

STRESZCZENIE

Wdrożenie koncepcji ustalenia dziedziczności technologicznej procesu wytwarzania drugiej generacji zespolonych piast samochodowych z łożyskiem tocznym z wykorzystaniem nowoczesnych systemów pomiarowych

Niniejsza praca powstała jako potrzeba rozwiązania problemów FŁT Kraśnik S.A. związanych z wdrożeniem produkcji zespolonych piast łożyskowych. W ramach prac eksperymentalnych uruchomiono produkcję piasty łożyskowej drugiej generacji opartej na konstrukcji dwubieżniowego łożyska kulowego skośnego. Głównym celem rozprawy doktorskiej było opracowanie koncepcji ustalenia dziedziczności technologicznej procesu wytwarzania pierścieni łożyskowych na podstawie analizy statystycznej uzyskanych wyników pomiarów.

We wstępie pracy wyjaśniono pojęcie **dziedziczności technologicznej** w inżynierii mechanicznej jako zjawiska przenoszenia i kumulowania wpływu wcześniejszych operacji technologicznych na właściwości geometryczne i materiałowe wykonywanych części maszyn w kolejnych etapach procesu technologicznego.

Realizacja celu głównego została poprzedzona opisem aktualnego stanu wiedzy na temat zespolonych piast łożyskowych. Dokonano przeglądu literatury podkreślając kluczowe znaczenie zjawiska dziedziczności technologicznej w inżynierii produkcji precyzyjnych wyrobów. Wskazuje on na konieczność całościowego podejścia do projektowania procesów technologicznych łącząc wiedzę o materiałach, ich mikrostrukturze, naprężeniach, parametrach obróbki wraz z matematycznym modelowaniem. Opracowane skomplikowane modele matematyczne, oparte na rachunkach macierzowych i różniczkowych, nie są stosowane w warunkach przemysłowych. Dlatego poszukuje się prostych rozwiązań pozwalających na opracowywanie procesów produkcyjnych z uwzględnieniem dziedziczności technologicznej.

Cel główny pracy, teza badawcza i sposób realizacji pracy doktorskiej poprzedził rozdział, w którym przeprowadzono analizę konstrukcji piasty łożyskowej drugiej generacji oraz opracowano model matematyczny równania łańcucha wymiarowego dla luzu osiowego oraz jego równania tolerancji. Przeprowadzono weryfikację modelu matematycznego poprzez analizę i syntezę łańcucha wymiarowego oraz weryfikację tolerancji przyjętych przez konstruktora. Dokonano wyboru elementów składowych piasty do wykonania eksperymentów, przyjęto licznosci próbek, wytypowano obserwowane zmienne ilościowe i określono parametry technologiczne jako zmienne niezależne dla operacji toczenia oraz wykonano badania zdatności maszyn pod kątem zapewnienia wymaganych wskaźników dla kluczowych charakterystyk. Wyniki pomiarów, wykonanych po każdej operacji procesu technologicznego, poddano analizie statystycznej z wykorzystaniem korelacji wielowymiarowej i regresji. Ustalono, które wymiary i po jakich operacjach charakteryzują się wrażliwością na wcześniejsze operacje wykonując analizę opisową i badania normalnego rozkładu średnic bieżni z wykorzystaniem testu Shapiro-Wilka. *Zbadano korelacje pomiędzy zmiennymi zależnymi a niezależnymi za pomocą testu korelacji punktowo-dwuseryjnej Pearsona oraz przeprowadzono analizę jednorodności wariancji przy użyciu testu Levene'a.* Wykorzystując test Pearsona przeanalizowano również potencjalne zależności kaskadowe. Dla bieżni pierścienia zewnętrznego wykonano badanie na występowanie korelacji krzyżowej. Zaobserwowano silne i umiarkowane korelacje pomiędzy średnicami bieżni po toczeniu a średnicami po obróbce cieplnej dla wszystkich typów pierścieni. Obliczono współczynnik determinacji oraz statystykę Fishera-Snedecora. Zbadano wykresy normalności reszt, obliczono intercept, współczynnik regresji b , standaryzowany współczynnik regresji b^* , oraz poziomy istotności p dla oceny statystycznej istotności poszczególnych

parametrów. Opracowano modele dziedziczności technologicznej dla średnic bieżni łożyskowych po hartowaniu z odpuszczaniem zespolonej piasty łożyskowej II generacji z wykorzystaniem konstrukcji łożyska kulowego skośnego.

Wyniki badań i opracowane modele matematyczne równania dziedziczności technologicznej posłużyły do opracowania wniosków końcowych zestawionych w rozdziale siódmym pracy. Zawierają one również krótkie podsumowanie wykonanego przeglądu literatury. Podkreślono zrealizowanie głównego celu pracy polegającego na ustaleniu relacji dziedziczności technologicznej wymiarów wybranych elementów składowych zespolonej piasty łożyskowej drugiej generacji. Badania wykazały, że cechy geometryczne powstałe w wyniku wcześniejszych operacji technologicznych mają istotny wpływ na jakość wyrobu. Potwierdzają zasadność przyjętej koncepcji badawczej oraz stanowią dowód na postawioną tezę badawczą pracy o istnieniu dziedziczności technologicznej. Podkreślono również wartość praktyczną uzyskanych rezultatów badań z możliwością zastosowania opracowanej metodyki w przemyśle łożyskowym. Zaproponowano kierunki prowadzenia dalszych badań nad dziedzicznością technologiczną, obejmujące dodatkowe czynniki wpływające na ostateczną jakość wyrobu, takie jak deformacje cieplne, naprężenia resztkowe oraz kształt i proporcje wymiarowe.