

Dr hab. inż. Sławomir Żółkiewski, prof. PŚ

email: slawomir.zolkiewski@polsl.pl

P O L I T E C H N I K A Ś L Ą S K A
WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY
KATEDRA AUTOMATYZACJI PROCESÓW TECHNOLOGICZNYCH
I ZINTEGROWANYCH SYSTEMÓW WYTWARZANIA

ULICA KONARSKIEGO 18a

44-100 GLIWICE

TEL.: 032 237 2819, FAX.: 032 237 1624



Gliwice, 2 grudnia 2020 r.

OPINIA

dotyczy rozprawy doktorskiej magistra inżyniera Dominika Wojtkowiaka
pt. „Analiza procesu perforacji kompozytowych pasów transportujących i napędowych
w aspekcie kształtowania cech konstrukcyjnych narzędzi wykrawających”

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Krzysztof Talaśka

1. Podstawa opracowania opinii

Podstawę opracowania niniejszej opinii stanowi pismo z dnia 4 listopada 2020 r. (sygn. DIM.63.246.2020) Dziekana Wydziału Inżynierii Mechanicznej Politechniki Poznańskiej dra hab. inż. Olafa Ciszaka, prof. PP, do którego dołączono egzemplarz rozprawy doktorskiej, a także umowę o dzieło nr 0600/2020/337 polegającą na opracowaniu opinii rozprawy doktorskiej mgr. inż. Dominika Wojtkowiaka pt. „Analiza procesu perforacji kompozytowych pasów transportujących i napędowych w aspekcie kształtowania cech konstrukcyjnych narzędzi wykrawających”.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy

Mgr inż. Dominik Wojtkowiak przygotował swoją rozprawę w postaci autoreferatu zatytułowanego „Analiza procesu perforacji kompozytowych pasów transportujących i napędowych w aspekcie kształtowania cech konstrukcyjnych narzędzi wykrawających”. W ramach rozprawy zawarto prace naukowe będące częścią merytoryczną, a także omówiono pozostałe osiągnięcia naukowe, w tym zgłoszenia patentowe współautorstwa doktoranta. W rozprawie doktorskiej mgr. inż. Dominika Wojtkowiaka rozwiązano problem badawczy dotyczący określenia wpływu cech konstrukcyjnych narzędzia wykrawającego i parametrów procesu perforacji kompozytowych pasów transportujących i napędowych na wartość siły perforacji niezbędnej do realizacji procesu wykrawania oraz na jakość wykonywanych otworów. W rozprawie wykorzystano wyniki analizy procesu perforacji kompozytowych pasów transportujących i napędowych do postawienia tezy o możliwości zamodelowania i zaprojektowania efektywnej geometrii narzędzia wykrawającego do pasów z rdzeniem poliamidowym. Po przeanalizowaniu bieżącego stanu nauki i techniki oraz uzyskaniu wstępnych wyników z badań, doprecyzowano tematykę doktoratu. Realizując postawiony cel rozprawy doktorskiej w postaci udowodnienia powyższej tezy, a także rozwiązania założonego problemu naukowego, Doktorant przeprowadził pięć zadań badawczych. W pracy wykorzystano szeroki wachlarz metod badania i modelowania poczynając od analiz

teoretycznych, przez obliczenia analityczne i numeryczne oraz symulacje komputerowe z wykorzystaniem Metody Elementów Skończonych, po obszerną ilość wykonanych badań eksperymentalnych z wykorzystaniem aparatury zaprojektowanej przez Doktoranta.

Na cykl artykułów będących osiągnięciem naukowym Doktoranta składa się 17 pozycji, spośród których można wyróżnić 11 publikacji naukowych, 5 zgłoszeń patentowych oraz potwierdzenie wdrożenia innowacyjnej technologii systemu precyzyjnej mechanicznej perforacji pasów transportujących metodą podciśnienia. 3 artykuły wydano w wysoko punktowanym międzynarodowym czasopiśmie naukowym tj. International Journal of Advanced Manufacturing Technology. Przedstawiony cykl publikacji kompleksowo prezentuje główne osiągnięcia badawcze Doktoranta. Z kolei liczne jak na ten etap kariery zawodowej zgłoszenia patentowe oraz potwierdzone wdrożenie w przemyśle świadczą o znaczącej wartości użytecznej rozprawy.

