

Dr hab. inż. prof. UR Jan Zwolak
Katedra Mechaniki i Budowy Maszyn
Wydział Matematyczno-Przyrodniczy
Uniwersytet Rzeszowski

Kraków, dnia 11.06.2016 roku

RECENZJA

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

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

Promotor pomocniczy: dr inż. Marcin Wikło.

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

1. Uwagi ogólne o zakresie i wyborze tematu pracy doktorskiej

Badania trwałości zmęczeniowej wyrobów technicznych, w tym także i pił taśmowych dają podstawy do doskonalenia ich konstrukcji i technologii. Oczekiwany wzrost trwałości zmęczeniowej i ogólna poprawa wskaźników niezawodności eksploatacyjnej pił taśmowych może się spełnić na drodze spójnych prac konstrukcyjnych, materiałowych i technologicznych. Doktorant w swojej pracy użył sformułowania „inżynieria pił taśmowych”, co moim zdaniem jest sformułowaniem ze zbyt dużą wagą położoną na piły taśmowe. Jakkolwiek by nie klasyfikowano problemu trwałości zmęczeniowej pił taśmowych, to zawsze decydujące znaczenie będzie po stronie inżynierii materiałowej i inżynierii mechanicznej, której to zagadnienia analizowane są w recenzowanej pracy doktorskiej.

Doktorant dokonując wyboru tematu pracy skupia się najbardziej na kształcie zębów pił taśmowych, podając przy tym, że zagadnienie to jest rzadko podejmowane przez badaczy. W uzasadnieniu Doktorant podaje dodatkowo, że producenci pił taśmowych są zainteresowani poprawą ich trwałości eksploatacyjnej, która oprócz kształtu zębów zależy też od czynników materiałowych i technologicznych, o których w pracy jest niewiele.

Przeważająca część pracy zawiera obliczenia oparte o MES. Stosowanie tej metody do optymalizacji (jak to nazywa Doktorant) kształtu zębów nie jest najlepszym wyborem. Moim zdaniem bardziej praktyczne efekty optymalizacji można byłoby uzyskać przez sformułowanie zadania optymalizacyjnego, przyjmując za zmienne parametry geometryczne, takie jak: kąt ostrza, kąt natarcia, kąt przyłożenia, podziałka, krzywa przejściowa u podstawy zęba (jednoelementowa lub wieloelementowa), grubość zęba. Dopiero dla obliczonych parametrów geometrycznych przy wykorzystaniu odpowiedniej procedury optymalizacyjnej,

zastosować MES do wyznaczenia odkształceń oraz naprężeń zębów, zadając właściwe obciążenia eksploatacyjne oraz parametry materiałowe piły taśmowej.

Formalnie tytuł pracy odpowiada jej treści. Jednakże analiza zmęczeniowa jest przeprowadzona jedynie na modelu MES. Uważam, że w tym przypadku bardziej odpowiednie brzmienie miałby tytuł: Badania numeryczne trwałości zmęczeniowej pił taśmowych z uwzględnieniem naprężeń własnych powstałych w procesie produkcji. Zapewne doktorant w przyszłych swoich badaniach przeprowadzi weryfikację wyników obliczeń MES za pomocą badań eksperymentalnych i uwzględni je w ewentualnych publikacjach.

