

Stanisław Skrzypek prof.dr hab.inż.

AGH, Pawilon A2

Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej

Katedra Metaloznawstwa I Metalurgii Proszków

30-059 Kraków, al.Mickiewicza 30

e-mail skrzypek@uci.agh.edu.pl

tel.(012)6172628, fax (012)6173190

Recenzja pracy doktorskiej *Pana mgr inż. Romana Króla* pt.: „Modelowanie wyężenia i prognozowanie trwałości zmęczeniowej pił taśmowych z uwzględnieniem naprężeń własnych powstałych w procesie produkcji ”

Recenzja opracowana na podstawie pisma Pana prof. dr. hab. Sławomira Bukowskiego Prorektora do spraw Rozwoju i Współpracy z Zagranicą Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu z dnia 1 czerwca 2016 roku, PK-042/18/45-1/dr-r/16.

Promotor pracy: prof. dr hab. inż. Wojciech Blajer.

Promotor pomocniczy: dr inż. Marcin Wikło.

1. Uwagi wstępne (wybór tematu pracy doktorskiej, rozdziały, styl)

Opracowana recenzja stanowi krytyczną analizę rozprawy doktorskiej *mgr inż. Romana Króla* mającą na celu ocenę wartości naukowej tego dzieła w świetle kryteriów sprecyzowanych w Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. RP z 2003 r., Nr 65, poz. 595, wraz z późniejszymi zmianami i rozporządzeniami do tej ustawy (Dz. U. z 2003 r. Nr 65, poz. 595; z 2005 r. Nr 164, poz. 1365, z 2010 r. Nr 96, poz. 620, Nr 182, poz. 1228, z 2011 r. Nr 84, poz. 455).

Przekazana do recenzji dysertacja doktorska jest opracowaniem naukowym powstałym w oparciu o przeprowadzone przez Autora i zespół badawczy obliczenia i eksperymenty polegające na badaniu i modelowaniu trwałości zmęczeniowej pił taśmowych z uwzględnieniem naprężeń własnych powstałych w procesie produkcji. Treść pracy odpowiada tematowi określone w tytule, chociaż umieszczone w tytule napr. własne (NW) w całej pracy dr. potraktowane są w zawężony sposób. M.in. nie zdefiniowano i nie wskazano analitycznie, które NW mogą mieć największy wpływ na własności eksploatacyjne pił taśmowych. Autor zdecydował się na uwzględnianie makroskopowych NW, chociaż precyzyjnie tego nie wyartykułowano. Także nie dokonano analizy operacji technologicznych, które w decydujący sposób generują NW. Analizowane spęczanie zębów generuje znaczne NW ale po spęczeniu stosowane są inne operacje technologiczne, które je zmieniają.

Praca ma charakter obliczeniowy i analityczny a mniejszym stopniu eksperymentalny, przy czym dominują w niej zagadnienia mechaniki ciała stałego i inżynierii materiałowej. Przeprowadzone obliczenia i badania są umiejscowione w kontekście załączonego opisu stanu zagadnienia i mają charakter nowatorski.

Badania trwałości zmęczeniowej elementów maszyn i urządzeń, w tym także narzędzi jak piły taśmowe dają ważne wskazania do doskonalenia ich konstrukcji i technologii wytwarzania. Wzrost trwałości zmęczeniowej i niezawodności eksploatacyjnej może się

spełnić na drodze spójnych prac konstrukcyjnych, materiałowych i technologicznych. Synergia tych trzech dziedzin dotyczy również narzędzi np. pił taśmowych, które Autor w swojej pracy analizuje, oblicza, bada i opisuje. Problematyka trwałości zmęczeniowej pił taśmowych w decydujący sposób zależy od materiałów narzędziowych i od inżynierii mechanicznej, których zagadnienia badane i analizowane są w recenzowanej pracy doktorskiej. Waga badanej przez mgr inż. Romana Króla trwałości pił, jakości powierzchni drewna po cięciu i grubości usuwanego obrabianego materiału ma kluczowe znaczenie w przemyśle meblarskim.