Doktorant podzielił rozprawę na 5 zadań badawczych. W ramach realizacji zadania pierwszego dokonał opracowania modeli właściwości mechanicznych struktury kompozytowych pasów z rdzeniem poliamidowych. Najważniejszym celem tego zadania było zastosowanie opracowanego modelu w symulacji numerycznej w środowisku ABAQUS, służącej do optymalizacji geometrii stempla. W modelu zastosowano model izotropowy Johnsona-Cooka, celem opisu właściwości pasa o ortotropowych właściwościach. Tworzywo założono jako homogeniczne, a opisujące je parametry mechaniczne uśredniono. Z analizy porównawczej wyników eksperymentalnych i symulacyjnych różnica w sile, przy której dochodzi do zniszczenia materiału nie przekroczyła 15%. Za pomocą modelu MES zredukowano czas obliczeniowy symulacji. Nie jest to jednak rozwiązanie optymalne ze względu na różnice pomiędzy charakterystykami otrzymanymi w trakcie badań doświadczalnych a charakterystykami z symulacji numerycznych. W drugim zadaniu badawczym opracowano model perforacji pasów transportowych i napędowych za pomocą dwóch krawędzi tnących dla stempla płaskiego, który wykorzystano w rozważaniach w przypadku stempla z docelową czaszą kulistą. Korzystając z hipotezy Hubera-Misesa, wyznaczono naprężenia zredukowane, a następnie wyprowadzono model odwrotny do estymacji wartości siły perforacji. Parametrami wykorzystanymi w modelu były właściwości mechaniczne pasa, takie jak wytrzymałość na rozciąganie, granica plastyczności czy współczynnik tarcia, jak również współczynniki wyznaczone empirycznie np. współczynnik powierzchni ściskania. W zadaniu trzecim określono wpływ cech geometrycznych narzędzia na wartość siły perforacji, jakość otworów oraz trwałość ostrza. Do ważniejszych rezultatów można tutaj zaliczyć wykazanie stempla z czaszą kulistą jako efektywnego kształtu narzędzia do perforacji pasów z rdzeniem poliamidowym, który umożliwia redukcję siły o ok. 60% względem stempla płaskiego, nie wydłużając przy tym skoku roboczego i łagodząc spadek siły, co poprawia jakość wykonywanych otworów. Przeprowadzono również optymalizację stempli z czaszą kulistą w przyjętym zakresie średnic 3-10 mm. Wyniki optymalizacji wykorzystano do wyznaczenia efektywnych parametrów narzędzia wykrawającego przy średnicach nominalnych stempla 5, 6, 8 oraz 10 mm. Model opracowano w oparciu o zależności wpływu parametrów geometrycznych stempla (średnica nominalna, głębokość czaszy kulistej oraz luz między stemplem i matrycą formującą) na wartość siły niezbędnej do wykrojenia otworu, jakość otworów i trwałość krawędzi tnącej. Charakterystyki te uzyskano na podstawie badań eksperymentalnych, licznych symulacji oraz modelu analitycznego trwałości ostrza przy uwzględnieniu stosunku siły perforacji do siły poprzecznej. W zadaniu czwartym przedstawiono wpływ parametrów procesu wykrawania wybranych typów pasów kompozytowych. Wśród analizowanych parametrów można wyróżnić prędkość stempla oraz jego temperaturę. Wykazano, że zarówno wzrost prędkości, jak i w pewnym zakresie temperatury stempla redukuje maksymalną siłę niezbędną do wykrojenia otworu. Wykazano jednak, że różnice te są niewielkie w porównaniu do redukcji siły spowodowanej modyfikacją

geometrii stempla. Poprzez te badania wskazano jednak możliwy kierunek do prowadzenia dalszych badań naukowych. W ostatnim zadaniu zaprojektowano efektywne narzędzie perforujące oraz poddano weryfikacji jego cechy użytkowe. Najistotniejszym potwierdzeniem właściwości eksploatacyjnych zaprojektowanego narzędzia jest wdrożenie go w produkcji. Dodatkowo jednak, na podstawie wyników pomiarów siły do stempli o efektywnej geometrii zauważono korelację pomiędzy głębokością czaszy kulistej a siłą ściskającą oporu materiału pasa. Ta zależność pozwoliła na opracowanie nieniszczącej metody badania poprawności wykonania krawędzi tnącej stempla, dzięki czemu może okazać się bardzo przydatna w procesie produkcyjnym takich narzędzi. Ze względu na istotny wpływ konstrukcji głowicy perforującej na poprawne przeprowadzenie procesu w ramach tego zadania dokonano również komputerowej analizy konstrukcji w aspekcie optymalizacji płyty głowicowo-stemplowej oraz układu prowadzenia tej płyty. Otrzymane wnioski nie tylko pozwoliły na poprawę efektywności konstrukcji, ale również pokazały możliwości zastosowania metod komputerowych w projektowaniu.

