

Warszawa, dn. 02.06.2015 r.

Dr hab. inż. Piotr Borysiuk
Wydział Technologii Drewna
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Karola Szymanowskiego
p.t. „**Podatność materiałów drewnopochodnych na frezowanie**”,
wykonanej na Wydziale Technologii Drewna
Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
pod kierunkiem prof. dr hab. Jarosława Górskiego

1. Podstawa oceny

Podstawą oceny jest uchwała Rady Wydziału Technologii Drewna SGGW w Warszawie z dnia 11 czerwca 2013 roku, która powołała mnie na recenzenta wymienionej wyżej rozprawy doktorskiej.

2. Przedmiot oceny

Poddana ocenie rozprawa doktorska ma układ zbliżony do klasycznego, obejmujący 6 rozdziałów głównych, streszczenia (polsko- i angielskojęzyczne), załącznik (zawierający charakterystykę materiału badawczego) oraz wykaz literatury. Łącznie opracowanie liczy 206 stron i zawiera 284 rysunki oraz 68 tabel, a także powołania na 24 pozycje bibliograficzne, 9 norm i 3 adresy internetowe.

3. Ocena ogólna

W ramach ocenianej rozprawy doktorskiej p.t.: „Podatność materiałów drewnopochodnych na frezowanie”, Autor poruszył bardzo ważne zagadnienia o dużym znaczeniu praktycznym. Rozwój produkcji i zużycia różnego rodzaju tworzyw drzewnych (płyt wiórowych, pilśniowych, tworzyw warstwowych) m.in. w meblarstwie, budownictwie i wielu

innych dziedzinach gospodarki wymaga znajomości nie tylko ich właściwości fizycznych czy mechanicznych, ale również możliwości ich obróbki skrawaniem. O ile właściwości fizyko-mechaniczne tworzyw drewnopochodnych oraz sposoby ich oceny wydają się być dobrze znane, o tyle podatność tych materiałów na obróbkę skrawaniem w dalszym ciągu stanowi obszar nie do końca rozpoznany. Wynika to w dużej mierze z braku jednolitych procedur badawczych umożliwiających jednoznaczną ocenę i porównanie płyt drewnopochodnych w tym zakresie. Jak do tej pory nie określono również jednolitych kryteriów i wskaźników skrawalności materiałów, które powinny być badane w celu uzyskania możliwie dokładnej charakterystyki tworzyw drzewnych. Obecnie zagadnienia podatności tworzyw drzewnych na obróbkę są traktowane i opisywane dosyć ogólnie, często bez możliwości weryfikacji przytaczanych w opisach stwierdzeń. W tym zakresie na podkreślenie zasługuje aktualność i trafność podjętej tematyki badań.

Badania stanowiące podstawę rozprawy doktorskiej zrealizowane zostały w ramach projektu badawczego własnego MNiSW nr N N309 007537 p.t.: „Skrawalność materiałów drewnopochodnych”. Przyjęta przez Doktoranta metodyka pracy nie budzi zastrzeżeń, a wyniki przedstawione są w sposób jasny i zrozumiały. Powyższe upoważnia mnie do stwierdzenia, iż osiągnięte przez Doktoranta rezultaty badań poszerzają wiedzę z zakresu obróbki skrawaniem materiałów drewnopochodnych wnosząc do niej nowe wartości zarówno poznawcze jak i użytkowe.

