

TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Họ & tên NCS : Đoàn Minh Hùng MSNCS: 1424002
Thuộc chuyên ngành : Kỹ thuật cơ khí Khoá: 2014-2017
Tên luận án : Nghiên cứu đặc tính truyền nhiệt của quá trình ngưng tụ trong bộ trao đổi nhiệt kênh micro
Người hướng dẫn chính : PGS.TS. Đặng Thành Trung
Người hướng dẫn phụ : GS.TS. Jyh-tong Teng

Tóm tắt những đóng góp mới về lý luận và học thuật của luận án:

Trong luận án này, các đặc tính truyền nhiệt của quá trình ngưng tụ trong các bộ trao đổi nhiệt kênh micro và ống micro đã được thực hiện bằng phương pháp mô phỏng số và thực nghiệm. Dựa vào các nghiên cứu trước, hai thiết bị ngưng tụ kênh micro M1 và M5 có công suất nhiệt tương ứng 150 W và 200 W đã được tính toán thiết kế. Căn cứ vào các thông số tính toán thiết kế cho 2 mẫu trên, 9 mẫu khác đã được đề xuất cho mô phỏng số để tìm ra thông số thiết kế tối ưu cho thiết bị ngưng tụ. Từ kết quả thu được bằng mô phỏng số, hai mẫu M12 và M13 được đề xuất cho chế tạo và thực nghiệm kiểm chứng. Để so sánh đặc tính truyền nhiệt của dòng một pha và hai pha trên cùng một thiết bị, hai mẫu M14 và M15 đã được đưa vào thực nghiệm. Thêm vào đó, một thiết bị ngưng tụ ống micro có công suất thiết kế 700 W cũng đã được thực nghiệm để nghiên cứu quá trình ngưng tụ của ống micro giải nhiệt bằng gió. Các kết quả mô phỏng số và thực nghiệm về đặc tính truyền nhiệt của quá trình ngưng tụ trong kênh micro được thể hiện như sau:

Các kết quả mô phỏng số:

Để nghiên cứu ảnh hưởng của ống góp đến quá trình ngưng hơi, ba mẫu M2-M4 (dựa trên M1) và ba mẫu M6-M8 (dựa trên M5) đã được đưa vào để mô phỏng số sử dụng phần mềm COMSOL Multiphysics, phiên bản 5.2a. Trong cùng điều kiện mô phỏng số, Mẫu 2 và Mẫu 6 có bề rộng ống góp 2,5 mm đều cho kết quả tối ưu nhất về mặt truyền nhiệt và chuyển pha tương ứng với khoảng chiều dài kênh micro lần lượt là 32 mm và 52 mm.

Với các kết quả mô phỏng số về ảnh hưởng thông số hơi đến quá trình ngưng tụ trong các mẫu kênh micro trong nghiên cứu này, nhiệt độ hơi vào thiết bị trong phạm vi từ 101 đến 108 °C (ứng với lưu lượng hơi lớn nhất 0,08 g/s và lưu lượng nước giải nhiệt lớn nhất 3,244 g/s) thì quá trình ngưng tụ mới có thể xảy ra.

Các kết quả mô phỏng số thể hiện biên dạng chuyển pha từ hơi sang lỏng trong thiết bị ngưng tụ kênh micro. Thêm vào đó, một sự so sánh bởi phương pháp số cho thiết bị ngưng tụ kênh micro giữa hai trường hợp đặt thẳng đứng và nằm ngang cũng được thực hiện. Các kết quả thể hiện biên dạng ngưng không bị ảnh hưởng nhiều bởi lực trọng trường.

Để nghiên cứu ảnh hưởng của hình dáng kênh micro đến sự ngưng tụ của hơi nước, ba thiết bị ngưng tụ kênh micro M9, M10 và M11 với các hình dáng kênh khác nhau đã được đưa vào mô phỏng. Trong ba thiết bị ngưng tụ, thiết bị ngưng tụ M9 có hiệu suất ngưng tụ và khả năng gia công cao nhất. Tuy nhiên, sự khác biệt về hiệu quả ngưng tụ của ba thiết bị này là không đáng kể. Các kết quả mô phỏng số này cũng đã được kiểm chứng bởi thực nghiệm và với các nghiên cứu liên quan. Sự so sánh cho thấy các kết quả mô phỏng phù hợp với thực nghiệm với sai số cực đại nhỏ hơn 8%.

Mô phỏng số cho quá trình truyền nhiệt hai phase cho mô hình 3D rất khó, hiện nay rất ít nghiên cứu công bố các kết quả mô phỏng số này trên các tạp chí uy tín. Do vậy, các kết quả này rất hữu ích cho quá trình mô phỏng số của sự ngưng tụ trong các kênh micro.

