

Dr hab. Mariusz Prażmowski, prof. uczelni  
Katedra Technologii Maszyn i Materiałoznawstwa  
Wydział Mechaniczny  
Politechnika Opolska  
ul. Mikołajczyka 5  
45-271 Opole

Opole, 06.07.2022

## **RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ**

Tytuł rozprawy: „**Wpływ parametrów badań magnetyczno-proszkowych na ocenę jakości złączy ze spoiną pachwinową**”.

Autor rozprawy: **mgr inż. Karolina POCH.**

Promotor rozprawy: **dr hab. inż. Ryszard KRAWCZYK, prof. PCz.**

### 1. Podstawa formalna opracowania

Niniejsza recenzja została przygotowana na zlecenie Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej, na podstawie pisma, R-WIMiL-510-11/13 z dnia 06.06.2022, przesłanego przez Przewodniczącą Rady Dyscypliny dr hab. inż. Janusza Szmidla, prof. PCz.

### 2. Ilościowa charakterystyka rozprawy

Rozprawa jest opracowaniem składającym się ze 133 stron, podzielonym odpowiednio na: spis wielkości fizycznych, wstęp oraz 12 rozdziałów. Na końcu pracy zamieszczono wskazanie kierunków dalszych badań oraz streszczenie w języku polskim i angielskim. W pracy zamieszczono 49 rysunków, 10 tabel oraz 30 kart z przeprowadzonych badań, które dobrze korespondującymi z omawianymi zagadnieniami. Spis literatury obejmuje 78 pozycji (41 w języku polskim, 17 obcojęzycznych oraz 20 norm) w tym 3 prace współautorskie (poz. 30-31, 33) oraz 1 indywidualna Doktorantki (poz. 32).

### 3. Ocena rozprawy

#### 3.1. Ocena wyboru tematyki badawczej

Ciągły postęp wiedzy technicznej przyczynia się do nieustannego udoskonalania technik wytwórczych i stosowania coraz to nowszych, lepszych materiałów konstrukcyjnych o nowych możliwościach zastosowania. Niezawodność i trwałość określonego wyrobu zależy, w znacznym stopniu, od jakości stosowanych materiałów oraz technologii wykonania wyrobu. Jakość produkowanych elementów jest wypadkową składu chemicznego oraz struktury materiałów, z których powstały jak również technologii ich wytwarzania. Analiza właściwości wytwarzanych wyrobów jak również identyfikacja potencjalnych wad jest z użytkowego punktu widzenia problemem kluczowym. Dlatego też, w jednoznaczny i ściśle określony sposób oraz w określonych warunkach, wykonuje się opracowane przez specjalistów odpowiednie badania oraz pomiary a także interpretuje i opracowuje ich wyniki. Ze względu na dalsze możliwości eksploatacyjne badanego wyrobu, wyróżnia się dwie metody badań tzw. niszczące i nieniszczące. Badania niszczące powodują poważne uszkodzenia a często zniszczenie badanego wyrobu. Dlatego też w praktyce przemysłowej powszechnie stosowane są badania nieniszczące niezależnie od tego, że dostarczają mniej informacji, wymagają bardzo dużych umiejętności i doświadczenia dla ich właściwego wykonania oraz interpretacji wyników. W tym kontekście uważam, że wybór tematyki rozprawy dotyczącej rozwoju i udoskonalenia jednej z metod badań nieniszczących, tzn. metody magnetyczno-proszkowej, do oceny jakości złączy spawanych teowych ze spoiną pachwinową jest trafny i uzasadniony.

#### 3.2. Ocena poprawności tytułu rozprawy

Tytuł pracy „**Wpływ parametrów badań magnetyczno-proszkowych na ocenę jakości złączy ze spoiną pachwinową**” oceniam za zgodny z treścią rozprawy.

#### 3.3. Ocena doboru literatury

Dobór literatury w ocenie recenzenta jest poprawny. Na 58 pozycji (nie wliczając w to norm) 30% stanowią publikacje nie starsze niż 10 lat, co świadczy o znajomości osiągnięć w tej dziedzinie z ostatnich lat. Warto zwrócić uwagę, że Doktorantka zamieściła obszerny wykaz norm z obszaru realizowanego tematu (poz. 11-20, 69-

78), jednak dla lepszej analizy pracy wskazane byłoby umieścić je w zwartym bloku kolejnych pozycji literatury.

