

Prof. dr hab. Arnold Wilczyński

Bydgoszcz, 15.05.2015

Instytut Techniki
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
ul. Chodkiewicza 30
85-064 Bydgoszcz

RECENZJA

**pracy doktorskiej mgr inż. Karola Szymanowskiego
pt. „Podatność materiałów drewnopochodnych na frezowanie”**

Podstawa oceny

Recenzja została opracowana na podstawie uchwały Rady Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie z dnia 11 czerwca 2013 r. oraz pisma Dziekana Wydziału, prof. dra hab. Krzysztofa Krajewskiego, z dnia 17 kwietnia 2015 r.

Przedmiot oceny

Przedmiotem oceny była rozprawa doktorska o wyżej wymienionym tytule, w formie oprawionego komputeropisu formatu A4, licząca łącznie 206 stron, obejmująca następujące grupy tematyczne:

- wiadomości wprowadzające, które obejmują wstęp, przegląd literatury oraz cel i zakres pracy, licząc łącznie 22 strony;
- badania, zawarte w czterech rozdziałach pracy (metodyka badań eksperymentalnych, wyniki badań eksperymentalnych i ich analiza, podsumowanie i wnioski końcowe oraz załącznik zawierający charakterystykę materiału badawczego), liczących łącznie 170 stron;
- literatura i streszczenia w języku polskim i angielskim, liczące łącznie 4 strony.

Treść pracy zilustrowano 284 rysunkami i 68 tabelami. Bibliografia obejmuje 36 pozycji.

Ocena pracy

Materiały drewnopochodne, zwłaszcza płyty wiórowe i pilśniowe, są coraz powszechniej stosowane w różnych gałęziach gospodarki a wielkość ich produkcja systematycznie wzrasta. W licznych ośrodkach naukowych prowadzone są systematycznie badania dotyczące wykorzystania alternatywnych surowców lignocelulozowych do wytwarzania tych materiałów, doskonalenia ich procesu technologicznego czy też ich właściwości fizycznych i mechanicznych. Materiały drewnopochodne są dobrze poznane pod wieloma względami. Jest jednak jeden wyjątek – podatność tych materiałów na obróbkę skrawaniem. Brak jest procedur badawczych umożliwiających ocenę tej podatności. Nie ustalono też dotąd kryteriów skrawalności materiałów, które powinny być stosowane w odniesieniu do materiałów drewnopochodnych.

Recenzowana praca dotyczy podatności materiałów drewnopochodnych na frezowanie. Jej zasadniczym celem było określenie procedur badań eksperymentalnych pozwalających na jednoznaczną ocenę tej podatności oraz wykorzystanie ich do zbadania wybranych materiałów drewnopochodnych. Wybór tematyki badawczej należy uznać za trafny, odpowiadający wymogom rozprawy doktorskiej. Badania zostały zrealizowane w ramach projektu badawczego MNiSW nr N N309 007537 pt. „Skrawalność materiałów drewnopochodnych”.

Przegląd literatury (rozdział 2) przedstawiony został w rozbiciu na pięć obszarów: obróbka skrawaniem i skrawalność materiałów konstrukcyjnych, kryteria oceny skrawalności, wskaźniki skrawalności, metody oceny skrawalności metali oraz metody i badania skrawalności drewna i materiałów drewnopochodnych. Wartościowym elementem tego rozdziału jest jego podsumowanie (punkt 2.6), w którym wskazano na niewielką liczbę prac dotyczących skrawalności drewna i materiałów drewnopochodnych oraz na znaczne zróżnicowanie metodyki tych badań. Stąd stosunkowo nieduża liczba źródeł literaturowych cytowanych w pracy. Wydaję się, że można było wesprzeć się publikacjami na tematy zbliżone do skrawalności lub dotyczące np. kompozytów drzewno-polimerowych.

W rozdziale 3 sformułowano cele i zakres pracy. Podstawowymi celami były: (1) opracowanie propozycji szczegółowych procedur badań eksperymentalnych pozwalających na ocenę podatności na frezowanie szerokiej gamy materiałów drewnopochodnych, (2) wykorzystanie tych procedur do eksperymentalnego określenia podatności na frezowanie wybranej grupy standardowych materiałów drewnopochodnych. Zaproponowano cztery procedury badawcze bazujące na czterech podstawowych kryteriach skrawalności stosowanych w obróbce skrawaniem: (1) jakość obróbki, (2) siły skrawania, (3) trwałość

