



Politechnika Wrocławska

Katedra Obróbki Plastycznej, Spawalnictwa i Metrologii

dr hab. inż. Leszek Łatka, prof. uczelni

Wrocław, dn. 09.01.2026 r.

Katedra Obróbki Plastycznej,

Spawalnictwa i Metrologii

Wydział Mechaniczny

Politechnika Wrocławska

ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27

50-370 Wrocław

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Radosława Ciokana pt.

**„Wpływ technologii spawania laserowego/hybrydowego na
strukturę i właściwości złączy doczołowych rur kompozytowych
stosowanych w przemyśle energetycznym”**

promotor: dr hab. inż. Santina Topolska, prof. PŚ

promotor pomocniczy: dr inż. Michał Urbańczyk

Podstawa opracowania recenzji:

Niniejsza recenzja została opracowana na podstawie pisma o sygnaturze RDIMa.512.44.2025 z dnia 28. października 2025 r., które zostało podpisane przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej, Prof. dra hab. inż. Adama Grajcara.



1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Rozprawa doktorska Pana mgr inż. Radosława Ciokana pt. „Wpływ technologii spawania laserowego/hybrydowego na strukturę i właściwości złączy doczołowych rur kompozytowych stosowanych w przemyśle energetycznym” została zredagowana jako monografia licząca 131 stron. Zawiera ona spis treści, siedemnaście rozdziałów, bibliografię i spis rysunków.

Przedłożona do recenzji dysertacja ma, na pierwszy rzut oka, strukturę typową dla rozpraw doktorskich. Widać jasno zarysowany podział na część, w której dokonano opisu aktualnego stanu zagadnienia oraz na część badawczą. Autor w pierwszym rozdziale odnosi się do rozwoju technik spawalniczych, ze szczególnym uwzględnieniem spawania laserowego, LBW (ang. *laser beam welding*) oraz hybrydowego, HLAW (ang. *hybrid laser arc welding*), laser + MAG. Zwraca też uwagę na praktyczny aspekt podejmowanych badań, zwłaszcza w przemyśle energetycznym, w kontekście przewagi konkurencyjnej w tym sektorze. Rozdział drugi to opis rur kompozytowych pod kątem ich składu chemicznego, metod ich wytwarzania oraz zastosowań w przemyśle. Natomiast w rozdziale trzecim Doktorant dość obszernie opisał problematykę spawania rur kompozytowych. Można tutaj odnaleźć charakterystykę procesów konwencjonalnych (spawanie łukowe, głównie metodami 141 oraz 111), jak i nowoczesnych (napawanie hybrydowe oraz laserowe). Bardzo rozbudowany fragment tego rozdziału stanowi opis stanowiska spawalniczego do spawania laserowego oraz napawania hybrydowego. Ostatnią częścią rozdziału trzeciego jest charakterystyka spawalniczych metod nanoszenia powłok ochronnych i regeneracyjnych na rury energetyczne (natryskiwanie cieplne i napawanie). Rozdział czwarty stanowi podsumowanie pierwszej części dysertacji.

W rozdziale piątym Autor sformułował dość ogólną tezę rozprawy (w formie założenia): „Zastosowanie nowoczesnych procesów spawania laserowego oraz hybrydowego (laser + MAG) stwarza możliwość uzyskania złączy doczołowych rur kompozytowych o jakości spełniającej rygorystyczne wymagania eksploatacyjne przemysłu energetycznego”. Doktorant przedstawił podstawowy problem badawczy



(„określenie parametrów technologicznych procesów spawania laserowego i hybrydowego (laser + MAG), które umożliwią uzyskanie: pełnego przetopu w złączach doczołowych rur kompozytowych, jednorodnej i wolnej od defektów mikrostruktury oraz optymalnych właściwości mechanicznych zgodnych z wymaganiami eksploatacyjnymi sektora energetycznego”). Ponadto wskazał cele naukowe oraz zaproponował cele użytkowe swojej rozprawy.

W części badawczej Autor scharakteryzował materiały podstawowe i dodatkowe (rozdział szósty), metodykę badań nieniszczących (rozdział siódmy) oraz niszczących (rozdział ósmy), badania metalograficzne (rozdział dziewiąty) jak również dobór parametrów technologicznych do spawania laserowego (rozdział dziesiąty) i napawania hybrydowego (rozdział jedenasty). Kolejne cztery rozdziały (od dwunastego do szesnastego) to dość ogólnikowy opis uzyskanych wyników badań, które Autor wprowadza w formie wytycznych technologicznych, kwalifikowania technologii spawania rur kompozytowych czy analizy (powtórnej) wyników badań. Ta część rozprawy kończy się rozdziałem siedemnastym, w którym to Doktorant zawarł wnioski natury poznawczej i użytkowej. Ponadto wskazał na, jego zdaniem, znaczenie uzyskanych wyników dla przemysłu, jak również zarysował perspektywy dotyczące dalszych badań.

Bibliografia dysertacji mgr. inż. Radosława Ciokana obejmuje 116 pozycji, wśród których można wyróżnić:

- 2 prace własne, których Doktorant jest współautorem (jedna z nich to artykuł w dawnym *Biuletynie Instytutu Spawalnictwa*, natomiast drugi w materiałach konferencyjnych: *Materials Proceedings, MDPI*);
- 23 pozycje pochodzące z czasopism, w których zagadnienia spawania laserowego oraz hybrydowego są w głównym nurcie tematycznym;
- 8 pozycji, którymi są strony internetowe producentów materiałów podstawowych lub strony z katalogów producentów materiałów dodatkowych oraz urządzeń spawalniczych;
- 26 norm przedmiotowych dotyczących spawalnictwa oraz kwalifikowania technologii spawania.



2. Tematyka rozprawy i problem badawczy

Podjęta w niniejszej rozprawie tematyka jest z pewnością aktualna oraz cenna z utylitarne punktu widzenia. Obejmuje zagadnienia, które mogą świadczyć o niezwykłym potencjale rozwojowym w skali całego kraju. Z jednej strony dotyczy technologii spawalniczych, ze szczególnym uwzględnieniem nowoczesnych metod opartych na wiązce laserowej oraz procesach hybrydowych (laserowo-łukowych). Natomiast drugi komponent stanowi kluczowy segment sektora gospodarczego, czyli przemysł energetyczny, przede wszystkim kotły energetyczne, rurociągi przesyłowe czy wymienniki ciepła. W przypadku różnego rodzaju kotłów (np. sodowych) w wielu rozwiązaniach konstrukcyjnych od kilkudziesięciu lat stosowane są tzw. *rury dwuwarstwowe* (czasem nazywane rurami kompozytowymi). Dotychczasowe sposoby ich łączenia metodami spawalniczymi oparte są na konwencjonalnych metodach łukowych (głównie spawanie elektrodą nietopliwą w osłonie gazów – GTA oraz spawanie elektrodą topliwą otuloną – MMA).

Jak niemal w każdym przypadku, również i tutaj istnieje konieczność rozwoju w kierunku zwiększenia trwałości połączeń, wydłużenia czasu eksploatacji m.in. kotłów energetycznych, możliwości pracy w zakresie parametrów nadkrytycznych. Wynika to z chęci (i coraz częściej konieczności) zwiększenia czasu niezawodnej pracy, redukcji poziomu ryzyka awarii i zmniejszenia częstotliwości napraw, które zawsze związane są z postojami urządzeń oraz generowaniem znacznych kosztów.

