

Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak
Politechnika Koszalińska

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Tomasza Bartkowiaka
z Politechniki Poznańskiej

DOKŁADNOŚĆ MONTAŻU KORPUSOWYCH ZESPOŁÓW OBRABIARKOWYCH

Promotor: prof. dr hab. inż. Roman Staniek
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Andrzej Gessner

Koszalin, maj 2017

Prof. dr hab. inż. Wojciech Kacalak
Politechnika Koszalińska

RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Tomasza Bartkowiaka
z Politechniki Poznańskiej

DOKŁADNOŚĆ MONTAŻU KORPUSOWYCH ZESPOŁÓW OBRABIARKOWYCH

Promotor: prof. dr hab. inż. Roman Staniek
Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Andrzej Gessner

Ocenę rozprawy doktorskiej mgr inż. Tomasza Bartkowiaka z Politechniki Poznańskiej przedstawiam na podstawie tekstu rozprawy, a także znanych mi wyników projektu LIDER/07/76/L-3/11/NCBR/2012 oraz prac wykonanych i opublikowanych przez doktora.

1. Ocena tematu i koncepcji pracy

Oceniana rozprawa doktorska zawiera wyniki i analizy, będące rozwinięciem problemów rozwiązywanych w projekcie LIDER/07/76/L-3/11/NCBR/2012 „System selektywnego doboru komponentów w montażu obrabiarek”, w którym Autor był głównym wykonawcą.

Celem pracy jest opracowanie metodyki i algorytmów podwyższania dokładności obrabiarek, poprzez wykorzystanie danych o cechach geometrycznych charakteryzujących niedokładność elementów składowych z uwzględnieniem struktury i cech kinematycznych obrabiarki.

Realizacja pracy doktorskiej ukierunkowanej na opracowanie efektywnej metody podwyższania dokładności obrabiarek w procesie ich montażu, jest w mojej ocenie, w pełni uzasadniona względami poznawczymi i aplikacyjnymi.

Cel pracy jest właściwy i poprawnie sformułowany, ale jego rozwinięcie (str. 32) zawiera pewne wady. Autor stwierdza, że „Pod pojęciem dokładności montażu rozumie maksymalny błąd przestrzennego pozycjonowania zespołów korpusowych, jaki istnieje w najbardziej niekorzystnej konfiguracji przestrzennej komponentów struktury geometryczno-ruchowej”.

Warto zauważyć, że takie pojęcia jak: odchylenie, odchyłka i błąd mają odmienne znaczenie. Odchylenie od określonej wartości jest zwykle skutkiem świadomego wyboru, zwykle uzasadnianego określonymi względami. Odchyłka jest skutkiem niekorzystnych i nieuniknionych skutków, wynikających z zachodzących zdarzeń i procesów. Błąd jest natomiast wynikiem niewiedzy lub nieprawidłowej realizacji zadań.

Autor dostrzega potrzebę rozróżniania tych pojęć, jednak w rozprawie zdarza się zmienność definiowania np. (str. 16) „... błąd przestrzennego pozycjonowania zespołów posuwowych, rozumiany jako wynikowa odchyłka pozycji punktu charakterystycznego ...”.

Określenie dokładność montażu, według definicji zapisanej w pracy, nie odnosi się do samego montażu, ale do skutków wszystkich poprzednich operacji technologicznych i założenia, że podczas montażu nastąpi utworzenie najbardziej niekorzystnej konfiguracji komponentów. Można to określić jako górną granicę niedokładności produktu, jakim jest kompletowane urządzenie technologiczne.

2. Hipoteza i zakres pracy

Hipoteza pracy jest poprawna, choć zawiera nieprecyzyjne stwierdzenie „Pomiar powierzchni roboczych obrobionych elementów korpusowych, stanowiących strukturę nośną obrabiarki oraz znajomość jej struktury geometryczno-ruchowej pozwala na obliczenie teoretycznego błędu przestrzennego pozycjonowania zespołów korpusowych, uwzględniającego niedokładności wykonania powierzchni roboczych korpusów składowych”. Można przyjąć, że jednak nie pomiar, lecz wyznaczenie współrzędnych powierzchni roboczych elementów składowych obrabiarki jest warunkiem wykorzystania opracowanych procedur i osiągnięcia efektów wynikających z hipotezy.

Cele i zakres pracy są spójne i ukierunkowane na rozwój metod oceny niedokładności obrabiarek i urządzeń technologicznych oraz na metody podwyższania podczas montażu ich dokładności geometrycznej, a w określonym stopniu, również kinematycznej.