2. Formalny opis pracy doktorskiej

Recenzowana praca napisana na 175 stronach, w tym 2 strony streszczenia w jęz. ang. i 3 strony w j. polskim. Pracę zilustrowano 170-ma rysunkami i 13-ma tabelami. Praca podzielona została na 11 rozdziałów, przy czym pierwszy i ostatni bez wyodrębnienia numerów podrozdziałów. Pracę kończy bibliografia licząca 113 pozycji w tym 9 własnych publikacji. Ilość cytowanej literatury w studiowaniu stanu zagadnienia jest stosunkowo mała lecz cytowane pozycje literatury zostały trafnie dobrane. Jednak brakuje pewnych pozycji literaturowych np. cytowanie niezbędnych informacji nt. narzędzi do maszynowej obróbki drewna z kilku norm.

Układ tekstu jest przejrzysty, chociaż rozmieszczenie rozdziałów i podrozdziałów i ich numeracja są nietypowe a nawet w niektórych miejscach nielogiczne?, Kolejnym **podrozdz. na stronie 17-ej jest 1-no stronicowy przegląd metod (też bliżej nieokreślonych), który o metodach mówi zbyt mało i ogólnikowo. Wspomniano tu o zbudowanym torze pomiarowym, który stosowano dla różnych gatunków drewna. O pomiarze NW metodą rtg. w tym rozdz. zaledwie wspomniano i to w trybie przypuszczającym? Przecież nazwa NW występuje w tytule pracy a ich pomiary dyfrakcyjnymi metodami rtg. należą do podstawowych.** Przedstawiam wypunktowane inne uwagi:

- a) Na str. 19 zaczyna się 4-ro stronicowy rozdział pt. Zakres i zawartość pracy, który mógłby pełnić funkcję streszczenia.
- b) **W 7-ym p-cie tego podrozdz. dodatkowo występuje zdanie nieprawdziwe cyt. "Trudno jest przeprowadzić pomiary NW powstających po spęczeniu z uwagi na małą grubość piły taśmowej".** Oczywiście jest, że dyfrakcyjnymi metodami rtg. można mierzyć NW w takich piłach. Można to wykonać w dowolnym punkcie piły i dodatkowo w nieniszczący sposób. Takie niepełnej wartości informacje o NW ponownie przytoczone są w podrozdz. 7.4.4. str.82.
- c) Ważnym rozdziałem nad studiami zagadnień badanych w pr. dr jest rozdz. 2 pt. „Rozwój inż. pił taśmowych”. Omawiany jest w nim mechaniczny i materiałoznawczy rys historyczny. Omawiane materiały stalowe mają nazwy symboliczne lub handlowe np. stal D6A. Brakuje jednak współczesnych i znormalizowanych oznaczeń stali przeznaczonych na piły, gdzie np. ta stal ma oznaczenie 45CrMoV4-10. Oprócz tej stali nie wymieniono innych np. 75Cr1, pił z nasypem lub zębami z węglików spiekanych czy też stosowanych pił bimetalowych (np. taśma ze stali sprężynowej zgrzewana z szybko tnącą stalą M42 oznaczoną HS2-9-1-8).
- d) Nawet badanej stali SAE 4142 (str. 103) nie przypisano znormalizowanego oznaczenia.
- e) Często w recenzowanej pracy występuje jednostronne traktowanie tematyki pił. Np. na str. 28 cyt.... „dane dotyczą rozciąganego lub zginanego płaskownika”. Nasuwa

się ważne pytanie na poziomie pracy dr; z czego wykonanego? i o jakich własnościach mechanicznych?

