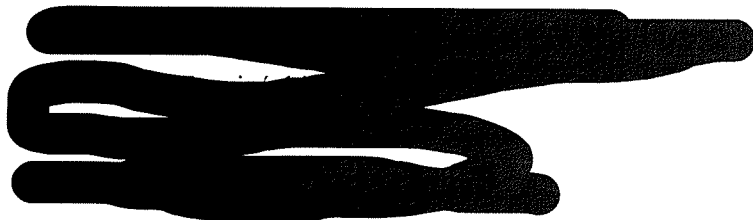


prof. dr hab. inż. Zbigniew Mirski

Wrocław, dn. 27.12.2025 r.

Politechnika Wrocławska

Wydział Mechaniczny



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"**, której promotorem jest **prof. dr hab. inż. Janusz Adamiec** z Wydziału Inżynierii Materiałowej i Cyfryzacji Przemysłu Politechniki Śląskiej, promotorem pomocniczym - **dr inż. Michał Urbańczyk**, a opiekunem pomocniczym - **dr inż. Jolanta Matusiak**, obydwie z Sieci Badawczej Łukasiewicz – Górnośląskiego Instytutu Technologicznego, Centrum Spawalnictwa, wykonana na podstawie uchwały Rady Dyscypliny **Inżynieria Materiałowa** Politechniki Śląskiej z dnia 28 października 2025 roku i pisma informującego nr RDIMa.512.3.2025 z dn. 28 października 2025 r.

1. Ocena tematu, tezy i celów pracy

Emisja pyłów i gazów, stanowiących dymy spawalnicze, w procesach termicznych spajania jest największym zagrożeniem o charakterze chemicznym dla spawaczy i otoczenia. Powstają one podczas stapiania materiałów podstawowych i dodatkowych, ich częściowego odparowania i utleniania par metalu. Szczególnie intensywnie występuje to w procesach łukowych spawania.

Ograniczenie powstających pyłów spawalniczych, poprzez różnego rodzaju oddziaływania, ma olbrzymie znaczenie dla zachowania zdrowia spawaczy i jego sprawności. Jeszcze stosunkowo nie tak dawno, w latach 80-tych zeszłego stulecia, nie przywiązywano tak dużej uwagi do emisji zanieczyszczeń spawalniczych jak obecnie. Ważnym osiągnięciem w tym obszarze było rozporządzenie REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals) Parlamentu Europejskiego i Rady, które weszło w życie 1 czerwca 2007 roku. Dotyczyło ono rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowania ograniczeń w zakresie chemikaliów i innych materiałów, m.in. emisji niebezpiecznych związków

podczas spawania. Dotychczasowy system prawny dopuszczał bowiem substancje chemiczne, których ryzyko stosowania nie było w pełni poznane lub przez długi czas było celowo zaniżane. Wpływ technologii spajania ma bardzo istotny na wielkość i rodzaj emisji pyłów. Szczególnie przy spawaniu elektrodami otulonymi oraz drutami proszkowymi pyły mają bardziej złożony skład chemiczny i są bardziej skomplikowane pod względem struktury.

Z tego względu podjęcie przez Doktorantkę tematyki dotyczącej wpływu nowoczesnych technologii spawania nierdzewnych stali Cr – Ni na emisję pyłów spawalniczych oceniam jako w pełni uzasadnione.

Doktorantka przedstawiła w rozprawie aktualny stan zagadnienia, tezę pracy, cele metodyczne, poznawcze i uylitarne, zakres pracy oraz program badań jasno i przejrzystie.

Sformułowana teza pracy, na podstawie wstępnych badań, pt. **„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”** jest oczywista. Odnoszę wrażenie, że Doktorantka starała się usilnie o jej sformułowanie, co nie jest konieczne i w pracy o takiej strukturze - niełatwe. Wystarczyłoby sformułowanie celów badawczych.

W celu metodycznym Autorka rozprawy przedstawiła opracowanie metodyki oceny jakościowej i ilościowej powstających podczas spawania pyłów spawalniczych.