4. Ocena szczegółowa

Rozdziały 1 i 2 rozprawy (Wstęp i Przegląd literatury – 20 stron) stanowią szczegółowe uzasadnienie oraz wprowadzenie do podjętej tematyki badań. Przegląd literatury Autor podzielił na pięć zasadniczych obszarów tematycznych dotyczących obróbki skrawaniem i skrawalności materiałów konstrukcyjnych, kryteriów oceny skrawalności, wskaźników skrawalności, metod eksperymentalnej oceny skrawalności metali, metod i badań oceny skrawalności drewna i materiałów drewnopochodnych. Autor syntetycznie, aczkolwiek w sposób pełny, zrozumiały i wystarczający zdaniem Recenzenta przedstawił ogólne zagadnienia dotyczące skrawalności materiałów konstrukcyjnych (głównie metali) i wskaźników opisujących ten proces. Pewien niedosyt budzi część przeglądu literatury dotycząca oceny skrawalności drewna i materiałów drewnopochodnych. Recenzent zgadza się ze stwierdzeniem Autora, że stosowane obecnie zróżnicowane metodyki badawcze nie dają podstaw do kompleksowej oceny skrawalności tworzyw drewnopochodnych, nie mniej jednak dobór

literatury w tym zakresie uważa za stosunkowo „ubogi”: 7 pozycji dotyczących oceny skrawalności drewna litego i 2 pozycje dotyczące skrawalności kompozytów WPC. W opinii Recenzenta zagadnienie to powinno być szerzej przedstawione, szczególnie w kontekście przyjętego tematu pracy. Autor nie ustrzegł się też drobnych błędów w cytowaniu pozycji literaturowych np.: *Globocki [2009]* powinno być *Globocki i in. [2009]* (strona 16, akapit 2), czy też *Kiepuszewski 1980* powinno być *Kiepuszewski i in. 1980* (strona 21, akapit 1), jak również niefortunnych sformułowań np.: „... wskaźników zastępczych widocznych na poniższym schemacie” (strona 15, akapit 3), podczas gdy schemat został przedstawiony dopiero na kolejnej stronie. Przegląd literatury Autor zakończył podsumowaniem, w którym słusznym zdaniem Recenzenta stwierdził, że skrawalność wielu powszechnie stosowanych materiałów drewnopochodnych nie została do tej pory przebadana w sposób systematyczny.

W rozdziale 3 (Cel i zakres pracy - 2 strony) Autor zwięźle i jasno zaprezentował dwa, korespondujące z tematem, podstawowe cele pracy: (1) opracowanie propozycji szczegółowych procedur badań eksperymentalnych pozwalających na ocenę podatności na frezowanie szerokiej gamy materiałów drewnopochodnych, (2) wykorzystanie opracowanych procedur do eksperymentalnego określenia podatności na frezowanie wybranej grupy standardowych materiałów drewnopochodnych. W tym kontekście w opinii Recenzenta pewną niezręczność stanowi sformułowanie dotyczące zasadniczego celu pracy (strona 31, akapit 3): „Zasadniczym celem niniejszej pracy była próba zmiany dotychczasowego stanu rzeczy”. Zaproponowany przez Autora zakres pracy jest rozległy, ale uzasadniony i potrzebny do realizacji wyznaczonych celów. Przyjęte procedury badawcze uwzględniały cztery podstawowe kryteria podatności na obróbkę skrawaniem: (1) kryterium jakości obróbki, (2) kryterium sił skrawania, (3) kryterium trwałości narzędzi, (4) kryterium dotyczące struktury wiórów. W opinii Recenzenta w zakresie pracy Autor powinien również zasygnalizować jakie czynniki zmienne będą brane pod uwagę w trakcie realizacji badań (np. materiał drewnopochodny, materiał ostrza noża do głowicy frezarskiej, stopień zużycia ostrza, prędkość obrotowa wrzeciona). Należy tu jednak zaznaczyć, że kwestie te zostały szczegółowo opisane przez Autora w dalszej części pracy.

