

Celem projektu jest szczegółowa analiza zjawisk zachodzących w mikrokanalach powstałych między dwoma wirującymi tarczami, a także określenie warunków zwiększenia efektywności transferu momentu pędu między czynnikiem a dyskami poprzez dobór parametrów powierzchni tarcz. Temat ten jest istotny w wielu dziedzinach techniki i nauki, a w szczególności dla maszyn wiskotycznych. Zasada działania tych maszyn opiera się nie na reakcji czynnika na elementy wirnika, lecz na zjawisku dyfuzji pędu dzięki lepkości płynu oraz sile adhezji. Poprzez modyfikację powierzchni wirujących dysków np. poprzez mikrokanały lub chropowatość kierunkową, możliwe jest zwiększenie kontroli nad zjawiskami zachodzącymi w szczelinie między wirującymi tarczami.

Badania prowadzone będą za pomocą metod analitycznych, numerycznych oraz eksperymentalnych. Metody analityczne będą polegały na rozwiązywaniu uproszczonych, dwywymiarowych równań różniczkowych pola przepływu z uwzględnieniem poprawek mających wprowadzić wpływ parametrów powierzchni. Zaimplementowane zostaną metody umożliwiające zadawanie kształtu profilu prędkości w szczelinie oraz kątów wektorów prędkości przy jednoznacznej determinacji naprężeń generowanych na ściankach dysków.

Symulacja numerycznej dynamiki płynów (CFD) będzie prowadzona z wykorzystaniem pakietu komercyjnego Ansys CFX, który wykorzystuje metodę objętości skończonych. Opracowany zostanie pełny i częściowy model numeryczny turbiny do badania zjawisk przepływowych. W analizach będzie wykorzystywana metoda uśredniania Reynoldsa równań Naviera-Stokesa (uRANS), jak i metoda Large Eddy Simulation (LES). Za pomocą technik optymalizacyjnych opracowany zostanie referencyjny model turbiny o maksymalnej sprawności. Parametrami w analizie będą konstrukcja dysz oraz cechy geometryczne dysków wirnika. Analiza numeryczna będzie podstawą opracowywania metody opisu i doboru parametrów powierzchni dysków. Analiza będzie prowadzona dla powietrza jako gazu doskonałego, jak również dla czynnika organicznego jako gazu rzeczywistego.

Badania eksperymentalne będą prowadzone przy wykorzystaniu instalacji powietrznej zasilanej dmuchawą Rootsa przy maksymalnym stosunku ciśnień 1.88. Instalacja powietrzna zostanie zmodyfikowana, aby mogła pracować z nadciśnieniem, umożliwiającym otrzymanie parametrów krytycznych oraz przepływów nadkrytycznych w układzie dyszowym. Istniejąca turbina referencyjna posiada wirnik z 5 tarczami o średnicy 160mm. Jej uniwersalna konstrukcja pozwala na zmianę liczby tarcz, rozmiaru szczeliny międzycieczowej oraz konfiguracji dysz. Ważną częścią stanowiska jest system pomiarowy. Wszystkie szybkozmiennne sygnały pomiarowe są przekazywane do modułów pomiarowych przez układ National Instruments i obrabiane za pomocą oprogramowania LabView. Za pomocą eksperymentu zostanie wykonana walidacja wyników otrzymanych z metod analitycznych i numerycznych, a także sposobu doboru parametrów powierzchniowych dysków

Plan badań obejmuje następujące zadania cząstkowe:

1. Stworzenie modelu semi-analitycznego i numerycznego w celu: zidentyfikowania sposób w jaki powstają struktury przepływowe w szczeliny między wirującymi tarczami, określenia rozkładu naprężeń obwodowych na tarczach zależnie od różnych konfiguracji geometrycznych dysz zasilających i szerokości szczeliny, ustalenia parametrów operacyjnych. Określenie geometrii referencyjnej turbiny przez optymalizację przy użyciu metody planowania eksperymentu (Design of Experiment).
2. Wykonanie trójwymiarowych analiz numerycznych przepływów między tarczami metodami unsteady Reynolds Averaged Navier Stokes (uRANS) oraz Large Eddy Simulation (LES). Określenie wpływu niestacjonarności na formowanie się zjawisk.
3. Wykonanie eksperymentu w celu walidacji wyników i wniosków wyciągniętych na podstawie metod semi-analitycznych i numerycznych dla powietrza jako czynnika roboczego.
4. Rozszerzenie modeli o wpływ parametrów powierzchni dysków
5. Opracowanie optymalnej metody doboru chropowatości kierunkowej oraz mikrokanalów na powierzchni dysków w celu zwiększenia efektywności transferu momentu pędu.
6. Walidacja eksperymentalna metody doboru parametrów powierzchni
7. Numeryczna ewaluacja opracowanej metody dla czynników organicznych, charakteryzujących się niskim potencjałem tworzenia efektu cieplarnianego (GWP).