Jako cel poznawczy pracy Doktorantka wyznaczyła zbadanie i analizę pyłów spawalniczych podczas spawania dwóch stali nierdzewnych Cr - Ni o strukturze austenitycznej, przy użyciu spawania łukowego MIG, laserowego i hybrydowego, stanowiącego skojarzenie promienia laserowego i łuku elektrycznego w metodzie MIG. Ponadto mgr inż. Joanna Wyciślik – Sośnierz podjęła się wyznaczenia zależności pomiędzy parametrami spawania a emisją czasową pyłów oraz ich składem chemicznym i morfologią.

W celach uylitarnych Doktorantka dążyła do ograniczenia emisji pyłów spawalniczych poprzez dobór parametrów spawalniczych, przy uzyskaniu dobrych jakościowo połączeń, spełniających wymagania poziomu jakości B.

Autorka rozprawy wskazała w części teoretycznej rozprawy na zagadnienia dyskusyjne lub ich brak w rozważanej tematyce badawczej, korzystając z bogato cytowanej literatury.

Koncepcję rozprawy oraz cele badawcze w niej nakreślone przez mgr inż. Joannę Wyciślik – Sośnierz oceniam wysoko, zarówno w zakresie poznawczym jak i uylitarnym. Tematyka pracy jest bardzo aktualna.

2. Układ pracy, ocena ogólna rozprawy

Rozprawa doktorska mgr. inż. Joanny Wyciślik – Sośnierz ma charakter pracy eksperymentalnej, stanowiącej połączenie koncepcji naukowych, zweryfikowanych poprzez badania i ich analizę. Układ rozprawy, podzielony na część teoretyczną i eksperymentalną, jest całkowicie poprawny dla tego rodzaju prac.

Rozprawę doktorską, Autorka podzieliła na 10 zasadniczych rozdziałów wraz z wprowadzeniem, wykazem literatury, przy czym zawiera ona jeszcze streszczenie w języku polskim i angielskim. Na początku rozprawy wskazane byłoby jednak zamieszczenie wykazu ważniejszych skrótów, akronimów i oznaczeń występujących w pracy. Część teoretyczna pracy zawiera 69 stron, co stanowi nieco mniej niż 1/3 całości. Objętość rozprawy wynosi 252 strony tekstu wraz z 124 rysunkami i 53 tabelami.

Zestawienie literatury zawiera 161 aktualnych pozycji, z obszaru rozważanych zagadnień, wraz z normami i stronami internetowymi. W wykazie literatury znajduje się 11 pozycji współautorskich Doktorantki, w tym 6 publikacji, m.in. w cenionych czasopismach, takich jak: *Solid State Phenomena*, *Metalurgija*, *Archives of Foundry Engineering*, *Przegląd Spawalnictwa* i *Biuletyn Instytutu Spawalnictwa*.

W rozprawie doktorskiej kolejność przedstawienia poszczególnych rozdziałów i zagadnień jest poprawna.

W wprowadzeniu, stanowiącym rozdział 1, Doktorantka zamieszcza tematykę rozprawy, przedstawiając stale Cr – Ni i podstawowe technologie ich spawania, tj. metodę MIG, TIG, a także spawanie laserowe i spawanie hybrydowe, stanowiące połączenie 2 źródeł ciepła, tj. promienia laserowego i łuku elektrycznego. W tym zestawieniu brakuje spawania łukowego ręcznego elektrodami otulonymi, a przede wszystkim spawania metodą MAG, w osłonie argonu z niewielkim dodatkiem gazów aktywnych. Doktorantka zwraca uwagę na to, że procesy spawalnicze są głównym źródłem emisji dymów spawalniczych. Występujące w nich pyły zawierają substancje niebezpieczne dla zdrowia, często oznaczone jako rakotwórcze lub prawdopodobnie rakotwórcze w opracowanych kryteriach działania rakotwórczego dla substancji chemicznych, przez ekspertów Międzynarodowej Agencji Badań nad Rakiem (IARC), w Lyonie. Szczególnie niebezpieczne są pyły powstające podczas spawania stali austenitycznych, z uwagi na dużą zawartość chromu i niklu, które mają skłonność do tworzenia lotnych związków o działaniu rakotwórczym.