Podsumowaniem wyżej opisanych prac jest syntetyczne ujęcie wyników badań i modelowania w pracy oraz opracowany algorytm modelowania procesu perforacji pasów w aspekcie projektowania wykrojników, który stanowi praktyczne potwierdzenie postawionej tezy. Jest to istotny wkład w dyscyplinę Inżynieria Mechaniczna.

3. Ocena rozprawy

Problemy naukowe poruszane w ocenianej rozprawie doktorskiej dotyczą całościowej analizy wpływu cech konstrukcyjnych wybranej grupy narzędzi perforujących i parametrów procesu perforacji, kompozytowych wielowarstwowych pasów transportujących i napędowych, na maksymalną wartość i charakterystykę zmian siły wykrawania w procesie perforacji, na jakość wykonywanych otworów oraz na trwałość narzędzia wykrawającego. Rozprawa doktorska mgra inż. Dominika Wojtkowiaka jest oryginalnym i prawidłowym rozwiązaniem postawionego zagadnienia i problemu badawczego. Doktorant osiągnął postawiony sobie cel badawczy i zrealizował zaplanowany proces doświadczalny i przeprowadził właściwe modelowanie numeryczne oraz symulacje.

Do głównych zalet i osiągnięć opiniowanej rozprawy należy zaliczyć:

- istotne sformułowanie problemu badawczego w postaci problemu perforacji pasów do transportu podciśnieniowego,
- dobór i ocena próbek materiałowych w postaci kompozytów z rdzeniem aramidowym,
- zaplanowanie i przeprowadzenie wstępnych badań naukowych umożliwiających doprecyzowanie tematu rozprawy doktorskiej,
- opracowanie metodologii badań i modelowania procesu perforacji pasów transportujących o strukturze kompozytowej,
- opracowanie modeli właściwości mechanicznych struktury kompozytowej pasów celem dalszej analizy metodą elementów skończonych,
- zamodelowanie procesu perforacji kompozytowych pasów transportujących i napędowych,
- przeprowadzenie badań eksperymentalnych i numerycznych na wybranej grupie próbek przy określonych parametrach technicznych,
- określenie wpływu cech geometrycznych narzędzia na wartość siły perforacji, jakość otworów oraz trwałość ostrza,
- jakościowa analiza wykonywanych otworów pod kątem ilości i rozmiaru defektów,
- zaprojektowanie skutecznego narzędzia perforującego i walidacja jego cech użytkowych,

- wdrożenie do przemysłu autorskiego pomysłu na urządzenie do mechanicznej perforacji pasów transportujących,
- syntetyczne ujęcie wkładu w rozwój dyscypliny naukowej inżynieria mechaniczna.

Rozwiązanie problemu i osiągnięcia Doktoranta świadczą o jego znajomości z poruszaną tematyką, są dowodem na sprawne operowanie nowoczesnymi narzędziami badawczymi oraz dowodem na posiadanie przez Doktoranta umiejętności modelowania i projektowania procesów technologicznych z uwzględnieniem istotnych parametrów technicznych i materiałowych. Przedstawiony w pracy problem badawczy jest interesujący naukowo i ma wysoką wartość poznawczą. Wyniki pracy wykorzystano w praktyce, a wypracowane rozwiązanie wdrożono w przemyśle, podkreślając tym samym wartość użyteczną rozprawy. Doktorant udowodnił, że jest dojrzałym pracownikiem nauki, potrafi pracować zarówno samodzielnie jak i w zespole badawczym, a także wypracowywać innowacyjne rozwiązania konstrukcyjne.