Rozprawa jest kompletna, zawiera poprawne podsumowanie stanu wiedzy i jasne przedstawienie osiągnięć Autora.

3. Ocena poziomu naukowego i osiągnięć rozprawy

Pozytywnie oceniam koncepcję i układ pracy. Zakres pracy obejmuje modelowanie niedokładności dla wybranych struktur geometrycznych i cech kinematycznych obrabiarek, analizę propagacji błędów kinematycznych, wyznaczenie wynikowej niedokładności (3D) oraz opracowanie zależności, określających wpływ określonych przyczyn niedokładności na graniczną wartość odchyłki położenia względnego narzędzia i przedmiotu, odpowiadającą najbardziej niekorzystnej konfiguracji przestrzennej zespołów obrabiarki.

Przedstawione zostały również modele transformacji odchyłek cech geometrycznych zespołów prowadnicowych obrabiarek do wartości charakteryzujących niedokładności cech kinematycznych.

W rozprawie przeprowadzono analizy efektywności różnych metodyk poszukiwania najlepszego wariantu konfiguracji struktury i cech kinematycznych układu konstrukcyjnego obrabiarki z wykorzystaniem algorytmów systematycznego i losowego przeszukiwania oraz algorytmów genetycznych i symulowanego wyżarzania. Przedstawione zostały również wnioski dotyczące dalszych badań.

Do rozprawy dołączono ważniejsze fragmenty skryptów do modelowania mechanizmów kumulacji skutków niedokładności w środowisku Wolfram Mathematica.

Tematyka podjęta w rozprawie doktorskiej w sposób logiczny wynika z dwóch przesłanek. Jedną z nich jest poszukiwanie nowych metod kompleksowej oceny jakości w produkcji obrabiarek, a drugą jest znalezienie rozwiązania o dużym znaczeniu aplikacyjnym, poprzez opracowanie metodyki zapewniającej podwyższenie dokładności obrabiarek w wyniku takiego wyboru podczas montażu dostępnych zespołów, by ich połączenie było najkorzystniejsze.

W pracy poprawnie uwzględniono złożoność problemu poszukiwania optymalnej kombinacji połączeń gotowych podzespołów, wybieranych z określonych zbiorów o równej liczebności tych samych elementów, jednak różniących się parametrami opisującymi

ich dokładność. Złożoność tego zadania wynika z dużej liczby wariantów oraz konieczności wyznaczenia odchyłek końcowych dla różnych położeń elementów, z których część jest ruchoma podczas pracy obrabiarki. Opracowanie metodyki rozwiązywania tego problemu, obejmującej różne algorytmy poszukiwania najkorzystniejszych zestawień elementów dla określonej struktury układu dobrze świadczy o koncepcji pracy i wartości jej wyników.

Doktorant słusznie podkreśla, iż problem doboru zależy od wielkości serii produkcyjnych i organizacji produkcji.

Analizując ten problem Autor założył, iż możliwe jest poszukiwanie zestawień nie tylko poprzez zmiany posiadanych elementów tego samego rodzaju, ale również poprzez zmianę kolejności elementów w strukturze, co jest jednak ograniczone i nie jest możliwe podczas montażu określonej struktury. Dlatego wzór (5.1) na stronie 78 jest poprawny tylko dla przypadków szczególnych i można go uznać za górną granicę możliwych kombinacji. Rzeczywista liczba możliwych kombinacji zależy od liczby możliwych struktur, zazwyczaj mniejszej niż wartość $(n_d!)$.

Oceniając przedstawioną rozprawę można stwierdzić, iż poszukiwanie efektywnych metod, rozszerzających możliwości wykorzystania zbioru wydobywanych danych, charakteryzujących poszczególne elementy składowe, w zastosowaniu do określonych zadań produkcyjnych, zaowocowało istotnymi elementami nowej wiedzy oraz wysoką przydatnością praktyczną.

Dobry poziom rozprawy oraz umiejętność wykorzystywania metod analizy danych w problemach o wysokiej złożoności obliczeniowej jest nieco obniżana poprzez niestaranność opisów rysunków, tablic i cech ocenianych elementów.

Tak np. na stronie 51 tablica 3.2 nosi tytuł „Przyjęte charakterystyki błędów kinematycznych wraz z wyszczególnionymi zmiennymi losowymi w tych charakterystykach oraz ich rozkładami statystycznymi”. W tablicy tej jednak są tylko zależności odchyłki położenia od współrzędnej x i odchyłki kształtu lub wymiaru, a w kolejnej kolumnie przedziały zmienności odchyłek a_{xx} , a_{xy} , ..., opisane, jako „nośnik miary”. Nie są to wbrew tytułowi określone rozkłady statystyczne, a tylko przedziały zmienności.