Doktorantka podkreśliła w tym miejscu brak informacji na temat wpływu parametrów technologicznych spawania, szczególnie spawania laserowego i hybrydowego na wielkość emisji pyłów spawalniczych.

W rozdziale 2 mgr inż. Joanna Wyciślik – Sośnierz przedstawiła analizę stanu zagadnienia, a w tym charakterystykę stali odpornych na korozję, ich podział, a także technologię spawania różnymi metodami stali Cr - Ni. Określiła wpływ podstawowych parametrów spawania łukowego metodami MIG/MAG oraz spawania laserowego i spawania hybrydowego. Wskazała na zalety i wady przedstawionych metod spawania.

W dalszej części Doktorantka zajęła się zagadnieniami metalurgii spawania stali austenitycznych. Zjawiska fizykochemiczne mają podstawowe znaczenie w aspekcie powstających dymów spawalniczych. Przedstawiła mechanizm tworzenia się dymów spawalniczych (rys. 2.26) i dokonała charakterystyki pyłów, analizując ich skład chemiczny i morfologię. Na podstawie przeglądu literatury przedstawiła związki chemiczne występujące w pyłach pochodzących ze spawania stali Cr – Ni.

Kolejnym zagadnieniem w rozważanej rozprawie doktorskiej jest ocena wpływu pyłów spawalniczych na środowisko i organizm spawacza. Na podstawie danych literaturowych Doktorantka zamieściła analizę badań, dotyczących emisji pyłów, prowadzonych przede wszystkim w Instytucie Spawalnictwa w Gliwicach.

Rozdział 2 Doktorantka kończy podsumowaniem, w którym zwraca uwagę na najbardziej niebezpieczną postać pyłów, tj. frakcję respirabilną, o średnicy cząstek poniżej 7 μm , docierającą najgłębiej w układzie oddechowym człowieka, do pęcherzyków płucnych.

W rozdziale 3 Doktorantka formułuje tezę, cele i zakres pracy. Ocenę tych zagadnień przedstawiłem na początku recenzji rozprawy, w pkt. 1. Autorka rozprawy przygotowała szczegółowy zakres pracy badawczej, przedstawiony również w postaci graficznej, na schemacie blokowym (rys. 3.1). Ułatwia on przegląd poszczególnych etapów pracy. Doktorantka wytypowała do badań dwie stale Cr – Ni, o strukturze austenitycznej, tj. stal nierdzewną typu 18/10 i stal żaroodporną typu 20/12. Dokonała również ich kontrolnej analizy chemicznej. Wytypowała spoiwo, stanowiące materiał dodatkowy oraz argon jako osłonę łuku elektrycznego i jeziorka ciekłego metalu.

W rozdziale 4 Autorka rozprawy przedstawiła stanowiska spawalnicze wybranych metod spawania, tj. metody MIG, promienia laserowego i spawania hybrydowego, w którym łuk elektryczny wyprzedza promień lasera. Doktorantka dobrała parametry spawalnicze oraz przeprowadziła próby napawania i przetapiania. Na podstawie badań makroskopowych oceniła geometrię napoin. W posumowaniu tej części badań zestawiała

parametry technologiczne 3 procesów spawalniczych, przeprowadzonych na obydwu badanych stalach.

