusji i wyjaśnienia. Poniżej zostaną one wymienione i pogrupowane na uwagi o charakterze: porządkowym oraz uwagi wymagające komentarza i wyjaśnienia.

Uwagi o charakterze porządkowym:

- W części rysunków np. 1.2 czy 1.3 nie podano czy jest to praca własna autora czy może zapożyczenie z literatury, może to oczywiście być praca własna autora na podstawie literatury, ale w takim przypadku powinno być to oznaczone w stosowny sposób,
- Str. 40 linia 4 od dołu (..) optymalizację mikrostruktury – raczej dąży się do uzyskania optymalnej mikrostruktury, co i tak nie jest określeniem dokładnym, jednak z punktu widzenia technologa zrozumiałym. Przy posługiwaniu się określeniem optymalizacja należy niezwykle uważać, ponieważ bez podania parametrów optymalizacyjnych jest to błąd,
- Nie stosuje się określenia materiał w stanie dostarczenia, może być materiał w stanie lanym, materiał w stanie dostawy, materiał w stanie surowym,
- W Polsce nie używa się zapisów np. 11.5 jak np. na stronie 58, rozumiem, że autor chciał odnieść się do wartości G normy ASTM, ale mimo wszystko lepiej by było stosowanie w tym przypadku 11,5,
- W mikroskopii stosuje się określenie pole jasne lub ciemne a nie jasne pole, jest to szczegół,
- Rysunki powinny być delikatnie rozdzielone, żeby nie zachodziły na siebie,
- Ważnym jest, aby nie wprowadzać zamieszania w tekście i w żadnym przypadku nie stosować zamiennie udarność i energii łamania,
- Temperatura jest w liczbie pojedynczej podobnie jak staliwo i żeliwo,

- Raczej nie stosuje się określenie bibliografia a literatura, bibliografia to raczej dział nauki o utworach piśmiennictwa.

Uwagi wymagające wyjaśnienia:

- Dlaczego zastosowano równy 50° skok temperatury w trakcie badań, czy nie lepiej byłoby, aby w obszarach stabilnych zastosować większy zakres a w kluczowych węższy?
- Dlaczego wybrano taką technikę badania odporności na zużycie ścierne i dlaczego raczej nie oznaczono tego badania jako badania odporności erozyjnej?
- Czy w trakcie badania propagacji pęknięć in-situ jest możliwość regulacji siły naciągu czy jest to wartość stała?
- Wyniki pomiaru twardości str. 64 cechują się ogromnym błędem z czego on wynika i które wyniki są prawidłowe?
- Rysunki takie jak 5.50, 5.51, 5.57 i 5.58 aż proszą się o dodatkowe dane z zaznaczonych obszarów, nie wpłynęło by to w znaczący sposób na ilość stron a dało dużo lepszy obraz uzyskanych wyników.

2. Wniosek końcowy

W podsumowaniu mojej recenzji, stwierdzam, że przesłana mi do opinii rozprawa doktorska Pana mgr inż. Mateusza Dziubek pod tytułem „**Wykorzystanie mechanizmu rekrytalizacji typu PSN w procesie dwuetapowej obróbki cieplnej stali X120Mn12 w celu zwiększenia odporności na zużywanie ścierne**” spełnia wymagania 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 inżynierjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.