2. Oryginalność treści zawartych w pracy

W recenzowanej pracy za wątek oryginalny można uznać analizę odkształcenia w postaci siodła, nazywanego przez Doktoranta siodłowością piły taśmowej. Odkształcenie tego rodzaju występuje podczas eksploatacji piły taśmowej i powstaje na skutek zginania tej części jej długości, która opasuje koło prowadzące. Siodłowość, jako efekt szkodliwy przejawia się w spadku napięcia piły na kole prowadzącym oraz na spadku jej przyczepności do tego koła. Doktorant zauważa w przeglądzie literatury, że istnieją prace traktujące o występowaniu siodłowości, jednakże w pracach tych nie dostrzega analizy i wyjaśnienia problemu. Podejmuje zatem problem siodłowości jako zagadnienie do rozwiązania, porównując piłę taśmową do cienkiej płyty. Do obliczeń stosuje MES i uzyskuje wynik w postaci wartości liczbowej odkształcenia, określanej jako głębokość siodła. Na podstawie uzyskanych wyników obliczeń wykazuje, że przy stałej średnicy koła prowadzącego i liczbie Poissona, a przy wzrastającej szerokości piły taśmowej rośnie głębokość siodła.

W tej części badań korzystając z teorii sprężystości wyprowadza też wzór na promień krzywizny odkształcenia siodłowego piły taśmowej. Postać wzoru, który zawiera parametry geometryczne i materiałowe pił taśmowych, może być pomocą dla ich konstruktorów uwzględniających stateczną pracę pary kinematycznej, jaką jest piła taśmowa i koło prowadzące.

3. Uwagi szczegółowe

Rozdział 1. Wstęp. Zawarto tu ogólne wiadomości piłach taśmowych, zarówno o ich cechach konstrukcyjnych, jak też o eksploatacji. W rozdziale tym Doktorant zawarł również, jak sam to określił motywację, chociaż lepiej moim zdaniem można byłoby to nazwać genezą powstania pracy. Niezależnie od nazwy, źródłem inspiracji do podjęcia tematyki badawczej w zakresie pił taśmowych było zainteresowanie ich producentów, co jest szczególnie ważne w wymiarze wykorzystania praktycznego prac naukowo-badawczych.

Zamieszczony przegląd metod badawczych stosowanych w pracy, w zdecydowanej większości odnosi się do MES. Również z tej metody Doktorant korzystał dokonując optymalizacji kształtu zębów piły taśmowej.

Sformułowany przez Doktoranta cel pracy dotyczy analizy wpływu czynników konstrukcyjnych i technologicznych na stan odkształceń i naprężeń oraz na trwałość zmęczeniową i stateczność piły taśmowej.

W części nazwanej zakres i zawartość pracy podane są zagadnienia, które Doktorant analizuje. Wymienia tu moim zdaniem drugi rozszerzony spis treści, z którego wiele zdań jest powtarzanych na dalszych stronach opisujących badania szczegółowe.

W końcowej części rozdziału Doktorant umieszcza informacje, które uważa jako „nowości zawarte w pracy”. Wymienia tu modelowanie wyężenia pił taśmowych w warunkach pracy, prognozowanie trwałości zmęczeniowej, spęczanie zębów oraz modelowanie stanu naprężeń własnych.

Uwagi do Rozdziału 1:

Na stronie 16 jest zdanie „Obecnie kontur optymalizowanego zęba ma kształt sinusoidalny, który nie pasuje do przeznaczenia w pile taśmowej”. Zdanie to jest nieprecyzyjne, jak też niestylistyczne. Nie podzielam opinii zawartej w zdaniu na stronie 19 „Trudno jest np. wyznaczyć eksperymentalnie naprężenia od spęczania zębów piły taśmowej”. Otóż istnieje aparatura badawcza wykorzystująca promieniowanie rentgenowskie do pomiaru naprężeń własnych na elementach maszyn o złożonych kształtach. Także na stronie 19 podano, że praca T. Orlicza [19] została opublikowana w latach 60-tych XX wieku, a w spisie literatury widnieje rok wydania 1988. Doktorant często używa słowa „detale”. Uważam, że lepiej mówić elementy lub części maszyn. Słowo detale raczej używane jest w architekturze. Również słowo formatki lepiej zastąpić słowem np. arkusza drewna. Na stronie 23 występuje zwrot „obciążenie ściskające konstrukcję”. Lepiej używać zwrotu obciążenie ściskające w węźle konstrukcyjnym. Zdanie „Obecność rozciągania prowadzi do do złego uwarunkowania modelu numerycznego MES” jest zdaniem niezręcznym.