Rozdział 5 dotyczy określenia wielkości emisji zanieczyszczeń pyłowych, powstających w procesie spawania. Doktorantka przeprowadziła pomiary na stanowisku doświadczalnym, specjalnie do tego celu zaprojektowanym i wykonanym w Centrum Spawalnictwa GIT. Podstawowymi podzespołami stanowiska są: komora pyłowa, zrobotyzowane stanowisko spawalnicze do spawania laserowego, zespół wyciągowy i stół uchylno-obrotowy. W opisie stanowiska (rozdz. 5.1) pominięto uchwyt MIG/MAG, który został jednak pokazany na rys. 5.1. Metodę oceny emisji pyłów Autorka rozprawy opracowała na podstawie wymagań normy PN-EN ISO 15011-4:2018-04. Próby napawania i przetapiania zostały przeprowadzane w ciągu 60 s, tak aby uzyskać przynajmniej 10 mg pyłu. Pomiary emisji pyłu całkowitego wykonano dla wszystkich metod spawalniczych, przy zmianie parametrów technologicznych. Dla każdego zestawu parametrów Doktorantka przeprowadziła 3 pomiary emisji pyłów. Na tej podstawie dokonała oceny statystycznej, podając w tabelach m.in. odchylenie standardowe, współczynnik zmienności oraz przedział ufności na poziomie 0,05. Biorąc jednak pod uwagę analizę statystyczną, liczba pomiarów jest zbyt mała. Autorka rozprawy przedstawiła szczegółowe wyniki pomiarów emisji pyłów, w zależności od parametrów spawalniczych dla obydwu badanych stali. W przypadku przetapiania laserowego próby wykonywano techniką z jeziorkiem i z oczkiem. Wyniki pomiarów wykazały, zgodnie z oczekiwaniami, że przykładowo zwiększenie prędkości spawania, czy też zmniejszenie mocy wiązki laserowej skutkowało zmniejszeniem emisji pyłów.

Rozdział 6 przedstawia badania dotyczące charakterystyki zanieczyszczeń pyłowych i jest najbardziej obszernym rozdziałem w monografii, liczącym 85 stron (1/3 rozprawy). Doktorantka przeprowadziła analizę składu chemicznego pyłów metodą EDX (EDS). Pomiary wykonała przy zróżnicowanych parametrach spawalniczych, dokumentując uzyskane wyniki w tabelach i na rysunkach. W analizowanych pyłach oprócz żelaza, znajduje się chrom, mangan i nikiel oraz krzem. Zastanawiający jest zwiększony udział manganu, sięgający nawet wartości 14,5 % wag., czego jednakże Doktorantka nie tłumaczy. Ciekawe wyniki przyniosła analiza składu chemicznego pyłu spawalniczego, która wykazała większą zawartość chromu w pył emitowanym podczas spawania laserowego techniką z jeziorkiem, natomiast większą zawartość żelaza, niklu i krzemu wyznaczono dla techniki spawania laserowego z oczkiem. Z kolei analiza wyników badań wykazała, że dla spawania laserowego

zarówno techniką z oczkiem, jak i z jeziorkiem, wraz ze wzrostem mocy wiązki laserowej zwiększa się udział masowy chromu i manganu, natomiast zmniejsza się udział żelaza i niklu. Oznaczenie składu chemicznego pyłów przeprowadziła Doktorantka także przy użyciu przenośnego fluoroscencyjnego spektrometru rentgenowskiego. Dokonała analizy obydwu metod pomiarowych składu chemicznego i wykazała różnice w oznaczeniach pierwiastków, w zależności od metody.

Ważnymi pomiarami emitowanych pyłów była jakościowa i ilościowa analiza fazowa XRD, którą Doktorantka przeprowadziła za pomocą proszkowego dyfraktometru rentgenowskiego. Badania wykazały w składzie fazowym pyłów przede wszystkim udział utlenionych związków chromu i żelaza Cr_2FeO_4 oraz związków MnFe_2O_4 i NiFe_2O_4 .

Końcowy etap badań Doktorantki stanowiła ocena morfologii pyłu spawalniczego, którą przeprowadziła trzema metodami analitycznymi: mikroskopią świetlną, dyfrakcją laserową i wysokorozdzielczą skaningową mikroskopią elektronową (HR SEM).

