

Recenzja rozprawy doktorskiej
Mgr inż. Mieszka Tokarskiego
"Wdrożenie do produkcji nowej generacji pochłaniaczy pary do
pieców konwekcyjno-parowych "
Promotor rozprawy: dr hab. inż. Ziemowit Ostrowski, prof. nzw.
Promotor pomocniczy: dr inż. Arkadiusz Ryfa

Podstawą formalną opracowania recenzji jest prośba o wykonanie recenzji w postępowaniu o nadanie stopnia doktora nauk inżynieryjno-technicznych mgr inż. Mieszkowi Tokarskiemu w piśmie z dnia 18.10.2021 r.

A OCENA TEMATYKI PODJĘTYCH BADAŃ

Pochłaniacze pary to urządzenia ciepłno-przepływowe szeroko stosowane w gastronomii. Zaprojektowane są one do współpracy z piecami konwekcyjno-parowymi. Wyprodukowana para wodna ma bezpośredni kontakt z potrawami w komorze roboczej pieca, mogą jej towarzyszyć cząsteczki stałe i krople tłuszczu, które są nośnikami zapachów. Pochłaniacz pary (Condensation Hood -CH) wyposażony jest w odpowiedni wymiennik ciepła, który umożliwia wychwycenie pary wodnej, skroplenie jej i skierowanie z powrotem do pieca. Dodatkowo wychwytywane są cząsteczki stałe, krople i zapachy tak aby nie doszło do zanieczyszczenia pomieszczenia. Z wykonanego przeglądu literatury wynika, że pomimo powszechnego zastosowania CH w gastronomii mało prac poświęconych jest ich badaniu eksperymentalnym i modelowaniu numerycznym. Podjęty temat badań należy więc uznać za ambitny i uzasadniony. Recenzowana praca stanowi również cenne uzupełnienie dostępnych w literaturze analiz poświęconych konwekcyjnej wymiany ciepła i wpisuje się w nurt tej tematyki.

B. CHARAKTERYSTYKA PRACY

Recenzowana praca doktorska jest napisana w języku angielskim, liczy 163 strony i została podzielona na 7 rozdziałów. Rozpoczyna się ona od spisu treści, podziękowań i przyjętych oznaczeń. Praca kończy się spisem literatury, czterema załącznikami oraz streszczeniami w języku angielskim i polskim.

W rozdziale pierwszym zamieszczono wstęp, w którym przedstawiono aktualny przegląd literatury łącznie z wybranymi pozycjami z roku 2021. Cytowane prace

zawierają opis zestawów złożonych z pieców konwekcyjno-parowych oraz pochłaniaczy pary, numeryczne analizy zjawiska kondensacji pary w obecności gazów niekondensujących oraz kilka wyników z badań doświadczalnych.

W rozdziale drugim zdefiniowano główne cele pracy, najważniejsze zadania z powołaniem na opublikowane już prace Doktoranta.

Rozdział trzeci zawiera ogólny schemat pieca konwekcyjno-parowego bez oraz z dodatkiem CH. Zaprezentowane schematy i krótki opis uzasadnia sens zastosowania CH, którego analiza oraz modyfikacje są głównym celem tej pracy.

Na uwagę zasługuje rozdział czwarty. Opisano w nim konstrukcję CH, który został wyprodukowany przez firmę Retech Ltd. Składa się on z dwóch pęczków po 24 wewnętrznie żebrowanych rur. Powietrze chłodzące przepływa wewnątrz rur a para wodna opływa ich zewnętrzną gładką powierzchnię. Dla analizowanej konstrukcji CH zapisano równania bilansu masy i energii, opisano przyrządy pomiarowe stosowane w badaniach eksperymentalnych. Zmierzone przebiegi temperatury wykazały, że CH pracuje w warunkach nieustalonych. Aby uprościć analizę przeprowadzono badania laboratoryjne przy stałych w czasie natężeniach przepływu powietrza i pary wodnej poprzez podłączenie CH do generatora pary o mocy 3,4kW (przypadek A) oraz 27kW (przypadek B). Pracę CH w rzeczywistych warunkach nieustalonych oznaczono jako przypadek C. Następnie zainstalowano dodatkowy kanał na wyjściu z CH aby umożliwić pomiar rozkładu prędkości powietrza opuszczającego CH. Zmodyfikowano też sposób odbioru skroplin aby umożliwić dokładniejszy pomiar ich masowego strumienia przepływu. W drugiej części rozdziału czwartego opisano opracowany model numeryczny i zaprezentowano wyniki. Pomimo wielu przyjętych uproszczeń w modelu CH nie udało się uzyskać dobrej zgodności pomiędzy zmierzonymi i obliczonymi z modelu numerycznego wartościami temperaturami.

W rozdziale piątym Autor zaproponował modyfikację konstrukcji CH polegającą na usunięciu 12 z 48 rurek, co stanowi 25 % ogółu powierzchni wymiany ciepła i odpowiada zredukowaniu łącznej długości rur z 13,5 m do 10,1 m. W celu poprawy rozprętu pary wodnej na pęczkach rur zmieniono wymiary i lokalizację przegród po stronie pary tak, aby wydłużyć czas kontaktu pary wodnej z rurkami. Pomimo redukcji powierzchni wymiany ciepła starano się utrzymać sprawność wykrapłania na poziomie 90%. Zbudowano egzemplarz prototypowej konstrukcji CH, dla której wykonano badania eksperymentalne. Dla badań prowadzonych w warunkach ustalonych uzyskano spadek sprawności wykrapłania między 6 i 10%.