### 3.4. Ocena poszczególnych rozdziałów

#### 3.4.1. Spis wielkości fizycznych, wstęp.

W spisie wielkości fizycznych nie podano jednostek dla części zamieszczonych oznaczeń, co wymagałoby uzupełnienia. W rozdziale **Wstęp** dokonano krótkiego wprowadzenia do tematyki badawczej ze szczególnym uwzględnieniem badań magnetyczno-proszkowych oraz w sposób ogólny określono cel pracy. Autorka zwraca również uwagę na bardzo ogólnikowy i mało precyzyjnie stan wiedzy w tym zakresie, prezentowany w literaturze.

#### 3.4.2. Rozdział 1 Charakterystyka niezgodności spawalniczych

W rozdziale 1 oraz podrozdziałach (1.1-1.3) Autorka w zwięzły sposób omawia terminologię związaną z niezgodnościami spawalniczymi w oparciu o normy. Wyjaśnienie, na samym początku pracy, różnicy między pojęciami niezgodność-wada, a także usystematyzowanie niezgodności spawalniczych w kontekście ich wykrywalności, usytuowania, kształtu, przyczyny powstawania oraz ich oddziaływania na jakość złącza spawanego, niewątpliwie ma pozytywny wpływ na analizę zagadnień omawianych w dalszej części pracy.

Uwagi krytyczne:

- Autorka umieściła w tekście 3 norm (PN-EN ISO 6520-1 – str. 7 i 8, PN-EN-ISO 15614 – str. 13 i 14, PN-EN ISO 17635 str. 17) bez ujęcia ich w spisie literatury.

#### 3.4.3. Rozdział 2 Proces spawania metodą MAG

W rozdziale 2, składającym się z podrozdziałów (2.1-2.3), Autorka opisała technikę spawania metodą MAG, prezentując jej wady i zalety oraz charakteryzując podstawowe parametry procesu. Opis jest zwięzły, lecz zawiera niezbędne informacje o prezentowanej metodzie spawania. W dalszej części rozdziału opisano procedurę kwalifikowania technologii spawalniczych zgodnie z normą oraz zakres badań ze szczególnym uwzględnieniem złączy teowych ze spoiną pachwinową. W podsumowaniu tego rozdziału Autorka uzasadniła wybór metody MAG, jako techniki spawania w części badawczej prezentowanej pracy. Wybór swój argumentuje

powszechnością zastosowania metody MAG w przemyśle oraz częstym występowaniem, podczas spawania tą metodą, niezgodności spawalniczych grupy 4 tj. przyklejenia i braku przetopu, których identyfikacja jest podstawą realizowanego przez Doktorantkę eksperymentu.

Uwagi krytyczne:

- Autorka użyła sformułowania „*długość wystającego odcinka drutu*” (str. 13), określając w ten sposób jeden z parametrów spawania metodą MAG. Jest to określenie potoczne, poprawne określenie stosowane w literaturze tematu to „*długość wolnego wylotu elektrody*”.
- w podrozdziale 2.2 *Kwalifikowanie i nadzór nad procesem* (str. 13) Autorka w zdaniu „*Potwierdzeniem pozytywnego przejścia wszystkich badań będących w zakresie kwalifikowania odpowiedniego złącza jest protokół WPQR*”. Wprowadzając w pracy skrót lub akronimy po raz pierwszy, przyjętym zwyczajem jest użycie pełnej nazwy obok skrótu. W omówionym przypadku pełna nazwa została podana, ale na następnej stronie.
- W podrozdziale 2.2 (str. 14) zamieszczono rys. 1.3 do którego nie odniesiono się w tekście pracy. W taki razie w jakim celu został on zamieszczony?

#### 3.4.4. Rozdział 3 Badania nieniszczące

W rozdziale 3 oraz podrozdziałach 3.1-3.3 przedstawiono istotę badań nieniszczących, ich podział oraz kryteria wyboru. W dalszej części tego rozdziału scharakteryzowano wybrane metody tej grupy badań, tj. wizualne, penetracyjne, magnetyczno-proszkowe, ultradźwiękowe oraz radiograficzne, w ujęciu ogólnym jak i w odniesieniu do zastosowania w przypadku oceny poprawności wykonania złączy spawanych.