Na podstawie badań cząstek pyłów, pochodzących ze stapiania laserowego i napawania hybrydowego, Autorka rozprawy stwierdziła, że występują one w postaci łańcuchów i aglomeratów o kształcie podłużnym i kulistym. Łańcuchy pyłów miały długość w zakresie od 10 do 25 μm , a aglomeraty wymiary o długości 60 – 170 μm i średnicę ok. 4 μm . Analiza wielkości cząstek wykazała, że ok 5-6 % pyłu pochodzącego z przetapiania laserowego i napawania hybrydowego była szczególnie niebezpieczna, tj. o frakcji respirabilnej. Cząstek pyłu o frakcji tchawicznej było więcej, ich udział wyniósł ok. 14 – 16 %. W przypadku przetapiania łukowego MIG, te udziały były nieco mniejsze. Badania nie wykazały istotnych różnic w morfologii pyłów, pochodzących z obydwu stali Cr – Ni.

Rozdział 7 stanowi podsumowanie pracy, stanowiące analizę wyników badań. Przedstawiono w niej porównanie procesów spawalniczych, wykorzystujących łuk elektryczny, promień lasera i połączenie obydwu źródeł ciepła. W niektórych fragmentach występują jednak powtórzenia z części teoretycznej, dotyczące np. charakterystyki spawania hybrydowego HLAW (s. 202). Doktorantka zamieściła w tej części pracy kompleksową procedurę scharakteryzowania pyłów spawalniczych w postaci graficznej (rys. 7.1). Jasno wynika stąd jakie badania przeprowadziła i jakimi metodami posłużyła się Autorka rozprawy. W tej części rozprawy Doktorantka wskazała na różnice między energią liniową spawania a ilością dostarczonego ciepła, która zawiera w sobie współczynnik sprawności metody i jest zwykle mniejsza w porównaniu z energią liniową spawania. Doktorantka przedstawiła w kompleksowej formie wyniki swoich badań i określiła wpływ energii liniowej spawania na wielkość emisji pyłów spawalniczych, ich składy chemiczne i fazowe oraz morfologię.

Udowodniła, że zwiększenie ciepła wprowadzonego w badanych procesach skutkuje zwiększeniem emisji pyłów spawalniczych. Dla obydwu stali o strukturze austenitycznej ma to niebagatelne znaczenie, gdyż jak wiadomo, z punktu widzenia ograniczenia niekorzystnych zjawisk i pęknięć, wymagają one w przypadku spawania wprowadzenie minimalnej energii liniowej spawania, gwarantującej uzyskanie poprawnego połączenia spawanego. Stąd przyspieszanie procesu spawania, zwiększanie parametrów prądowych i mocy skutkuje nie tylko negatywnymi konsekwencjami natury metalurgicznej ale również pogorszeniem warunków pracy spawacza na stanowisku spawalniczym.

Stwierdzenie na podstawie badań, że w pyłach, oprócz żelaza występuje najwięcej rakotwórczego chromu a dopiero w następnej kolejności niklu jest bardzo ważne. W literaturze spotyka się bowiem informacje, że przy spawaniu stali chromowo-niklowych, pyły zawierają głównie tlenki niklu. Osiągnięte wyniki Autorki rozprawy dają wyraźny sygnał dla pracodawców i spawaczy aby zwrócić na to szczególną uwagę w zagadnieniach BHP. Podstawową fazą w pyłach, we wszystkich badanych metodach spawalniczych są tlenki chromu (III) i żelaza (II), a dopiero w dalszej kolejności tlenki niklu (II). Na podstawie badań zawartość tlenków Cr_2FeO_4 wyniosła ponad 60 %, stąd ich wpływ na organizm człowieka jest dominujący. Doktorantka wykazała wyraźny wpływ energii liniowej spawania na emisję dominującej fazy pyłów i innych zanieczyszczeń tlenkowych. Ważnym stwierdzeniem jest to, że szczególnie łuk elektryczny MIG a w następnej kolejności metoda hybrydowa spowodowały większą emisję pyłu spawalniczego w porównaniu z oddziaływaniem tylko promienia laserowego. Wszystkie wyniki badań zostały starannie opracowane i zaprezentowane w formie ilustracyjnej.