Powyżej przedstawione cele użytkowe można osiągnąć w dwojaki sposób. Jednym z nich jest zastosowanie nowych materiałów podstawowych, z jakich zostałyby wykonane rury dwuwarstwowe. Takie rozwiązanie wymaga wielu badań oraz analiz, a w kontekście przemysłu energetycznego, również spełnienia całego szeregu restrykcyjnych wymogów, jakie są nałożone przez krajowe oraz europejskie i międzynarodowe przepisy. Jednocześnie wymaga to również opracowania nowych materiałów dodatkowych do spawania oraz uzyskania dla nich certyfikatów dopuszczających je do stosowania w procesach łączenia. Ponadto, rozwiązanie bazujące na zastosowaniu nowych materiałów w obecnych czasach musi się



również mierzyć z wyzwaniem, jakim jest dostęp do tzw. *pierwiastków deficytowych* (np. niklu).

Drugi sposób to zmiana lub modyfikacja technologiczna procesu łączenia (metody spawania) rur wykonanych z dotychczasowych materiałów. Obserwując obecne trendy rozwojowe w różnych gałęziach przemysłu, ta opcja wydaje się być bardziej odpowiednia oraz łatwiejsza do wdrożenia w procesie produkcyjnym.

W niniejszej rozprawie postawiony przez Doktoranta problem badawczy dotyczył właśnie zastosowania zmodyfikowanej metody łączenia rur dwuwarstwowych poprzez spawanie laserowe warstwy wewnętrznej (bez materiału dodatkowego) oraz hybrydowe (laser + MAG) napawanie warstwy zewnętrznej. Wybór tematyki wpisuje się w ogólny trend poszukiwań możliwości uzyskania złączy spawanych o wysokiej jakości oraz charakteryzujących się bardzo dobrymi właściwościami mechanicznymi i użytkowymi, przy jednoczesnym zwiększeniu wydajności, a także automatyzacji i robotyzacji procesu spajania, co powinno się przełożyć na skrócenie czasu wykonania połączeń oraz zapewnieniu wysokiego stopnia powtarzalności uzyskanych wyników. Należy podkreślić, że zmiana metody spawania wiąże się z modyfikacją procesów zachodzących w obszarze metalurgii oraz fizyki spajania, które mogą wpływać na własności uzyskiwanych złączy. W związku z tym, dla prawidłowego zrozumienia występujących zjawisk, konieczne jest przeprowadzenie pogłębionych badań materiałowych z zastosowaniem zaawansowanych metod badawczych.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe rozważania należy uznać, że zarówno z naukowego jak i użytecznego punktu widzenia tematyka przedłożonej do recenzji dysertacji jest ważna oraz aktualna, a jej wybór, zwłaszcza w kontekście doktoratu wdrożeniowego, jest w pełni uzasadniony.



3. Analiza i ocena merytoryczna rozprawy

Na podstawie merytorycznej analizy zakresu oraz treści przedłożonej rozprawy należy stwierdzić, że o ile tematyka pracy, jak i podjęty problem badawczy z pewnością wpisują się w dyscyplinę naukową Inżynieria Materiałowa, to już sama dysertacja (zakres wykonanych badań oraz zaprezentowane wyniki) nie do końca mogą być zlokalizowane w tej dyscyplinie naukowej. W mojej ocenie jej treść o wiele bardziej odpowiada zakresowi dyscypliny Inżynieria Mechaniczna.

Doktorant prawidłowo, choć tylko fragmentarycznie, zrealizował zadania badawcze. Dotyczy to uzyskania pełnego przetopu w złączach doczołowych rur dwuwarstwowych, jak również otrzymania złączy charakteryzujących się jednorodną mikrostrukturą i wysoką jakością. Sygnalizowane przez Autora spełnienie „wymagań eksploatacyjnych przemysłu energetycznego” nie zostało przedstawione w ramach niniejszej rozprawy.

Badania doświadczalne, choć prawidłowo dobrane, zostały przeprowadzone na stosunkowo niewielkiej liczbie próbek. Pełny zestaw badań, zarówno niszczących jak i niszczących, wykonano jedynie dla dwóch zestawów parametrów (po jednym dla każdej z odmiany materiałowej rur dwuwarstwowych). Otrzymane wyniki były pozytywne i umożliwiły zakwalifikowanie zaproponowanej technologii spawania (zgodnie z normami: PN-EN ISO 15614-11 oraz PN-EN ISO 15614-14), co stanowi istotne osiągnięcie. Jednak jest to osiągnięcie bardziej inżynierskie i użytkowe niż naukowe. Autor wykazał zatem jedynie możliwość zastosowania zaproponowanej technologii spawania rur dwuwarstwowych.

Na tle wykonanych badań, zwłaszcza z zakresu dyscypliny naukowej Inżynieria Materiałowa, wyróżniają się analizy naprężeń w złączach spawanych oraz analizy składu chemicznego, jako nieco pogłębione badania materiałowe, w stosunku do obserwacji wykonanych z wykorzystaniem mikroskopii świetlnej lub skaningowej elektronowej (SEM). Zawarte w pracy wyniki analizy mikrostruktury i składu fazowego badanych złączy nie są kompletne.



Pewien niedosyt budzi niewystarczająca analiza rezultatów badań, tj. brak powiązania ze sobą uzyskanych wyników, w tym mikrostruktury z parametrami, wartością energii liniowej a rodzajem i poziomem nasilenia niezgodności spawalniczych czy też wpływu parametrów na budowę i własności złączy spawanych.

4. Uwagi krytyczne oraz sugestie

W trakcie lektury recenzowanej rozprawy zauważono, że sporo kwestii poruszanych w treści dysertacji budzi zastrzeżenia. Uwagi oraz pytania sformułowano w trzech grupach o charakterze merytorycznym, ogólnym i semantycznym. Osobną grupę stanowią tzw. *uwagi fundamentalne*, które zostały sprecyzowane na końcu tego rozdziału.

Uwagi natury merytorycznej:

1. Rys. 2 przedstawia fragment ściany szczelnej kotła, ale w trakcie badań penetracyjnych (czego nie dodano w podpisie). Poza tym, jest to zdjęcie z artykułu współautorstwa Doktoranta (*Opracowanie technologii spawania złączy doczołowych rur kompozytowych z wykorzystaniem metod laserowych*, Biuletyn Instytutu Spawalnictwa, 2021 (1), ss. 17-21) i nie zostało to uwzględnione jako autocytowanie.
2. Str. 23 – co Autor miał na myśli poprzez stwierdzenie, że łączy się „*metodami MMA, TIG, MIG/MAG z użyciem odpowiednich **dodatków stopowych**, takich jak druty 27.31.4.LCu czy na bazie stopu 625*” ? Czy wg Autora **spawalnice materiały dodatkowe** to jest to samo, co **dodatki stopowe**?
3. Stwierdzenie: „*powłoki napawane laserowo często przewyższają pod względem jakości i trwałości właściwości pierwotnego materiału części*” (str. 30) jest nieuzasadnione, ponieważ własności zależą głównie od materiału dodatkowego, który tworzy napoinę, a dopiero w drugiej kolejności od metody napawania. Poza tym, stwierdzenie to powinno zostać poparte danymi literaturowymi.