Uwagi krytyczne:

- str. 16 - uważam, że obok nazw wymienionych badań nieniszczących, powinny być zamieszczone ich skróty, co niewątpliwie poprawiłoby czytelność zamieszczonej na str. 17 tab. 3.2.1.
- w podrozdziale 3.3 (str. 17) *Charakterystyka badań nieniszczących*, przy opisie metod badawczych, Autorka zamieściła numery norm, które odnoszą się do warunków ich wykonania oraz interpretacji wyników. Niestety numery norm nie zgadzają się ze spisem literatury tzn. PN-EN ISO 17637 jest [73] powinno być [71],

PN-EN ISO 5717 jest [74] powinno być [72], PN-EN ISO 3452 jest [75] powinno być [73], PN-EN ISO 23277 jest [75] powinno być [74], PN-EN ISO 9934-1, -2, -3 jest [10, 11, 12] powinno być [11, 12, 13], PN-EN ISO 17637 jest [77] powinno być [75], PN-EN ISO 11666 jest [78] powinno być [76]. Błędy te niewątpliwie wynikają z korekty spisu literatury w trakcie pisania pracy, nie mniej jednak mają wpływ na poprawność tej części pracy.

- w ostatnim akapicie analizowanego rozdziału (str. 20) Autorka stwierdza, że „*Metoda magnetyczno-proszkowa umożliwia wykrycie niezgodności powierzchniowych jak i w pewnych warunkach podpowierzchniowych przy założonych parametrach*”. Takie sformułowanie powoduje, że zdanie to wydaje się być wyrwanym z kontekstu. Bardziej trafnym byłoby sformułowane tego zdania, jako wniosek Autorki wynikający z przeglądu zaprezentowanych metod, np. ...W ocenie autora metoda... Byłoby to też logicznym przejściem do następnego rozdziału pracy.

#### 3.4.5. Rozdział 4 Badania magnetyczno-proszkowe

W rozdziale 4 (podrozdziały 4.1-4.5) Autorka w wyczerpujący sposób przedstawiła idee badań magnetyczno-proszkowych wraz z ich podstawami fizycznymi. Wyjaśniono zjawiska i pojęcia związane z magnesowaniem obiektów oraz opisano podstawowe wielkości charakteryzujące proces magnesowania. W dalszej części rozdziału scharakteryzowano materiały ferromagnetyczne, z uwzględnieniem podziału na miękkie i twarde magnetycznie. W opinii recenzenta tak syntetyczny opis zjawiska magnetyzmu jest wystarczający do zrozumienia zasady badań magnetyczno-proszkowych. W dalszej części rozdziału 4 Autorka omawia metody identyfikacji pól magnetycznych w badaniach magnetyczno-proszkowych z wykorzystaniem obserwacji w świetle białym i fluorescencyjnym oraz czynniki decydujące o wyborze każdej z tych metod. Następnie omówiona została, w oparciu o stosowane kryteria podziału, aparatura badawcza stosowana do wykonywania badań magnetycznych i magnetyczno-proszkowych. Jednym z kryteriów jest sposób magnesowania obiektów i w oparciu o to kryterium Autorka wstępnie dokonała wyboru metody wzbudzania pola magnetycznego, w kontekście części badawczej pracy, tj. za pomocą defektoskopu jarzmowego oraz cewki elektromagnetycznej. Uzasadnienie swojego wyboru przedstawiła w dalszej części rozdziału 4. Ostatnim zagadnieniem opisanym w rozdziale 4 jest charakterystyka proszków

magnetycznych, jako detektorów rozpraszania pola magnetycznego. W tej części Autorka przedstawiła podział i charakterystykę proszków i zawiesin najczęściej stosowanych w badaniach magnetyczno- proszkowych jak również dokonała wyboru proszków do badań własnych, w oparciu o planowane techniki badawcze (barwne i fluorescencyjne). Przedstawiony przez Doktorantkę opis metody, która stanowi w dalszej części podstawę prowadzonych badań, świadczy o jej gruntownym przygotowaniu do planowania i realizacji badań eksperymentalnych. Oceniając wartość tego rozdziału w kontekście całej pracy można stwierdzić, że prezentowane w nim treści są wystarczające do zrozumienia podstaw metody magnetyczno- proszkowej.

