



WYDZIAŁ MECHANICZNY POLITECHNIKA LUBELSKA

ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin
tel. 81 53-84-232, e-mail: a.rudawska@pollub.pl



dr hab. inż. Anna Rudawska, prof. PL
Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji

Lublin, dnia 08.06.2017 r.

Recenzja

Rozprawy doktorskiej mgr inż. Waldemara Witkowskiego p.t.: „Wpływ parametrów technologicznych na nośność połączeń przetłaczanych”

Podstawą sporządzenia niniejszej recenzji jest pismo Pana Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej z dnia 19 marca 2017 roku, nr RM-530-07-03-2016 i zawarta na tej podstawie umowa o dzieło.

1. Hipoteza oraz cele rozprawy

W recenzowanej rozprawie w sposób opisowy sformułowano hipotezę badawczą w brzmieniu: „Zastosowanie odpowiedniej konstrukcji matrycy może obniżyć energochłonność procesu formowania, a także zasięg obszaru i poziom koncentracji odkształceń plastycznych przy zapewnieniu wymaganego poziomu nośności połączenia przetłaczanego”, która ma charakter oryginalny, gdyż dotychczas brak jest w dostępnej literaturze wyczerpującego opisu wyników badań analizowanego zagadnienia badawczego.

Wśród celów recenzowanej rozprawy wymienia się:

- 1) zbadanie energochłonności procesu formowania przetłoczenia w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego matrycy,
- 2) określenie wpływu rozwiązania konstrukcyjnego matrycy formującej na zmiany i zakres umocnienia materiału przetłoczenia przez pomiar twardości,
- 3) zbadanie wpływu głównych czynników technologicznych procesu formowania na wytrzymałość połączenia,

- 4) określenie relacji pomiędzy energią formowania a energią utraty stateczności połączenia.

Zweryfikowanie przedstawionej hipotezy badawczej oraz realizacja przyjętych celów rozprawy wymagały zarówno głębokiej analizy teoretycznej omawianej problematyki, jak też przeprowadzenia przez Doktoranta wielu różnorodnych i obszernych badań eksperymentalnych oraz analizy numerycznej, których opis i wyniki są przedstawione w niniejszej rozprawie.

2. Zakres rozprawy

Rozprawa jest klasyczną naukową pracą łączącą badania eksperymentalne oraz analizę numeryczną, a jej tytuł jest adekwatny do zawartych w niej treści. Układ rozprawy jest przejrzysty i właściwy. Składa się ona z siedmiu rozdziałów obejmujących: przegląd literatury na temat ogólnej charakterystyki i zastosowania połączeń przetłaczanych oraz procesu formowania tych połączeń, na podstawie którego sformułowano hipotezę, określono cele oraz zakres rozprawy, badania doświadczalne obejmujące: metodykę, badania wstępne i szczegółową analizę wytrzymałości połączeń przetłaczanych, a także analizę numeryczną zarówno procesu formowania połączeń, jak i ich wytrzymałości. Ostatni rozdział zawiera wnioski i opis kierunków dalszych badań.

Rozdział pierwszy obejmuje analizę aktualnego stanu literatury związanej z problematyką rozprawy. Pierwszy rozdział zawiera pięć podrozdziałów w brzmieniu: charakterystyka oraz zastosowanie połączeń przetłaczanych, proces formowania i podstawowe rodzaje połączeń przetłaczanych, wytrzymałość połączeń przetłaczanych, automatyzacja procesu formowania i kontroli jakości oraz wnioski z analizy literatury. Ocena stanu wiedzy opisana w tym rozdziale rozprawy przekonuje, że podjęcie i wykonanie rozprawy jest celowe, jak również uzasadnione. Analiza ta pozwoliła na sformułowanie hipotezy badawczej oraz określenie celów rozprawy, które zamieszczono w rozdziale drugim, przedstawiając także plan badań, zawierający badania doświadczalne oraz analizę numeryczną związaną z rozpatrywanym zagadnieniem, który pozwoli na weryfikację hipotezy oraz zrealizowanie postawionych celów. W rozdziale tym pojawiają się pewne nieścisłości terminologiczne. W tytule rozdziału oraz w pierwszym zdaniu występuje słowo: „hipoteza”, co jest jak najbardziej słusznym wyrażeniem, gdyż „jest to twierdzenie, które w wyniku weryfikacji wymaga udowodnienia lub falsyfikacji”, i Doktorant podejmuje się weryfikacji postawionej hipotezy, natomiast

w dalszej części rozdziału pojawia się słowo: „teza”, która z definicji: ”jest zdaniem bądź twierdzeniem, które zawsze jest prawdziwe”. Moim zdaniem w hipotezie zabrakło doprecyzowania, jaki jest to rodzaj połączenia przetłaczanego: CL? CR, czy hipoteza odnosi się ogólnie do połączeń przetłaczanych? Czy badania dotyczą tylko połączeń CL i CLs? W dalszej części pracy pojawiają się wyniki badań innych połączeń, np. typu CR.