Rozdział 2. Rozwój inżynierii pił taśmowych. W rozdziale drugim Doktorant nawiązuje do początku rozwoju pił taśmowych, jaki miał miejsce na początku XIX wieku aż do czasów współczesnych. Analizuje tu stan techniki i badań naukowych w świecie, a także w Polsce. Przytacza tu jedyny wzór w tym rozdziale, opisujący ruch drgający piły taśmowej podczas cięcia drewna. Opisuje też innowacyjną technologię spęczania dna wrębu zęba, zwiększającą trwałość eksploatacyjną pił taśmowych.

Uwagi do Rozdziału 2:

Na stronie 25 słowo nie znana zapisano oddzielnie, a powinno być razem. Także na tej stronie można przeczytać „lepszą twardość”. Bardziej precyzyjnie będzie brzmiało sformułowanie wyższą twardość. Na stronie 26 występuje „opis zjawisk związanych z obróbką drewna”. Można tu mówić bardziej o procesach związanych z obróbką drewna, aniżeli o zjawiskach. Na stronie 27 podane są jednostki kG/mm^2 , a powinno się stosować jednostki układu SI, czyli Pa lub MPa.

Opisując drgania piły taśmowej Doktorant powołuje się i słusznie na pracę [39], w której zamieszczony jest rysunek piły taśmowej z oznaczeniem grubości e , szerokości b , podziałki p . Na zębie piły przyłożone są siły: normalna F_N , styczna F_T , boczna F_L . Szkoda, że Doktorant tego rysunku nie zamieścił w swojej pracy. Rysunek 2.6 na stronie 29 przedstawiający rozkład naprężeń w strefie podstawy zęba piły taśmowej, powinien być poprzedzony rysunkiem modelu geometrycznego i modelu dyskretnego, na którym byłyby wartości

liczbowe podziałki, kąta ostrza, wysokości ostrza, promienie krzywych przejściowych u podstawy zęba.

Rozdział 3. Stan obciążenia piły taśmowej w warunkach pracy. W rozdziale trzecim Doktorant dokonuje analizy stanu obciążenia piły taśmowej w procesie eksploatacji i wynikającego stąd stanu odkształcenia i naprężenia. W analizie stosuje MES. Warto tu podkreślić, że otrzymane wyniki z analizy MES porównuje z wynikami uzyskanymi przy stosowaniu metody analitycznej z zakresu wytrzymałości materiałów. W analizie uwzględnia napięcie wstępne piły taśmowej, jej zginanie na kołach prowadzących, rozciąganie ze skręcaniem oraz siły odśrodkowe.

Aktualnie stosowane piły taśmowe pracują z wysokimi prędkościami skrawania, dochodzącymi nawet do $80 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. Powstające siły odśrodkowe przy tak wysokiej prędkości generują również znaczące wartości naprężeń, które powinny być uwzględniane w obliczeniach wytrzymałościowych.

Uwagi do Rozdziału 3:

Na stronie 94, jak również w dalszej części pracy napięcie wstępne wyrażane jest w jednostkach naprężenia MPa. Na ogół w literaturze napięcie wstępne wyrażane jest w jednostkach siły. Na rysunkach 3.1.1.3 i 3.1.2.1 brakuje osi kół prowadzących. Na stronie 38 w tekście występuje oznaczenie momentu skręcającego M_s , a we wzorze (3.1.4.1) jest M bez indeksu. Na stronie 44 w tekście wywołane są rysunki 3.2.5 i 3.2.7, których w pracy nie ma. Na stronie 49 zdanie „W przypadku małego stosunku średnicy koła prowadzącego do grubości piły taśmowej może się nie wykonać” jest niejasne.

