

Gdańsk, 28.12.2025

Prof. dr hab. inż. Jerzy Łabanowski
Politechnika Gdańska
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Okrętownictwa
Instytut Technologii Maszyn i Materiałów

RECENZJA

**rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Wyciślik-Sośnierz
pt. " Wpływ parametrów technologicznych spawania laserowego
i hybrydowego stali odpornych na korozję na wielkość
emisji pyłu, jego skład chemiczny i morfologię"**

zrealizowanej pod kierunkiem

promotora prof. dr hab. inż. Janusza Adamca

promotora pomocniczego dr inż. Michała Urbańczyka

opiekuna pomocniczego dr inż. Jolanty Matusiak

Podstawą opracowania niniejszej recenzji jest pismo Przewodniczącej Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej Pana prof. dr hab. inż. Adama Grajcara, z dnia 28.10.2025 r. nr RDIMa.512.3.2025 RM. Podstawę prawną wykonania recenzji stanowi ustawa Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20.07.2018 r. (j.t. Dz. U. z 2024r. poz. 1571) Art. 187.

1. Zakres i aktualność tematu rozprawy

Przedmiotem badań i analiz w recenzowanej pracy doktorskiej są procesy technologiczne spawania austenitycznych stali nierdzewnych w aspekcie bezpieczeństwa i higieny pracy. Zawód spawacza jest uznawany za niebezpieczny ze względu na dużą liczbę zagrożeń, z którymi spotyka się pracownik na stanowisku pracy. Jednymi z najbardziej niebezpiecznych czynników są czynniki chemiczne w postaci pyłów i dymów spawalniczych, których wdychanie może mieć katastrofalne skutki dla zdrowia spawacza. Zarówno pyły jak i dymy spawalnicze z łatwością przedostają się do dróg oddechowych spawacza, a niekiedy nawet do układu krwionośnego oraz nerwowego. Są przyczyną wielu niebezpiecznych chorób przewlekłych oraz mogą przyczynić się do rozwoju chorób nowotworowych. Z tych powodów kompleksowe poznanie zagrożeń oraz odpowiednie zabezpieczenie stanowisk

pracy spawaczy jest niezwykle ważnym problemem badanym i monitorowanym w wielu instytucjach naukowych i laboratoriach przemysłowych na świecie. Oceniana dysertacja wpisuje się w nurt tych badań. Autorka zwraca uwagę na procesy technologiczne spawania stali wysokostopowych o strukturze austenitycznej, w których emisja pyłów jest bardziej niebezpieczna ze względu na obecność związków chromu oraz niklu. O ile w tradycyjnych procesach spawania łukowego ustalono mechanizmy powstawania pyłów, ich charakter i płynące stąd zagrożenia, to nowoczesne technologie takie jak spawanie laserowe oraz hybrydowe nadal pozostają pod tym względem słabo rozpoznane. Kwestią otwartą jest ustalenie, jak warunki i parametry spawania, przyjmowane dla zwiększenia wydajności procesu, wpływają na skład chemiczny i natężenie emisji całkowitej szkodliwych pyłów i gazów.

Podjęte zagadnienia dotyczą nowoczesnych technologii spawania i ich wpływu na tworzenie się pyłów spawalniczych wraz ze szczegółową analizą morfologii, składu chemicznego i fazowego powstających cząstek. Badania materiałowe są zasadniczym obszarem rozważań, a w związku z tym, w mojej opinii, osiągnięcia naukowe wykazane w tej pracy przyczyniają się do rozwoju dyscypliny inżynieria materiałowa.

2. Charakterystyka szczegółowa rozprawy doktorskiej

Tytuł opiniowanej rozprawy „Wpływ parametrów technologicznych spawania laserowego i hybrydowego stali odpornych na korozję na wielkość emisji pyłu, jego skład chemiczny i morfologię” jednoznacznie odzwierciedla zawartość merytoryczną pracy.

Rozprawa o objętości 252 stron, zawiera 124 rysunki, 53 tabele i składa się z trzech zasadniczych części. Obejmują one: analizę stanu zagadnienia w świetle literatury, opis badań własnych wraz z analizą wyników i wnioskami oraz wykaz literatury.

Wykaz literatury zawiera 161 pozycji w tym 23 odnośniki do norm i stron internetowych. Większość przywołanych artykułów z czasopism jest aktualna, wydana w ostatnich 15 latach. W wykazie zostały przytoczone 3 artykuły z czasopism recenzowanych, jeden referat zamieszczony w materiałach z konferencji naukowej oraz 5 prac badawczych Instytutu Spawalnictwa w Gliwicach, w których Doktorantka jest współautorem. Świadczy to o tym, że mgr inż. Joanna Wyciślik-Sośnierz zdobyła już szerokie doświadczenie w zakresie tematyki objętej rozprawą doktorską.