W rozdziale 4 (Metodyka badań eksperymentalnych – 25 stron) podzielonym na 6 podrozdziałów (4.1. Materiał badawczy, 4.2. Obrabiarki i narzędzia, 4.3 Aparatura pomiarowa, 4.4 Procedury eksperymentalne, 4.5 Metodyka określania względnych i bezwzględnych wskaźników podatności materiałów drewnopochodnych na frezowanie, 4.6 Podstawy statystycznej analizy danych eksperymentalnych) Autor szczegółowo przedstawił zarówno

materiały wykorzystywane w trakcie badań, wykorzystaną aparaturę jak i poszczególne metody i procedury badawcze. W ramach badań Autor wykorzystał 14 rodzajów przemysłowych płyt drewnopochodnych (5 rodzajów płyt pilśniowych, 4 rodzaje płyt wiórowych i 5 rodzajów tworzyw warstwowych), dla których zbadał również ich podstawowe właściwości fizyczne i mechaniczne oraz profil gęstości i zawartość popiołu. Informacje te Autor zamieścił w *Załączniku* (strona 189). Zdaniem Recenzenta charakterystyka materiału badawczego powinna raczej zostać zamieszczona w całości w rozdziale 4.1 tym bardziej, że sposób jej przedstawienia jest bardzo schematyczny i pozwala na częściowe uproszczenie i skrócenie bez uszczerbku dla zawartych tam danych (zestawienie w jednej tabeli). W opisie materiału badawczego (strona 33, *Załącznik* strona 190 i 195) Autor nie ustrzegł się pewnych nieścisłości takich jak stwierdzenia: „*plyta pilśniowa średniej gęstości ... pokryta dwustronnie papierami nasyconymi żywicami fenolowymi*” czy „*plyta wiórowa trójwarstwowa pokryta dwustronnie papierami nasyconymi żywicami termoutwardzalnymi*”. Zdaniem Recenzenta w obydwu przypadkach chodziło o papiery zaimpregnowane żywicami mocznikowo- i melaminowo-formaldehydowymi. W odniesieniu do właściwości badanych płyt (*Załącznik* – strona 189) brak jest informacji o zmienności podawanych wartości dla poszczególnych parametrów. W dalszej części rozdziału 4 Autor szczegółowo omówił obrabiarkę, narzędzia oraz aparaturę wykorzystywaną podczas realizacji badań. Zasadnicza część badań przeprowadzona została na przemysłowym centrum obróbczym Busselato Jet 130 z wykorzystaniem jednoostrzowej głowicy frezarskiej firmy Faba. Do badań Autor wykorzystał dwa rodzaje ostrza: (1) standardowe z węglika spiekanego KCR08 i (2) specjalnie przygotowane do badań ze stali sprężynowej 50HS. W odniesieniu do tych informacji w pracy błędnie przypisano (zamieniono) oznaczenia rysunków 4.1 i 4.2 (strona 35, akapit 2). Również w trakcie opisu aparatury badawczej wykorzystanej do badania właściwości fizyko-mechanicznych materiałów drewnopochodnych (tabela 4.4, strona 37) Autor nie ustrzegł się pewnych nieścisłości np.: przypisania suwmiarki jako przyrządu wykorzystywanego przy badaniu nasiąkliwości, czy też braku wyjaśnienia przy nazwie Veb ThuringerIndustriewerk SP 10, że chodzi o maszynę wytrzymałościową. W kolejnych podrozdziałach rozdziału 4 Autor bardzo szczegółowo i wyczerpująco opisał poszczególne procedury badawcze jak również jednoznacznie scharakteryzował bezwzględne i względne wskaźniki podatności na frezowanie stanowiące wynik poszczególnych eksperymentów. W ramach wybranych procedur oprócz wspomnianych już dwóch rodzajów ostrza jako czynniki zmienne Autor wprowadził stopień zużycia ostrza (ostrze fabrycznie nowe i ostrze stępione o

wartości starcia na powierzchni przyłożenia $VB_{max} = 0,2$ mm) zmianę prędkości obrotowej wrzeciona (od 10000 obr/min do 18000 obr/min z odstopniowaniem co 2000 obr/min) oraz rodzaj frezowania (współbieżne i przeciwbieżne). W celu ułatwienia interpretacji uzyskanych wskaźników Autor słusznie zaproponował ich uproszczenie i wprowadził uproszczone „syntetyczne” wskaźniki podatności na frezowanie. Na podkreślenie zasługuje również fakt wykorzystania przez Autora do analizy wyników wieloczynnikowej analizy wariancji (ANOVA). W odniesieniu do kompletności opisu Metodyki badań eksperymentalnych należy zaznaczyć, że brakuje w nim uzasadnienia przyjęcia surowej płyty MDF jako materiału referencyjnego. W opinii Recenzenta jest to zagadnienie o tyle ważne, że w efekcie odnoszone są do płyty MDF poza HDF czy płytą wiórową również materiały o całkowicie odmiennych właściwościach jak i przeznaczeniu (np. lignofol).