Rozdział 4. Stateczność pił taśmowych. W bardzo małym objętościowo rozdziale czwartym Doktorant analizuje stateczność piły taśmowej podczas cięcia drewna. Dokonuje tego za pomocą MES oraz metody analitycznej na gruncie wytrzymałości materiałów. Jednak wyniki uzyskane w tej części badań nie mają znaczenia praktycznego, ponieważ w modelu obliczeniowym nie uwzględniono napięcia wstępnego piły taśmowej.

Uwagi do Rozdziału 4:

We wzorach (4.1.1.1) i (4.1.1.2) na stronie 51 siły oznaczono literą P, a powinny być oznaczone literą F. W tych wzorach, jak i w wielu następnych występuje brak ujednoczenia w nazewnictwie wielkości fizycznych. Na przykład we wzorze (2.1) literą c oznaczono stałą prędkość piły taśmowej, a we wzorze (4.1.1.2) litera c oznacza współczynnik stopienia zębów. We wzorach (4.1.3.2) i (4.1.3.3) literą h oznaczono szerokość piły taśmowej, a literą b grubość piły. Natomiast na rysunku 3.1 pokazano, że szerokość piły taśmowej oznaczono literą d, a w tabeli 3.1.4.1 i we wzorach (3.1.4.2) oraz (3.1.4.3) grubość piły oznaczono literą g. Taka niekonsekwencja w nazewnictwie utrudnia czytelnikowi analizę tekstu i zależności parametrów zapisanych odpowiednimi wzorami. Występujące we wzorze (4.1.3.4) parametry liniowe oznaczone literą a i L odnoszą się do rysunku 4.1.2.1, a na rysunku takich parametrów nie naniesiono. Szerokość piły taśmowej powinna być ściśle określona przez podanie że jest to szerokość całkowita łącznie z wysokością zębów lub szerokość mierzona do dna wrębu.

Rozdział 5. Siodłowość pól taśmowych. W rozdziale piątym Doktorant analizuje obniżanie się przyczepności pily taśmowej do koła prowadzącego na skutek jej odkształcania się. Odkształcenie to wywołane jest zginaniem pily na kole prowadzącym, a jego forma podobna jest do siodła, stąd nazwa siodłowość pily taśmowej. W analizie siodłowości Doktorant stosował MES, przyjmując model czterowarstwowy oraz ośmiowarstwowy. Wkładem osobistym Doktoranta w tym rozdziale jest wyprowadzenie wzoru na obliczanie promienia odkształcenia siodłowego.

Uwagi do Rozdziału 5:

Na stronie 58 na rysunku 5.1.2 oznaczenie grubości i szerokości pily taśmowej nie odpowiadają oznaczeniom stosowanym we wzorach na stronie 54. Na stronie 57 i 59 słowa tą powinny być zastąpione słowami tę. Na stronie 62 rysunek 5.3.1 i 5.3.2 na skali naprężeń nie podano jednostek. W tabeli 5.3.1 na stronie 6.3 gdzie podano liczbę elementów modelu cztero i ośmiowarstwowego, powinna być także podana liczba węzłów.

Rozdział 6. Dynamika pól taśmowych. W rozdziale szóstym stosując MES, Doktorant przeprowadził analizę modalną pily taśmowej uwzględniając jej napięcie wstępne. W uzyskanych wynikach dowodzi, że przypadki pól które pracują przy prędkości skrawania do $40 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ nie wymagają uwzględniania jej wpływu na podstawowe częstotliwości własne.

Uwagi do Rozdziału 6:

Na stronie 69 we wzorze (6.2.1) prędkość skrawania oznaczona jest przez v , a na rysunku 6.2.1 strona 70, prędkość skrawania oznaczono dużą literą V . We wzorze (6.2.18) na stronie 72 nie podano objaśnienia co oznaczają litery e oraz i .

