

RECENZJA

pracy doktorskiej mgra inż. Krzysztofa BŁAUCIAKA p.t. „Wpływ parametrów konstrukcyjnych parownika z wypełnieniem porowatym na jego efektywność”

Opiniowana praca składa się z dziesięciu rozdziałów i jedenastu załączników. Liczy ona 164 strony tekstu wraz z rysunkami, tabelami i fotografiami. Załączniki zawierają: • schematy wykonawcze stanowiska badawczego oraz sekcji parownika wraz z czujnikami do pomiaru ciśnień i wartości temperatury; • modele – obliczeniowy pracy knota i strat ciepła w instalacji oraz - ideowy płaszczowo-rurowego wymiennika ciepła z wypełnieniem porowatym; • wyniki badań eksperymentalnych parownika dla dwóch czynników roboczych (woda i etanol). Wykaz literatury zawiera 56 pozycji.

Styl i język pracy oraz stosowane przez Autora nazewnictwo są w ogólności poprawne. Również układ pracy jest prawidłowy, z właściwie wyważonymi proporcjami objętości poszczególnych rozdziałów w całości pracy.

Praca ma charakter głównie eksperymentalny, wzbogacony o własny model obliczeniowy parownika z przepływem wywołanym siłami kapilarnymi oraz koncepcję płaszczowo-rurowego wymiennika ciepła z wypełnieniem porowatym, z przeznaczeniem głównie do wspomagania ruchu płynu w obiegach mikrośrodku ORC. Podjęta i przedstawiona w pracy problematyka mieści się w ogólnym kierunku badań teoretycznych i aplikacyjnych realizowanych w Katedrze Energetyki i Aparatury Przemysłowej Politechniki Gdańskiej kierowanej przez prof. Dariusza Mikielewicz, który jest zarazem promotorem niniejszej pracy.

Celem pracy Doktoranta było zbadanie wpływu parametrów konstrukcyjnych parownika z wypełnieniem porowatym na jego efektywność, ale jednocześnie przeprowadzony w pierwszych trzech rozdziałach przegląd literatury dotyczący tego tematu pokazuje, że ciągle jeszcze opracowania teoretyczne z tego obszaru nie ogarniają tej tematyki w sposób całościowy. Jednakże dopiero sprzężenie zwrotne, z jednej poprzez weryfikację eksperymentalną przyjętych założeń przy opracowywaniu modeli teoretycznych, a z drugiej strony nowe fakty eksperymentalne prowadzące do korekty tych modeli, prowadzą do coraz pełniejszego zrozumienia i opisu zachodzących procesów.

Prace doświadczalne w tej dziedzinie charakteryzują się dużą różnorodnością czynników i wpływów, które w trakcie ich realizacji należy uwzględniać. Mało tego, wiele z nich nie jest jeszcze dostatecznie

zidentyfikowanych, i uwzględnionych w dotychczas obowiązujących modelach teoretycznych. Z natury rzeczy, zjawiska te mają charakter kompleksowy i interdyscyplinarny. Zatem w trakcie wykonywania tej pracy Doktorant musiał wykazać się dużym zasobem wiadomości z dziedziny wymiany ciepła i masy w ośrodkach jedno i dwufazowych, z szeroko rozumianej metrologii, inżynierii materiałowej i zaawansowanych technik obliczeniowych. Ogólnie, teoria i praktyka rzetelnie prowadzonych badań doświadczalnych w tej dziedzinie są trudne, niezwykle czaso- i pracochłonne.

Uważam, że przyjęta przez Autora koncepcja i metodyka rozwiązania postawionego w pracy problemu są poprawne pod względem merytorycznym. Zgadzam się, że zaproponowana przez Doktoranta koncepcja wymiennika może być perspektywnie wykorzystana, między innymi, do budowy małych, nie zawierających pompy do transportu czynnika roboczego, wymienników ciepła lub obiegów chłodniczych.