W rozdziale 5 (Wyniki badań eksperymentalnych i ich analiza – 125 stron) Autor bardzo szczegółowo przedstawił i omówił wyniki badań eksperymentalnych. W pierwszej części zaprezentowane zostały wyniki poszerzonego programu badań podatności materiałów na frezowanie, które objęły łącznie 8 rodzajów płyt drewnopochodnych. Dla każdego z wariantów badawczych Autor przedstawił bezwzględne, względne oraz „syntetyczne” wskaźniki podatności materiału na frezowanie uwzględniając kolejno kryteria jakości obróbki, oporów skrawania, trwałości narzędzi i ziarnistości wiórów. W odniesieniu do jakości obróbki Autor uwzględnił w analizach istotność wpływu stanu zużycia narzędzia (nowe i zużyte $VB = 0,2$ mm), rodzaju frezowania (współbieżne i przeciwbieżne) oraz interakcji pomiędzy tymi czynnikami. Z kolei rozpatrując aspekt trwałości narzędzi brał on pod uwagę trwałości ostrzy z węgla spiekanego KCR08 (dla dwóch poziomów zużycia $VB = 0,2$ mm i $VB = 0,15$ mm) oraz ze stali 50HS (dla poziomu zużycia $VB = 0,5$ mm) przy użyciu pięciu prędkości obrotowych wrzeciona. W oparciu o uzyskane wyniki Autor wyznaczył zależności Taylora (metodą klasyczną, przyspieszoną oraz naturalnego zużycia) jak również siedem względnych i bezwzględnych wskaźniki podatności materiałów na frezowanie. W podsumowaniu pierwszej części badań Autor słusznie zwrócił uwagę na aspekt ich materiałochłonności, wybierając optymalną pod tym względem i w pełni wiarygodną metodę badawczą podatności materiałów na frezowanie w oparciu o trwałość ostrza. Bazuje ona na badaniu umownej trwałości ostrza z węgla spiekanego KCR08 przy prędkości obrotowej wrzeciona 18000 obr/min i poziomie zużycia $VB = 0,125$ mm. W drugiej części rozdziału 5 Autor przedstawił i omówił wyniki „ograniczonego” programu badań podatności materiałów na frezowanie, które objęły łącznie kolejne 6 rodzajów płyt drewnopochodnych. Podobnie jak i w pierwszej części dla każdego z

wariantów badawczych Autor przedstawił bezwzględne, względne oraz „syntetyczne” wskaźniki podatności materiału na frezowanie uwzględniając kolejno kryteria jakości obróbki, oporów skrawania, trwałości narzędzi (bez wyznaczania zależności Taylora) i ziarnistości wiórów. W końcowej części analizy wyników Autor przeprowadził analizę korelacji pomiędzy podatnością badanych płyt na frezowanie a ich właściwościami fizycznymi i mechanicznymi oraz zawartością piasku. W oparciu o uzyskane niskie wartości współczynnika determinacji (poniżej 0,5) Autor stwierdził, że na podstawie znajomości podstawowych właściwości fizycznych i mechanicznych materiałów, czy też zawartości piasku nie da się w wiarygodny sposób porównać lub ocenić stopnia podatności tych materiałów na frezowanie. Zdaniem Recenzenta stwierdzenie to budzi jednak pewne wątpliwości chociażby ze względu na wpływ zawartości piasku na trwałość narzędzia (wskaźnik IT). Zarówno płyty wiórowe czy też nawet płyta pilśniowa twarda charakteryzujące się dużo większą zawartością piasku niż płyta MDF, wykazywały również znacznie obniżone wskaźniki trwałości narzędzia.