- f) Pominięto prawie całkowicie rozważania nt. obróbki cieplnej materiałów na piły.
- g) Wprowadzono w pracy zawiłą numerację rysunków.
- h) Stwierdzam merytoryczny błąd związany z analizą NW po spęczaniu str.102. Cyt. zdanie „ Składowa poprzeczna (?) tensora NW w lokalizacji (3) może podczas zginania bocznego osiągnąć $1.54 R_e$ ”. Otóż NW osiągają pewne wartości niezależnie od obciążeń zew. To wynika z definicji NW. Jeśli dodajemy zginanie to rozważamy superpozycję NW i zginania. Ten problem wymaga publicznej dyskusji.**
- i) W innym miejscu o NW przyjmujących wartości do $1.05R_e$. Otóż, jeśli w jakiegokolwiek operacji technologicznej NW przekraczają R_e , to mamy do czynienia z odkształceniem plastycznym polegającym na przemieszczeniu dyslokacji. Po ustaniu przyczyny def. plastycznej, NW mogą co najwyżej osiągnąć stan $NW \leq R_e$. To zagadnienie również wymaga publicznej dyskusji.**

3. Uwagi dotyczące oryginalności pracy

W myśl przepisów, rozprawa doktorska powinna stanowić oryginalne osiągnięcie naukowe. Autor powinien w niej wykazać zdolność do samodzielnego stawiania hipotez, ich dowodzenia i planowania oraz prowadzenia eksperymentów. Przy tak sformułowanym temacie można było akcentować rolę NW po każdej operacji technologicznej w procesie produkcji pił taśmowych. Autor skoncentrował się tylko na modelowaniu spęczania zębów w wierzchołku i w dnie wrębu. Tymczasem każda operacja technologiczna w tym ostrzenie wywołują generowanie bądź redystrybucję NW.

Interesującą nowością pracy dr jest próba ujęcia wpływu NW na stateczność piły i na częstotliwość drgań własnych (str. 23). Wtedy poszukiwania równowagi pomiędzy NW i wstępnym naprężeniem napinania taśmy dałoby optymalizowanie szybkości i jakości cięcia. **Moja uwaga w tym względzie jest następująca: dlaczego zastosowana metoda MES wymaga obecności rozciągających NW (str.23). Czy takie ograniczenie nie dyskwalifikuje metody?**

4. Ocena i uwagi krytyczne

Praca doktorska jest ważnym etapem rozwoju naukowego, w której niezbędne jest stosowanie precyzyjnego języka, w tym języka matematyki do opisu stanu zagadnienia i wkładu badań własnych w rozwój techniki i nauki. W tej części recenzji zawarto jedynie ważniejsze uwagi krytyczne.

4.1. Uwagi dotyczące błędów opisu tekstowego

- a) Powszechnie używane jest nieprawidłowe cytowanie literatury, np. str.28 cyt. W pracach [17, 39] podkreśla się.....zamiast; W pracy Ulsoy i wsp.. [17].... Także na str. 93 wg. analiz przedstawionych w [96], i inne.
- b) Brakuje spisu stosowanych skrótów.
- c) Brakuje korespondencji między tekstem, rysunkami i tabelami np. rys.3.1 na str.33, rys. 7.8.2.8 i następne na str. 99-101 nie są cytowane w tekście.

- d) Błędy znaczeniowe np.str.31 cyt...”...ustalenie związku pomiędzy parametrami cięcia a jakością drewna...” zapewne chodzi o jakość cięcia a nie o jakość drewna,
- e) Często używane wzory bez źródłowego cytowania np. str. 38, 39, 46 i inne.
- f) Używane są tzw. skróty myślowe, czyli nieprecyzyjny opis np. cyt....”można zastosować zginanie momentem”..... (str. 23).
- g) Niestaranny podpis np. rys. 7.8.1.10 brak jednostek naprężenia, także na rys. str. 98 i 99. Dodatkowo przy tych rysunkach nieprecyzyjne określenie cyt. Składowa pionowa/pozioma tensora naprężeń”.
- h) Brak precyzji opisów a nawet tytułów podrozdziałów np. Motywacja..czego? (str. 16), Przegląd metod...jakich? (Str.17).

Cała praca dowodzi jednak, że jej Autor wykonał poprawnie obliczenia i analizę ciekawych i istotnych wyników z dziedziny mechaniki, inżynierii produkcji i inżynierii materiałowej. Podstawowe wyniki uzyskano przez badania, pomiary, obliczenia komputerowe i analizy zbiorów wyników oraz próbek.