Część studialna pracy jest integralnie związana z jej tematem i została oparta na przeglądzie pozycji literaturowych dotyczących charakterystyki stali stopowych

nierdzewnych oraz technologii spawania stali austenitycznych. Następnie Doktorantka analizuje metalurgię procesów spawania stali austenitycznych w aspekcie tworzenia się pyłów spawalniczych. Przedstawia aktualny stan wiedzy na temat składu chemicznego i morfologii pyłów spawalniczych, ich podziału na frakcje zależnie od wielkości cząstek, oraz ich oddziaływania na organizm człowieka.

W podsumowaniu stwierdza, że w literaturze brakuje szczegółowego zestawienia dotyczącego wskaźników emisji pyłu powstającego podczas spawania laserowego i hybrydowego, brakuje również informacji na temat wpływu parametrów technologicznych procesu spawania tymi metodami na skład chemiczny pyłu i jego morfologię. W związku z tym podejmuje próbę określenia takich zależności dla wybranych gatunków stali odpornych na korozję formułując tezę pracy:

Energia liniowa wiązki laserowej oraz układu hybrydowego (laser + MIG) podczas spawania stali o strukturze austenitycznej decyduje o wielkości emisji pyłu, jego składzie chemicznym i morfologii.

Tezę pracy uważam za poprawnie sformułowaną, ponieważ odnosi się do zmiennych zasadniczych procesu spawania laserowego/hybrydowego. Sformułowanie *energia liniowa wiązki laserowej* nie jest precyzyjne, powinno być *energia liniowa spawania laserowego oraz spawania hybrydowego*.

Doktorantka wskazuje cele poznawcze i użytkowe pracy:

- określenie wielkości emisji pyłu podczas spawania laserowego i hybrydowego wybranych gatunków stali austenitycznych oraz oznaczenie jego składu chemicznego i morfologii,
- wyznaczenie zależności pomiędzy parametrami technologicznymi spawania laserowego i hybrydowego stali austenitycznych a wielkością emisji pyłu, jego składem chemicznym i morfologią,
- opracowanie zaleceń spawania laserowego i hybrydowego stali austenitycznych przyjmując jako kryteria uzyskanie połączenia spełniającego wymagania poziomu jakości B oraz redukcję emisji pyłu,
- opracowanie wytycznych technologii spawania laserowego i hybrydowego stali austenitycznych w aspekcie ochrony środowiska i zdrowia pracowników.

Cele zostały trafnie sformułowane i wpisują się w główny nurt pracy doktorskiej o charakterze wdrożeniowym.

Dla realizacji celów pracy Doktorantka przyjęła czteroetapowy plan badawczy przedstawiony w dysertacji na rys 3.1. W pierwszym etapie na podstawie analizy stanu wiedzy sformułowała tezę oraz cel i zakres pracy badawczej. W etapie drugim wykonała próby technologiczne spawania łukowego, laserowego i hybrydowego w celu doboru parametrów technologicznych zapewniających uzyskanie złączy spełniających wymagania poziomu jakości B. Trzeci etap obejmował przeprowadzenie i analizę wyników badań laboratoryjnych dla wybranych procesów spawania łukowego, laserowego i hybrydowego mających na celu określenie wielkości emisji pyłu całkowitego, oznaczenie składu chemicznego i fazowego pyłu oraz analizę morfologii pyłu. W ostatnim etapie, na podstawie analizy uzyskanych wyników badań Doktorantka sformułowała wnioski oraz zalecenia dla praktyki. Przyjętą metodykę badań uznaje za właściwą zarówno ze względu na aspekt naukowy jak i użyteczny pracy.

W celu uzyskania pełnej charakterystyki pyłów spawalniczych Doktorantka wykorzystwała nowoczesne metody badań: analizę składu chemicznego pyłu metodą SEM-EDS, fluorescencyjną spektrometrię rentgenowską (XRF) do jakościowej i ilościowej identyfikacji pierwiastków w danej substancji, analizę fazową pyłu metodą XRD, badania metalograficzne mikroskopowe w celu określenia morfologii pyłu (LM, SEM), oraz technikę dyfrakcji laserowej (LD) do oceny wielkości cząstek.

Do badań wybrała dwa gatunki stali austenitycznych – standardową X5CrNi18-10 (1.4301) oraz żaroodporną X15CrNiSi20-12 (1.4828). Przeprowadziła próby technologiczne napawania łukowego metodą MIG z użyciem drutu litego 308LSi, próby przetapiania laserowego dwiema technikami – z oczkiem i z jeziorkiem, oraz próby technologiczne napawania hybrydowego z użyciem materiału dodatkowego 308LSi.

W rozdziale 5 przedstawiła wyniki badań wielkości emisji zanieczyszczeń pyłowych powstających w procesach spawania. Badania wykonała na specjalnie skonstruowanym stanowisku badawczym. Analizowała wpływ gatunku materiału podstawowego na wielkość emisji pyłu, oraz wpływ parametrów technologicznych spawania (prędkość spawania, prędkość podawania drutu, moc wiązki laserowej).

W rozdziale 6 pracy przedstawiła wyniki obszernych badań materiałowych cząstek pyłów spawalniczych. Określiła zmiany składu chemicznego pyłów w zależności od gatunku materiału podstawowego oraz parametrów technologicznych spawania, jakościową i ilościową analizę fazową oraz ocenę morfologii powstających pyłów spawalniczych. Duża

liczba uzyskanych zależności została w sposób przejrzysty przedstawiona na porównawczych wykresach słupkowych oraz w formie tabelarycznej.

