

Częstochowa, 3 grudnia 2024 r.

prof. dr hab. inż. Jerzy Winczek
Katedra Technologii i Automatykacji
Wydział Inżynierii Mechanicznej
Politechnika Częstochowska

Recenzja rozprawy doktorskiej
p.t.:

**„Mechaniczna redukcja naprężeń i odkształceń spawalniczych w
elementach ze stali konstrukcyjnych poprzez przekuwanie
pneumatyczne o dużej częstotliwości”**

autorstwa
mgra inż. Mateusza Przybyły

Promotor: dr hab. inż. Jacek Górka, prof. P.Śl.

Promotor jednostki wdrażającej: mgr inż. Andrzej Chudzio

Recenzja została sporządzona na podstawie pisma Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Materiałowa Politechniki Śląskiej prof. dr. hab. inż. Adama Grajcara (nr pisma RDIMa/133/51/2024) informującego mnie, że uchwałą w.w. Rady w dniu 22 października 2024 roku zostałem powołany na recenzenta rozprawy doktorskiej mgra inż. Mateusza Przybyły p.t. „Mechaniczna redukcja naprężeń i odkształceń spawalniczych w elementach ze stali konstrukcyjnych poprzez przekuwanie pneumatyczne o dużej częstotliwości” przygotowanej w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

1. Ocena ważności podjętego problemu naukowego i charakterystyka rozprawy.

Niezwykle ważną problematyką w teorii i praktyce spawalniczej są odkształcenia i naprężenia spawalnicze, zapobieganie im oraz ich redukcja. Odkształcenia po spawaniu, obok niezgodności w złączu, są głównymi kryteriami akceptowalności konstrukcji spawanej. W przypadku odkształceń przekraczających dopuszczalne wartości zachodzi konieczność przeprowadzenia obróbki mechanicznej (ubytkowej, prostowania) lub cieplnej. Ponadto poziom naprężeń własnych w konstrukcjach spawanych często osiąga wartości bliskie granicy plastyczności materiału spawanego, co w przypadku kumulowania się ich wynikającymi z obciążeń eksploatacyjnych może

- 1 -

[KTA]

Katedra Technologii i Automatykacji - Wydział Inżynierii Mechanicznej

Politechnika Częstochowska

ul. Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa

tel. +48 34 325 05 09, e-mail: sekretariat.kta@pcz.pl

www.wim.pcz.pl

Biuro Dziekana

wpłynęło dnia 5.12.2024
RDIMa/2024/51/2024
nr zał.



dochodzić do destrukcji konstrukcji zarówno w zakresie zmęczenia niskocyklicznego i wysokocyklicowego.

W recenzowanej rozprawie poddano ocenie wpływ przekuwania pneumatycznego o dużej częstotliwości na poziom odkształceń i naprężeń własnych w czołowych i pachwinowych połączeniach spawanych wybranych gatunków stali konstrukcyjnych.

Rozprawa licząca 187 stron składa się ze strony tytułowej, spisu treści, streszczeń w językach polskim i angielskim, sześciu rozdziałów, wykazów źródeł literatury i przywołanych w pracy norm.

W rozdziale pierwszym autor wprowadza czytelnika w zagadnienia będące przedmiotem dysertacji. Opisano w nim genezę odkształceń i naprężeń w procesach spawania stali opisując zjawiska w tych procesach zachodzące. W syntetyczny sposób przedstawiono metody redukcji odkształceń i naprężeń (projektowe, technologiczne, obróbki cieplnej i mechanicznej).

Analizie aktualnego stanu wiedzy dotyczącej powstawania odkształceń i naprężeń spawalniczych oraz ich redukcji jest poświęcony rozdział drugi. Rozpoczynają go rozważania nad czynnikami wpływającymi na strukturę połączenia spawanego oraz na wybrane własności mechaniczne. Przy czym autor koncentruje się na czasie stygnięcia $t_{8/5}$ jako jednym z kryteriów oceny spawalności konstrukcji stalowych. W dalszej treści rozdziału rozważania dotyczą przyczyn powstawania odkształceń i naprężeń spawalniczych, ich rodzajów oraz klasyfikacji. Doktorant dyskutuje wpływ różnych czynników na powstawanie i rozwój odkształceń i naprężeń. Rozdział kończy prezentacja poszczególnych metod redukcji odkształceń i naprężeń ze szczególnym uwzględnieniem przekuwania o wysokiej częstotliwości (HFMI – High Frequency Mechanical Impact) i obróbki cieplnej (PWHT - Post Weld Heat Treatment).

