

## **STRESZCZENIE**

Kontrola odkształceń precyzyjnych części maszyn, takich jak koła zębate w przekładniach lotniczych, należy do jednych z najważniejszych aspektów kontroli ich jakości. Wymagania przemysłu lotniczego, zarówno przez jednostki nadzoru lotniczego, jak i wewnętrzne normy jakościowe w zakresie opracowywania i wdrażania nowych technologii, wymagają przeprowadzenia badań i potwierdzenia zgodności cech wytwarzanych części z dokumentacją techniczną. Efektywność tych działań znacząco zwiększa zastosowanie komputerowych symulacji operacji technologicznych, uznawane za filar automatyzacji procesów wytwarzania.

Celem podjętych badań (prowadzonych w ramach programu "Doktoratu wdrożeniowy") było opracowanie oraz walidacja modelu numerycznego wysokociśnieniowego procesu hartowania gazowego (HPGQ) kół zębatach 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 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 jego optymalizację w kierunku minimalizacji odkształceń obrabianych części. Spodziewany efekt prowadzonych badań to również przyczynienie się do podniesienia poziomu gotowości produkcyjnej (MRL) nowych technologii w skali przemysłowej, co stanowi istotny krok w kierunku certyfikacji i zatwierdzenia nowych metod obróbki w produkcji lotniczej.

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, przytaczając podstawowe wiadomości z obszaru metalurgii procesów obróbki cieplnej, 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 procesu już na etapie jego 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 procesów eksperymentalnych.