4. W „*Celu rozprawy*” Autor odwołuje się tylko do normy PN-EN ISO 13919-1, jako podstawy odnośnie wymagań jakościowych, pomijając całkowicie normę PN-EN ISO 12932 dotyczącą poziomów jakości dla złączy spawanych wykonanych metodą hybrydową laserowo-łukową.
5. Hipoteza główna (str. 51) z natury rzeczy implikuje konieczność porównania zaproponowanej technologii z rozwiązaniami już istniejącymi, zwłaszcza w kontekście końcowego stwierdzenia o „*poprawie efektywności procesu technologicznego*”. Takiego porównania jednak w rozprawie nie przedstawiono.
6. Hipoteza szczegółowa (1) – Autor użył sformułowania: „*uzyskanie pełnego przetopu w złączach rur kompozytowych spawanych wiązką laserową*”. Z lektury rozprawy wynika, że laserem była spawana jedynie rura wewnętrzna, a nie całość (w pracy jako „*rura kompozytowa*” lub „*dwuwarstwowa*”).
7. Hipoteza szczegółowa (2) – Autor w opisie wykonania spoiny zewnętrznej metodą hybrydową skupia się na zapewnieniu „*korzystnych właściwości mechanicznych*”, podczas gdy przez całą pierwszą część rozprawy dowodził (słusznie), że podstawową funkcją warstwy zewnętrznej jest wysoka **odporność korozyjna**.
8. Hipoteza szczegółowa (3) – w przedłożonej do recenzji rozprawie nie można zweryfikować tej hipotezy w sposób jednoznaczny, ponieważ Autor nie przeprowadził porównania makro- oraz mikrostruktur złączy spawanych wykonanych metodami konwencjonalnymi (łukowymi) w stosunku do wytworzonych zaproponowaną metodą laserową/hybrydową.
9. Hipoteza szczegółowa (4) – podobnie, jak w przypadku hipotezy głównej, na podstawie treści rozprawy nie można jej zweryfikować. Autor nie przedstawił wyników badań eksploatacyjnych ani nawet quasi-eksploatacyjnych wykonanych złączy spawanych, co uniemożliwia weryfikację tej hipotezy, nawet przy wnikliwej analizie dysertacji.



10. Pytania do „Celów užitarnych”:
- Na jakiej podstawie Autor chciał osiągnąć cel užitarny (1) „zwiększenie trwałości i niezawodności złączy rurowych eksploatowanych w środowiskach agresywnych chemicznie i wysokotemperaturowych” ? Czy wykonano takie połączenia i poddano je badaniom eksploatacyjnym?
 - Na jakiej podstawie Autor chciał osiągnąć cel užitarny (2) „skrócenie czasu wykonania złączy oraz minimalizacja wpływu cieplnego na mikrostrukturę materiału” ? Czy porównano wykonanie takich samych złączy różnymi metodami?
 - Na jakiej podstawie Autor chciał osiągnąć cel užitarny (3) „poprawa jakości *spoin* poprzez zastosowanie nowoczesnych technik spawania o wysokiej precyzji” ? Czy nie powinno być „jakości *złączy spawanych*” ? Ponadto tak sformułowany cel zakłada, że wg konwencjonalnej technologii spawania jakość złączy była niezadowalająca. I podobnie jak powyżej, nie przeprowadzono porównania.
 - Na jakiej podstawie Autor chciał osiągnąć cel užitarny (5) „ograniczenie kosztów eksploatacyjnych poprzez wydłużenie żywotności złączy oraz zwiększenie efektywności napraw i regeneracji” ? W jaki sposób to określono na podstawie danych zebranych w dysertacji?
11. Plan badań, punkt 1.: przygotowanie próbek. Jaką metodą wykonano szepianie przed spawaniem?
12. Plan badań, punkt 3.: Autor zastosował stwierdzenie „ocena wizualna – badanie makroskopowe”, czy wg Autora są to równoważne pojęcia? Poza tym wyjaśniona powinna być kwestia przeprowadzenia badań makroskopowych przed badaniami nieniszczącymi (przynajmniej wg kolejności zamieszczonej na str. 55-56 oraz rys. 14).
13. Plan badań, punkt 6.: „optymalne parametry technologiczne”, jakie kryteria optymalizacji Autor przyjął do ich określenia?
14. Na str. 59 Autor napisał, że w połączeniach spawanych „bez osłony gazu występowały rozpryski”. Jaki był cel i dlaczego wykonano złącza bez osłony gazowej?



15. Jaki był cel zastosowania badań PT, skoro już wykonano badania RT (opisane na str. 59-60) oraz ET (opisane na str. 60-61) ? Dlaczego badania PT (opisane na str. 62-63) wykonano jako ostatnie (a przynajmniej na to wskazuje kolejność opisywania badań NDT w rozprawie)?
16. W rozdziale 7. (Metodyka badań) powinna znaleźć się charakterystyka **wszystkich** metod badawczych. Natomiast Autor opisał tam ogólny plan badań oraz metodykę badań nieniszczących wraz z ich wynikami, co powinno przynależeć do osobnego rozdziału poświęconego przedstawieniu oraz omówieniu tych wyników.
17. Na str. 63 Autor napisał, że: „*badania niszczące stanowią jedną z najbardziej wiarygodnych metod **oceny jakości połączeń spawanych***”. Otóż badania niszczące dostarczają wyników ilościowych, natomiast ocena jakości (wyniki jakościowe) to domena badań nieniszczących.
18. Również dyskusyjny jest fragment: „*próby niszczące umożliwiają bezpośrednią weryfikację parametrów wytrzymałościowych, plastycznych oraz odpornościowych, a tym samym dają pełniejszy obraz zachowania materiału w warunkach eksploatacyjnych*” (str. 63). Dla opisywanego zagadnienia należałoby takie próby przeprowadzić w podwyższonej temperaturze oraz w obecności czynnika korozyjnego, co nie zostało wykazane w recenzowanej rozprawie.
19. Na str. 64 Autor napisał, że jednym ze celów przeprowadzonych analiz było „*określenie odporności złączy na obciążenia statyczne i **dynamiczne***”. O ile próby statyczne były opisane i przeprowadzane w ramach recenzowanej rozprawy, o tyle prób dynamicznych nie zawarto w dysertacji.
20. Wyniki pomiarów twardości zamieszczono zarówno w tabelach jak i na wykresach. Nie powinno się stosować takiej podwójnej formy prezentacji danych. W tym przypadku zdecydowanie bardziej powszechną i przyjętą w literaturze spawalniczej formą prezentacji wyników pomiarów twardości jest wykres.
21. Podpis do rys. 19 – to raczej rozkłady twardości **całego złącza** (jeśli linie A, B i C są skorelowane ze schematem zamieszczonym na rys. 17b).



22. Istotnym niedostatkim jest brak rozkładów twardości w przypadku drugiego złącza 38/4L7 a także brak dyskusji uzyskanych wyników w odniesieniu do danych zawartych w literaturze tematu.
23. Dlaczego Autor powołuje się na normę PN-EN ISO 6892 (str. 68), która dotyczy próby rozciągania metali, a nie na normę PN-EN ISO 4136 (dotyczącą próby rozciągania próbek poprzecznych złączy spawanych)?
24. Dlaczego Autor w wynikach próby rozciągania złączy spawanych podaje wartości liczbowe dla granicy plastyczności (R_e) oraz wydłużenia (A)? Co z brakiem jednorodności struktury w ramach złącza spawanego i materiału podstawowego?
25. Dlaczego Autor jako miejsce zerwania podaje lokalizację „poza strefę spoiny”? Takie stwierdzenie nie wyklucza miejsca zerwania w SWC i może prowadzić do błędnych interpretacji uzyskanych wyników badań.
26. Dlaczego Autor analizując wyniki próby rozciągania złączy spawanych (metoda niszcząca) odwołuje się do normy PN-EN ISO 12932, która dotyczy badań nieniszczących i nawet przypisuje złączom **poziom jakości B** (na podstawie wyników badań niszczących)?
27. Czym są „wartości wydłużenia powyżej 15%” i jak one świadczą o „bardzo dobrej jakości złącza”? Autor powołuje się na normy PN-EN ISO 15614-11 oraz 15614-14, ale w tych dokumentach nie ma takiego zapisu. Skąd zatem taki wniosek?
28. Rys. 23b – wg opisu Autora te próbki powinny mieć długość 100 mm oraz szerokość 20 mm. Nawet pobieżna analiza wizualna wskazuje na to, że długość znacznie przekracza pięciokrotność szerokości. Zachodzi zatem pytanie, czy próbki były przygotowane zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie PN-EN ISO 5173?
29. Rys. 23c oraz 23d podpisane są jako próbki zginane od strony grani ale nie wiadomo, która próbka przypisana jest do jakiej konfiguracji materiałowej rury dwuwarstwowej.