Rozdział trzeci rozpoczyna postawienie tezy pracy, którą można streścić następująco: Poprzez zastosowanie procesu przekuwania o wysokiej częstotliwości i dobór parametrów procesu istnieje możliwość redukcji odkształceń i naprężeń własnych w złączach spawanych stali z zachowaniem ich akceptowalności. Następnie sformułowano ogólny cel pracy: opracowanie kwalifikowanej technologii spawania z zastosowaniem pneumatycznego przekuwania o wysokiej częstotliwości. Wyróżniono cele szczegółowe: naukowe i technologiczne. W dalszej treści rozdziału wyspecyfikowano zastosowane metody badawcze (eksperymentalne), użyte materiały, parametry technologiczne procesów spawania oraz obróbki udarowej o wysokiej częstotliwości i cieplnej. Rozdział zamykają opisy pomiaru z wykorzystaniem trackera laserowego i modelowania procesów spawania i towarzyszących z wykorzystaniem programu Sysweld.

Metodykę badań doktorant opisał w rozdziale czwartym. W początkowych dwóch podrozdziałach poświęconych normowym badaniom związanym z kwalifikacją procesu spawania scharakteryzowano badania nieniszczące i niszczące. Kolejne części rozdziału prezentują metody analizy strukturalnej z wykorzystaniem dyfrakcji elektronów wstępnie rozproszonych (EBSD – Electron Backscatter Diffraction), pomiaru naprężeń z wykorzystaniem efektu Barkhausena oraz dyfrakcji rentgenowskiej.

Wyniki przeprowadzonych badań i ich analizę doktorant zawarł w rozdziale piątym. W pierwszej kolejności doktorant przedstawił rezultaty badań własności mechanicznych złączy (statycznej próby rozciągania, zginania, udarności i twardości). Kolejne części rozdziału zawierają analizę strukturalną złączy spawanych, składu fazowego oraz pomiaru naprężeń i odkształceń. Rozdział kończy prezentacja rezultatów symulacji numerycznych procesu spawania połączenia teowego. W modelowaniu uwzględniono procesy obróbki redukującej naprężenia własne: przekuwanie o wysokiej częstotliwości (HFMI) oraz cieplnej (PWHT). Wyniki badań są prezentowane w postaci licznych zestawień tabelarycznych i bogato ilustrowane materiałem graficznym.

Rozdział szósty stanowi podsumowanie rozważań, wyników zrealizowanych prac badawczych i ich analiz, prezentację wniosków naukowych i użytecznych odnoszących do celów wstępnie wyznaczonych. Rozważania kończy wskazanie dalszych kierunków badań.

Kolejne dwie strony rozprawy są protokołami kwalifikowania technologii spawania z przekuwaniem o wysokiej częstotliwości.

Literatura (13 stron) zawiera 101 pozycji, spośród których w pięciu doktorant jest współautorem.

Dysertację zamyka Wykaz przywołanych norm (15-tu).

2. Ocena rozprawy doktorskiej w kontekście art. 187, ust. 1 - 3 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz.U. 2023 poz. 742).

Problemem postawionym w temacie rozprawy jest mechaniczna redukcja naprężeń i odkształceń w elementach ze stali konstrukcyjnych poprzez przekuwanie pneumatyczne o dużej częstotliwości.

W dysertacji sformułowano tezę, że przez odpowiedni dobór metody i jej parametrów istnieje możliwość redukcji odkształceń i naprężeń powstających w złączach spawanych akceptowalnych w ujęciu jakości i wytrzymałości.

Doktorant stosując przekuwanie o dużej częstotliwości zredukował naprężenia własne w czołowych i teowych połączeniach spawanych wybranych stali konstrukcyjnych. Określono parametry przekuwania na poziomie 90 Hz i prędkości przesuwu trzpienia od 20 do 30 cm/min w zależności od gatunku stali (głównie granicy plastyczności). Efekt wykonanej obróbki udarowej został potwierdzony empirycznie, a zaproponowana technologia uzyskała aprobatę kwalifikacyjną w postaci protokołów WPQR.