Rozdział 7. Spęcznie zębów pól taśmowych-analiza naprężeń własnych w oparciu o metodę elementów skończonych. W rozdziale siódmym Doktorant analizuje stan naprężeń własnych, jaki powstaje po spęczeniu zęba pily taśmowej, stosując do tego MES. Nie zamieścił jednak opisu samego procesu technologicznego spęczenia, a jedynie model walca spęczającego. Natomiast przedstawił krótką analizę wpływu wybranych operacji technologicznych, takich jak: przetapianie spoin, toczenie i szlifowanie na rozkład naprężeń własnych. Szkoda, że nie dokonał tu analizy technologii walcowania cienkich taśm, z których to wykonywane są pily taśmowe.

Uwagi do Rozdziału 7:

Na stronie 89, 90 i 91 zamieszczono 7 rysunków w formie wykresów przedstawiających siły i naprężenia podczas spęczenia. Niedostatek tkwi w tym, że żaden z rysunków nie został objaśniony, czy też skomentowany. Na rysunkach ze strony 92 do 99 podane są wartości liczbowe naprężeń, natomiast nie podano jednostek. Rysunki 7.8.2.8 do 7.8.2.14 na stronie 99 do 101 nie mają wywołania w tekście i nie ma ich interpretacji. Na stronie 102 w górnym nagłówku jest napis Rozdział 8, a tekst należy do Rozdziału 7. Na stronie 102 podane jest stwierdzenie, że „Największe różnice w naprężeniach własnych wywołane prędkością spęczenia są widoczne w składowej poziomej tensora naprężeń i wynoszą $0.26 R_e$ ”. Brakuje tu wyjaśnienia dlaczego występują takie różnice.

Rozdział 8. Analiza zmęczeniowa pił taśmowych. W rozdziale ósmym Doktorant przeprowadza symulacyjną analizę zmęczeniową piły taśmowej, stosując do tego MES. Porównuje wyniki obliczeń MES z wynikami obliczeń analitycznych uzyskanych przy wykorzystaniu teorii wytrzymałości materiałów. Godne podkreślenia jest to, że badania prowadzono na dwóch modelach MES. Jeden model uwzględniał zginanie piły taśmowej, a drugi jej skręcanie. Jednak prognozowanie trwałości zmęczeniowej tylko w oparciu o metody symulacyjne, bez weryfikacji doświadczalnej z reguły jest trudne do zaakceptowania. Rozkład naprężeń przedstawiony na rysunkach 8.1.3 i 8.1.4 wskazuje, że największe naprężenia koncentrują się w dnie wrębu zęba. Widać stąd, że technologia wykonania pił taśmowych powinna zapewniać wysoką gładkość powierzchni strefy międzyzębnej, w której spodziewana jest inicjacja pęknięć. Na rysunkach 8.4.2 do 8.4.6 na stronie 118 do 120 zamieszczono ciekawe fotografie z jednego przełomu zmęczeniowego przy wzrastającym powiększeniu. Szkoda, że Doktorant w tym miejscu nie zauważył i nie przywołał literatury z tematyki przełomów zmęczeniowych Profesora Stanisława Kocańdy. Eksperymentalna analiza zmęczeniowa tak bardzo ważna, a zawiera tylko 9 wierszy tekstu, jeden wykres, jedną tabelę i ani jednej pozycji literatury.

Uwagi do Rozdziału 8:

Na stronie 103 można przeczytać „...wpływ środowiska zewnętrznego i zużycie”. Powinno być podane jakie zużycie, na przykład zużycie ściernie, zużycie pittingowe, zużycie przez wykruszenie. Na stronie 111 można przeczytać „...wielkość napięcia wstępnego”. Powinno być wartość napięcia wstępnego. Na stronie 111 w tekście występuje v jako prędkość liniowa taśmy, natomiast poniżej tekstu w objaśnieniach prędkość liniowa jest oznaczona dużą literą V . Na stronie 115 i 116 występuje 9 wzorów opisujących zależności naprężeń własnych, a nie przywołano tu ani jednej pozycji literatury.