Rozdział szósty opisuje propozycję nowej konstrukcji CH. Powietrze chłodzące poprowadzono na zewnątrz rurek, a parę wodną skierowano do ich wnętrza. Pozwoliło to na zastosowanie rurek zewnętrznie żebrowanych oraz na ograniczenie ich liczby z pierwotnych 48 (o łącznej długości 13,5 m) do zaledwie 5 (o długości 4,7 m). W rezultacie, dotychczasowe dwa pęczki rurek połączono w jeden wyposażony w kierownicę od strony powietrza. Wyniki symulacji numerycznej wykazały wzrost sprawności wykrapłania co potwierdziły następnie badania eksperymentalne dla zbudowanego prototypu.

Podsumowanie wyników badań, a także wnioski końcowe zawiera rozdział siódmy. Główny cel doktoratu, którym było opracowanie nowej generacji pochłaniaczy pary do pieców konwekcyjno-parowych, został zrealizowany. Dodatkowo opracowano dwa prototypy CH, na podstawie których firma Retech Ltd.

zaprojektowała dwie nowe wersje pochłaniacza pary znajdujące się obecnie w jej ofercie.

C. UWAGI DYSKUSYJNE

Pytania do pracy

- a) To prawda, że niewiele prac poświęcono pochłaniaczom pary do pieców konwekcyjno-parowych ale jest dużo literatury poświęconej badaniu konwekcyjnej wymiany ciepła na powierzchniach pęczków rur. Dlaczego dla oryginalnej konstrukcji CH nie skorzystano z przykładowych zależności kryterialnych podanych w literaturze?
- b) Jaki jest stopień suchości pary wodnej stosowanej w badaniach eksperymentalnych i analizach numerycznych?
- c) CH w rzeczywistych warunkach pracuje w stanie nieustalonym co pokazano w rozdziale 4.22. Czy próbowano analizować pracę CH w warunkach nieustalonych?
- d) W pracy opisano wykorzystanie tylko modelu $k-\varepsilon$. Czy analizowano inne modele turbulencji?
- e) W pracy określono błędy oszacowanego masowego strumienia suchego powietrza, skroplin oraz strumienia energii poprzez wprowadzenie dodatkowych członów w równaniach (4.1), (4.5) i (4.7). Jak można określić błąd oszacowania temperatury zarówno w badaniach eksperymentalnych jak i obliczeniach numerycznych?
- f) Jak wyznaczano maksymalny strumień ciepła przechodzący przez jedną rurę Q_{max} na stronie 49? Dla bardzo wysokich współczynników wnikania ciepła od strony wody i pary zostaje tylko opór związany z przewodzeniem ciepła przez rurę.

Uwagi redakcyjne

- a) Przeprowadzone badania eksperymentalne dla oryginalnej konstrukcji CH są opisane chaotycznie. Rozdział 4.2 Measurements rozpoczyna się od opisu budowy CH, cytowania podobnych rozwiązań konstrukcyjnych oraz prac poświęconych badaniom numerycznym i eksperymentalnym. O lokalizacji punktów pomiaru temperatury można się dowiedzieć dopiero pod koniec rozdziału na Figure 4.31 po opisie badań numerycznych.
- b) str. 17, jest Figure 3.1 (right) powinno być Figure 3.1 (left).
- c) str. 26, zdanie „The same equations apply to the outlet air (point (II)) as well.” nie jest potrzebne, ponieważ dla punktu II już zapisano równania (4.2) do (4.4).
- d) str. 26, równanie (4.5) „IV,ad” ma być chyba „III,ad” zgodnie z opisem poniżej.
- e) w rozdziale 5-tym brakuje powołania na Figure 4.18 gdzie pokazano definicję płaszczyzn V1 – V4 i H1.

D. OCENA KOŃCOWA

W recenzowanej rozprawie Doktorant podejmuje ambitny temat opracowania nowej generacji pochłaniaczy pary do pieców konwekcyjno-parowych. W tym celu przeprowadził badania eksperymentalne oraz numeryczne dla oryginalnej konstrukcji pochłaniacza pary, który jest produkowany przez firmę Retech Ltd. Pomimo

opisanych rozbieżności pomiędzy zmierzonymi i obliczonymi numerycznie rozkładami temperatur Doktorantowi udało się wyciągnąć z wykonanych analiz wnioski pozwalające na zaproponowanie zmodyfikowanej oraz całkiem nowej konstrukcji pochłaniacza pary. Zbudowane zostały prototypy dla których również wykonano badania eksperymentalne. Praca ma zatem duże walory zarówno teoretyczne jak i użyteczne. Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że w wyniku ocenianej pracy doktorskiej firma Retech Ltd. przygotowała dwie nowe wersje pochłaniacza pary znajdujące się obecnie w jej ofercie.

Mgr inż. Mieszko Tokarski w ocenianej rozprawie wykazał się szeroką wiedzą w zakresie badań eksperymentalnych i modelowania numerycznego procesów przepływowo-ciepłych przy wykorzystaniu dostępnych programów komercyjnych CFD.

Biorąc powyższe pod uwagę stwierdzam, że przedstawiona praca spełnia wymogi stawiane rozprawom doktorskim w Ustawie o stopniach i tytule naukowym i wnioskuję do Rady Dyscypliny Inżynieria Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony. Sugeruję również, że praca kwalifikuje się do wyróżnienia.