Uwagi krytyczne:

- na str. 23 Autorka przedstawiła podstawowe wielkości wektorowe opisujące pole magnetyczne w ujęciu nazwa, skrót i jednostka. Taki zapis powoduje dezorientację u czytelnika. Bardziej przejrzystym byłby kolejność, jaką zastosowano przy równaniach tzn. skrót, nazwa i jednostka.
- w podrozdziale 4.2 zamieszczono 8 równań (ponumerowanych od 4.1 do 4.8) związanych ze zjawiskiem magnetyzmu. Odnosząc się do ww. równań w opisie pracy autorka używa sformułowań „określono następującym wzorem”, „przedstawia się w następujący sposób”. Sformułowania tego typu są bardzo ogólne, dlatego też w pracach z zakresu techniki, do której niewątpliwie zalicza się recenzowana rozprawa doktorska, poprawne są sformułowania np. „opisuje równanie 4.1”, „określono w równaniu 4.5”, itp., które wskazują jednoznacznie omawianą zależność.
- na str. 21 w sformułowaniu „według źródeł literaturowych optymalna wykrywalność niezgodności obiektów...” Autorka powołuje się na innych autorów. W takim przypadku należy wykazać te źródła.
- na str. 23 oraz str. 4 (spis wielkości fizycznych) jako jednostkę indukcji magnetycznej podano Wb natomiast na kolejnych str. 24-25 jako jednostkę przyjęto T. Proszę wyjaśnić, skąd wynika ta różnica, która jednostka jest prawidłowa.
- proszę wyjaśnić jak należy rozumieć stwierdzenie ze str. 25 „ W przypadku, kiedy zmienne  $B$ ,  $H$ , i  $M$  są stałe istnieje stałe pole magnetyczne”.
- na str. 31 zamieszczono zdanie „ Wówczas oprócz natężenia światła białego, które powinno być mniejsze niż 20 lx, ważną rzeczą jest ustawienie lampy UV w taki sposób, aby jej natężenie wynosiło od 20 do 50 W/m<sup>2</sup>”. Proszę wyjaśnić, z czego



wynika przyjęcie różnych jednostek natężenia światła?

#### 3.4.6. Rozdział 5 Podsumowanie przeglądu literatury

Doktorantka w rozdziale 5 wykonała podsumowanie przeprowadzonych studiów literaturowych, co jest niewątpliwie mocną stroną rozprawy. Coraz częściej ten rozdział jest pomijany podczas pisania prac doktorskich. W przypadku recenzowanej pracy jest ono podstawą do sformułowania celu i kierunku badań oraz tezy pracy.

Uwaga krytyczne:

- brak odniesienia do spisu literatury przywołanej normy PN-EN ISO 17640 (str. 38), powinno być pozycja [75].

#### 3.4.7. Rozdział 6. Teza, cel i zakres pracy

W rozdziale 6, w oparciu o zgromadzoną wiedzę, Autorka formułuje cel i tezę pracy oraz zakres pracy. W rozdziale tym przedstawiono w sposób logiczny i jasny zakres badań, które mają na celu weryfikację postawionej tezy.

#### 3.4.8. Rozdział 7 Przygotowanie do badań – badanie czułości wybranych technik wprowadzania pola magnetycznego.

W rozdziale 7 Autorka zaprezentowała sposób oceny czułości badań magnetyczno-proszkowych. W tym celu przygotowano płyty wzorcowe z wykonanymi nieciągłościami punktowymi oraz liniowymi. Badania wstępne przeprowadzono z wykorzystaniem różnych technik magnesowania. Wnikliwa analiza otrzymanych wyników dała odpowiedź na pytanie, w jakiej odległości od powierzchni badanej można ujawnić wskazania od zalegającej niezgodności, co w opinii Doktorantki *„jest kluczowe dla określenia grubości spoiny oraz miejsc występowania nieciągłości w teowych złączach spawanych”*. Mocną stroną tej części pracy jest prezentacja wyników uzyskanych z przeprowadzonych eksperymentów, które przedstawiono w sposób przejrzysty w postaci tabel (tab. 7.1 str. 49 oraz tab. 5.2 str. 50) oraz rys. 7.4-7.6 (str. 47 - 48).