Rozdział 8 rozprawy stanowi opracowanie wytycznych i zaleceń w aspekcie zdrowia i bezpieczeństwa pracowników dla spawania laserowego i hybrydowego stali odpornych na korozję. Doktorantka przedstawiła tu obowiązki spoczywające na pracodawcy, w zakresie badań i kontroli czynników szkodliwych dla zdrowia na stanowiskach spawalniczych. Efektem praktycznym przeprowadzonych badań jest zestawienie w postaci tabelarycznej parametrów technologicznych zastosowanych procesów spawalniczych, przyporządkowanych temu emisji pyłów, w tym dane dotyczące emisji chromu całkowitego i VI - wartościowego, a także emisji niklu i przeważającej fazy Cr_2FeO_4 . Ważnym osiągnięciem Doktorantki jest opracowanie zestawień wpływu wielkości mocy wiązki laserowej na emisję pyłów dla obydwu badanych stali nierdzewnych, o zróżnicowanej zawartości chromu i niklu. Doktorantka opracowała także 2 przykładowe instrukcje spawania, przy spawaniu blach o grubości 6 mm.

W rozdziale 9 Autorka rozprawy formuje końcowe wnioski, odnoszące się odrębnie dla efektów emisji pyłów powstających podczas zastosowanych trzech procesów spawalniczych. Stanowią one połączenie wniosków zarówno o charakterze naukowym oraz praktycznym. Być może należałoby je przedstawić osobno, tak jak sformułowane cele badawcze. Dobrze byłoby również określenie przyszłościowych kierunków badań.

Rozprawa kończy się zestawieniem cytowanej literatury (rozdz. 10) oraz streszczeniami w języku polskim i angielskim.

Doktorantka osiągnęła zadowalające wyniki badań, zgodnie z postawionym celami badawczymi. Wykazała, iż zmiany parametrów technologicznych w zastosowanych metodach spawalniczych mają istotny wpływ na emisję pyłów spawalniczych. Pomogło Jej tu bardzo dobre przygotowanie teoretyczne oraz praktyczne wykorzystanie w nietrywialnych technikach pomiarowych. Autorka rozprawy udowodniła, poprzez liczne badania eksperymentalne i ich analizy na wielu stanowiskach pomiarowo - badawczych, że bardzo dobrze opanowała bogaty warsztat pomiarowy.

Oceniana praca jest wartościowa, do szczególnego dorobku Autorki rozprawy zaliczam:

- opracowanie stanowiska doświadczalnego i metodyki badania emisji zanieczyszczeń pyłowych w procesach spawania laserowego i hybrydowego, zgodnie z pracą badawczą [151],
- wyznaczenie wielkości emisji pyłów i ich dokładna analiza ilościowa i jakościowa, w zróżnicowanych warunkach spawalniczych, w zależności od ilości wprowadzonego ciepła,
- sformułowanie zależności liniowych wpływu energii liniowej spawania na wielkość emisji czasowej pyłów spawalniczych, w trzech metodach spawalniczych.

3. Uwagi ogólne i szczegółowe dotyczące rozprawy

W rozprawie doktorskiej mgr inż. Joanny Wycislik - Sośnierz znajduje się wiele ciekawych wyników badawczych. Chciałbym jednak zwrócić uwagę na zagadnienia, niektóre o charakterze dyskusyjnym, a także na drobne uchybienia i usterki zauważone w rozprawie.