Powyżej wymienione osiągnięcie stanowi rozwiązanie problemu mieszczącego się w zakresie dyscypliny inżynieria materiałowa (rozwiązania zweryfikowanego kwalifikacją procesu i zaaplikowanego w praktyce przemysłowej) i zdaniem recenzenta spełnia formalne wymagania ust. 2-ego art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz.U. 2023 poz. 742).

Rozdział drugi dotyczący w głównej mierze przyczyn powstawania odkształceń i naprężeń spawalniczych, ich rodzajów oraz metod redukcji świadczy o dobrym

przygotowaniu merytorycznym doktoranta. Umiejętność formułowania hipotez i wyznaczania celów badań oraz znajomość ich metodyki została wykazana w rozdziałach trzecim i czwartym. Analiza wyników badań strukturalnych, składu fazowego i pomiarów naprężeń potwierdza gruntowną wiedzę w tym zakresie. Wyżej wymienione treści rozprawy **potwierdzają wystarczającą ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w zakresie dyscypliny inżynieria materiałowa oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej, co w mojej opinii wyczerpuje wymagania ust. 1-ego art. 187 przywołanej wyżej Ustawy.**

Rozprawę doktorską przedstawiono w postaci monografii i dołączono do niej streszczenie w języku angielskim, co spełnia **wymagania ust. 3-ego i ust. 4-ego art. 187 przywołanej wyżej Ustawy.**

3. Ocena merytoryczna

Wpływ obróbki udarowej na stany odkształceń plastycznych i naprężeń własnych jest ogólnie znany i w praktyce spawalniczej stosowany. Natomiast zastosowanie przekuwania o dużej częstotliwości pozwala na kontrolę i powtarzalność parametrów technologicznych obróbki mechanicznej, a co się z tym wiąże utrzymanie wymaganej kondycji materiału i jakości połączenia.

Tezy i cele pracy (technologiczne i naukowe) zostały wyraźnie sformułowane. Dążenie do tych celów jest szeroko i szczegółowo prezentowane w dysertacji. Osiągnięcie przez Doktoranta celów technologicznych zdominowało charakter i treść pracy. Doktorant wykonał szereg analiz strukturalnych oraz pomiarów naprężeń odkształceń. Rezultaty badań wykonanych przed obróbką HFMI, w trakcie procesu i po, a także po przed i po obróbce PWHT, są zawarte w licznych tabelach oraz zilustrowane graficznie i dokumentacją fotograficzną. Na tym tle cele naukowe są skromne i w istocie zawierają się w prezentacji i ocenie skutków zastosowania metod redukcji naprężeń w złączach spawanych. W moim odczuciu zabrakło w rozprawie głębszej analizy zjawisk fizycznych, zmian strukturalnych, zachodzących materiale podczas samej obróbki HFMI czy też odniesienia do ręcznej obróbki udarowej (młotkowania).

Silną stroną pracy jest obszerny materiał badawczy, którego zgromadzenie wymagało od doktoranta głębokiej wiedzy technologicznej i metrologicznej, znajomości i umiejętności zastosowania szerokiej gamy badań nieniszczących i niszczących.

Rozprawa stanowi studium przypadków czołowych i teowych połączeń spawanych począwszy od zagadnień technologicznych, przez badania doświadczalne, i modelowanie MES po analizę wyników badań, pomiarów i symulacji.

Doktorant łącząc w umiejętny sposób wiedzę teoretyczną i doświadczenie inżyniera spawalnika opracował technologie czołowego spawania stali z przekuwaniem pneumatycznym spoiny z dużą częstotliwością, a uzyskane rezultaty redukcji odkształceń i naprężeń spawalniczych wsparł wynikami badań doświadczalnych. Po kwalifikacji technologii spawania (WPQR) zostały one wdrożone w praktyce przemysłowej (w FAMET S.A.).

Wnioski naukowe i użytkowe zawarte w podsumowaniu rozprawy korespondują z tezą pracy i wyznaczonymi celami oraz korelują z wynikami wykonanych badań i przeprowadzonych ich analiz.

4. Uwagi i komentarze

Uwagi ogólne.