30. Wniosek z przeprowadzonej próby zginania: „wyniki potwierdzają, że technologia łączenia rur kompozytowych pozwala na zachowanie wysokiej jakości mechanicznej i estetycznej spoin **w warunkach przemysłowych**” (str. 74) jest nieuprawniony. Autor w żadnym miejscu w dysertacji nie zaznaczał, że warunki wykonania złączy były przemysłowe albo złącza były poddane eksploatacji w warunkach przemysłowych.
31. Na str. 76 Autor stwierdza, że: „lico i grań spoin były prawidłowo uformowane, a brak podtopień i **brak przetopu** wskazywał na stabilny przebieg procesu”. W jaki sposób **brak przetopu** może być brany pod uwagę, jako wskaźnik prawidłowego procesu spawania?
32. Autor stosuje pojęcie „clading” (choć jeśli tak, to powinno być „cladding”) w odniesieniu do spoin hybrydowych (podpisy pod rys. 26 i 27). To już trzecie określenie, po spawaniu i napawaniu. Jak zatem należy nazywać to połączenie i jaką metodą (techniką) zostało ono wykonane?
33. Dlaczego Autor pokazał tylko 2 zdjęcia dla spawania laserowego (kąty 120° oraz 240°), podczas gdy dla spawania hybrydowego pokazał 3 zdjęcia (kąty 0°, 120° oraz 240°)?
34. Jak należy rozumieć sformułowany przez Autora wniosek: „spoiny laserowe są węższe i głębsze, natomiast hybrydowe charakteryzują się bardziej rozłożystą strefą przetopioną i lepszym połączeniem z materiałem bazowym” ? (str. 79)
35. Wyniki punktowych analiz składu chemicznego (EDS) przeprowadzonych w obszarze spoiny złącza 4L7/3R12 (oznaczonym jako „12D” na str. 83) wykazały obecność wanadu. Fakt ten rodzi pytanie o źródło jego występowania, gdyż pierwiastek ten nie został stwierdzony ani w materiale rodzimym rury zewnętrznej (3R12 – tabela 1), jak również w składzie zastosowanego materiału dodatkowego (308LSi).
36. Rozkład liniowy pierwiastków (rys. 32) powinien być przedstawiony również bez udziału żelaza (ze względu na jego wysoką zawartość w stali 4L7). Wówczas byłoby łatwiej analizować sposoby przejścia pozostałych pierwiastków (poza Cr i Ni).



37. Wyniki punktowej analizy składu chemicznego (rys. 35) wskazują na znaczną zawartość wagową węgla (nawet **do 9.4 % wag.**), co dla materiału podstawowego (Sanicro 38) oraz materiału dodatkowego (S Ni 6625 wg PN-EN ISO 18274) jest wartością daleko wykraczającą poza nominalny skład chemiczny. Ponadto oznaczanie zawartości węgla metodą EDS jest mocno dyskusyjne.
38. Wyjaśnienia wymagają również pozostałe wyniki z analizy EDS (rys. 35):
- a. zawartość tytanu przekraczająca 10 % wag.;
 - b. zawartość chromu poniżej 10 % wag.;
 - c. zawartość niklu poniżej 20 % wag.;
 - d. zawartość niobu znacznie przekraczająca 20 % wag.
39. Opisy siedemnastu zdjęć (rys. 37 – rys. 53) są najczęściej jednozdaniowe i mają głównie charakter sprawozdawczo-raportowy. Brakuje odwołania się Autora do danych literaturowych, choćby do materiałów o zbliżonym składzie chemicznym, co niestety obniża naukowy poziom rozprawy.
40. Podpis pod rys. 39: „Mikrostruktura **spoiny** warstwy wewnętrznej – próbka 12D, powiększenie 100x, Rura podstawowa: drobnoziarnista struktura ferrytyczno-perlityczna w **SWC**” budzi zdziwienie, gdyż nie wiadomo czy chodzi o „spoinę”, czy o „SWC”.
41. Podpis pod rys. 43: „Mikrostruktura **materiału rodzimego** – próbka 12D, powiększenie 50x, **Spoina** linia wtopienia spoiny rury zewnętrznej materiał rury zewnętrznej” jest bardzo niejasny.
42. Podpis pod rys. 44: „Mikrostruktura **materiału rodzimego** – próbka 12D, powiększenie 50x, **Spoina** struktura kolumnowa spoiny rury zewnętrznej” jest bardzo niejasny.
43. Podpis pod rys. 52: „Mikrostruktura **materiału rodzimego** – próbka D2.1, powiększenie 500x, **Spoina** linia wtopienia spoiny rury zewnętrznej w materiał rury zewnętrznej” jest bardzo niejasny.
44. Podpis pod rys. 53: „Mikrostruktura **materiału rodzimego** – próbka D2.1, powiększenie 100x, **Spoina** struktura kolumnowa spoiny rury zewnętrznej” jest bardzo niejasny.



45. Stwierdzenie: „Analizy EDS wykazały skład zgodny z nominalną stalą X2CrNi18 10, z niewielkimi wzbogaceniami Ti i V w obszarach granicznych, wynikającymi z mikrostopowych dodatków 4L7” (str. 98) jest dyskusyjne, ponieważ w podanym przez Autora nominalnym składzie chemicznym stali 4L7 (Tabela 1) nie występował nawet śladowy dodatek wanadu.
46. Stwierdzenie dotyczące złącza 38/4L7: „Szerokość strefy wpływu ciepła jest większa niż w złączu 3R12/4L7, co odzwierciedla wyższy wkład ciepła podczas procesu” (str. 98) jest bezpodstawne (przynajmniej w tym miejscu), ponieważ parametry procesu spawania są podane dopiero w Tabeli 8 (str. 102). Ponadto Autor nie prowadził pomiarów szerokości SWC (a przynajmniej wyniki takich pomiarów nie zostały przedstawione w recenzowanej pracy).
47. Ogromne zdumienie budzi fakt, że fragment „dobór parametrów technologicznych spawania laserowego” przedstawiono dopiero w rozdziale 10 i jednocześnie umieszczono dopiero **po** rozdziałach, w których Autor przedstawił wyniki badań wykonanych złączy. Podobnie rzecz się ma z **rozdziałem 11**. („dobór parametrów technologicznych napawania hybrydowego”).
48. Parametry procesu przedstawione przez Autora na str. 99 są tylko listą, która wygląda jak niemal gotowy przepis na wykonanie połączeń metodą spawania laserowego. W rozprawie nie przedstawiono wystarczających podstaw do identyfikacji kluczowych parametrów procesu ani do przeprowadzenia ich pogłębionej, krytycznej analizy. Brak takiej analizy uniemożliwia rzetelne określenie zakresu zmienności wybranych parametrów, istotnych z punktu widzenia omawianego zagadnienia.
49. Wśród parametrów procesu spawania laserowego (str. 99) Autor wymienił: **prędkość spawania** oraz **pozycję ogniska**. W kontekście całej dysertacji nasuwają się tutaj dwa pytania:
- a. na liście parametrów Autor określił prędkość spawania jako równą **0,8 m/min**, podczas gdy na str. 35 napisał: „prędkość spawania powinna być dostosowana w zakresie **2-10 m/min** w zależności od konkretnej kombinacji materiałów” – zatem jaka wartość jest właściwa?