4.2. Ważniejsze uwagi krytyczne do części literaturowej

Analiza literatury nt. opracowywanych zagadnień ma wykazać, że badania wykonywane do pracy dr nie są powielane. Część literaturowa ma udowodnić, że nie powiela się eksperymentów, że tematyka badawcza jest dobrze umiejscowiona w dotychczasowym stanie zagadnienia. Przegląd tej części pracy wyłania kilka uwag:

- a) Stwierdzam brak rozdziału nt. stosowanych metod badawczych pomimo, że Autor stosuje wiele nowoczesnych metod z dziedziny inż. mechanicznej.
- b) Wykonany przegląd literatury i badania własne wskazały, że węglowe stale niskostopowe i operacje technologiczne wytwarzania pił kryją wciąż wiele możliwości nowych właściwości mechanicznych, stanów NW umożliwiających nowe warunki eksploatacji i zastosowania pił taśmowych.

4.3. Ważniejsze uwagi krytyczne dotyczące części eksperymentalnej pracy

Wyniki badań własnych trudne do wyodrębnienia. Nawet wstępne rozdziały i podrozdziały zawierają częściowe wyniki badań własnych. Dlaczego wyniki nt. naprężeń własnych znalazły się w rozdziale 2 pt. „Rozwój inż. pił taśmowych” na str. 32, rys.2.7. Przedstawiam kolejne uwagi w punktach:

- a) Ponownie nieprecyzyjny opis na str.87 cyt. W modeli MES piły taśmowej”.....
- b) Nieprecyzyjnie opisany rys. 7.7.1.2 i tabela 7.7.1.1.
- c) Dziwna konwencja opisu rys. 8.2.1 i 8.2.2 str. 113. Ten drugi nie prawidłowo skonstruowany. Niewystarczająca ilość punktów do kreślenia funkcji liniowej.
- d) **Brak precyzji opisu w rozdziale 8.5. Czy badania zmęczeniowe wykonano przy stałej amplitudzie odkształcenia? czy naprężenia?**
- e) **Szczegółowe zagadnienia np. metoda kropki deszczu (str.120), czy korekcja Gerbera lub Goodmana (str. 113, 114, 121 powinny być ujęte w tzw. przypisach.**

4.4. Ocena rozdziału „Wyniki badań i ich analiza oraz wnioski”

Do krytycznych uwag można zaliczyć brak spełnienia zasady maksymalnego wykorzystania otrzymanych wyników i danych, np.:

- a) Nie zinterpretowano efektu zmęczenia/umocnienia/osłabienia (rys.8.5.1. str.120)
- b) Nie analizowano zróżnicowanych zależności naprężenie–odkształcenie w aspekcie deformacji stopu wielofazowego: martenzyt Fe_α , cementyt Fe_3C i austenit szcążkowy. Poza składem chemicznym, nie rozważano innych – równie podstawowych charakterystyk materiałowych – jak skład fazowy czy mikrostrukturalny.
- c) **Nie wykorzystano możliwości analizy superpozycji NW, naprężenia wstępnego na bębnach napinających, naprężeń roboczych i naprężeń zginania.**
- d) Nie weryfikowano obliczeń i analiz naprężeniowych za pomocą pomiarów.
- e) Modelowanie metodą MES otrzymano interesujący wynik wzrostu NW - zapewne również wzrostu wytrzymałości po odkształceniu plastycznym spęczania zębów piły. Przypisano to tylko procesowi deformacji ciała continuum. W rzeczywistości otrzymano także zmianę rozmiarów krystalitów/ziarn i gęstości defektów sieciowych, które nie ujęto w interpretacji.
- f) **Analizowano NW wygenerowane spęcaniem a w rzeczywistości po spęczeniu stosowana obróbka cieplna całkowicie je zmienia. Podkreślam prawidłową interpretację potencjalnych NW po ostrzeniu.**

4.4. Ocena i uwagi o charakterze ogólnym

Z badań wyciągnięto wnioski, które odzwierciedlają prawie całość ważniejszych wyników badań. Jednak stwierdzam, że pominięto w nich część wyników, które uważam za ważne na tyle, że mogły znaleźć odzwierciedlenie w dyskusji wyników a nawet we wnioskach. **Chodzi mi mianowicie o możliwość potwierdzenia optymalnego stanu NW w wytrzymałości na zmęczenie taśmowych pił do drzewa.** Podsumowując opis pracy stwierdzam, że:

- a) Treść rozprawy odpowiada tematowi określoneemu w tytule.
- b) Rozprawa stanowi rozwiązanie postawionego problemu naukowego.
- c) W niektórych punktach analizy wyników można zauważyć zawężoną interpretację uzyskanych danych. Moim zdaniem nowe właściwości stali po zastosowanym spęczeniu dna i wierzchołka zęba i po obróbce cieplnej przy zróżnicowanych mikrostrukturach, teksturach, umocnieniu dałoby szersze możliwości interpretacji wyników i przybliżyłoby analizowane przypadki do rzeczywistości.
- d) Pozycje literatury zostały właściwie dobrane i wykorzystane, jednak brakuje cytowania literatury nt. metod badawczych i innych pozycji nt. konstrukcyjnych i narzędziowych stali oraz kompozytowych rozwiązań współczesnych pił taśmowych.
- e) Praca ma charakter analityczny i jej znaczna część polega na modelowaniu zjawisk mechanicznych na podstawie założonych procesów przeróbki plastycznej np. spęczania zębów piły. Niestety nie można tu zastosować klasycznej definicji modelowania, która uwzględnia choćby częściowe używanie członów rzeczywistych, a więc zmierzonych a nie obliczonych.

5. Ocena wartości merytorycznej pracy i wniosek końcowy

Recenzja pracy naukowej jest z natury polemiczna. **Zawarte krytyczne uwagi wymagające publicznej wypowiedzi Autora są oznaczone pogrubioną czcionką.** Bilans uwag krytycznych i ocen pozytywnych recenzowanej pracy jest korzystny dla całości pracy doktorskiej.

Powyższe uwagi krytyczne nie obniżają w decydującym stopniu merytorycznej wartości naukowej rozprawy. Utrzymuję jednak, że przedłożone krytyczne uwagi mogą posłużyć Autorowi do udoskonalenia warsztatu naukowego do poszerzonej interpretacji wyników co przyczyni się do podniesienia poziomu planowanych publikacji. Pozytywnie oceniam fakt, że Autor dążył do zbadania i odkrycia nowych własności eksploatacyjnych taśmowych pił analizując i badając zaawansowane zagadnienia naprężeń własnych w obszarze mechaniki i inżynierii materiałowej. Badane zagadnienia mają znaczenie praktyczne w przemyśle meblarskim.

Praca stanowi rozwiązanie postawionego problemu naukowego. Dowodzi ona, że Autor posiadał niezbędny zasób wiedzy z zakresu inżynierii mechanicznej i materiałowej, wykazał się znajomością nowoczesnej metodyki naukowej, opanował umiejętność wykorzystywania wielu metod badań, posiadał umiejętność stawiania hipotez, ich weryfikacji, analizowania uzyskanych wyników i wyciągania logicznych wniosków.

Rozprawa również dowodzi, że Autor opanował już warsztat pracy naukowej w dziedzinie inżynierii mechanicznej. Napisana praca doktorska stwarza przesłanki do stwierdzenia, że Autor stał się specjalistą, szczególnie w obszarze dynamicznych zjawisk eksploatacji, nowoczesnej metodyki badania i analiz złożonych stanów naprężeń pił taśmowych z węglowych i niskostopowych stali.

Podsumowując niniejszą recenzję pracy doktorskiej *Pana mgr inż. Romana Króla* wykonanej pod opieką promotora Pana Prof. dr hab.inż. Wojciecha Blajera i promotora pomocniczego: dr inż. Marcin Wikło stwierdzam, że praca doktorska spełnia wymagania określone we wcześniej wymienionej Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki (Dz. U. nr 65 z dnia 16 kwietnia 2003 roku poz. 595 z późniejszymi zmianami). Na podstawie tego stwierdzenia wnioskuję do Rady Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu o dopuszczenie *Pana mgr inż. Romana Króla* do publicznej obrony.

/Stanisław J. Skrzypek/

Kraków 2016-07-17