Dysertacja jest objętościowo obszerna i można odnieść wrażenie, że organizacja struktury rozprawy (układu jej treści) sprawiła Autorowi kłopot. Tytuł rozdziału trzeciego (*Praca własna*) jest moim zdaniem niefortunny. Może on sugerować, że pozostałe rozdziały nie prezentują wyników pracy własnej doktoranta. Z tej części pracy można by na przykład wyodrębnić rozdział *Teza, cele i zakres pracy*. Bardziej czytelne przedstawienie w tym rozdziale sekwencji działań Doktoranta umożliwiłoby swobodniejszy podział treści i konstrukcję rozdziałów. Wówczas kolejnymi rozdziałami mogłyby być na przykład *Metodyka badań*, *Wykonanie połączeń spawanych*. Wówczas metodyka pomiarów za pomocą laser trackera byłaby zawarta w rozdziale *Metodyka badań* i nie sprawiałaby Autorowi problemu z umiejscowieniem w treści pracy. Nota bene podrozdział 3.7.2 zatytułowany *Pomiar z wykorzystaniem laser trackera* znajduje się po opisie przeprowadzonych operacji technologicznych (spawania, obróbki cieplnej i przekuwania), a przecież wstępny pomiar laser trackerem został wykonany przed spawaniem. Wyżej zaproponowana kolejność prezentowania treści pozwoliłaby na zachowanie w niej chronologii prowadzonych badań. Można też dyskutować, czy część materiału dokumentującego wyniki badań nie byłaby wskazana do zamieszczenia w załącznikach do rozprawy.

W pracy występują liczne błędy edytorskie (również gramatyczne, stylistyczne, interpunkcyjne), terminologiczne, skróty myślowe, które nie wpływają w istotny sposób na wartość merytoryczną pracy.

Uwagi szczegółowe.

1. Str. 5., 3 -4 wiersz od dołu: „Przeprowadzono również analizę zmian w zakresie rozkładu naprężeń własnych i resztkowych z wykorzystaniem efektu Barkhausena.” W czym, zdaniem Doktoranta, różnią się naprężenia własne od resztkowych?
2. Str. 10. Drugi akapit kończy się frazą „...przykładem są wytyczne Międzynarodowego Instytutu Spawalnictwa [1, 76, 78, 86, 96, 100]”. Stwierdzenie to nie jest precyzyjne, ponieważ pozycje 76, 86 i 100 nie są wytycznymi MIS.
3. Str. 19. Informacja zawarta w zdaniu „Naprężenia wynikają z kurczenia się spoiny podczas jej schładzania z temperatury plastyczności, ok. 600 - 650°C, do temperatury otoczenia, w której konstrukcja będzie użytkowana” jest niepełna. Naprężenia powstające podczas spawania elementów stalowych są skutkiem odkształceń wywołanych zmianami temperatury, odkształceń strukturalnych (podczas przemian fazowych w stanie stałym), odkształceń fazowych podczas zmiany stanu skupienia oraz równowagi naprężeniowej elementu.