- b. na liście parametrów Autor określił pozycję ogniska jako równą **0 mm** (czyli na powierzchni złącza), podczas gdy na str. 35 napisał: „położenie ogniska wiązki laserowej, krytyczny parametr decydujący o głębokości penetracji, powinno być ustawione na poziomie **1-2 mm** pod powierzchnią łączonych elementów” zatem jaka wartość jest właściwa?
50. W Tabeli 7 zestawiono parametry procesu spawania laserowego dla **sześciu próbek** (po 3 próbki dla każdego zestawienia rur dwuwarstwowych: 3R12/4L7 oraz 38/4L7). Jednak pobieżna analiza wskazuje, że jedyną różnicą jest obecność gazu osłonowego lub jej brak. I tak próbki **D1** oraz **D2** były spawane **bez osłony gazowej**, natomiast próbki D3 – D6 już z osłoną gazową (argon). Problemem jest to, czym różni się próbka **D3** od **D5** (obie 3R12/4L7) oraz **D4** od **D6** (obie 38/4L7), ponieważ danych zawartych w Tabeli 7 zostały wykonane dokładnie z takimi samymi parametrami?
51. Zastanawiający jest fragment (str. 100): „W próbkach wykonanych bez zastosowania osłony zaobserwowano lokalne przebarwienia, porowatość oraz powierzchniowe utlenienia w obszarze lica. Natomiast w przypadku próbek, w których wykorzystano osłonę argonową, spoiny charakteryzowały się gładkim licem, równomiernym rozprowadzeniem stopiwa oraz brakiem zmian barwnych. Zmiany te potwierdzają, że argon zapewnia skuteczniejszą ochronę cieplną i metalurgiczną złącza przed dostępem powietrza” – czy doprawdy należało przeprowadzać te próby? Przecież ich efekt był oczywisty do przewidzenia.
52. Na str. 101 Autor napisał: „otrzymano spoiny charakteryzujące się symetryczną strefą wpływu ciepła (SWC) oraz równomiernym przetopem przez całą grubość ścianki rury (**6,53 mm**)”, co dotyczy spawania laserowego, a więc jedynie wewnętrznej rury. Należy jednak zauważyć, że w treści dysertacji nie podano informacji dotyczących grubości warstwy wewnętrznej ani zewnętrznej rury kompozytowej.
53. Stwierdzenie: „Zestawienie wyników jednoznacznie wskazuje, że zastosowanie osłony gazowej w postaci argonu znacząco poprawia jakość powierzchni i właściwości metalurgiczne spoiny” jest **wysoce nieuprawnione**, ponieważ nie



przedstawiono w recenzowanej dysertacji żadnych wyników złączy wykonanych metodą spawania laserowego w osłonie argonu (patrzac na oznaczenia próbek zawarte w Tabeli 7 – Autor poddał badaniom tylko próbki **D1** oraz **D2**, czyli wykonane **bez osłony gazowej**).

54. W Tabeli 8 (*parametry napawania hybrydowego*) zamieszczono dane dotyczące **tylko dwóch próbek**: D1 oraz D2, dla których dobrano po jednym zestawie parametrów. Niestety nie wiadomo na jakiej podstawie dokonano takiego wyboru. Braku również zakresu zmienności podstawowych parametrów procesu.
55. W Tabeli 8 zauważono nieprawidłowe opisy symboli parametrów:
- symbol „**a**” opisano jako „*długość wysuwu drutu*” (prawidłowo: „*długość wolnego wylotu elektrody*”), podczas gdy jest to odległość pomiędzy ogniskiem, a końcówką drutu;
 - symbol „**Dw**” opisano jako „*średnicę wiązki lasera*”, podczas gdy jest to długość wolnego wylotu elektrody.
56. Stwierdzenie: „Wraz ze wzrostem energii liniowej, odpowiadającej ilości ciepła dostarczanego do złącza, obserwuje się poszerzenie strefy wpływu ciepła oraz tendencję do silniejszej segregacji pierwiastków w obrębie struktury dendrytycznej” (str. 103) **jest na gruncie recenzowanej rozprawy nie do udowodnienia**, ponieważ nie było różnych energii liniowych dla połączeń tej samej konfiguracji materiałowej (tej samej rury dwuwarstwowej). Porównanie różnych energii liniowych dla różnych złączy (3R12/4L7 oraz 38/4L7) jest wysoce nieuprawnione. Szczególnie, że na str. 104 Autor napisał: „*złożona budowa materiałowa wymaga indywidualnego podejścia do doboru parametrów*”.
57. W rozdziale 12. Autor napisał: „W niniejszym rozdziale przedstawiono zestaw zaleceń technologicznych obejmujących dobór rodzaju źródła laserowego, parametrów procesu, konfiguracji hybrydowej (laser + MAG), a także zastosowania gazów osłonowych. Uwzględniono również rekomendacje optymalizacyjne wynikające z przeprowadzonych badań, które mogą stanowić podstawę dalszych prac badawczo-rozwojowych nad przemysłowym zastosowaniem techno-



logii spawania rur kompozytowych w energetyce” (str. 104). Jednakże analiza treści tego rozdziału wskazuje na występowanie licznych powtórzeń informacji przedstawionych w poprzednich rozdziałach, zarówno w warstwie tekstowej, jak i w zestawieniach tabelarycznych (Tabela 9 to kopia Tabeli 7, natomiast Tabela 10 to kopia Tabeli 8). Jedyne nowe informacje to wzmianka o parametrach ściegów zakosowych w napawaniu hybrydowym oraz wartość natężenia przepływu mieszanki gazowej M12.

58. Wnioski końcowe z podrozdziału 12.4 (str. 108):
- a. dlaczego Autor w wymaganiach jakościowych odwołuje się jedynie do normy PN-EN ISO 13919-1 całkowicie ignorując normę PN-EN ISO 12932?
 - b. dlaczego pomimo takiego stwierdzenia: „szczególną rolę odgrywała osłona gazowa – argon w przypadku spawania laserowego oraz mieszanina M12 przy napawaniu hybrydowym – której obecność była niezbędna dla zapewnienia odpowiedniej jakości metalurgicznej spoin” Autor wykonał badania jedynie dla próbek spawanych laserowo **bez osłony gazowej**?
 - c. na jakiej podstawie Autor dokonał takiego wnioskowania: „potwierdzono, że konfiguracja L-A w technologii hybrydowej oferuje korzystniejsze warunki metalurgiczne i geometryczne **niż inne układy**” gdyż poza konfiguracją „L-A” (łuk atakujący) w dysertacji nie stosowano innego układu?
59. Rozdział 13. to w znacznej mierze również powtórzenia informacji, które Autor zawarł już we wcześniejszych rozdziałach pracy. Pojawia się jednak poważny błąd merytoryczny, gdyż Autor stwierdza, że: „badania wizualne nie wykazały niezgodności powierzchniowych, a badania radiograficzne oraz **penetracyjne potwierdziły brak wad wewnętrznych**” (str. 109). W jaki sposób badania penetracyjne mogą być przydatne w ujawnieniu **niezgodności wewnętrznych**?
60. Na str. 110 Autor opisuje kwalifikowanie procesu napawania hybrydowego na podstawie próbek wykonanych z parametrami z zakresów: „prędkość napawania $0,1 \div 0,2$ m/min, prędkość podawania drutu $5 \div 8,5$ m/min, napięcie



18÷20 V, natężenie prądu 120÷150 A”, podczas gdy były to skrajne wartości przyjęte dla próbek **D1** oraz **D2** (szczegóły zawarto w Tabeli 8).