Uwagi krytyczne:

- mam zastrzeżenia do opisu rys. 7.4-7.6, który we wszystkich przypadkach jest jednakowy i brzmi *„Próbki z widocznymi wskazaniami identyfikacyjnymi: a) technika fluorescencyjna b) technika tradycyjna”*, W ww. przypadku przy opisie rysunku

powinna również zostać zamieszczona informacja, jakiej techniki magnesowania ten rysunek dotyczy.

- w opisie jednej z technik detekcji Autorka używa sformułowania „technika tradycyjna”. Czy jest to określenie zgodne z normą?
- na rys. 7.1 wysokość płyty zwymiarowano niezgodnie z zasadami rysunku technicznego, a w przypadku rys. 7.2 tego wymiaru w ogóle nie podano.
- podobnie jak w poprzednich rozdziałach nie umieszczono odniesień do pozycji w spisie literatury do przywoływanych norm (PN-EN ISO 23278:2010 – str.42 i 45 oraz PN-EN ISO 17638:2010 – str.43 i 45). Obydwie normy znajdują się w spisie literatury odpowiednio pod numerami [19] i [18]. Zamieszczone w spisie pozycje są z roku 2015 a przywołane w tekście z 2010. Powinno to być w pracy ujednolicone.
- w tab. 7.2 wprowadzono oznaczenia  $h$  oraz  $h_1$ , których w tekście nie wyjaśniono.
- na str. 50 wyprowadzono równanie na maksymalną głębokość wykrywanej nieciągłości (7.1-7.3). Proszę wyjaśnić na jakiej podstawie przyjęto w tych równaniach wartość  $\tan \alpha$ .

#### 3.4.9. Rozdział 8 Opracowanie wzorca z niezgodnościami grupy 4.

W rozdziale 8, przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań magnetyczno-proszkowych dla przygotowanych, na potrzeby pracy, wzorców z niezgodnościami grupy 4. Weryfikację otrzymanych wyników dla metody magnetyczno-proszkowej przeprowadzono w oparciu o badania makroskopowe. Wzorce, w postaci złączy teowych, zaprojektowano w oparciu o wyniki wcześniejszych badań wstępnych. Nieciągłość w postaci braku wtopienia zasymulowano w postaci nacięcia o szerokości 0.25 mm oraz różnej odległości od lica spoiny. Rozdział 8 ocenia jako przykład dobrze zaplanowanych i wykonanych badań mających na celu określenie warunków realizacji dalszych badań.

Uwagi krytyczne:

- na str. 52 Autorka opisuje sposób pomiaru odległości wykonanych nacięć od powierzchni badanej, jako: „...*pomiar pośredni z wykorzystaniem elementu odniesienia w postaci blaszki o grubości 0,1 mm i suwmiarki*”. Opis ten nie informuje czytelnika, w jaki sposób pomiar została wykonany a jedynie jakich użyto narzędzi do jego realizacji. Czy Autorka może przybliżyć sposób wykonywania tych pomiarów?
- na str. 55 opisując metodę weryfikacji wyników przy pomocy mikroskopu użyto



określenia „mikroskop cyfrowy”. Proszę o wyjaśnienie czy jest to skrót myślowy i wykorzystano mikroskop metalograficzny świetlny z cyfrową akwizycją obrazu, czy jest to jakaś inna, nieznana recenzentowi, metoda?

- na str. 58, w przypadku wzorca nr 3, analizując wyniki pomiaru odległości zasymulowanej nieciągłości od powierzchni stwierdzono „Wymiar ten pokrywa się zarówno w strefie A jak i B. Świadczy to o równomierności wykonania symulowanej nieciągłości na całej długości wzorca. Nierównomierność wskazania może świadczyć o wpływie dodatkowych czynników na obraz badania takich jak: struktura materiału. Czy Autorka może się odnieść do tego stwierdzenia i wyjaśnić, co miała na myśli, bo zdaniem recenzenta zdanie 2 i 3 się wykluczają.