4. Analiza rozprawy

Do najważniejszych zagadnień opiniowanej rozprawy doktorskiej należy zaliczyć określenie wpływu cech konstrukcyjnych narzędzia wykrawającego i parametrów procesu perforacji polimerowych kompozytowych pasów transportujących i napędowych na wartość siły perforującej. Ważnym elementem optymalizacyjnym jest tutaj zapewnienie warunków technologicznych najbardziej korzystnych w aspekcie potrzeby wykonywania wysokojakościowych otworów. Problem badawczy należy do typowych problemów projektowo-optymalizacyjnych. Doktorant zdecydował się na wykorzystanie metody hybrydowej polegającej na współkorzystaniu z metod analitycznych i numerycznych. Celem rozwiązania problemu technicznego wykonano symulacje komputerowe w środowisku ABAQUS wykorzystując elementy skończone, a także wykonując serię badań doświadczalnych. W metodzie doświadczalnej wykonano testy wytrzymałościowe na elektromechanicznej maszynie wytrzymałościowej MTS Insight głowicą 50 kN. Na uwagę zasługuje autorskie przygotowanie programu badań jak również zaprojektowanie stanowisk badawczych. Celem prac było uzyskanie optymalnej konstrukcji maszyny do wykonywania precyzyjnej perforacji mechanicznej pasów i taśm do transportu podciśnieniowego. Do niewątpliwych osiągnięć Doktoranta należy zaliczyć większościowy udział w przemysłowym wdrożeniu zaprojektowanego i wykonanego narzędzia wykrawającego oraz opracowanie innowacyjnej technologii systemu precyzyjnego mechanicznego perforowania pasów do transportu podciśnieniowego i sterowania optycznego [17]. Prac badawczo-rozwojowe zrealizowano wspólnie z firmą Wilhelm Herm Muller z Bydgoszczy. Zdecydowanie zyskała na tym wartość użyteczna pracy, w szczególności ze względu na właściwą walidację wyników prac teoretycznych i eksperymentalnych. Doktorant w wyniku realizacji tych prac jest również współtwórcą pięciu patentów z zakresu tej tematyki [12-16]. Wśród przeprowadzonych zgłoszeń patentowych można wyróżnić system mechanicznej perforacji pasów transportu podciśnieniowego oraz sterowania optycznego (UPRP P.431890), urządzenie do perforacji pasów transportujących (UPRP P.431889), głowicę perforującą z dwiema krawędziami tnącymi z ruchomą płytą (UPRP P.431888), głowicę perforującą z dwiema krawędziami tnącymi z ruchomym stemplem do urządzenia do perforacji pasów transportujących (UPRP P.431885) głowicę perforującą z jedną krawędzią tnącą do urządzenia do perforacji pasów transportujących (UPRP P.431884). Wszystkie prace mają charakter oryginalnego dzieła, a proponowane rozwiązania mają charakter produktowej i procesowej innowacji inkrementalnej.

Doktorant otworzył swój przewód jeszcze w dyscyplinie Budowa i Eksploatacja Maszyn, który w wyniku reformy nauki znalazł się obecnie w obrębie Inżynierii mechanicznej. Z całą pewnością opiniowaną rozprawę można uznać za wnoszącą istotny wkład w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie Inżynierii mechanicznej.

Rozprawa doktorska mgra inż. Dominika Wojtkowiaka składa się z cyklu prac naukowych o charakterze przekrojowym potwierdzając tym samym wysoki poziom zrealizowanego zadania badawczo-naukowego. Prace prowadzono zgodnie z dobrymi praktykami w nauce, poczynając od prawidłowo przeprowadzonej analizy bieżącego stanu nauki i techniki, poprzez przeprowadzone badania wstępne, modelowanie właściwości materiałowych rozważanych pasów i taśm, modelowanie procesu perforacji pasów, formalizację efektywnej geometrii stempla z czaszą kulistą, po ostateczną weryfikację i walidację funkcjonalności zaprojektowanych systemów i narzędzi. Wszystkie prace przed publikacją poddano procesowi recenzji przez uznanych ekspertów i recenzentów z dziedziny, co dodatkowo potwierdza ich wysoki poziom naukowy.

W kolejnych artykułach naukowych przedstawiono perforację pasów do transportu podciśnieniowego w aspekcie metod, materiałów i problemów [1], analizy wpływu geometrii krawędzi tnącej na parametry procesu perforacji pasów i taśm transportujących [2], modelowania właściwości mechanicznych wielowarstwowego kompozytu z rdzeniem poliamidowym [3], wyznaczania siły perforacji w przypadku kompozytowego pasa transportującego z uwzględnieniem kształtu stempla [4], wpływ profilu czoła stempla na rozkład naprężenia na krawędzi tnącej [5], określenia najbardziej skutecznych parametrów i cech geometrycznych stempla do wykrawania [6], rozważania problematyki procesu perforacji pasów transportujących za pomocą stempla i matrycy [7], zastosowania metody elementów skończonych przy projektowaniu stempla do perforacji pasów i taśm transportujących [8], analizy współpracy prowadnic oraz ruchomej głowicy przy zastosowaniu łożyska liniowego [9], modelowania procesu perforacji stempla i matrycy do formowania kształtów w urządzeniach formujących i przy konstruowaniu oraz projektowaniu tego typu urządzeń [10]. W pracy [11] przedstawiono także ocenę skuteczności procesu perforacji z uwzględnieniem siły perforacji. Wykorzystując opracowaną metodologię oceny skuteczności stempla oraz oceny trwałości i jakości krawędzi tnącej narzędzia możliwe jest zweryfikowanie cech użytkowych zaprojektowanego stempla.