61. W podrozdziale 13.1 Autor napisał, że: „potwierdzono możliwość stosowania spawania laserowego do wykonywania warstw wewnętrznych rur kompozytowych, a napawania hybrydowego do kształtowania warstw zewnętrznych odpornych na korozję i **ścieranie**” (str. 110), co jest wysoce nieuprawnione w odniesieniu do **odporności na ścieranie**, ponieważ w dysertacji nie przeprowadzono ani nie wykazano wyników takich badań.
62. W podrozdziale 13.1 Autor napisał, że: „zastosowanie tych technologii w sektorze energetycznym przyczynia się do zwiększenia trwałości instalacji, zmniejszenia ryzyka awarii oraz wydłużenia okresu eksploatacji elementów konstrukcyjnych” (str. 110), co również jest nadużyciem, ponieważ nie przeprowadzono (w obrębie dysertacji) badań eksploatacyjnych.
63. Rozdział 14. stanowi kolejne powtórzenie. Dodatkowo, występują w nim dyskusyjne fragmenty takie jak:
 - a. stwierdzenie: „ze względu na niewystarczającą grubość ścianek (<5 mm) nie przeprowadzono prób udarność” (str. 111) jest niezrozumiałe, ponieważ grubość ścianki dla obu gatunków rur dwuwarstwowych przekraczała tę wartość i wynosiła **6,53 mm**;
 - b. stwierdzenie: „spoiny wykonane metodą hybrydową charakteryzowały się gładkim lica” (str. 111) stoi w sprzeczności do zdjęć przedstawionych na rys. 27;
 - c. stwierdzenia: „zastosowanie argonu jako gazu osłonowego chroniło jeziorko spawalnicze przed utlenianiem, ograniczając przebarwienia i rozpryski” (str. 112) powyższego, nie można udowodnić na podstawie zawartości recenzowanej dysertacji oraz przedstawionego w niej materiału;
 - d. stwierdzenie: „technologia hybrydowa, szczególnie dla Sanicro 38, wykazała lepszą odporność na korozję” (str. 112) jest nieuprawnione, ponieważ w ramach recenzowanej rozprawy nie przeprowadzono badań korozyjnych i nie przedstawiono uzyskanych wyników badań.



64. Rozdział 15. stanowi zasadniczo powtórzenie wyników obserwacji makro- oraz mikroskopowych uzyskanych złączy spawanych. Można z powodzeniem przenieść ten rozdział w miejsce, w którym Autor dokonał omówienia struktur wykonanych złączy.
65. W rozdziale 16. Autor ponowił błędy z wcześniejszych rozdziałów pracy m.in.: dobór nieprawidłowej normy PN-EN ISO 6892 jako podstawy zawierającej wytyczne do rozciągania złączy spawanych (powinna być norma PN-EN ISO 4136) oraz zastosowanie niepoprawnego terminu określającego miejsce zerwania próbki „poza spoiną” (powinno być „poza złączem”).
66. W podrozdziale 16.1 Autor napisał, że: „złącza wykazywały wysoką ciągliwość, **odporność na obciążenia eksploatacyjne**” (str. 116) – takie sformułowanie jest nieuprawnione, ponieważ w rozprawie nie przedstawiono wyników badań „odporności na obciążenia eksploatacyjne”.
67. Wniosek naukowy: „warstwa 3R12 (304L) wykazała stabilną strukturę austenityczną z niewielką zawartością δ -ferrytu, mieszczącą się w granicach dopuszczalnych norm” (str. 117) jest nieuprawniony, ponieważ w rozprawie nie opisano metody ani uzyskanych wyników pomiaru zawartości ferrytu delta w spoinie.
68. Zgodnie z zaleceniami producenta rur dwuwarstwowych (stosowanych przez Doktoranta w rozprawie) energia liniowa podczas spawania warstwy zewnętrznej nie powinna przekraczać **10 kJ/cm**. Wg opracowania Autora metoda HLAW wprowadza **17,4 kJ/cm**. Ponadto, zgodnie z zaleceniem producenta rur, wartość energii liniowej może być zwiększona wówczas, gdy **zwiększy się szerokość** usuniętej warstwy zewnętrznej z rury. Natomiast w recenzowanej rozprawie zaproponowano **zmniejszenie szerokości** usuniętego materiału zewnętrznej warstwy rury z 3 mm (zalecenia producenta) do 2 mm (rozwiązanie Autora).
69. Na str. 25 Autor opisuje „konwencjonalne spawanie dwuwarstwowych rur kompozytowych” i jednym z poruszanych aspektów jest przygotowanie złączy przed spawaniem. W opisie w tekście zawarto odwołanie do rys. 8a. Natomiast dodatkowo Autor napisał, że: „krawędzie wewnętrznej rury stalowej



4L7 przygotowuje się z odpowiednim fazowaniem w celu zapewnienia pełnego przetopu na grubość ścianki”. Jednak analiza rys. 8a wskazuje na to, że wewnętrzna rura **nie była ukosowana**, a sposób przygotowania złącza wygląda na dostosowane do wymogów spawania laserowego/hybrydowego.

70. Analiza dorobku naukowego Doktoranta wskazuje, że samodzielnie (albo przynajmniej we współpracy) wykonał połączenia doczołowe rur dwuwarstwowych metodami konwencjonalnymi (141/111), co zostało zamieszczone w artykule: „*The development of a technology of the conventional welding of butt joints (of membrane walls) of composite tubes*” Bulletin of the Institute of Welding, 2023 (3), pp. 51-56). Dlaczego nie zostało to włączone do dysertacji oraz porównane do metody zaproponowanej przez Autora?

Uwagi natury ogólnej:

1. Przegląd literatury dotyczącej materiałów stosowanych do wytwarzania rur dwuwarstwowych nie został przeprowadzony w wystarczającym zakresie. W podrozdziale 2.1, który jest częścią opisu stanu zagadnienia, Autor już podaje skład chemiczny rur, które stanowią przedmiot badań w recenzowanej dysertacji. Czy istnieją tylko takie kombinacje materiałowe stosowane w produkcji rur dwuwarstwowych?
2. Odwołanie się Autora do pozycji [14] (str. 11) w charakterystyce stali P265GH jest dyskusyjne, ponieważ w tym artykule opisana jest stal X60 oraz X65 zgodnie z normą API 5L. Należy podkreślić, że gatunki te nie są zamienne ani równoważne.
3. Rys. 3 – podpisy powinny być dodane w języku polskim. Ponadto ten schemat nie istnieje na stronie internetowej przytoczonej przez Autora w bibliografii jako [9].
4. Rys. 5 – w tekście (str. 19) Autor odwołuje się do pozycji [23], z której zapożyczył powyższe zdjęcie. W samym podpisie pod zdjęciem podaje jednak inny odnośnik, [10]. Natomiast sprawdzenie obu źródeł dowodzi, że wskazane zdjęcie nie występuje w żadnym z przywołanych przez Doktoranta referencji.



5. Bardzo rozbudowana jest część pracy doktorskiej, dotycząca opisu wytwarzania „rur kompozytowych”. Pytanie o celowość takiego działania (opis zajmuje 6 stron).
6. Str. 23 – jeżeli Autor stosuje oznaczenie cyfrowe metod spawania (wg PN-EN ISO 4063) dla MMA (111) oraz TIG (141), to dlaczego nie zrobił tego dla metod MIG oraz MAG?
7. Podrozdział 3.1 (spawanie konwencjonalne rur dwuwarstwowych) powinien zostać skrócony, a jego zakończenie powinno zawierać jednoznaczne wskazanie przesłanek, które uzasadniają potrzebę zastosowania alternatywnej metody łączenia tych rur.
8. Zupełnie niezrozumiałe jest umieszczenie na rys. 9 stanowiska spawalniczego, na którym Doktorant wykonał swoje złącza (powinno być pokazane dopiero w drugiej części rozprawy). Ponadto w tekście pojawia się odwołanie do pozycji [71], a powinno to być zdjęcie wykonane przez Autora. Osobną kwestią jest fakt, że w przytoczonej publikacji to zdjęcie nie istnieje.
9. Podobnie wygląda sytuacja z rys. 10, gdzie również w tekście pojawia się odwołanie do pozycji [76] (w przytoczonej publikacji nie ma tego zdjęcia).
10. Podrozdział 3.4 – tutaj opisano metody natryskiwania cieplnego i napawania na już gotowe elementy rurowe a nie takie, które będą dopiero spawane. Czy zatem ta część pracy powinna się znaleźć w tej dysertacji, tym bardziej, że Autor nie prowadził w swoim doktoracie badań warstw napawanych czy natryskiwanych?
11. Proszę o wyjaśnienie nazwy metody: „*natrysk elektryczno-lukowy*” (str. 40).
12. Zastosowane odwołanie do pozycji [89] (str. 48) jest niezrozumiałe, ponieważ Autor podsumowuje wszystkie metody natryskiwania i napawania, natomiast cytowany artykuł dotyczy tylko natryskiwania cieplnego.
13. W podsumowaniu opisu stanu zagadnienia (rozdział 4.) Autor odwołał się tylko do dwóch publikacji (pozycje [91] oraz [92]), których nie można jednoznacznie zidentyfikować. Tytuł z pozycji [91] jest innego autorstwa i wydany w innym roku. Natomiast pozycji [92] nie można odnaleźć w zasobach czasopisma.