- Opisując sposób przygotowania wzorców do badania nieciągłości w spoinach, interesującym byłby krótki opis wykonania spoiny z podaniem metody, warunków i parametrów spawania. Co prawda parametry spawania zostały podane, ale w zestawieniu tabelarycznym dopiero na str. 74.

- rys. 8.1 nie spełnia standardów rysunku technicznego – zgodnie z normą wymiary są podawane w mm, więc nie ma potrzeby umieszczania na rys. jednostki.

- na rys. 8.2. *Schemat miejsc pomiarowych wzorca*, miejsca te oznaczono jako *a*, *b*, *c*. W dalszej części podpisu pod rys. oznaczenia te powinno być zamieszczone i wyjaśnione.

- na rys. 8.2 oraz w tab. 8.2 głębokość nacięcia oznaczono literą *a* natomiast w zestawieniu tab. 8.1 literą *G*. Proszę wyjaśnić czy jest to błąd, czy zamierzone działanie.

- zamieszczone na rys. 8.4 – 8.7 wyniki przeprowadzonych pomiarów z użyciem mikroskopu są mało czytelne.

3.4.10. Rozdział 9 Podsumowanie badań wstępnych i wprowadzenie do dalszych badań.

Rozdział 9 jest krótkim podsumowaniem przeprowadzonych badań, których celem była walidacja zaproponowanej metody identyfikacji niezgodności spawalniczych. W rozdziale tym wskazano również kierunek dalszych badań. W opinii recenzenta ostatni akapit tego rozdziału, w którym Autorka przedstawia dotychczasowe sposoby identyfikacji wad spawalniczych m.in. z grupy 4 (makroskopowe, radiograficzne i ultradźwiękowe), jest niepotrzebny, natomiast powinien on się znaleźć w

podsumowaniu całej części badawczej pracy.

#### 3.4.11. Rozdział 10 Wyniki badań.

Treść rozdziału 10 uważam za największe osiągnięcie Doktoranta i stanowi rdzeń pracy. Autorka opisuje serie badań na potrzeby, których przygotowano próbki w taki sposób, aby jednoznacznie można było identyfikować położenie oraz rozmiar zasymulowanych niezgodności spawalniczych. Efekt ten uzyskano w dwojaki sposób: poprzez zastosowanie folii miedzianej w miejscu wykonania spoiny oraz wyfrezowanie rowka w pionowej płaszczyźnie wykonanego złącza, co świadczy o poszukiwaniu przez Doktorantkę najlepszych rozwiązań. Procedura badawcza była analogiczna z tą, którą zastosowano przy walidacji metody. W dalszej części pracy przedstawiono wyniki badań magnetyczno-proszkowych, dla tak przygotowanych złączy spawanych, w postaci 25 kart badania z opisem warunków, dokumentacją fotograficzną oraz interpretacją otrzymanych wyników. Weryfikację otrzymanych wskazań przeprowadzono na podstawie badań makroskopowych a otrzymane rezultaty przedstawiono na rys. 10.3 oraz rys. 10.7-10.12. Autorka w rozdziale 10 przedstawiła obszerny materiał badawczy wraz z analizą otrzymanych wyników, które potwierdziły słuszność postawionej tezy.

Autorka jedna nie poprzestała na tym, że w opisaney powyżej części badawczej pracy osiągnięto założony cel. Podjęła z powodzeniem próbę weryfikacji proponowanej metody dla wykrywania niezgodności braku wtopienia w oparciu o badania złączy spawanych wykonanych w warunkach przemysłowych, czyli bez wiedzy odnośnie występowania oraz lokalizacji potencjalnych niezgodności. Na podstawie opracowanej przez Autorkę procedury badawczej przeprowadzono badania magnetyczno-proszkowe złączy teowych ze spoiną pachwinową spawanych z wykorzystaniem metody MAG oraz TIG dla układów blach o przekroju 6 mm oraz 12 mm. W oparciu o przeprowadzone badania zidentyfikowano miejsca występowania nieciągłości a prawidłowość wskazań potwierdziły przeprowadzone badania makroskopowe we wskazanych obszarach złącza. Ostatnim etapem prowadzonych badań była ocena czułości metody magnetyczno-proszkowej. Badania przeprowadzono na przygotowanej w tym celu próbce przy zastosowaniu zmiennych wartości natężenia pola magnetycznego, w zakresie 1,5 – 5.0 kA/m. Otrzymane wyniki wykazały zależność między wartością natężenia pola magnetycznego a

długością otrzymanych wskazań oraz pozwoliły na określenie optymalnego zakresu wartości natężenia pola stycznego.