4. Str. 25, 12 wiersz od dołu „Miarą”, a nie „Miara”.
5. Str. 28, 4-ty wiersz od góry „tak jak na Rys. 4a.” Powinno być „tak jak na Rys. 11a.”
6. Str. 28, 2-gi wiersz od dołu „rozkład temperatur”, powinno być „rozkład temperatury”, tak jak w podpisie rysunku 12.
7. Str. 31. Czy wartości przedstawione w Tabeli 2 są autorskim opracowaniem Doktoranta na podstawie jego własnych badań?
8. Str. 38. Ostatni akapit na stronie: „... energia liniowa spawania i współczynnik sprawności cieplnej k , w zależności od zastosowanej metody, zostały przedstawione na Rys. 18.” Po pierwsze: powinno być „wartości energii liniowej i współczynnika sprawności cieplnej”. Po drugie: rys. 18 odnosi się tylko do wartości energii liniowej.
9. Str. 40. Pierwsze zdanie po Tabeli 3: „Biorąc pod uwagę składowe wzoru”, powinno być „wzorów”, a jeszcze lepiej ze wskazaniem tychże, tutaj (3) i (4).
10. Pierwszy akapit podrozdziału 3.1. (prawdopodobnie teza pracy): „Poprzez odpowiedni dobór metody redukcji naprężeń i odkształceńistnieje możliwość redukcji naprężeń i odkształceń ...”. W dalszej części zdania autor wskazuje dokładnie metodę „przekuwania o wysokiej częstotliwości”. Teza mogłaby być sformułowana bardziej treściwie, na przykład: „Poprzez zastosowanie procesu przekuwania o wysokiej częstotliwości i doboru parametrów procesu istnieje możliwość redukcji”.
11. Str. 52, rys. 24. W schemacie blokowym „Pomiar naprężeń z wykorzystaniem efektu Barkhausena” oraz „Pomiar naprężeń XRD wybranych próbek” powinien być przed „badaniami niszczącymi i metalograficznymi”.
12. W pracy pojawia się brak konsekwencji w oznaczeniach wielkości. Na przykład na stronie 39 autor energię liniową oznacza jako E (wzór (3)), a przez Q ilość wprowadzonego ciepła (wzór (4)). Natomiast od strony 60-ej Q jest już energią liniową spawania.
13. Str. 68. „... obróbka prowadzona była ręcznie z prędkością od 30 cm/min dla złączy ze stali S235JR, S355J2+N oraz S460NL do 20 cm/min dla złączy ze stali S690QL oraz S960QL ...”. Co determinowało taki zakres i prędkości obróbki? Czy należy rozumieć, że dla złączy ze stali S235JR, S355J2+N oraz S460NL przyjęto prędkość obróbki 30 cm/min, natomiast dla złączy ze stali S690QL oraz S960QL przyjęto prędkość obróbki 20 cm/min? Czy też prędkość obróbki była zmieniana w zakresie od 20 do 30 cm/min?
14. W tabelach 17 – 31 w kolumnie „Nr ściegu” w istocie zamieszczono opis lokalizacji ściegu. Bardziej klarownym i czytelnym sposobem byłoby zamieścić schemat przekroju poprzecznego połączenia z zaznaczeniem numeru ściegu i jego usytuowaniem, a w kolumnach „Nr ściegu” rzeczywiście ich numerów. Taka prezentacja pozwoliłaby jednocześnie wskazać sekwencję wykonywania ściegów. Należy tylko przypuszczać, że nie tylko liczba ściegów (na stronie 70 autor używa

- błędnego terminu „ilość” ściegów, ściegi są policzalne, więc liczba), ale również ich sekwencja była taka sama w przypadku wykonywania złączy teowych.
15. Str. 86, Tabela 32. Jedna z kolumn ma tytuł „Wielkość spoiny pachwinowej a[mm].”. Bardziej poprawne byłoby sformułowanie „Wymiar a spoiny pachwinowej [mm]” lub użycie słowa grubość.
 16. W pierwszym zdaniu podrozdziału 3.7.3 zatytułowanym „Modelowanie procesów spawania i procesów towarzyszących z wykorzystaniem MES” doktorant informuje „Aby zweryfikować i porównać wyniki pomiarów wykonanych laser trackerem dla wybranych próbek przeprowadzono analizę z wykorzystaniem metody elementów skończonych.” W podrozdziale tym autor nie wymienia oprogramowania, przy pomocy którego tą analizę przeprowadził. Na stronie 95 autor wskazuje, że „w literaturze występuje podobne podejście do modelowania” i w dalszej części treści wymienia programy Sysweld i Abaqus, ale nie jest to jednoznaczne. Natomiast dopiero na stronie 161 wskazuje, że modelowanie i symulacje stanu odkształcenia wykonał wykorzystując pakiet Sysweld. Ponadto opis podjętych działań jest dość lakoniczny, a przecież obejmował zapewne modelowanie kompleksowe pola temperatury, przemian fazowych, stanów odkształcenia i naprężenia.
 17. Str. 38. Autor stwierdza: „ W próbkach pobranych ze spoiny”. Czy pobranie próbki z elementu spawanego nie zmienia stanu naprężenia w niej i w konstrukcji, z której została pobrana?
 18. Na stronach 132–136 autor prezentuje rezultaty analizy mikrostruktury wybranych próbek (spawanej stali S960QL) z wykorzystaniem dyfrakcji elektronów wstecznie rozproszonych (EBSD). Jakie wnioski wynikają z przedstawionej analizy?
 19. Na stronach 137–138 zawarto opis wyników analiz składu fazowego potwierdzając dyfraktogramami na rysunkach 104–111. Jakie wnioski wynikają z tych analiz, zwłaszcza w kontekście redukcji naprężeń?
 20. Metody pomiaru naprężeń z wykorzystaniem XRD i efektu Barkhausena są dedykowane dla pomiarów na powierzchniach umownie gładkich, a za takie trudno uznać powierzchnię lica spoiny. Stąd też pojawia się duży rozrzut wartości pomiarowych (por. rys. 114) a także wynik obliczenia wartości naprężenia ($85,1 \pm 27,3$ MPa). Dlatego same wartości naprężeń należy traktować z rezerwą. Natomiast ogólnie przeprowadzona analiza wskazuje, że w elementach nie poddanych przekuwaniu dominują naprężenia rozciągające, natomiast po przekuwaniu – ściskające (por. Tabela 38).
 21. Tytuł podrozdziału 5.6. „Modelowanie i symulacja stanu odkształceń MES dla wybranych złączy spawanych”. Poniżej w treści autor stwierdza „ Na Rys. 147–150 przedstawiono rozkłady odkształceń...”. Na str. 162, pod rysunkami są podpisy „Rozkłady naprężeń ...”. Opisy pionowych osi rysunków 147–150 są nieczytelne. Trudno rozstrzygnąć czy to są rozkłady odkształceń czy naprężeń, jak również ocenić charakter tych rozkładów.
 22. W spisie literatury doktorant nie przyjął jednolitego stylu cytowania. Raz cytowane źródło rozpoczyna od nazwisk autorów, innym razem od inicjałów imion lub pełnych