W rozdziale 7, który podsumowuje wyniki badań, Doktorantka przedstawiła uogólnioną zależność wpływu parametrów technologicznych procesu przedstawionych w postaci energii liniowej spawania na wielkość emisji, skład chemiczny i fazowy oraz morfologię pyłu.

Zwieńczeniem obszernych badań i analiz jest opracowanie wytycznych i zaleceń w aspekcie zdrowia i bezpieczeństwa pracowników dla spawania laserowego i hybrydowego stali odpornych na korozję, przedstawione w rozdziale 8. Doktorantka opracowała unikatowe wykresy pozwalające na dobór parametrów spawania laserowego i hybrydowego stali odpornych na korozję z uwzględnieniem kryterium głębokości wtopienia i wielkości emisji pyłu.

Pracę kończy rozdział 9 przedstawiający w sposób syntetyczny wnioski z przeprowadzonych badań i analiz. W rozdziale tym Doktorantka jednoznacznie wykazała osiągnięcie założonych celów i udowodniła słuszność przyjętej tezy pracy.

3. Ocena rozprawy doktorskiej

W pracy można wyróżnić osiągnięcia naukowe i wdrożeniowe, do których zaliczam:

- Opracowanie kompleksowej procedury oceny emisji pyłu spawalniczego obejmującą analizę ilościową pyłu oraz analizę jakościową i ilościową cząstek stałych.
- Wykazanie wielkości emisji zanieczyszczeń pyłowych podczas spawania laserowego i hybrydowego stali odpornych na korozję w zależności od energii liniowej procesu tj. parametrów technologicznych - mocy wiązki laserowej i prędkości spawania oraz w przypadku spawania hybrydowego, także od prędkości podawania drutu.
- Opracowanie pełnej charakterystyki pyłu powstającego podczas spawania laserowego, hybrydowego i łukowego stali austenitycznych obejmującej jego skład chemiczny i fazowy oraz morfologię.
- Określenie wpływu procesów spawania laserowego, hybrydowego i łukowego w aspekcie oddziaływania zanieczyszczeń pyłowych na środowisko pracy i organizm człowieka.
- Opracowanie wytycznych i zaleceń spawania laserowego i hybrydowego stali odpornych na korozję uwzględniających bezpieczeństwo pracowników.

- Przedstawienie propozycji rozszerzenia zakresu kart technologicznych spawania (WPS) o informacje dotyczące emisji pyłu.

Oceniając pozytywnie rozprawę doktorską kieruję do Doktorantki pytania i uwagi do dyskusji.

- Proszę o wyjaśnienie kryteriów wyboru stali austenitycznych do badań. Dlaczego nie wybrano stali zawierających molibden? Czy Doktorantka rozważała badania stali stabilizowanych Ti i Nb, interesujących ze względu na podatność do utleniania tych pierwiastków podczas spawania.
- Badania wykazały najwyższy udział szkodliwego chromu(VI) w pyłe dla metody spawania laserowego. Jakże mogą być tego przyczyny?
- Doktorantka nie podała warunków zewnętrznych panujących podczas badania emisji pyłu całkowitego. Czy wartość temperatury otoczenia oraz wilgotności powietrza mogą mieć wpływ na uzyskane wyniki?

Pod względem edytorskim rozprawę oceniam bardzo dobrze. Jest napisana poprawnym i jasnym językiem. Znalazłem tylko pojedyncze błędy edycyjne bądź składu tekstu. Dużą zaletą opracowania jest staranne udokumentowanie wyników badań w postaci tabel, wykresów, oraz dobrej jakości zdjęć przedstawiających morfologię pyłów spawalniczych. Zwraca uwagę duża objętość opracowania przedstawiona na 252 stronach. W mojej opinii jest to uzasadnione szerokim zakresem podjętych badań oraz dbałością o rzetelne i szczegółowe przedstawienie uzyskanych wyników.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawioną rozprawę doktorską uważam za interesującą i wartościową. Pani mgr inż. Joanna Wyciślik-Sośnierz zrealizowała zadanie badawcze będące przedmiotem rozprawy. Wykazała umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych oraz opracowania i analizy uzyskanych wyników. Przedstawione w rozprawie wnioski są dobrze udokumentowane. Biorąc pod uwagę aktualność tematyki pracy, klarowne sformułowanie celów pracy oraz ich osiągnięcie na drodze zaplanowanych i starannie przeprowadzonych badań, bardzo dobrze oceniam przedstawioną rozprawę doktorską.

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że przedstawiona przez mgr inż. Joannę Wycislik-Sośnierz praca pt. *"Wpływ parametrów technologicznych spawania laserowego i hybrydowego stali odpornych na korozję na wielkość emisji pyłu, jego skład chemiczny i morfologię"* spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim określone w ustawie *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20.07.2018 r. (j.t. Dz. U. z 2024r. poz. 1571)* i wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