14. Autor wielokrotnie powtarza opis tego, czym są rury dwuwarstwowe oraz jakie są funkcje każdej z warstw. Jest to wysoce niepotrzebne.
15. Autor dopiero na str. 76 wprowadza oznaczenia próbek „D1” oraz „D2” jednak nie podał tam wyjaśnienia tych oznaczeń, jak również parametrów procesu.
16. Na str. 80 Autor wprowadził nowe oznaczenia: „D1.2” oraz „D2.1” – powstaje pytanie dlaczego? I znów brakuje jednoznacznego wyjaśnienia.
17. Podpisy pod zdjęciami mikrostruktur często są chaotyczne. Zamiast określeń typu „na górze”, „na dole” można było na zdjęciu dodać oznaczenie cyfrowe a następnie w podpisach użyć je jako wyjaśnienia.
18. Zdjęcia wykonane z wykorzystaniem mikroskopii świetlnej oraz ich analiza powinny być zamieszczone przed zdjęciami ze skaningowej mikroskopii elektronowej.
19. Jakość rys. 45, rys. 50 oraz rys. 51 jest bardzo niska.
20. W podpisie do rys. 47 prawdopodobnie podano błędne powiększenie.
21. Podpis pod rys. 51: „Mikrostruktura złącza – próbka D2.1, powiększenie 100x, Spoina: linia wtopienia spoiny rury zewnętrznej z **widocznym pęcherzem** w spoinę rury wewnętrznej” wygląda na skopiowany z rys. 42.
22. Czym jest „prędkość wiązki” i czy potrzebna jest tak wysoka dokładność podczas podawania jej wartości (**0,013333** m/s)? (str. 99)
23. Rys. 22c i 22d – dobrze byłoby zaznaczyć strefę złącza (a nawet objąć zdjęciem całą próbkę po zerwaniu).
24. Rys. 23a – czy jest to rysunek wykonany własnoręcznie przez Autora dysertacji, czy skopiowany z dostępnej literatury?
25. Umieszczenie opisu technologii hybrydowej (podrozdział 11.1) w części badawczej należy uznać za istotne uchybienie w strukturze dysertacji.
26. Rys. 26b oraz 26c to jest to samo zdjęcie.
27. Dlaczego w rozdziale 16. pominięto omówienie wyników badań penetracyjnych wykonanych złączy?



Uwagi natury semantycznej:

1. Proszę o wyjaśnienie następujących określeń i stwierdzeń, które Doktorant zastosował w swojej rozprawie:
 - szczelina spawalnicza (str. 6)
 - szczelność strukturalna (str. 8)
 - implikacje mikrostrukturalne (str. 9)
 - metalurgiczne napawanie (str. 13)
 - cienka powłoka (str. 21)
 - rdzeń ferrytowy (str. 22)
 - przebiegi spawalnicze (str. 25)
 - spoiny niklowane (str. 38)
 - napawanie spawalnicze (str. 40)
 - natryskowane warstwy (str. 41)
 - fuzja materiału powłoki z rurą (str. 45)
 - poważne niezgodności wewnętrzne (str. 60)
 - integralność powierzchniowa spoiny (str. 61)
 - bezpieczeństwo strukturalne (str. 68)
 - łagodne przejście strukturalne (str. 77)
 - spoiny były pełne (str. 77)
 - jakość geometryczna (str. 80)
2. Termin „rury kompozytowe” jest dość niejasny. Szczególnie, że sam Doktorant stosuje również termin „bimetaliczne” (str. 21) albo, znacznie częściej, określenie „dwuwarstwowe” (szczególnie w drugiej części rozprawy).
3. Od str. 29 Autor posługuje się określeniem „napawanie hybrydowe” pomimo, iż w tytule rozprawy widnieje „spawanie laserowe/hybrydowe”.
4. Podpisy pod rys. 28 – 32 mają błędny opis próbki: „12D”.



Uwagi fundamentalne

Poniższe uwagi mają charakter fundamentalny. Ich wydźwięk i znaczenie są niezwykle istotne z punktu widzenia oceny rozprawy doktorskiej.

- I. Proszę o wyjaśnienie, w jaki sposób tematyka oraz zakres rozprawy doktorskiej odnoszą się do patentu P.435026/Pat.247056 (wymienianego w treści rozprawy), którego współtwórcą jest Doktorant wraz z promotorem pomocniczym, dr. inż. Michałem Urbańczykiem. Należy podkreślić, że data zgłoszenia patentowego (**19.08.2020 r.**) wskazuje, iż rozwiązanie było znane Twórcom **przed rozpoczęciem kształcenia** Autora dysertacji we Wspólnej Szkole Doktorskiej Politechniki Śląskiej (obecnie Szkoła Doktorów Politechniki Śląskiej). Informacja o efekcie prac w formie zgłoszenia patentowego (P.435026) pojawia się jako wniosek 5. (grupa tzw. *wniosków wdrożeniowych*) – str. 118.
- II. Proszę o wyjaśnienie, z czego wynika obecność **niezweryfikowanych** lub **nieistniejących** artykułów w bibliografii (prawdopodobnie wygenerowanych automatycznie). Zwracam uwagę, że zidentyfikowano aż **52** takich pozycji, są to wg bibliografii rozprawy: [4], [5], [6], [7], [8], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [27], [28], [29], [30], [42], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [52], [53], [54], [56], [57], [61], [62], [63], [64], [65], [66], [67], [68], [69], [70], [71], [72], [73], [74], [75], [76], [77], [78], [79], [80], [81], [82], [83], [84].
- III. Ponadto zidentyfikowano grupę **21** publikacji, w których stwierdzono nieprawidłowości dotyczące: **danych autorów, tytułów artykułów lub nazw czasopism**, są to wg bibliografii rozprawy: [11], [12], [13], [15], [16], [23], [25], [31], [32], [33], [34], [35], [37], [38], [39], [40], [41], [43], [89], [91], [92].
- IV. Analiza cytowanych przez Autora norm przedmiotowych, głównie z zakresu spawalnictwa, również wykazała znaczne nieprawidłowości. Przede wszystkim chodzi o to, że z **27** przywołanych norm aż **11** było nieaktualnych. Ponadto w przypadku **13** norm podano błędny tytuł. Należy podkreślić, że doświadczenie praktyczne oraz posiadanie tytułu Międzynarodowego Inżyniera Spawalnika (IWE) implikują biegłość w zakresie zagadnień



związanych z normalizacją procesów spawalniczych, które stanowią integralny element codziennej praktyki zawodowej.