imion. Rok wydania czasami znajduje się na pod koniec opisu cytowanej pozycji, innym razem po wymienieniu autorów. Procedura PB01 (15n) wymieniona na str. 187 nie jest normą i powinna znaleźć się w spisie literatury.

5. Wniosek końcowy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska zawiera rozwiązanie konkretnego problemu naukowego i technicznego potwierdzonego eksperymentalnie i użytkownie.

Wyznaczono parametry przekuwania pneumatycznego na poziomie 90 Hz i prędkości przesuwu trzpienia od 20 do 30 cm/min w zależności od gatunku stali (S235JR, S355J2+N, S460NL, S690QL i S960QL). Zastosowanie przekuwania pneumatycznego o dużej częstotliwości skutecznie wpłynęło na zmianę stanu naprężenia połączeń spawanych. Końcowym rezultatem pracy jest zakwalifikowanie zaproponowanych technologii do stosowania przez FAMET S.A., co dopełnia proces dowodowy uprzednio postawionej tezy i potwierdza osiągnięcie wyznaczonych celów technologicznych i naukowych.

Rozwiązanie tego problemu spełnia formalne i merytoryczne wymagania ust. 2-ego art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz.U. 2023 poz. 742).

Autor wykazał się wystarczającą erudycją nie tylko w zakresie inżynierii materiałowej, umiejętnością planowania i samodzielnej realizacji badawczych prac naukowych oraz oceny i interpretacji uzyskanych wyników.

Doktorant przedkładając do oceny niniejszą rozprawę wraz ze streszczeniem w języku angielskim, spełnił wymagania ust. 3-ego i ust. 4-ego, a wykazując ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie inżynieria materiałowa (co scharakteryzowałem w punkcie drugim recenzji) również ust. 1-szy art.187 ww. Ustawy.

Biorąc pod uwagę całość pracy, t.j, analizę dotychczasowego stanu wiedzy w temacie rozprawy na podstawie badań literaturowych i własnych doświadczeń Doktoranta, jego przygotowanie teoretyczne, oryginalne rozwiązanie problemu naukowego oraz wdrożenie w praktyce przemysłowej wyników pracy doktorskiej, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgra inż. Mateusza Przybyły p.t. „Mechaniczna redukcja naprężeń i odkształceń spawalniczych w elementach ze stali konstrukcyjnych poprzez przekuwanie pneumatyczne o dużej częstotliwości” spełnia wymogi art. 187 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym z dnia 20 lipca 2018 roku (Dz.U. 2023 poz. 742).

Z pełnym przekonaniem wnioskuję zatem o dopuszczenie jej do obrony w dyscyplinie inżynieria materiałowa.