Podsumowując, rozdział 10 uważam za mocną stronę ocenianej pracy ze względu na konsekwencję w realizacji badań, obszerny materiał badawczy oraz logiczną i jasną prezentację otrzymanych wyników. Jest to dowód na to, że Doktorantka posiada odpowiednią wiedzę oraz umiejętności do planowania, realizacji oraz oceny wyników eksperymentów.

Uwagi krytyczne:

- na str. 64-66 Autorka prezentuje wyniki badań 2 próbek (nr 2 i nr 3). W przypadku próbki nr 2, w wyniku przeprowadzonych badań, nie stwierdzono żadnych niezgodności. Podczas badania próbki nr 3 ujawniono wyraźne wskazania niezgodności, pomimo zastosowania podobnych warunków przygotowania obu próbek. Czy Autorka starała się wyjaśnić przyczyny braku wskazań dla próbki nr 2?

- podobnie problem opisano w przypadku próbek po szlifowaniu lica spoiny (str. 99), gdzie autorka stwierdziła „*analizując powyższe wyniki należy jednoznacznie stwierdzić, że wskazania od zasymulowanych nieciągłości pojawiają się tylko w przypadku próbek: H i J. W pozostałych przypadkach nie ujawniono wskazań od symulowanych nieciągłości*”. Czy ten przypadek również analizowano pod kątem wyjaśnienia przyczyn takiego stanu?

- rys. 10.1 (str. 118) oraz rys. 10.2 (str. 119) mają błędną numerację. Powinno być odpowiednio rys. 10.27 i rys. 10.28.

- w analizie do rys. 10.27 Autorka użyła następującego sformułowania „*Zmienność funkcji, przedstawiona na rys. 10.1 pozwala na określenie czułości w zależności od zastosowanego natężenia pola magnetycznego*”. W mojej opinii takie stwierdzenie jest błędne, gdyż nie wyznaczono funkcji dla przedstawionego na wykresie rozkładu punktów, więc nie można mówić o jej zmienności.

- rys. 10.28 podpisano „*Zależność pomiędzy długościami ujawnionych wskazań do wartości natężenia pola magnetycznego dla 4 wybranych punktów*”. Jednak na zamieszczonym wykresie są tylko 3 punkty uzyskane z przeprowadzonych badań. Proszę wyjaśnić, co jest przyczyną takiej rozbieżności.

- w tab. 10.2 (str. 74), która jest zestawienie parametrów spawania oraz otrzymanych wyników badań MT użyto, w przypadku próbek B, E, F i G, określenie „*po szlifowaniu*”. Jednak we wcześniejszym opisie badań nigdzie nie wspomniano o

takiej operacji. Proszę o wyjaśnienie tej kwestii.

- str. 63 użyto sformułowania „...przeprowadzono badania odpowiednio i analogicznie na...”. Odpowiednio i analogicznie są to wyrazy bliskoznaczne, dlatego wystarczy jeden z nich.
- str. 66 podpis pod rys. 10.2 rozpoczyna się od małej litery oraz niejasne jest oznaczenie „(2a)”,
- str. 74, tab. 10.2 kolumna 2 jest „wielkość nacięcia” powinno być szerokość nacięcia,
- str. 110 odwołanie do normy PN-EN ISO 15614 – brak odniesienia do pozycji w spisie literatury [77].

3.4.12. Rozdział 11 Podsumowanie wyników badań oraz Rozdział 12 Wnioski. Rozdziały 11 i 12 zawierają podsumowanie oraz wnioski końcowe, które nawiązują do celu i zakresu pracy oraz zrealizowanych zadań badawczych. W opinii recenzenta rozdział 11 mógłby zawierać bardziej rozbudowaną dyskusję otrzymanych wyników.