Trzeci rozdział rozprawy obejmuje metodykę badań opisujący badania doświadczalne, w tym: próbę wytrzymałości na ścinanie, stanowisko do wykonywania połączeń, narzędzia formujące i technologie kształtowania połączeń, właściwości mechaniczne łączonych blach, metodykę pomiarów charakterystycznych wielkości geometrycznych przetłoczenia, badania wytrzymałościowe, określenie zasięgu zmian umocnienia w materiale poprzez pomiar twardości, pomiar wartości naprężeń własnych, pomiar zarysu przetłoczenia oraz badania metalograficzne, a także metodykę analizy numerycznej procesu formowania oraz próby odrywania i ścinania połączeń przetłaczanych. Mocną stroną treści rozdziału jest rodzaj i ilość zaplanowanych badań doświadczalnych, które przyczynią się do realizacji założonych celów rozprawy. Jednak pewnym niedostatkiem jest brak pełnego przedstawienia istotnych informacji związanych np. z ilością wykonywanych połączeń, zwłaszcza ze względu na późniejsze badania eksperymentalne.

W czwartym rozdziale przedstawiono wyniki badań wstępnych, których celem było określenie: wytrzymałości na ścinanie połączeń wykonanych wybranymi systemami łączenia, wpływu rodzaju materiału oraz kształtu próbek na wytrzymałość połączeń przetłaczanych, wpływ ustawienia segmentów matrycy dzielonej względem siły obciążającej na wytrzymałość na ścinanie, wpływ konstrukcji matrycy oraz nitu wypełniającego przetłoczenie na siłę formowania, wytrzymałość w dwuosiowym stanie obciążenia oraz zmianę twardości materiału, wytrzymałości zmęczeniowej oraz wpływ wybranych parametrów technologicznych na strukturę wytrzymałości połączeń przetłaczanych. Na podkreślenie zasługuje bardzo duży zakres różnorodnych badań eksperymentalnych, które wymagały zarówno bardzo dużej wiedzy merytorycznej, jak i praktycznej. W rozdziale tym występują pewne nieliczne nieścisłości terminologiczne, niezręczne sformułowania i niespójności, a także nasuwają się pewne pytania, które zostaną wyszczególnione w dalszej części recenzji.

Rozdział piąty poświęcony jest szczegółowej analizie wytrzymałości połączeń przetłaczanych, w którym opisano wpływ konstrukcji matrycy na wytrzymałość połączeń przetłaczanych, twardość materiału przetłoczenia, wpływ średnicy stempla na twardość

w osiowosymetrycznym połączeniu przetłaczanym, wpływ konstrukcji matrycy oraz średnicy na zmianę twardości, wpływ geometrii narzędzi formujących na parametry zamka przetłoczenia, rozkład naprężeń własnych, obserwacje metalograficzne oraz wpływ konstrukcji matrycy na deformację powierzchni blachy wokół miejsca łączenia. Mocną stroną treści rozdziału jest już wspomniany uprzednio rodzaj i ilość przeprowadzonych badań doświadczalnych, które przyczynią się do realizacji założonych celów rozprawy. Na uwagę zasługuje także szczegółowa analiza i dyskusja bardzo obszernych i interesujących wyników badań, choć pewien niedosyt budzi brak analizy statystycznej uzyskanych wyników, która pozwoliłaby uwiarygodnić sformułowane spostrzeżenia i wnioski.

W rozdziale szóstym przedstawiono analizę procesu formowania i wytrzymałości połączeń przetłaczanych za pomocą symulacji numerycznych, a w szczególności: formowanie okrągłych połączeń przetłaczanych matrycą jednolitą, prognozowanie wytrzymałości okrągłych połączeń przetłaczanych oraz analizę połączeń przetłaczanych formowanych matrycą dzieloną. Symulacje numeryczne stanowią cenne uzupełnienie badań doświadczalnych, pozwalając na wykorzystanie ich wyników podczas projektowania narzędzi kształtujących oraz połączeń przetłaczanych elementów konstrukcji cienkościennych. Na podkreślenie zasługuje prawidłowe podejście do wykonywania analizy numerycznej, przyjmując, definiując oraz argumentując określone założenia wstępne, wykorzystujące zarówno wyniki badań doświadczalnych Doktoranta, jak i innych naukowców.