Na uwagę zasługuje, że bieżący stan nauki i techniki nie zawiera szczegółowych wytycznych prowadzenia procesu projektowania zespołów roboczych do wykonywania otworów w materiałach kompozytowych. Przedstawione prace mogą być zaczątkiem opracowania takich wytycznych. Już wyniki wstępnych badań wykazały, że najkorzystniejsze właściwości eksploatacyjne uzyskuje się poprzez zmianę kształtu czoła stempla, uzyskując krawędź tnącą współpracującą z prostą krawędzią matrycy.

Na proces wykrawania korzystny wpływ mają również parametry technologiczne procesu wykrawania takie jak temperatura stempla i prędkość przemieszczania stempla. Zmiany tych parametrów miały wpływ na wartość siły perforacji. Dzięki opracowanym modelom możliwe jest znaczące przyspieszenie procesu obliczeń numerycznych, a co za tym idzie projektowania również nowych narzędzi wykrawających. Zaproponowano modele analityczne stanu naprężenia w przekrojach krytycznych pasów przy zastosowaniu różnego rodzaju stempli i wykrojników. Zaprojektowano efektywne narzędzia wykrawające otwory o średnicach w przyjętym zakresie 3-10 mm. Do wielokryterialnej optymalizacji parametrów narzędzi i procesów wykorzystano analizy wpływu parametrów geometrycznych stempla z czaszą kulistą takie jak głębokość, promień czaszy, średnicę nominalną, a także luz między stemplem i matrycą. Kryterium optymalizacji było zredukowanie wartości siły perforacji, przy jednoczesnym zachowaniu maksymalnej jakości wykonywanych otworów, a także maksymalnej trwałości narzędzia. Każde z uzyskanych rezultatów przedstawiono w czytelny

sposób na charakterystykach umożliwiających ocenę poszczególnych kryteriów optymalizacyjnych. Przy rozważaniu trwałości narzędzia wykorzystano model analityczny uwzględniając relację siły perforacji do siły poprzecznej. Uzyskana zależność pomiędzy średnicą stempla a efektywną głębokością czaszy kulistej pozwala na uproszczenie procesu projektowania narzędzi do perforacji pasów.

Uzyskane rezultaty Doktorant wykorzystał do opracowania algorytmu modelowania procesu perforacji pasów w aspekcie projektowania wykrojników i automatycznych maszyn wykrawających. W algorytmie zaproponowano procedury dotyczące stempli o znanej i nieznanej geometrii, umożliwiając zaprojektowanie układu napędowego do zautomatyzowanego urządzenia perforującego, zaprojektowanie układu roboczego, a także układu sterowania tego typu urządzeniami.

5. Uwagi krytyczne, pytania merytoryczne oraz dyskusyjne

Zawarte w opinii uwagi mają charakter dyskusyjny i w żaden sposób nie umniejszają wartości rozprawy. W uwagach pominię błędy językowe i interpunkcyjne, które nie wpływają w istotny sposób na wartość naukową rozprawy. Przedstawione uwagi do pracy wynikają bardziej z zainteresowania jej tematyką:

1. Czy homogenizacja tworzywa była uzasadnionym uproszczeniem w przypadku struktury kompozytowej? Czy przyjęty model jest najodpowiedniejszy?
2. Na jakiej podstawie wybrano próbki do badania rozciągania, ściskania oraz ścinania. Czy można było wybrać inne próbki o innej strukturze, które byłyby bardziej odpowiednie do zaplanowanych badań?
3. Czy na przebieg charakterystyk zestawiających wyniki badań doświadczalnych z wynikami badań numerycznych mogły mieć wpływ parametry takie jak gęstość węzłów w modelu MES? Co należałoby zrobić by zbliżyć do siebie charakterystyki, a tym samym zwiększyć precyzję przyjętego modelu? W jaki sposób zamodelowano warunki brzegowe?
4. Dlaczego Doktorant nie zdecydował się na zaprezentowanie i zobrazowanie wyników na wykresach trójwymiarowych lub wielowymiarowych. Umożliwiając tym samym dodatkową korelację poszczególnych parametrów. Np. jednoczesnej zmiany prędkości i temperatury stempla, przy jednoczesnym wpływie na wartość siły perforacji?
5. Co było powodem, że Doktorant już na wczesnym etapie realizacji pracy nie pogłębia analizy literaturowej i przechodzi do uśredniania parametrów kompozytów. W treści pracy występuje przecież wielokrotne powoływanie się na rdzeń aramidowy pasów bez dalszych istotnych następstw w tym zakresie.
6. Czy i jaki wpływ na warunki przeprowadzenia symulacji numerycznej może mieć metoda homogenizacji?
7. Czy Doktorant rozważał zastosowanie modelowania wieloskalowego do symulacji procesu perforacji w najistotniejszych regionach w okolicach zamocowania oraz przy samych otworach, a także do optymalizacji kształtu płyty głowicowo-stemplowej?
8. W jaki sposób dokonywano kalibracji pomiarów geometrycznych oraz w jaki sposób przyjęto referencyjną bazę wymiarową?
9. Jakie działania adaptacyjne należałoby wykonać by móc zastosować wypracowane algorytmy do innego rodzaju pasów?
10. W jaki sposób zdefiniowano „efektywność” narzędzia perforującego? Czy jest możliwe stosowanie w tym przypadku skwantyfikowanego miernika efektywności? W jaki

sposób Doktorant rozumie ocenę poziomu uniwersalności kształtu stempla, na jakiej podstawie określa się, że dany kształt jest najbardziej uniwersalny?

11. Czy Doktorant rozważał rozbudowanie zaproponowanego algorytmu modelowania procesu perforacji pasów w aspekcie projektowania wykrojników automatycznych maszyn wykrawających o warianty geometrii stempla, a także czy rozważał uwzględnienie ścieżki sprzężenia zwrotnego po wykonaniu określonych procedur, lub ewentualnie zastosowanie bloków warunkowych przed przejściem do kolejnego kroku algorytmu?
12. Czy Doktorant rozważa w przyszłości rozważanie dodatkowych parametrów technologicznych, które mogą mieć wpływ na jakość procesu oraz na trwałość narzędzia? Jakie parametry mogłyby być dodatkowo wzięte pod uwagę?

6. Wniosek końcowy

Pośród najbardziej istotnych osiągnięć rozprawy doktorskiej mgra inż. Dominika Wojtkowiaka uznaje holistyczne podejścia do problemu modelowania i projektowania procesu perforacji wykorzystywanego w przypadku perforowania kompozytowych pasów transportujących. To oryginalne opracowanie w postaci rozwiązania złożonego zagadnienia naukowego stanowi istotny wkład w dyscyplinę inżynierii mechanicznej.

Rozprawę oceniam jednoznacznie pozytywnie. Załączone w opinii uwagi i spostrzeżenia mają charakter dyskusyjny i nie mają negatywnego wpływu na wysoką wartość rozprawy doktorskiej mgr. inż. Dominika Wojtkowiaka. Dodatkowym walorem rozprawy jest zdobycie przez Doktoranta szeregu umiejętności w zakresie modelowania, projektowania i wykonywania przedsięwzięć badawczych zarówno eksperymentalnych jak i numerycznych.

Opiniowana rozprawa doktorska mgr. inż. Dominika Wojtkowiaka pt. „Analiza procesu perforacji kompozytowych pasów transportujących i napędowych w aspekcie kształtowania cech konstrukcyjnych narzędzi wykrawających” spełnia wszystkie wymogi stawiane rozprawom doktorskim, określone Ustawą „O stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. Nr 65, poz. 595, z dnia 14 marca 2003 r. z późn. zm.). Uzyskane przez Doktoranta wyniki badań mają wartość nie tylko naukową, ale również i poznawczą. Biorąc pod uwagę wysoki dorobek naukowy i wdrożeniowy Doktoranta wnioskuję o wyróżnienie jego rozprawy doktorskiej, a także wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Mechaniczna Politechniki Poznańskiej o dopuszczenie Pana mgr. inż. Dominika Wojtkowiaka do kolejnych etapów przewodu doktorskiego.

Z poważaniem,