- V. W rozprawie zabrakło planu eksperymentu. Autor nie określił znaczenia wpływu kluczowych parametrów procesów ani ich zakresu zmienności, w ramach których przeprowadził badania eksperymentalne. W konsekwencji trudno sformułować prawidłowe wnioski dotyczące wpływu zastosowanych parametrów procesu na mikrostrukturę oraz własności złączy spawanych rur dwuwarstwowych.
- VI. Dlaczego Autor nie wykonał (lub nie dołączył do rozprawy) żadnych zdjęć ani wyników badań dla złączy oznaczonych w Tabeli 7 jako próbki D3 – D6? W dysertacji brak też potwierdzenia na to, że złącza te zostały następnie uzupełnione procesem hybrydowym. Dlaczego wybrano jedynie próbki wykonane **bez osłony gazowej**, skoro wg własnej opinii Autora, próbki wykonane w osłonie argonu były lepsze (choć w rozprawie nie ma na to dowodów)?
- VII. Pomimo, że analiza naprężeń w złączu spawanym stanowi bardzo interesujący element pracy, przedstawione informacje są zbyt ograniczone, aby można było wyciągnąć z nich szersze wnioski. Autor w bardzo lakoniczny sposób opisuje metodologię tego badania. Brakuje schematu, szczegółowego opisu oraz przede wszystkim wykresów, obrazów oraz odwołania się do wyników z literatury i porównania do nich wartości uzyskanych w ramach badań własnych.
- VIII. Autor wielokrotnie umieszczając przypisy pod rysunkami podaje ich źródła, w których jednak te zdjęcia nie występują. Z drugiej strony zaobserwowano niejednokrotne pominięcie przez Autora stosownych autocytowań (np. rys. 2, rys. 7, rys. 8), co nabiera szczególnego znaczenia podczas prezentacji wyników badań. Niektóre fotografie są obrócone względem ich oryginału (np. rys. 12b, rys. 24a, 24b). W sumie aż **10** rysunków nie zostało opatrzonych właściwym odniesieniem do wcześniejszych prac współautorstwa Doktoranta.



- IX. Jednak największe zdziwienie budzi rys. 22a oraz 22c, ponieważ są to zdjęcia pochodzące z publikacji: „*The development of a technology of the conventional welding of butt joints (of membrane walls) of composite tubes*” Bulletin of the Institute of Welding, 2023 (3), pp. 51-56, współautorstwa Doktoranta (odpowiednio rys. 8c i 8d). Należy podkreślić, że w przywołanej publikacji Autorzy stosowali **inną metodę spawania**, niż Doktorant przedstawił w swojej dysertacji. Ponadto rys. 22a został obrócony o 180°.
- X. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku rys. 23c. Jednak ten *casus* jest o wiele bardziej złożony. Tutaj również zdjęcie zostało zapożyczzone z powyższej publikacji (rys. 8b). Natomiast to samo zdjęcie zostało użyte w innej publikacji autorstwa Doktoranta: Ciokan R., „*Technologia napawania rur inconel*” w: Interdyscyplinarne Badania Młodych Naukowców InterTech-Doc2022 / Balon Barbara, Gwiazda Aleksander (red.), Monografia / Politechnika Śląska, 2022, vol. 956, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, ss. 67-77, ISBN 978-83-7880-857-2 (jako rys. 6). Należy zwrócić szczególną uwagę, że w tym przypadku zginana była próbka pochodząca z rury wykonanej ze stali 16Mo3, napawanie przeprowadzono metodą MIG, a jako materiał dodatkowy zastosowano drut Daiko 625 (o składzie chemicznym zbliżonym do stopu inconel 625).
- XI. Recenzowana rozprawa została przygotowana w dyscyplinie naukowej **Inżynieria Materiałowa**. Wykorzystane w pracy metody badań materiałowych są niewystarczające i brakuje pogłębionej analizy materiałoznawczej, choćby analizy fazowej metodą dyfrakcji promieniowania rentgenowskiego, czy zobrazowania za pomocą transmisyjnej mikroskopii elektronowej (TEM). Wymienione metody umożliwiłyby jednoznaczną identyfikację składu fazowego i uzyskanie szczegółowych informacji na temat mikrostruktury wytworzonych złączy spawanych. Stanowiłyby też cenne źródło informacji, dzięki którym można byłoby wyjaśnić własności mechaniczne, jakimi charakteryzowały się wykonane złącza.



- XII. W części badawczej Autor nie przeprowadził dyskusji otrzymanych wyników. Od str. 54 do str. 116 nie zawarto **ani jednej publikacji** (choćby zbliżonej tematycznie – w literaturze światowej można odnaleźć takie pozycje), do której Doktorant porównałby uzyskane wyniki. Jedynymi cytowanymi w tej części dysertacji pozycjami są normy przedmiotowe. **Dyskusja** uzyskanych wyników badań to **jeden z kluczowych elementów rozprawy doktorskiej**, gdyż stanowi istotną przesłankę wskazującą na to, czy Autor potrafi dokonać krytycznej analizy rezultatów swojej pracy oraz uzyskanych wyników.

Wniosek końcowy

Zgodnie z obowiązującymi przepisami opinia dotycząca rozprawy doktorskiej powinna zawierać stanowisko w kwestii zaprezentowanych w dysertacji oraz odnoszących się do Doktoranta następujących komponentów: ogólnej wiedzy teoretycznej, umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, jak również oryginalności rozwiązania problemu naukowego lub oryginalnego rozwiązania z zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej/społecznej. Wykazane w rozdziale poprzednim nieprawidłowości, błędy merytoryczne oraz kwestie etyczne pozwalają definitywnie ocenić, że przedłożona do recenzji rozprawa doktorska wykazuje wiele poważnych uchybień wielorakiej natury w każdym z ocenianych obszarów.

Należy zdecydowanie podkreślić, że pomimo pozytywnych aspektów pracy doktorskiej, przewaga uwag krytycznych jest zdecydowanie większa, dlatego też końcowa ocena recenzowanej rozprawy doktorskiej jest **jednoznacznie negatywna**.

Ocena poziomu ogólnej wiedzy teoretycznej zaprezentowanej w rozprawie doktorskiej jest negatywna, z uwagi na stwierdzenie poważnych uchybień o charakterze merytorycznym, terminologicznym oraz metodycznym.

Ocena umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, wykazanej w rozprawie doktorskiej, jest negatywna, z uwagi na brak przedstawienia



w treści rozprawy jednoznacznych dowodów potwierdzających samodzielne prowadzenie badań i realizację prac badawczych oraz krytyczną analizę otrzymanych wyników.

Ocena oryginalności zaprezentowanego w rozprawie doktorskiej rozwiązania problemu naukowego, jak również oryginalności w zakresie zastosowania wyników własnych badań, jest negatywna, ponieważ postawiony problem badawczy nie został prawidłowo rozwiązany. Stwierdzono istotne uchybienia na etapie planowania badań, ich realizacji, opisu uzyskanych wyników, przeprowadzonej analizy merytorycznej i formalnej, a także w sposobie sporządzenia raportu z badań.

Reasumując, rozprawa doktorska została przygotowana z istotnymi nieprawidłowościami w zakresie układu treści oraz doboru przedmiotu analizy teoretycznej, w tym analizy krytycznej, które nie są w pełni adekwatne do tematyki oraz tytułu dysertacji.

Podsumowując stwierdzam, że rozprawa doktorska **mgra inż. Radosława Ciokana**, pt. *„Wpływ technologii spawania laserowego/hybrydowego na strukturę i właściwości złączy doczołowych rur kompozytowych stosowanych w przemyśle energetycznym”* **nie spełnia** wymogów stawianych dysertacjom przygotowywanym przez kandydatów na stopień doktora nauk inżynierijno-technicznych, określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” (Dz. U. 2024 poz. 1571 z późn. zm.). W związku z powyższym uważam, że recenzowana rozprawa **nie może** stanowić podstawy do nadania stopnia doktora.

dr hab. inż. Leszek Łatka, prof. uczelni

Politechnika Wrocławska

/podpis odręczny/

*wyłączenie jawności w zakresie danych osobowych oraz ochrony prywatności osoby fizycznej na podstawie art. 5 ust. 2 ustawy z dnia 6 września 2001 r. o dostępie do informacji publicznej (tj. Dz.U. z 2016 r., poz. 1764)