Ostatni rozdział siódmy stanowi podsumowanie rozprawy doktorskiej, w którym sformułowano, na podstawie otrzymanych rezultatów, wnioski oraz określono kierunki dalszych badań.

Rozprawa składa się z 140 stron i zawiera 92 rysunki oraz 30 tabel. W rozprawie znajduje się również streszczenie w języku polskim (str. 139) i angielskim (str. 140), wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń stosowanych w rozprawie. Cytowana literatura liczy 191 pozycji, przygotowanych w porządku alfabetycznym i obejmuje publikacje polskie oraz pozycje zagraniczne w języku angielskim i niemieckim, która została przygotowana bardzo starannie. W zestawieniu literatury ujęto m.in. 8 norm, 5 patentów oraz 7 źródeł internetowych oraz informacje techniczne, choć nieprecyzyjnie przedstawiona jest publikacja [163]. W wykazie literatury znajdują się cztery samodzielne publikacje Doktoranta (Poz. 185-188), oraz dziesięć publikacji, w których jest on współautorem (poz. 119-128).

3. Ocena ogólna rozprawy

Hipoteza rozprawy oraz cele zostały sformułowane jasno i przejrzysto, choć moim zdaniem cele rozprawy, w świetle podsumowania literatury i planu badań, powinny być doprecyzowane w odniesieniu do rodzaju połączeń przetłaczanych. Dotyczą one zagadnień stosunkowo trudnych, zwłaszcza w rozpatrywanym kontekście, które nie były tak szczegółowo analizowane. Zweryfikowanie tej tezy oraz realizacja założonych celów implikowało konieczność przeprowadzenia przez Doktoranta wielu złożonych, różnorodnych i rozległych badań, których opis i wyniki są przedstawione w niniejszej rozprawie. Przeprowadzone obszerne i interesujące zarówno badania eksperymentalne, jak i analiza numeryczna pozwoliły lepiej poznać zagadnienia związane z wpływem parametrów technologicznych procesu przetłaczania i parametrów konstrukcyjnych matrycy na energochłonność procesu formowania oraz obszar i poziom odkształceń plastycznych.

Analiza stanu wiedzy przeprowadzona została wyczerpująco, przywołując wiele prac opisujących cząstkowe zagadnienia przedstawianej problematyki, zwracając uwagę na małą ilość prac opisujących wytrzymałość w dwuosiowym stanie obciążenia, a także nieliczne publikacje związane z energochłonnością procesu formowania połączenia oraz brak przedstawienia wpływu geometrii i konstrukcji narzędzi na zapotrzebowanie energetyczne procesu. Wnioski wynikające z analizy stanu wiedzy umożliwiły Doktorantowi określenie celów i hipotez badawczych rozprawy oraz trafny wybór metod badawczych, a także ustalenie odpowiedniego zakresu badań eksperymentalnych i numerycznych.

Część doświadczalna rozprawy została wykonana w sposób nie budzący większych zastrzeżeń. Podział na metodykę badań, badania wstępne, na podstawie której wyodrębniono i poddano analizie kolejne zagadnienia badawcze w analizie szczegółowej (związane z przyjęciem do badań okrągłych połączeń przetłaczanych dla wybranego materiału oraz wybranej matrycy), jest jak najbardziej właściwy i umożliwił realizację założonych poszczególnych celów rozprawy oraz formułowanie wniosków cząstkowych, które w końcowej części przyczyniły się także do weryfikacji przyjętej hipotezy badawczej. Na podkreślenie zasługuje bardzo obszerny zakres różnorodnych badań eksperymentalnych związanych z analizą dużej ilości wariantów rozpatrywanych połączeń przetłaczanych (także czynników technologicznych i konstrukcyjnych), co zobrazowano na rys. 3.1, przedstawiając szczegółowy plan badań doświadczalnych i numerycznych. Pewien niedosyt budzi brak uzasadnienia wyboru wymiarów, rodzajów materiałów itp. Zdanie: „Badania wstępne

prowadzono dla różnych systemów łączenia, różnych materiałów blach oraz kształtów próbek.” wydaje się, że nie stanowi wyczerpującego uzasadnienia. Ponadto brak jest informacji na temat liczności przeprowadzonych prób dla każdego wariantu połączenia, a także brak informacji, na jakiej podstawie określono niezbędną ilość wykonanych połączeń w poszczególnych wariantach połączeń. Niedosyt budzi brak analizy statystycznej uzyskanych wyników badań doświadczalnych, a stosowanie, podczas porównywania wyników pomiarów i obliczeń, reguł wnioskowania opartego o modele statystyczne, eliminuje subiektywność ocen.