Rozdział 9. Optymalizacja kształtu pił taśmowych. W rozdziale dziewiątym Doktorant dokonuje optymalizacji kształtu zębów pił taśmowych do cięcia metalu oraz do drewna. Przedstawiając modele do optymalizacji kształtu zębów, powinny być pokazane na rysunkach parametry, które podlegają optymalizacji oraz ich opis matematyczny. Następnie powinny być przyjęte kryteria, odpowiednie ograniczenia i odpowiednie współczynniki wagowe. Doktorant stosując MES wyznaczył naprężenia zredukowane dla wielu kształtów zęba, ale to nie jest optymalizacja w ścisłym tego słowa znaczeniu. Doktorant słusznie stwierdza, że wyniki jakie uzyskał w tej części badań mogą być uważane jako wytyczne do projektowania i powinny być zweryfikowane doświadczalnie.

Uwagi do Rozdziału 9:

Na stronie 127 we wzorze (9.5.4) oraz w tabeli 9.4.1 na stronie 126 moduł Kirchhoffa oznaczono literą μ , podczas gdy powszechnie stosuje się literę G , co także zastosował Doktorant w poprzednim wzorze (9.3.7) na stronie 125. Na rysunkach strona 129 do 132 przedstawiających naprężenia zredukowane brakuje podania jednostki naprężenia. Na stronie 132 podano, że po 30 iteracjach kształt zęba nie ulegał już zmianom. Otóż w optymalizacji wielokryterialnej, żeby uzyskać minimum kryterium globalnego, to kroków powtarzających obliczenia należy wykonać setki tysięcy, a niekiedy nawet miliony.

Rozdział 10. Pomiary eksperymentalne sił działających na zęby piły taśmowej w czasie cięcia różnych gatunków drewna. W rozdziale dziesiątym Doktorant przedstawia wyniki badań eksperymentalnych, w których wyznaczał siły skrawania działające na zęby piły taśmowej podczas cięcia różnych gatunków drewna. Są to cenne badania z punktu widzenia prognozowania trwałości zmęczeniowej pił taśmowych, co Doktorant umieścił w tytule swojej pracy. W przygotowaniu stanowiska badawczego niezbędna była wiedza z zakresu inżynierii mechanicznej i elektroniki, co dzisiaj nazywane jest mechatroniką. Doktorant w tej części pracy zadanie wykonał bardzo dobrze, a nawet doskonale.

Uwagi do Rozdziału 10:

Na stronie 141 we wzorze (10.3.1) siłę oznaczono literą P, a powinna być litera F. Na stronie 142 we wzorach (10.3.2) i (10.3.3) również siły oznaczono literą P, a prędkość skrawania literą v, gdzie w innych wzorach v oznacza współczynnik Poissona. Na stronie 151 we wzorze (10.4.2) współczynnik tarcia oznaczono literą t, gdzie przez t oznacza się zwykle czas, również siła powinna być oznaczona literą F. Szkoda, że Doktorant nie przedstawił szerzej statystyki błędów pomiarów, a ograniczył się jedynie do statystyki t-Studenta.

Rozdział 11. Podsumowanie. W podsumowaniu Doktorant umieszcza wnioski ogólne, planowane kroki na przyszłość oraz współpracę z przemysłem. We wnioskach ogólnych Doktorant stwierdza, że spęczanie zębów w obszarze dna wrębu z małą prędkością jest bardziej korzystne, ponieważ przy tej operacji powstają naprężenia własne o mniejszej wartości. Na podstawie analizy MES trudno jest o takie stwierdzenie i należałoby przeprowadzić w tym względzie badania doświadczalne. Istnieje bowiem optimum naprężeń własnych, przy którym trwałość piły taśmowej jest największa. Podobnie jest z wnioskiem głoszącym, że wyprowadzona w pracy zależność na prognozowanie trwałości zmęczeniowej pozwala w prosty sposób dobrać parametry projektowanej pilarki. Zapewne bez badań doświadczalnych nie jest możliwe określenie trwałości zmęczeniowej. W końcowej części wniosków ogólnych Doktorant stwierdza, że optymalizacja kształtu zębów pił taśmowych może ułatwić opracowanie nowych pił, ale w następnym zdaniu słusznie dodaje, że metoda ta wymaga jeszcze dalszego rozwinięcia.

