



Politechnika Śląska w Gliwicach

Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki

Instytut Maszyn i Urządzeń Energetycznych



NUMERYCZNA OCENA ZJAWISK CIEPLNO- PRZEPŁYWOWYCH W WYBRANYCH WĘZŁACH STOPNIA TURBINY GAZOWEJ

Praca doktorska

Mgr inż. Krzysztof Bochon

Promotor:

Dr hab. inż. Włodzimierz Wróblewski prof. nzw. w Pol. Śl.

Gliwice, 2012

Numeryczna ocena zjawisk ciepłno-przepływowych w wybranych węzłach stopnia turbiny gazowej

Praca doktorska - streszczenie

Autor: mgr inż. Krzysztof Bochon

Promotor: dr hab. inż. Włodzimierz Wróblewski prof. nzw. w Pol. Śl.

Praca obejmuje zagadnienia związane w przepływem płynu oraz wymianą ciepła w elementach wierzchołkowych turbiny gazowej. Jej głównym celem była optymalizacja konfiguracji geometrycznej uszczelnienia nadbandażowego z wypełnieniem o strukturze plastra miodu, przeciwbieżnej turbiny niskoprężnej silnika turbośmigłowego oraz analiza sprzężona ciepłno-przepływowa obszaru uszczelnienia i komory nad uszczelnieniem.

W celu przeprowadzenia efektywnej optymalizacji, model geometryczny uszczelnienia został uproszczony, w oparciu o obliczenia pozwalające ocenić ich wpływ na jakość wyniku. Wiele uwagi poświęcono przygotowaniu siatki obliczeniowej. W dalszej części przedstawiono definicję warunków brzegowych, modelu fizycznego oraz omówiono parametry brane pod uwagę w czasie optymalizacji.

Optymalizację przeprowadzono w oparciu o obliczenia CFD wykonane komercyjnym kodem ANSYS-CFX. Celem optymalizacji była redukcja strumienia przecieku przez uszczelnienie. Optymalizację wykonano przy pomocy komercyjnych narzędzi dostępnych w środowisku ANSYS Workbench, z wykorzystaniem metody Goal Driven Optimization. Wyniki zostały porównane z obliczeniami wykonanymi przy pomocy akademickiego kodu optymalizacyjnego bazującego na algorytmie ewolucyjnym. Najkorzystniejszą konfigurację geometryczną otrzymano z wykorzystaniem metody Goal Driven Optimization. Uzyskane w poszczególnych metodach optymalizacji konfiguracje geometryczne uszczelnienia wskazywały na zbliżoną tendencję zmian. Optymalizację uzupełniono o analizę wrażliwości.

Najkorzystniejsze rozwiązanie poddano weryfikacji na rozbudowanym modelu geometrycznym i zagęszczonej siatce. Weryfikacja potwierdziła poprawność wyników otrzymanych podczas optymalizacji oraz znaczną redukcję strumienia przecieku, wynoszącą 17.26%. Wykorzystując obliczenia na potrzeby weryfikacji, przeprowadzono rozszerzoną analizę uszczelnienia, w której pod uwagę brano takie parametry jak: ciśnienie spoczynkowe i statyczne, prędkość przepływu, entropię właściwą oraz kinetyczną energię turbulencji. Pozwoliło to na ocenę wpływu geometrii na rozkłady tych parametrów oraz na lokalizację głównych miejsc generowania strat.

Analizę uszczelnienia rozszerzono o obliczenia przy zmienionym ciśnieniu na wylocie z uszczelnienia oraz przy zwiększonym trzykrotnie poziomie ciśnienia w całej domenie obliczeniowej. Zmiany ciśnienia nie miały istotnego wpływu na charakter i struktury przepływu. Ponadto wykonano obliczenia dla uszczelnienia przy zmniejszonej szczelinie nad zębami, co pokazało m.in. bardzo duży wpływ tego parametru na ograniczenie przecieku i złagodzenie efektu mieszania strumienia przecieku z przepływem głównym.

Analiza sprzężona ciepłno-przepływowa poprzedzona była obliczeniami dla wirujących komór prezentowanych w literaturze oraz docelowej komory, wydzielonej z obszaru uszczelnienia. Ich celem była weryfikacja modelu obliczeniowego, ogólna ocena zjawiska oraz dobór rozmiaru domeny obliczeniowej. Analizę sprzężoną całego obszaru uszczelnienia wykonano dla dwóch różnych współczynników przewodzenia ciepła metalu, co powodowało inny rozkład temperatury oraz inne warunki wymiany ciepła. W obydwu przypadkach odnotowano bardzo małe wartości względnych prędkości powietrza w komorze oraz brak wyraźnych ruchów konwekcyjnych. Zmiana współczynnika przewodzenia ciepła powodowała nieznaczną różnicę wartości liczby Nusselta.

Badania były możliwe dzięki finansowemu wsparciu Unii Europejskiej (UE) w ramach projektu ACP7-GA-2008-211861 "DREAM" Validation of radical engine architecture systems.