W przypadku części związanej z analizą numeryczną, pewien niedosyt budzi brak niektórych informacji, takich jak m.in. wskazanie konkretnych wymiarów i kształtu narzędzi formujących, przy czym założenia przyjęte do tej analizy (przedstawione w rozdziale 3.2) są satysfakcjonujące i wyczerpujące. Zbyt lakoniczne jest zdanie w brzmieniu: „Wymiary i kształt narzędzi formujących oraz próbek odpowiadała tym użytym w badaniach eksperymentalnych.” Przecież w przeprowadzonej analizie numerycznej w tym rozdziale analizowane są tylko wybrane połączenia, stąd też pojawia się nieprecyzyjne wskazanie elementów analizy. Brak jest informacji na temat zastosowanego oprogramowania do wykonania tej analizy, co związane jest m.in. z nazwami zastosowanych elementów skończonych, właściwymi określonemu oprogramowaniu.

Praca została wykonana na dobrym poziomie merytorycznym, ze względu zarówno na sposób jej wykonania, jak i zakres przeprowadzonych badań doświadczalnych oraz analiz numerycznych, choć pojawiają się niewielkie zastrzeżenia dotyczące obu części rozprawy.

W rozprawie Doktorant nie ustrzegł się jednak pewnych nieścisłości i uproszczeń, które przedstawiono poniżej.

1. W tytule rozprawy występuje pojęcie: „nośność”, natomiast w tytułach podrozdziałów Doktorant stosuje pojęcie „wytrzymałość”. W większości tekstu rozprawy używana jest „wytrzymałość”, stąd też należałoby zwrócić bacniejszą uwagę na późniejsze analizy wyników, które mogą odnosić się do szerszego pojęcia.
2. W rozprawie Doktorant używa w niektórych zdaniach słowa „połączenie”, a w innych fragmentach „złącze”. Wydaje się, że powinno zostać przyjęta jednokrotna nomenklatura w całej pracy.
3. Brak sprecyzowania w rozdziale 2, jakie rodzaje połączeń będą rozważane w rozprawie: wszystkie rodzaje połączeń przetłaczanych (tak jak sugeruje to

hipoteza?), czy tylko połączeń typu clinching (w domniemaniu CL i CLs), tak jak jest wspomiane w celach pracy?

4. W opisie niektórych rozdziałów pojawiły się pewne nieścisłości związane z sformułowaniem tytułów podrozdziałów w rozumieniu: pewnej niespójności nazewnictwa. Przykładowo w rozdziale 4 - w niektórych tytułach pojawia się wrażenie „wytrzymałość na ścinanie” w innych „ wytrzymałość”. Czy w tym drugim przypadku oznacza to inny rodzaj wytrzymałości? Czy nie należałoby tego ujednoclić?
5. W pracy występuje podrozdział 4.6 w brzmieniu: „Wpływ wybranych parametrów technologicznych na strukturę wytrzymałości połączeń przetłaczanych”, które nasuwa kilka pytań:
 - Czy parametrami technologicznymi jest średnica stempla oraz grubość dnia przetłoczenia X? Czy nie są to parametry konstrukcyjne?
 - Czy poprawne jest wyrażenie: „struktura wytrzymałości”?
6. Str. 9 – niezrozumiałe jest zdanie: „niski koszt narzędzi do formowania oraz ich stosunkowa duża trwałość, która może zostać zwiększona w przypadku zastosowania zapewniona w przypadku powłok PVD i PVC”;
7. Str. 10 – niezrozumiałe są konteksty lub fragmenty zdań: „ Ze względu na wymienione wcześniej (?) połączenia przetłaczane mają coraz szersze zastosowanie...” oraz „ Dynamiczny rozwój zastosowania wymienionej technologii (?) łączenia w branży motoryzacyjnej przyczynił się do adaptacji tych technologii (jakich?, poprzednio - l. poj.) do innych gałęzi przemysłu.”

