

STRESZCZENIE

Tytuł rozprawy: **Modelowanie i symulacja numeryczna procesu hartowania gazowego kół zębatych wykonanych ze stali Pyrowear 53.**

Kontrola odkształceń precyzyjnych części maszyn, takich jak koła zębate do przekładni lotniczych, należy do jednych z najważniejszych aspektów kontroli ich jakości. Wymagania przemysłu lotniczego stawiane, zarówno przez jednostki nadzoru lotniczego, jak i wewnętrzne normy jakościowe w zakresie opracowywania i wdrażania nowych technologii, narzucają konieczność przeprowadzania badań i potwierdzania zgodności cech wytwarzanych części z dokumentacją techniczną. Efektywność tych działań zwiększa się znacząco dzięki zastosowaniu komputerowych symulacji operacji technologicznych, uznawanych za filar automatyzacji procesów wytwarzania.

Celem podjętych w pracy badań (prowadzonych w ramach programu "Doktorat wdrożeniowy") było opracowanie oraz walidacja modelu numerycznego wysokociśnieniowego procesu hartowania gazowego (HPGQ) kół zębatych ze stali Pyrowear 53, z myślą o jego zastosowaniu w przemyśle lotniczym przez firmę Pratt & Whitney Rzeszów. Założono, że model numeryczny będzie stanowił efektywne narzędzie symulacyjne, zdolne do przewidywania wpływu zmian parametrów procesów obróbki cieplnej na charakterystyki wymiarowe wyrobów. Ma umożliwić porównywanie wyników zastosowania innowacyjnej metody hartowania gazowego z obecnie stosowanym hartowaniem w oleju oraz pozwolić na jego optymalizację w aspekcie minimalizacji odkształceń obrabianych części. Spodziewanym efektem prowadzonych badań było również przyczynienie się do podniesienia poziomu gotowości produkcyjnej (MRL) nowych technologii w skali przemysłowej, co stanowi istotny krok w kierunku ich certyfikacji i zatwierdzenia.

W pracy opracowano model procesu składający się z modeli cząstkowych m.in. właściwości materiału, dyfuzji czy wymiany ciepła. W 6 rozdziałach przedstawiono: studium literatury przedmiotu, obejmujące zagadnienia teoretyczne i technologiczne obszaru obróbki cieplnej stali konstrukcyjnej, jak i zastosowania numerycznych metod analitycznych oraz symulacji komputerowych tych procesów; analizę stanu zagadnienia, na podstawie której zdefiniowano cel i zakres badań własnych; założenia oraz metodykę badań i analiz własnych; dyskusję uzyskanych wyników; podsumowanie oraz konkluzje wynikające z przeprowadzonych badań.

W wyniku realizacji zaplanowanych badań ustalono m.in., że symulacja komputerowa umożliwia optymalizację technologii hartowania nawęglonych kół zębatych już na etapie jej projektowania. Opracowany model numeryczny pozwala analizować wpływ zmian poszczególnych parametrów procesu na cechy jakościowe obrabianych części maszyn. Dotyczy to zarówno operacji hartowania w oleju hartowniczym jak i gazie. Możliwe jest przewidywanie zmian właściwości mechanicznych bądź charakterystyk wymiarowych obrabianych elementów, w wyniku zmiany medium chłodzącego, temperatury czy czasu procesu. Wspomaga to wdrażanie modyfikacji procesu technologicznego oraz minimalizuje konieczność wykonywania czasochłonnej i kosztownych procedur eksperymentalnych.

Słowa kluczowe: przekładnie lotnicze, koła zębate, nawęglanie, LPC, hartowanie, HPGQ, modelowanie, symulacja komputerowa, DEFORM.