narzędzia i (4) struktura wiórów. Przyjęto mocno rozbudowany plan badań, uwzględniający kilka czynników zmiennych: (1) materiał ostrza freza (węgiel spiekany KCR08 i stal sprężynowa 50HS), (2) stopień zużycia ostrza (ostrze fabrycznie nowe i stępione – $VB_{max} = 0,2$ mm) i (3) prędkość obrotowa wrzeciona (od 10.000 do 18.000 obr/min, co 2.000 obr/min). Badania podatności na frezowanie przeprowadzono na 14 materiałach drewnopochodnych, w tym na 5 rodzajach płyt pilśniowych, 4 rodzajach płyt wiórowych, 4 rodzajach tworzyw warstwowych z fornirów i płycie stolarskiej. Poza badaniami podstawowymi wyznaczono właściwości fizyczne i mechaniczne uwzględnionych materiałów drewnopochodnych oraz zawartość piasku w tych materiałach. Przyjęty plan badań nie budzi zastrzeżeń. Cechuje go racjonalny dobór stałych i zmiennych czynników badawczych w poszczególnych, bazujących na różnych kryteriach skrawalności, częściach badań.

W rozdziale 4 (Metodyka badań eksperymentalnych) opisano obrabiarkę i narzędzia skrawające, aparaturę badawczą, procedury badań bazujące na przyjętych kryteriach podatności materiału na frezowanie oraz metody określania wskaźników podatności materiałów drewnopochodnych na frezowanie. Poza wskaźnikami bezwzględnymi, przypisanymi do czterech procedur, wprowadzono wskaźniki względne, odniesione do materiału referencyjnego, jako który przyjęto surową płytę MDF. Ze względu na dużą liczbę tych wskaźników wprowadzono następnie, metodą uśredniania – w ramach poszczególnych procedur, skumulowane wskaźniki podatności badanych materiałów na frezowanie. Badania wykonywano na centrum obróbczym CNC Zakładu Obrabiarek i Obróbki Drewna SGGW. Do analizy wyników badań zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji, posługując się pakietem STATISTICA. Rozdział 4 charakteryzuje się przejrzystością, kolejne „redukcje” wskaźników podatności są odpowiednio umotywowane. Brakuje jedynie uzasadnienia wyboru surowej płyty MDF jako materiału referencyjnego.

Obszerny, liczący 125 stron, rozdział 5 zawiera wyniki badań podatności na frezowanie materiałów drewnopochodnych oraz analizę tych wyników. Dla każdego z uwzględnionych w badaniach materiałów zaprezentowano na wykresach bezwzględne, względne i względne skumulowane wskaźniki podatności na frezowanie, kolejno według kryterium: jakości obróbki, oporów skrawania, trwałości narzędzia i ziarnistości wiórów. Dla części materiałów objętych poszerzonym programem badań trwałościowych przedstawiono ponadto zależności ilustrujące wpływ prędkości skrawania na trwałość ostrzy z węgla spiekane i stali 50HS. Dla materiałów tych przedstawiono wskaźniki podatności na frezowanie według trwałości narzędzia wyznaczone siedmioma metodami. Dla pozostałych materiałów, objętych ograniczonym zakresem badań trwałości narzędzia, bez wyznaczania

zależności Taylora, wyniki badań trwałościowych ograniczały się do jednego bezwzględnego i jednego względnego wskaźnika podatności na frezowanie. W odniesieniu do każdego badanego materiału przedstawiono wyniki analizy wariancji dotyczące istotności wpływu dwóch czynników zmiennych: stanu zużycia narzędzia (nowe i zużyte $VB = 0,2$ mm) i rodzaju frezowania (przeciwbieżne i współbieżne) oraz interakcji tych czynników na wartości wskaźników podatności na frezowanie. Podano też tzw. siłę wpływu czynników zmiennych. Po opisie wyników badań dla danego materiału zamieszczony jest komentarz bazujący na porównaniu skumulowanych względnych wskaźników podatności na frezowanie wyznaczonych w oparciu o cztery kryteria podatności.

Dodatkowej analizie poddano materiałochłonność różnych, zastosowanych w poszerzonym programie badań trwałościowych, metod określania zależności Taylora. Ustalono, że metoda numer 7 polegająca na przyspieszonym, materiałooszczędnym określeniu umownej trwałości narzędzia, przy założeniu kryterium stępienia $VB = 0,125$ mm, pozwala na wyznaczenie wskaźnika podatności materiału drewnopochodnego na frezowanie o wartości zbliżonej do wyznaczonej metodą klasyczną i może w związku z tym być stosowana w praktyce.