Na rysunku 2.6 (str. 52) zestawiono wartości błędów kinematycznych, w podpisie zaś użyto określenia „... przebiegi błędów ...”. Na stronie 53 występuje podobne określenie, a

zapewne dotyczy to zmienności odchyłek. Następnie na rysunku 3.7 (str. 54) mamy zależność odchyłki położenia od przemieszczenia w kierunku x i y , a w podpisie występuje sformułowanie „... przebiegi błędu e ...”.

Pozytywnie można ocenić wnioski zawarte na stronie 56, z których wynika, że uzasadniona może być identyfikacja przyczyn największych niekorzystnych wpływów na górną sumaryczną wartość odchyłki położenia i dokonanie określonej korekty tych właśnie elementów, które są źródłem tych niedokładności.

Wysoko oceniam wyniki modelowania połączeń przewodnicowych, chociaż odwołania do dorobku zespołów naukowych Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie nie są zbyt precyzyjne. Odwołanie do pozycji [21] na stronie 62 jest moim zdaniem usterką redakcyjną, a prace profesora Grzegorza Szwegiera nie są dostatecznie uwypuklone.

Najpoważniejsze osiągnięcia naukowe zostały zawarte w rozdziale VI i dotyczą algorytmów doboru korpusów składowych w procesie montażu obrabiarek ze względu na dokładność geometryczną. Algorytm systematycznego przeszukiwania jest przydatny jedynie dla struktur o małych liczbach elementów składowych, produkowanych w małych seriach.

Przyjęta metodyka postępowania, niezależnie od algorytmu poszukiwań najlepszych zestawień elementów składowych, zawsze prowadzi do powstania na końcu pewnego zbioru elementów, które wymagają korekty lub mogą zostać wykorzystane do wytworzenia obrabiarki najmniej dokładnej. Można wprawdzie przyjąć strategię, w której ogranicza się niedokładność najgorszego produktu, czyli ogranicza się dopuszczalną wartość sumarycznej niedokładności w całym zbiorze montowanych obrabiarek, ale wówczas ogranicza się również powstawanie produktów o najwyższej dokładności.

Problem poszukiwania optymalnej strategii postępowania w montażu, w którym kryterium byłaby średnia geometryczna dokładności wszystkich obrabiarek w danej serii produkcyjnej lub ogólniej, pewna funkcja zależna od dokładności wszystkich produktów, jest ważny dla przyszłych systemów wytwarzania i ma znaczenie dla różnych procesów produkcyjnych. Może to być kierunek dalszych prac badawczych.

Stosowanie zaawansowanych algorytmów poszukiwań zbiorów elementów składowych (algorytmów genetycznych i symulowanego wyżarzania), najlepszych ze względu na wskaźnik dokładności, jest uzasadnione czasem obliczeń dla liczniejszych zbiorów

cząstkowych, jednak największą korzyścią jest możliwość uzyskania wyższej jakości montowanych obrabiarek. Autor to wykazał, co dobrze świadczy o Jego przygotowaniu do realizacji prac naukowych. Warto dodać, że zastosowanie tych zaawansowanych algorytmów ma jeszcze jedną wartość, która polega na możliwości ich zastosowania do problemów o dużej różnorodności i złożoności.

4. Wniosek końcowy

W wyniku analizy rozprawy mgr inż. Tomasza Bartkowiaka nt.: DOKŁADNOŚĆ MONTAŻU KORPUSOWYCH ZESPOŁÓW OBRABIARKOWYCH, której promotorem jest prof. dr hab. inż. Roman Staniek, mogę stwierdzić, iż Autor:

- wybrał temat rozprawy ważny dla opracowania, rozwoju i upowszechnienia nowych metod podwyższania jakości obrabiarek o złożonych strukturach w przypadku produkcji mała i średnioseryjnej,
- opracował innowacyjną metodykę doboru zestawu elementów do montażu ze zbiorów elementów składowych, uwzględniającą cechy poszczególnych zespołów oraz zapewniającą podwyższenie dokładności produkowanych obrabiarek, dzięki czemu praca tworzy podstawy optymalizacji procesów montażu,
- przyjął wystarczająco szeroki, spójny zakres zagadnień rozpatrywanych w rozprawie,
- uzyskał wyniki, które mogą być wykorzystane w innych pracach badawczych,
- dokonał poprawnych uogólnień, dotyczących algorytmów poszukiwania najlepszych strategii montażu, tworząc podstawy do dalszych badań i zastosowań.

Stwierdzenia powyższe są podstawą opinii, iż rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim. Wnoszę o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