Najistotniejszymi osiągnięciami, wynikającymi z badań przeprowadzonych przez Autora i przedstawionych w ramach tej pracy moim zdaniem są:

■ Zrealizowanie z powodzeniem prac związanych z opracowaniem projektu, technologii wykonania i budowy stanowiska badawczego. Stanowisko to ma charakter uniwersalny i w aktualnej postaci pozwala na wykonanie kompleksowych badań różnego rodzaju parowników wykorzystujących efekt kapilarny do transportu płynu, jak również i pozostałych komponentów pracujących w obiegu zamkniętym.

■ Wykonanie badań eksperymentalnych rurki ciepła z wypełnieniem porowatym ze stali nierdzewnej o symbolu AISI 316L, o zadanej długości i średnicach wewnętrznej i zewnętrznej ale o 3. różnych średnicach porów (1, 3 i 7 μm), dla dwóch różnych czynników roboczych (woda i etanol) i trzech napełnieni rurek czynnikiem roboczym (60, 65 i 70 ml). Wytypowana przez Doktoranta do badań struktura porowata, z racji dużej wytrzymałości mechanicznej, odporności na szoki termiczne oraz odporności na działania różnego rodzaju czynników chemicznych, wydaje się być perspektywnie materiałem o dużym potencjale aplikacyjnym w tym obszarze. Wykazano, że dla rozważanej instalacji we wszystkich trzech przypadkach wypełnieniem optymalnym jest 65 ml.

■ Opracowanie prostego, jednowymiarowego modelu obliczeniowego parownika z przepływem wywołanym siłami kapilarnymi oraz jego eksperymentalna weryfikacja. Przy jego konstrukcji przyjęto, że przepływ przez wypełnienie porowate jest laminarny oraz, że wzdłuż promienia, wewnątrz knota czynnik roboczy jest w lokalnej równowadze termodynamicznej z wypełnieniem porowatym. Praktycznie można uznać, że uzyskano zadowalającą zgodność między wynikami modelowania, a eksperymentem, biorąc pod uwagę uwarunkowania metrologiczne zainstalowanej na stanowisku badawczym aparatury pomiarowej.

■ Opracowanie koncepcji płaszczowo-rurowego wymiennika ciepła z wypełnieniem porowatym, wykorzystujących siły kapilarne do przetłaczania czynnika roboczego z

docelowym przeznaczeniem do wspomagania pompy obiegowej mikroświatłowodowej kogeneracyjnej (zgłoszenie patentowe).

■ Bardzo ważnym elementem są również sformułowane przez Doktoranta wnioski i zalecenia będące jednym z elementów stanowiących podsumowanie wykonanej pracy. Są one ważne i winny być wzięte pod uwagę przy kontynuacji tego kierunku badań. Przykładowo, w przypadku stanowiska badawczego takim zaleceniem jest zwrócenie szczególnej uwagi na proces napełniania stanowiska badawczego czynnikami roboczym. W trakcie jego trwania do obiegu nie powinien być wprowadzony balast, w postaci nieskrapających się gazów, które w sposób istotny zniekształcają wyniki pomiarów. Doktorant proponuje aby przy kontynuacji tych badań zwiększyć ich zakres i dokładność, z powodu małych zmian ciśnień i temperatury, a dokładnie takie same zdanie ma recenzent tej pracy.

W ramach uwag merytorycznych oraz strony redakcyjnej pracy, wypada nadmienić, że :

■ Technologia wykonania knota, jako przepuszczalnej porowatej rurki nie pozwala na wykonanie na jej zewnętrznej powierzchni wzdłużnych rowków parowych, mimo zaleceń innych badaczy (np. Czernyszewa i Maydanik). Doktorant rowki parowe wykonał w wewnętrznej części miedzianej tulei, stanowiącej obudowę parownika. Ponieważ masowe natężenie produkcji pary z zewnętrznej powierzchni knota i odprowadzanej przez kanaliki parowe zależy, między innymi, od równomiernego rozkładu temperatury wzdłuż cylindrycznej obudowy parownika, a źródło ciepła jest lokalizowane w jego centralnej części, to czy opory dla przepływu ciepła od źródła do obudowy parownika i od tej obudowy do struktury porowatej knota, wzdłuż osi struktury i na jej obwodzie zewnętrznym są jednakowe? Jak je kontrolowano? Wydaje się, że w tym przypadku szczególnie ważne jest aby na całej powierzchni zewnętrznej knota temperatura była taka sama i równa założonej przez Doktoranta. Zatem, czy zdaniem Doktoranta pomiar kontrolny trzema termoelementami (T4, T5, T6), w jednym przekroju parownika jest wystarczający (rys. 5.17)?

