

### Streszczenie rozprawy doktorskiej

Tytuł: System ekspercki, oparty o wnioskowanie rozmyte, wspierający produkcję kadłubów ADT, silnika PW1000G, z użyciem centr obróbczych CNC

**Streszczenie** W pracy podjęto zagadnienie kontroli jakości obudów przekładni lotniczych (*Accessory Drive Train - ADT*) w warunkach linii produkcyjnej. W przypadku najbardziej odpowiedzialnych elementów konstrukcji lotniczych, takich jak elementy silników i przekładni, kontroli wymiarowej podlegają wszystkie wytwarzane sztuki. Ze względu na wymaganą dokładność detali, charakterystyki wymiarowo-kształtowe są pozyskiwane z zastosowaniem współrzędnościowych maszyn pomiarowych (*Coordinate Measuring Machine - CMM*). Największym mankamentem tego typu podejścia jest wysoki koszt zakupu i utrzymania CMM oraz długi czas pomiaru.

Przedstawiono alternatywną metodę kontroli finalnej odchyłek położenia gniazd łożysk, poprzez zastąpienie współrzędnościowej maszyny pomiarowej (CMM) maszyną sterowaną numerycznie (CNC) wyposażoną w zestaw sond pomiarowych oraz adaptacyjnym rozmyto-neuronowym systemem wnioskowania. Takie podejście jest zbieżne z realizowaną w przedsiębiorstwie ideą „Przemysłu 4.0” oraz koncepcją obróbki za zamkniętymi drzwiami (ang. Closed Door Technology - CDT) realizowaną na poziomie korporacji.

W ramach wykonanych prac, opracowano detal testowy dla maszyny. Centra obróbcze CNC zostały doposażone w odpowiednio skonfigurowane tensometryczne sondy pomiarowe. Przeprowadzono eksperymenty pomiarowe z zastosowaniem trzech różnych sond pomiarowych. Pomiary odbywały się zgodnie z czterema sekwencjami, o coraz większym stopniu złożoności a następnie dokonano oceny jakości pomiarów w oparciu o narzędzia R&R oraz SPC. Dla 97 korpusów zebrano dane pomiarowe, na CNC oraz CMM, dla wytypowanych charakterystyk kluczowych dla jakości produktu. Opracowano metodę tworzenia danych syntetycznych, utworzono zbiory danych syntetycznych oraz poddano je procesowi oceny. Zaproponowano dwa schematy modeli ANFIS dla pomiarów charakterystyk kluczowych na CNC. Pierwsza z pomiarem kalibrującym na CMM, drugi bazujący wyłącznie na pomiarach CNC. Przygotowano zestawy uczące, testowe oraz walidacyjne dla modeli ANFIS a następnie opracowano modele neuronowo-rozmyte dla każdej z charakterystyk oraz dla dwóch schematów pomiarów. Wytypowano wskaźniki jakościowej oceny predykcji badanych modeli neuronowo-rozmytych. Przeprowadzono badania mające na celu dobór optymalnej konfiguracji każdego z modeli. Wytypowano konfigurację optymalną modelu ANFIS dla każdej z charakterystyk kluczowych.

W pracy wykazano, że alternatywny pomiar charakterystyk kluczowych korpusów przekładni ADT, realizowany w oparciu o centra CNC oraz system neuronowo-rozmyty jest akceptowalny z punktu widzenia finalnej kontroli jakości produktu. Ponadto, proces technologiczny wytwarzania korpusów jest w pełni zautomatyzowany i realizowany w całości na linii produkcyjnej.

Autor: mgr inż. Grzegorz Bomba

Promotor: dr hab. inż. Piotr Gierlak, prof. PRz

Promotor pomocniczy: dr inż. Magdalena Muszyńska