

Streszczenie

W niniejszej pracy przedstawione zostały zjawiska ciepłno-przepływowe zachodzące w połączonych płetwami rurach gładkich. Omówione zostały dotychczas przeprowadzone badania zaprezentowane w literaturze, dotyczące określania warunków pracy elementów kotłów energetycznych oraz wyznaczania rozkładu temperatury w rurach ekranowych kotłów. W dalszej części pracy przeanalizowano tok obliczeniowy, który został wykorzystany w celu stworzenia autorskiego algorytmu numerycznego zapisanego w programie MATLAB, a następnie badania eksperymentalne związane z wyznaczaniem rozkładu temperatury w jednostronnie ogrzewanych rurach gładkich połączonych płetwami.

W rozdziałach 1 oraz 2 przedstawiono cele niniejszej pracy. Zaplanowane zostało stworzenie modelu numerycznego pozwalającego na wyznaczenie rozkładu temperatury oraz naprężeń cieplnych w połączonych płetwami gładkich rurach ekranowych zabudowanych w kotle pracującym przy parametrach nadkrytycznych. Przedstawiona została teza, że zróżnicowanie strumienia ciepła padającego na powierzchnię sąsiednich rur ekranowych wpływa na wzrost naprężeń cieplnych występujących w rurach ekranowych i łączących je płetwach. Weryfikacja postawionej tezy została przeprowadzona poprzez stworzenie algorytmu numerycznego i porównanie otrzymanych z niego wyników z wynikami uzyskanymi z modelu CFD oraz pomiarów przeprowadzonych na dedykowanym stanowisku badawczym.

Rozdział 3 zawiera opis dotychczasowego stanu zagadnienia. Przedstawione prace zostały podzielone na opracowania dotyczące warunków pracy kotłów oraz na opisujące warunki pracy rur ekranowych. Wśród prac, w których omówiono proces wymiany ciepła w rurach parownika, zostały pokazane prace opisujące różne modele wyznaczania rozkładu temperatury w pojedynczej rurze.

Rozdział 4 poświęcony został analizie zjawisk ciepłno-przepływowych – zaprezentowano wykorzystane równania bilansowe masy, pędu i energii. Przedstawiono także równania pozwalające na określenie rozkładu temperatury w połowie przekroju rury ekranowej połączonej z płetwą, które po modyfikacji zostały wykorzystane do stworzenia autorskiego algorytmu numerycznego. Omówiono także równania pozwalające na wyznaczenie współczynnika liniowych strat tarcia, liczby kryterialnej Nusselta oraz współczynnika wnikania ciepła dla rur gładkich.

W rozdziale 5 opisany został przebieg procesu wymiany ciepła w połączonych rurach ekranowych pracujących w komorze spalania kotła nadkrytycznego. Omówione zostały warunki techniczne występujące w kotłach nadkrytycznych, z uwzględnieniem występującej w nich zmiany geometrii rur parownika. Określone zostały zależności pozwalające na wyznaczenie rozkładu temperatury w wybranych punktach całego przekroju poprzecznego rury ekranowej połączonej z płetwą, które mogą zostać wykorzystane podczas analizy prowadzonej dla kilku połączonych rur.

Rozdział 6 zawiera opis autorskiego algorytmu numerycznego, który pozwala na określenie rozkładu temperatury w kilku rurach ekranowych połączonych płetwami. W zaproponowanym programie numerycznym możliwe jest założenie równomiernego lub nierównomiernego ogrzewania podziałek rozstawienia rur ekranowych. W celu zwiększenia dokładności prowadzonej symulacji parametry termodynamiczne dla każdego z punktów charakterystycznych układu oraz dla czynnika przepływającego wewnątrz rur ekranowych są wyznaczane w każdym kroku czasowym. Zaprezentowane zostały uzyskane rozkłady temperatury oraz naprężeń dla kilku wybranych przekrojów poprzecznych układu składającego się z trzech rur, podczas równomiernego i nierównomiernego ogrzewania. Otrzymane rozkłady temperatury zostały zweryfikowane z wynikami uzyskanymi z modelu CFD stworzonego w programie ANSYS Fluent.

W rozdziale 7 omówiono główne założenia oraz elementy stanowiska badawczego pozwalającego na określenie rozkładu temperatury na powierzchni czołowej trzech pionowo umieszczonych rur gładkich połączonych płetwami, które mogły być ogrzewane w sposób równomierny lub nierównomierny. Omówione zostały parametry wykorzystanych urządzeń oraz aparatury pomiarowej, a także rozmieszczenie punktów pomiarowych na całym układzie.

Rozdział 8 przedstawia efekty weryfikacji eksperymentalnej. Porównano w nim wyniki uzyskane podczas badań doświadczalnych przeprowadzonych na stanowisku badawczym oraz wyznaczone z autorskiego algorytmu numerycznego. Dyskusja błędów wyznaczonych dla otrzymanych rozkładów temperatury pozwala na stwierdzenie, że proponowany algorytm obliczeniowy zapewnia zadowalającą dokładność obliczeń i uzyskane przy jego użyciu wyniki mogą być wykorzystywane np. do wyznaczania rozkładu naprężeń dla analizowanego modelu.

Przeprowadzone symulacje oraz badania eksperymentalne pozwoliły na realizację postawionego celu oraz potwierdzenie postawionej tezy. Zaproponowany algorytm numeryczny umożliwia określenie rozkładu temperatury w kilku połączonych rurach ekranowych i łączących je płetwach dla równomiernego i nierównomiernego ogrzewania kolejnych podziałek rozstawienia rur wchodzących w skład analizowanego modelu. Wyznaczony rozkład temperatury może zostać wykorzystany do określenia rozkładu naprężeń termicznych dla przekroju poprzecznego analizowanego układu.