4. Uwagi dotyczące edycji rozprawy

Rozprawa napisana jest w sposób przejrzysty, a na podkreślenie zasługuje duża staranność edycyjna, choć pojawiają się nieliczne błędy edycyjne oraz interpunkcyjne, które przedstawiono poniżej.

1. Str.11 – brak odwołania do literatury, przy czym dotyczy to wielu rysunków w pracy.
2. Str. 12 – powinno być „...charakteryzują się większą sztywnością”.
3. Str. 19 – w spisie literatury pod pozycją [45] pierwsze nazwisko brzmi: „Hamela, a w tekście występuje „Hamel”.
4. Str. 21, 22 – z opisu wynika, że w zdaniu rozpoczynającym się od „Xu i inni...” powinno być odwołanie do tego badacza, a jest [142], czyli Pedreschi i inni.

5. Str. 26 – powinno być: „wymagają stosowania odpowiednich narzędzi”.
6. Str. 38 - powinno być: „plastyczną deformacją”.
7. Str. 39 – rys. 3.4 d i e – rysunki raczej nie odzwierciedlają opisu: w przypadku d) raczej powinien pozostać widoczny otwór, a na rys. e - nie widać wyrwania blachy górnej przez łącznik.
8. Str. 39 – rys. 3.5 – na rys. znajdują się trzy oznaczenia lc. Czy jest to prawidłowe? Widok z boku – brak osi w przypadku wymiaru d. I jeżeli na rys. 3.5 blachy są połączone na końcach z podkładkami, to brak jest zaznaczenia (ewentualnie wymiaru łącznika, np. grubości kleju).
9. Str. 40 – rys. 3.6. – brak jest na rysunkach niektórych wymiarów. Przykładowo Doktorant wspomina o szerokości blach, że była ona stała, ale brak jest jej wartości, zarówno tekście, jak i na rysunkach.
10. Str. 46 – rys. 3.13 – niewielki błąd w oznaczeniu symbolu średnicy (podobnie jak na rys. 3.17 – str. 49).
11. Str. 48, 49 – występuje nieznacznie inne oznaczenie materiału blach (S350GD+Z275) niż na str. 34 (S350GD/Z275).
12. Str. 50 – występuje oznaczenie DX51D+Z275, natomiast na str. 34 brak jest członu związanego z powłoką cynkową, przy czym dotyczy to kilku fragmentów pracy.
13. Str. 50 – powinno być: „MPa” oraz brak wartości średnich niektórych wielkości – tabela 3.4.
14. Str. 53 – zdanie rozpoczynające się od: „Bardzo często jednak ze względów konstrukcyjnych....” nie jest dokończone.
15. Str. 53 – powinno być: „podczas odrywania połączenia” oraz „podczas ścinania połączenia”.
16. Str. 59 – powinno być: „własnych”.
17. Str. 65 – brak wskazania nazwy oprogramowania, powoduje, że określenia typu: „element type 10” lub „element type 157” jest mało identyfikujący.
18. Str. 65 – powinno być: „ symulację ścinania realizowano”.
19. Str. 69 – powinno być: „obciążone było”.
20. Str. 71 – powinno być: „separacja blach następowała zaraz po osiągnięciu”.
21. Str. 78 – dla doprecyzowania mogło być: „głębokość dna matrycy segmentowej powinna być mniejsza niż dla matrycy dzielonej”.