Analiza wyników badań obejmuje także próbę znalezienia korelacji między wskaźnikami podatności na frezowanie a właściwościami fizycznymi, mechanicznymi i zawartością piasku w materiałach drewnopochodnych. Próba ta nie przyniosła efektu. Wartości współczynnika determinacji były na ogół bardzo małe, rzadko przekraczały poziom 0,3, nie przekraczając wartości 0,51. Właściwości fizyczne (np. gęstość materiału), mechaniczne (np. wytrzymałość na rozciąganie siłami prostopadłymi do płyty) oraz zawartość piasku w materiale nie mogą więc być podstawą do szacowania podatności materiałów drewnopochodnych na frezowanie. Stwierdzenie to budzi jednak wątpliwość, przynajmniej w odniesieniu do wpływu zawartości piasku. Wydaje się, że wskaźnik IT związany z trwałością narzędzia powinien być dobrze skorelowany z zawartością piasku w materiale. Przecież materiały z dużą zawartością piasku (płyty wiórowe) mają dużo niższe wskaźniki IT niż pozostałe materiały (płyty pilśniowe i tworzywa warstwowe z fornirów). Sugeruję sprawdzenie tej części obliczeń statystycznych.

Kończącą część analizy wyników badań zamieszczono w rozdziale 6 (Podsumowanie i wnioski końcowe). Porównywano wartości względnych skumulowanych wskaźników podatności na frezowanie wszystkich 14-tu materiałów drewnopochodnych, podkreślając znaczne na ogół zróżnicowanie wartości wskaźników między grupami materiałów (płyty pilśniowe, płyty wiórowe i tworzywa warstwowe z fornirów).

Wyniki badań przedstawiono w czytelny sposób, posługując się głównie wykresami. Wyniki są odpowiednio skomentowane, ich analiza jest dość pogłębiona. Brakuje jednak prób wyjaśnienia przyczyn tak dużych różnic wartości wskaźników podatności dla grup materiałów drewnopochodnych. I jeszcze kilka mankamentów niższej rangi. Kilkakrotnie wartości liczbowe podano z nadmierną, nieuzasadnioną dokładnością, np. wartości stałych w równaniach Taylora (Tabela 5.15), wartości modułu sprężystości przy zginaniu (Załącznik). Nazewnictwo właściwości fizycznych i mechanicznych nie zawsze jest zgodne z cytowanymi normami (Załącznik). Kilkakrotnie, np. str. 131, ma miejsce błędne powoływanie się na rysunki.

Podsumowując ocenę merytoryczną pracy, wskazać należy na oryginalność problematyki badawczej, na umiejętne wykorzystanie wiedzy z zakresu obróbki skrawaniem materiałów drzewnych, teorii eksperymentu i statystycznej analizy wyników badań, na odpowiednio pogłębioną analizę wyników badań. Poza wartościami poznawczymi praca powinna mieć znaczenie użytkowe, wnioski z badań mogą być przydatne dla przemysłu drzewnego. Przytoczone uwagi krytyczne w niewielkim tylko stopniu obniżają pozytywną ocenę pracy.

Wniosek końcowy

Na podstawie ocenianej rozprawy doktorskiej stwierdzam, że mgr inż. Karol Szymanowski wykazał się:

- zdolnością do rozpoznawania nowych zagadnień naukowych i formułowania problemów badawczych,
- umiejętnością formułowania celu i metodyki badań, opisu badań, analizy ich wyników i wyciągania wniosków,
- umiejętnością doboru literatury i wykorzystania jej w poszczególnych etapach pracy.

Doświadczenie i warsztat naukowy zdobyte podczas badań i pisanie rozprawy pozwalają ponadto na stwierdzenie, że Doktorant ma duże szanse na dalszy rozwój naukowy.

Praca doktorska mgr inż. Karola Szymanowskiego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wnosi nowe wartości poznawcze do dyscypliny naukowej drzewnictwo a ponadto może mieć znaczenie praktyczne. Jest poprawna jeśli chodzi o budowę oraz wymagania formalne, stanowi samodzielne dzieło naukowo-badawcze i została wykonana

pod kierunkiem kompetentnego profesora specjalizującego się w badaniach z zakresu obróbki mechanicznej materiałów drzewnych.

Stwierdzam zatem, że praca doktorska mgr inż. Karola Szymanowskiego pt. „Podatność materiałów drewnopochodnych na frezowanie” spełnia wymagania zawarte w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz wnoszę o dopuszczenie do publicznej obrony tej pracy.