1. Doktorantka wybrała do napawania łukowego stali Cr – Ni metodę MIG, w osłonie argonu. Jednakże dzisiaj w przemyśle, powszechnie stosuje się do spawania stali Cr-Ni metodę MAG, tj. spawanie w osłonie argonu z niewielkim dodatkiem dwutlenku węgla lub też tlenu. Mieszanek Ar + 2-2,5 % CO₂ używa się w ok. 70 %, w następnej kolejności stosowania idą mieszanki Ar + 2-2,5 % CO₂ oraz Ar + 20 % He + 2 % CO₂. Niewielki dodatek tlenu lub

dwutlenku węgla do argonu zwiększa stabilność jarzenia się łuku elektrycznego w porównaniu z czystym argonem. W aspekcie wpływu składu mieszanek gazowych, na ograniczenie wielkości emisji pyłów spawalniczych, najkorzystniejsze jest zastosowanie na osłonę łuku mieszaniny trójskładnikowej $\text{Ar} + 2\% \text{CO}_2 + 1\% \text{H}_2$. Wybranie osłony z czystego argonu wymaga dodatkowych wyjaśnień ze strony Doktorantki.

2. Autorka rozprawy stosuje próby napawania blach ze stali Cr-Ni o grubości 20 mm ale określa często napawane próbki jako połączenia spawane. Występuje to nagminnie, aczkolwiek w niektórych fragmentach pojawiają się sformułowania poprawne (np. s. 80, 82). Połączenia spawane powstają jednak poprzez połączenie przynajmniej 2 elementów i dopiero wtedy określa się je jako połączenia doczołowe lub inne, zależnie od usytuowania spawanych elementów, zgodnie z definicją normy PN-EN ISO 17569:2008 *Spawanie. Wielojęzyczne terminy dotyczące złączy spawanych/zgrzewanych z ilustracjami*.

3. W instrukcjach technologicznych spawania (WPS-ach), zestawionych w tablicach 8.4 i 8.5 występuje prawidłowa terminologia, dotycząca złączy doczołowych, stanowiących połączenia blach o grubości 6 mm. Jednakże Doktorantka nie wspomina o wykonywaniu takich połączeń spawanych w swoim programie badawczym (rozdz. 4).

4. Termin mikroskopia optyczna, którego używa Doktorantka (rozdz. 6.3.1, s. 188) jest dzisiaj zwykle definiowany jako mikroskopia świetlna (LM). Mikroskopy świetlne stanowią mikroskopy ze sztucznym źródłem światła, natomiast mikroskopy optyczne zwykle wykorzystują światło naturalne, dostarczane do układu optycznego lub światło sztuczne, które jest wysyłane zwykle pod analizowaną próbkę.

5. W analizie statystycznej wyników badań Doktorantka wyznacza m.in. odchylenie standardowe z 3 przeprowadzonych pomiarów. Jest to to jednak zbyt mała liczba wyników. Statystykę można opierać na 3 wynikach, ale tego rodzaju próba nie jest do końca reprezentatywna. Ma ona jednak znaczenie w statystyce opisowej.

Strona redakcyjna rozprawy została przygotowana dość starannie, jednakże w kilku przypadkach Doktorantka nie ustrzegła się drobnych błędów.

Został podany skład chemiczny materiałów podstawowych, stosowanych w badaniach, wg normy i analizy kontrolnej (s. 73). Ale jeżeli są to stale, to brakuje w nich żelaza.

Podając procenty w składzie chemicznym, Doktorantka nie wskazuje czy są to procenty wagowe (masowe) czy też atomowe. Wydatek gazów podano w jednostkach poza układem SI, tj. w litrach (np. s. 15, 21), czy też l/min (s. 22, 80), powinno być w dm^3 czy też w dm^3/min .

Niektóre podziałki na rysunkach są słabo widoczne na kolorowym lub szarym tle, dotyczy to np. rys. 6.30, 6.31, 6.33 i 6.34.