22. Str. 84 – nie powinno być oznaczenia „a)” w dolnej części strony.
23. Str. 85 – powinno być: „niewielki obszar, w którym”.
24. Str. 93 – powinno być: „Dla kątów”.
25. Str. 96 – powinno być: „w odniesieniu”.
26. Str. 108 – powinno być: „Im mniejsze naprężenia”.
27. Str. 116 – powinno być: „numerycznej” (rys. 6.1).
28. Str. 121 – tabela 6.3 – raczej nie powinno być już oznaczenia h w drugim wierszu.
29. W niektórych miejscach brak jest spacji pomiędzy wyrażeniami, np. str. 7 – „1897roku”, str. 50- „równanie(3.5))”
30. Styl podpisów pod rysunkami nie jest jednakowy w całej pracy. Przykładowo występują takie style jak:
 - Rys. 3.10. Zestawy narzędziowe do formowania połączeń: a) clinching, b) Self-Piercing Riveting, c) Solid Self-Piercing Riveting
 - Rys. 3.12. Geometria narzędzi formujących; a) stemple, b) matryca
 - Rys. 3.21. Maszyna wytrzymałościowa INSTRON 3382 z układem ekstensometrycznym w próbie ścinania (a) i odrywania (b)
31. Należałoby ujednolicić styl opisu wyników pomiarów – ilość miejsc po przecinku.
32. W przypadku niektórych podrozdziałów należałoby je zakończyć tekstem, a nie rysunkiem lub tabelą.
33. W przypadku niektórych rysunków budzi wątpliwość brak odniesienia do pozycji literaturowej (dotyczy to przede wszystkim rozdziału 1), sugerującego, że jest to rysunek Autora (np. rys. 3.1).
34. Rys. 3.1 – opis rysunku sugeruje, że jest to tylko plan badań doświadczalnych, a na schemacie zawarto także informacje dotyczące badań numerycznych.
35. Brak przecinków przed wyrażeniami, typu: „ co” lub ‘przez co” (np. str. 84, 86), „to jest” (str. 21); „by” (np. str. 32, 53), „jak” (np. str. 32).
36. W podsumowaniu rozprawy (str. 124) występuje pewne niezręczne sformułowanie: „parametry struktury złącza, w tym nośność”, w którym raczej powinno się zastosować wyrażenie: „właściwości połączenia” lub zbliżone, gdyż nośność nie jest parametrem struktury połączenia.
37. W pracy pojawiają się pewne wyrażenia potoczne, które jednak w pracy naukowej nie powinny występować, np.: „a co za tym idzie” (str. 17, 69, 76).

Przedstawione powyżej uwagi edycyjne i formalne nie obniżają wartości merytorycznej rozprawy.

5. Wnioski końcowe

Recenzowana rozprawa doktorska ma charakter oryginalnej pracy naukowej, łączącej w sobie w sposób zrównoważony elementy poznawcze i praktyczne. Została ona przedstawiona zgodnie z metodologią prowadzenia i prezentowania prac naukowych.

Wnioski sformułowane w rozprawie mają istotne znaczenie dla lepszego poznania zagadnień związanych z wytrzymałością połączeń przetłaczanych typu *clinch*. Badania doświadczalne pozwoliły na wykazanie, że poprzez zmianę konstrukcji matrycy istnieje możliwość obniżenia energochłonności procesu formowania przy nieznacznym spadku wytrzymałości połączenia. Ponadto udowodniono, że w przypadku okrągłych połączeń CL formowanych matrycą jednolitą, istotny wpływ na nośność połączeń ma średnica stempla oraz minimalna grubość dna przetłoczenia. Podkreślono, że zasięg obszaru i poziom koncentracji plastycznych jest zależny od parametrów technologicznych procesu przetłaczania oraz konstrukcji matrycy. Przedstawione wnioski mają istotne znaczenie poznawcze i użytkowe, a wyniki badań mogą zostać wykorzystane podczas projektowania narzędzi kształtujących oraz połączeń przetłaczanych elementów konstrukcji cienkościennych.

Uzyskane wyniki badań potwierdzają słuszność sformułowanej hipotezy badawczej oraz stanowią weryfikację założonych celów badawczych rozprawy. Na uznanie zasługuje bardzo obszerny zakres badań doświadczalnych, które były realizowane na wielu stanowiskach badawczych i wymagały bardzo dużej wiedzy teoretycznej i praktycznej, uzupełniony także analizą numeryczną wybranych zagadnień oraz bardzo staranna edycja rozprawy.

Recenzowaną rozprawę doktorską mgr. inż. mgr inż. Waldemara Witkowskiego oceniam bardzo pozytywnie. Doktorant w konsekwentny sposób zrealizował przyjęte cele rozprawy, wskazując na istnienie możliwości obniżenia energochłonności procesu formowania połączeń przetłaczanych poprzez zmiany konstrukcji matrycy. Niniejsza rozprawa doktorska ma duże znaczenie aplikacyjne, a uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w praktyce.

Na podstawie szczegółowej analizy przedłożonej rozprawy doktorskiej mgr inż. Waldemara Witkowskiego p.t.: „Wpływ parametrów technologicznych na nośność połączeń przetłaczanych” oceniam, że rozprawa ta spełnia warunki określone w ustawie z dnia 14

marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2003 r., nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) w odniesieniu do rozpraw doktorskich. Upoważnia mnie to do przedstawienia wniosku o dopuszczenie Pana mgr inż. Waldemara Witkowskiego, po spełnieniu pozostałych wymogów, do publicznej obrony tej rozprawy.

Anna Lubarska