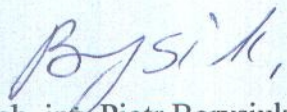
Analizę wyników Autor podsumował rozdziałem 6 (Podsumowanie i wnioski końcowe – 6 stron), w którym przedstawił zbiorcze zestawienia względnych syntetycznych wskaźników podatności na frezowanie dla wszystkich 14 badanych materiałów. Autor zwrócił uwagę na duże zróżnicowanie podatności na frezowanie (zróżnicowane wartości wskaźników) pomiędzy poszczególnymi grupami tworzyw drzewnych jak również wewnątrz tych grup. Spośród wszystkich przebadanych materiałów jako najkorzystniejsze na ogół pod względem podatności na frezowanie Autor wymienił lakierowaną płytę HDF, suchotrwałą sklejkę sosnowo-brzozową, płytę stolarską, czy też sklejkę transformatorową. Z kolei najmniej korzystne wskaźniki podatności na frezowanie uzyskano dla płyty pilśniowej twardej. Zawarte w podsumowaniu konkluzje i wnioski z przeprowadzonych badań i analiz są jak najbardziej trafne i słuszne. W opinii Recenzenta korzystniej byłoby jednak przedstawić wnioski końcowe w formie wypunktowanej.

Odnosząc się do całości analizy wyników badań należy stwierdzić, że została ona przeprowadzona w sposób jasny i czytelny, chociaż zdaniem Recenzenta może zbyt schematyczny. Autor wykazał się niewątpliwą znajomością rozpatrywanej problematyki badawczej oraz trafnością przeprowadzanych analiz uzyskanych zależności. Na podkreślenie zasługuje również fakt umiejętnego wykorzystania przez Autora narzędzi statystycznych do analizy uzyskanych wyników. W opinii Recenzenta pewien niedosyt pozostawia natomiast brak próby wyjaśnienia przyczyn odnotowanych różnic, chociażby w oparciu o zbadane właściwości płyt, zawartość piasku czy też profile gęstości. W trakcie analizy wyników Autor

nie ustrzegł się również drobnych błędów takich jak np.: nieprawidłowe przyporządkowanie rysunków w tekście (rysunek 5.145 i 5.147, strona 131), czy też użycie nieodpowiednich sformułowań np.: „*siła efektu eksperymentalnego badanego czynnika tłumaczy nam niespełna 30% zmienności ...*” (strona 111); „*stan zużycia narzędzia wyjaśniał ponad 69% zmienności ...*” (strona 166); „*większość z materiałów ma swoje lepsze i gorsze oblicze*” (strona 188). Recenzent pragnie zaznaczyć, że wyszczególnione uwagi krytyczne w niewielkim stopniu obniżają pozytywną ocenę pracy.

5. Podsumowanie oceny – wniosek końcowy

Oceniana rozprawa doktorska wnosi do dyscypliny naukowej „drzewnictwo” nowe wartości poznawcze. Przewidywany w pracy zakres badań został zrealizowany wyczerpująco zaś osiągnięte cele posiadają obok wartości poznawczych istotne znaczenie praktyczne. W wyniku dokonanej oceny uważam, że przedstawiona dysertacja odpowiada warunkom stawianym rozprawom doktorskim określonym w Ustawie o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki z dnia 14 marca 2003 r. (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późniejszymi zmianami) oraz Rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej i Sportu z dnia 15 stycznia 2004 r. w sprawie szczegółowego trybu przeprowadzenia czynności w przewodach doktorskim i habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora i wnoszę o dopuszczenie mgr inż. Karola Szymanowskiego do publicznej obrony przedłożonej rozprawy doktorskiej.


dr hab. inż. Piotr Borysiuk