■ W pracy brakuje wyraźnej informacji o pochodzeniu badanych struktur porowatych. Jednym słowem, czy były one wykonane specjalnie na zamówienie Doktoranta? Również brakuje informacji dlaczego Doktorant do badań przyjął takie, a nie inne średnice i grubości struktur porowatych.

■ Prosiłbym również Doktoranta o ustosunkowanie się w następujących kwestiach:

- jaka powinna być optymalna geometria i konfiguracja rowków na zewnętrznej powierzchni wypełnienia, czy aby na pewno powinny one być równoległe do osi parownika, a może powinny one być na tej powierzchni ułożone spiralnie (np. jak na rys. 2.11)?;
- czy lokalizacja rowków parowych na wewnętrznej powierzchni obudowy parownika w stosunku do ich umiejscowienia na zewnętrznej powierzchni wypełnienia porowatego wzmacnia czy też pogarsza efekt pompowania kapilarnego?

■ Czy pokazana na rys. 5.9 i 5.17 termoelementy mierzą wartości temperatury pary w rowku podłużnym obudowy parownika (T4, T5, T6) ?

■ Na wszystkich rysunkach z wynikami pomiarów z czujników ciśnienia P1÷P4 oraz czujników temperatury T1÷T17, zamieszczonych zarówno w podstawowym tekście pracy jak i w załącznikach, oś czasu jest przedstawiana jako wycinek aktualnego czasu zegarowego t [hh;min;ss]. Na przykład: na rys.7.1 jest – 13:56:60 ÷ 16:07:60 z gradacją co 26 minut. Taki sposób przedstawiania w pracy wyników badań bardzo utrudnia ich analizę. Przy dalszych publikacjach wyników tej pracy należy to uwzględnić.

■ Str. 76, wiersze 14÷17 od dołu. Należy uporządkować niejasne dwa pierwsze zdania tego podsumowania, a rysunki 7.1 i 7.2 dotyczą etanolu.

■ W „spisie oznaczeń” brakuje opisu symboli: h –entalpia, R –porowatość,

■ Str. 23, 31, 39. Doktorant zamiast nazwy „ciepło parowania” stosuje określenie „utajone ciepło parowania”, którego już się nie stosuje w nazewnictwie termodynamicznym.

■ Str. 35. Przydałby się rysunek-schemat ilustrujący wielkości występujące w zależnościach (3.11) ÷ (3.13).

■ Str. 57, 81, 94. Poprawnie miano przewodności cieplnej to $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$ i taki jest zapis w „Spisie oznaczeń”. Natomiast w zasadniczym tekście pracy Doktorant stosuje zapis $\left[\frac{W}{mK} \right]$.

■ Str. 150. W Załączniku 11 przy obliczaniu strat ciepła do otoczenia, w kierunku radialnym opory dla przepływu ciepła są liczone przy założeniu, że ścianka jest ścianką płaską. W takim przypadku należałoby podać szacunkową wartość błędu jaki się popełnia przy obliczaniu strat ciepła z tego tytułu.

Powyższe uwagi w niczym nie umniejszają wartości pracy, którą oceniam bardzo wysoko. W szczególności duże wrażenie, podczas czytania pracy robi biegłość i dojrzałość jej Autora w rozwiązywaniu problemów metrologicznych. Autor w pełni udowodnił, że ma wystarczający zasób wiadomości teoretycznych i praktycznych z zakresu szeroko rozumianej mechaniki, termodynamiki i metrologii aby poradzić sobie z rozwiązywaniem problemów z ich zakresu.

Uważam, że opiniowana praca spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim przez odnośną Ustawę o tytule naukowym i stopniach naukowych i może stanowić podstawę do ubiegania się przez mgra inż. Krzysztofa BŁAUCIAKA o stopień doktora nauk technicznych.