Mgr inż. Karolina Poch swoją rozprawę doktorską podsumowuje wskazaniem kierunków dalszych badań w obszarze badań magnetyczno-proszkowych, szczególnie z wykorzystaniem defektoskopów jarzmowych, które są najczęściej stosowane w warunkach przemysłowych i eksploatacyjnych. Jest to dobry kierunek mający na celu dalsze doskonalenie technik stosowanych do oceny jakości złączy spawanych.

W podsumowaniu recenzowanej rozprawy nasuwa się kilka uwag krytycznych dotyczących edycji w odniesieniu do całości pracy:

- zauważono rozbieżności pomiędzy spisem treści a tytułami poszczególnych rozdziałów w pracy (rozd. 2, rozdz. 3.1, rozdz. 4.1, rozdz. 4.5, rozdz. 7, rozdz. 9), a rozdział 1.3. w ogóle nie został ujęty w spisie.
- w pracy zauważono sporo błędów interpunkcyjnych oraz literowych, co jednak nie ma wpływu na wartość przekazywanych treści,
- przy odnośnikach do spisu literatury Autorka raz stosuje spację pomiędzy kolejnymi liczbami w innych przypadkach nie, w przyszłości należy przyjąć jeden standard w całym tekście,
- zdaniem recenzenta zbędnym wydaje się cytowanie tytułu normy w tekście

rozprawy, gdyż taka praktyka nie wnosi wiele do treści, niepotrzebnie zwiększając jej objętość. (str. 8, 19 i 20). Wystarczające jest podanie numeru normy oraz odniesienia do pozycji w spisie literatury, co w większej części pracy Autorka czyni.

- w literaturowej części pracy Autorka zamieściła 8 rysunków i 2 tabele. Czy są to opracowania własne czy zostały zaczerpnięte z obcych źródeł? Jeżeli pochodzą z innych prac powinno być wskazane źródło.

## Podsumowanie

Rozprawa doktorska mgr inż. Karoliny Poch jest wynikiem obszernych studiów literaturowych oraz kilkuletnich eksperymentów nad złożonym problemem oceny jakości złączy spawanych. Należy podkreślić, że treść pracy wskazuje na bardzo dobre przygotowanie Doktorantki do tematu, jak również na świadomość problemów i trudności, jakie pojawiają się w trakcie realizacji badań oraz umiejętność ich rozwiązywania.

Praca doktorska, poza niedoskonałościami wymienionymi szczegółowo w analizie poszczególnych rozdziałów, jest wartościowym opracowaniem. Przede wszystkim Autorka podejmuje bardzo ważny i trudny problem oceny jakości złączy spawanych, który jest niezwykle istotny nie tylko w przypadku jakości konstrukcji spawanych, lecz często także w kontekście bezpieczeństwa użytkownika. Przedstawiona *metodyka wykonywania badań magnetyczno-proszkowych dla oceny występowania niezgodności braku wtopienia w złączach teowych ze spoinami pachwinowymi*, jest oryginalnym rozwiązaniem problemu o znaczeniu użytkowym. Cel pracy został osiągnięty a postawiona przez Doktorantkę teza rozprawy w brzmieniu: *Badania magnetyczno-proszkowe umożliwiają wykrywanie niezgodności usytuowanych pod powierzchnią badanego elementu. Przy spełnieniu określonych warunków możliwe jest wykrycie przyklejeń i braków wtopienia w złączach teowych ze spoinami pachwinowymi*”, została udowodniona.

## Wniosek końcowy

Wymienione osiągnięcia w dziedzinie Nauk Technicznych przedstawiają oryginalny wkład Doktorantki w rozwój dyscypliny Inżynieria mechaniczna.

W związku z powyższym stwierdzam, że praca pt. „**Wpływ parametrów badań magnetyczno-proszkowych na ocenę jakości złączy ze spoiną pachwinową**” spełnia wymogi „Ustawy o stopniach i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki” z dnia 14 marca 2003 (Dz.U.2017 r. poz. 1789), dlatego też wnioskuję do Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Mechaniczna Politechniki Częstochowskiej o **przyjęcie tej rozprawy i dopuszczenie mgr inż. Karolinę Poch** do publicznej obrony w ramach dyscypliny inżynieria mechaniczna.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Janusz Jurek". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping loop at the end.