W planowanych krokach na przyszłość Doktorant powinien położyć większy akcent na badania doświadczalne, aniżeli na MES. Natomiast w pracach nad optymalizacją kształtu zębów ważny jest model matematyczny, dobór odpowiednich kryteriów, ograniczeń i współczynników wagowych do wybranych kryteriów.

Rozpoczętą współpracę z przemysłem w zakresie pił taśmowych Doktorant powinien utrzymywać na poziomie aktywnej konstrukcji, technologii oraz inżynierii materiałowej.

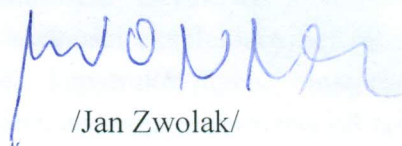
4. Ocena końcowa

Praca jako całość jest czytelna i dość zrozumiała. Jednak niektóre jej fragmenty wcześniej już zasygnalizowane wymagają pogłębionej analizy, co zapewne doktorant uczyni w przyszłych swoich publikacjach. Bardzo liczne rysunki, tabele i wzory chociaż z małymi błędami dobrze odzwierciedlają przedstawione w pracy badania i analizy. Na szczególne podkreślenie

zasługuje Rozdział 10 pracy, w którym Doktorant przeprowadził badania eksperymentalne wyznaczając siły skrawania podczas cięcia wielu gatunków drewna. W realizacji tego eksperymentu korzystał z dostępnej literatury oraz dodatkowo w sposób umiejętny wprowadził własne nowe rozwiązania w konfiguracji stanowiska pomiarowego.

W pracy dość często spotyka się błędy literowe w nazewnictwie i znacznie rzadziej błędy stylistyczne. Czytając pracę, praktycznie nie zauważyłem przekroczenia zasad stosowania interpunkcji, co dowodzi o dobrym rozdziale myśli w formułowanych zdaniach przez Doktoranta. Warto jeszcze zaakcentować, że Doktorant w swojej pracy stosował wiele metod badawczych, a uzyskane wyniki własne umiejętnie odnosił do opublikowanych wyników przez innych autorów dotyczących tematyki recenzowanej pracy doktorskiej. W mojej opinii praca zawiera wiele wątków, które odpowiednio wydzielone z całości, a stanowiące spójną częśćkę po właściwym zredagowaniu powinny być opublikowane w odpowiednich tematycznie czasopismach będących na liście B lub też na liście A MNiSW.

W podsumowaniu recenzji stwierdzam, że praca doktorska Pana mgr. inż. Romana Króla pt. „Modelowanie wyteżenia i prognozowanie trwałości zmęczeniowej pił taśmowych z uwzględnieniem naprężeń własnych powstałych w procesie produkcji” spełnia wymagania formalne i merytoryczne określone w Ustawie o Stopniach Naukowych i Tytule Naukowym oraz o Stopniach i Tytule w Zakresie Sztuki z dnia 14 marca 2003 roku (Dz. U. z 2003 roku Nr 65, poz. 595; z 2005 roku Nr 164, poz. 1365; z 2010 roku Nr 96, poz. 620, Nr 182, poz. 1228, z 2011 roku Nr 84, poz. 455) i wnioskuję do Rady Wydziału Mechanicznego Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu o dopuszczenie Pana mgr. inż. Romana Króla do publicznej obrony.



/Jan Zwolak/