W pracy znalazły się ponadto usterki redakcyjne i inne nieścisłości, takie jak:

- s. 21, oznaczenia tlenu i dwutlenku węgla nie są właściwe, liczby atomowe powinny być podane w indeksie dolnym, s. 14, 15,
 - s. 27, podano w zaletach spawania laserowego *brak konieczności stosowania spoiwa*, jednakże w niektórych przypadkach spoiwo jest niezbędne,
 - s. 28, jest ...*stale węglowe*, obecnie stosuje się termin *stale niestopowe*, co zresztą Doktorantka podaje w dalszej części rozprawy, np. na s. 33,
 - s. 29, rozwinięcia akronimów MIG/MAG, czy też PAW są podane z małej litery, powinno być z dużej litery, tak jak to występuje w pozostałej części rozprawy,
 - s. 30, 74 jest...*spawanie złączy doczołowych*, jest to złe sformułowanie. Termin *złączy* określa, że już zostało ono wykonane, powtórne ich spawanie nie ma sensu,
 - s. 37 jest *Rosthenthala*, powinno być *Rosenthala*,
 - s. 44, jest*par metalu w postaci pierwiastków i tlenków*, to nie są postacie,
 - s. 50, w tabeli 2.2 jest podany skład chemiczny pyłu, powstającego podczas spawania stali różnymi metodami. Jednakże, w żadnym przypadku skład pyłu nie osiąga 100 %,
 - s. 63, jest ... *w porównaniu do spawania...*, powinno być *w porównaniu ze spawaniem*,
 - s. 65, jest *podatność na obróbkę stali odpornych na korozję*, ale nie określono jaka to jest obróbka,
 - s. 74, jest w tabeli 3.2 *umowna granica plastyczności $R_{e0,2}$* , powinno być $R_{p0,2}$,
 - s. 79, jest rys. 4.3 ze spoiną z pełnym przetopem, natomiast Doktorantka wykonywała napoiny o ograniczonym wtopieniu,
 - s. 82, jest ...*głębokość wtopienia złączy*, powinno być ...*głębokość wtopienia napoiny*,
 - s. 121-123, w tabelach 6.1 6.3 nie ma w niektórych przypadkach zgodności składu chemicznego do 100 %, np. w tabeli 6.1, wiersz 5 od góry,
 - s. 207 w tabeli 7.3 nie podano jednostki emisji pyłu,
- Trzeba jednak podkreślić, że są to drobne, niezbyt liczne usterki, nie wpływające zasadniczo na jakość rozprawy.

Mimo przedstawionych uwag, w pewnej mierze o charakterze dyskusyjnym, chciałbym podkreślić nowatorski charakter pracy a zauważone usterki nie wpłynęły na zrealizowane eksperymenty badawcze oraz nie umniejszają wartości merytorycznych i poznawczych recenzowanej rozprawy doktorskiej mgr inż. Joanny Wyciślik-Sośnierz.

4. Wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z recenzowaną rozprawą doktorską stwierdzam, że mgr inż. Joanna Wyciślik - Sośnierz wykazała się dużymi umiejętnościami samodzielnego rozwiązywania nietrywialnych problemów badawczych. W części poprzedzającej badania eksperymentalne, przedstawiła kompleksową wiedzę w zakresie powstawania pyłów spawalniczych i ich właściwości podczas spawania stali Cr – Ni, o strukturze austenitycznej. W części eksperymentalnej dokonała kompleksowej oceny emisji pyłów, w różnorodnych warunkach oddziaływania łuku elektrycznego i promienia laserowego na badane stale. Uważam, że niniejsza rozprawa doktorska stanowi oryginalny i ważny wkład w rozwój inżynierii materiałowej w badaniach nad emisją zanieczyszczeń w procesach spawalniczych. Doktorantka zrealizowała postawione cele badawcze na podstawie obszernego programu badań. Tematyka ocenianej rozprawy mieści się w obszarze dyscypliny **Inżynieria Materiałowa**, a osiągnięte wyniki są zadowalające, o dużym znaczeniu naukowym, a szczególnie praktycznym.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska 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”**, spełnia wymagania Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. – *Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce* (tj. Dz.U. 2023 poz.742 z późn. zm.) i stawiam wniosek o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

A large, irregular black redaction mark covering the signature of the official.