Các kết quả thực nghiệm:

Trong phần thực nghiệm, bốn thiết bị ngưng tụ kênh micro (M12-M15) và một thiết bị ngưng tụ ống micro đã được đưa vào nghiên cứu.

Với thiết bị ngưng tụ kênh micro M12 đặt nằm ngang, khi lưu lượng hơi tăng từ 0,01 g/s đến 0,06 g/s, tổn thất áp suất tăng tương ứng từ 1,5 kPa đến 50 kPa. Trong khi đó, lưu lượng hơi trong mẫu đặt thẳng đứng tăng 0,01 g/s đến 0,06 g/s, tổn thất áp suất tăng tương ứng từ 2,0 kPa đến 44

kPa. Các kết quả này thu được ở điều kiện hơi nước vào có nhiệt độ 106,5 °C và nước giải nhiệt có lưu lượng 3,244 g/s và nhiệt độ đầu vào khoảng 30,8 °C. Đây là sự khác biệt giữa lưu chất một pha và lưu chất hai pha trong các bộ trao đổi nhiệt kênh micro. Công suất nhiệt tăng từ 20 đến 140 W khi tăng lưu lượng hơi từ 0,01 g/s đến 0,06 g/s cho cả hai trường hợp nằm ngang và thẳng đứng. Các kết quả về công suất nhiệt tương đồng với các kết quả thu được từ dòng lưu chất một pha: ảnh hưởng của lực trọng trường lên công suất của thiết bị trao đổi nhiệt kênh micro nhỏ không đáng kể. Khi tăng lưu lượng hơi từ 0,01 g/s đến 0,06 g/s, chỉ số hoàn thiện cho trường hợp nằm ngang giảm từ 0,0141 đến 0,0029 W/Pa; chỉ số hoàn thiện cho trường hợp đứng giảm từ 0,0145 đến 0,0025 W/Pa. Trong nghiên cứu này, hệ số truyền nhiệt cao nhất (6925 W/m².K) của thiết bị ngưng tụ M12 đã thu được ở độ chênh nhiệt độ trung bình logarit 35,7 K.

Một nghiên cứu thực nghiệm đã được thực hiện cho thiết bị ngưng tụ M13 trong trường hợp đặt thẳng đứng và nằm ngang để đánh giá hiệu suất. Công suất nhiệt cực đại thu được cho thiết bị ngưng tụ này là 180 W. Tổn thất nhiệt cho cả hai trường hợp là 20 W. Trong điều kiện nhiệt độ trung bình nước giải nhiệt 29,5°C và lưu lượng là 1,03 g/s, tổn thất áp suất trong trường hợp kênh micro thẳng đứng luôn thấp hơn so với trường hợp nằm ngang: kết quả sự khác biệt này là 15000 Pa. Tại lưu lượng nước 1,028 g/s, hệ số truyền nhiệt của thiết bị ngưng tụ tăng từ 1704 đến 5200 W/(m².K) với việc tăng lưu lượng hơi từ 0,008993 đến 0,038923 g/s. Tuy nhiên, hệ số truyền nhiệt giảm khi lưu lượng hơi tăng từ 0,042767 đến 0,067150 g/s. Các phương trình xác định hệ số truyền nhiệt và tổn thất áp suất cũng đã đưa ra.

Trong điều kiện nhiệt độ hơi đầu vào duy trì ở 100,3 °C đến 101,9 °C và lượng nước giải nhiệt 0,47 g/s thì tổn thất áp suất thu được từ thiết bị ngưng tụ kênh micro M12 thấp hơn giá trị thu được từ thiết bị ngưng tụ kênh micro M13: tại lưu lượng hơi 0,0264 g/s, tổn thất áp suất của M12 là 1257 Pa trong khi tổn thất áp suất của M13 là 6105 Pa. Thêm vào đó, trong phạm vi nghiên cứu, chỉ số hoàn thiện giảm khi tăng lưu lượng hơi. Với thiết bị ngưng tụ M12, chỉ số hoàn thiện giảm từ 0,053 đến 0,038 khi tăng lưu lượng hơi từ 0,0264 g/s đến 0,0314 g/s.

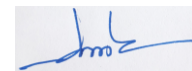
Thực nghiệm cho hai thiết bị ngưng tụ M14 và M15 có đường kính tương đương tương ứng 375 µm và 265 µm đã được thực hiện để nghiên cứu quá trình truyền nhiệt ngưng tụ. Cho thiết bị ngưng tụ M14, công suất nhiệt 272,9 W đã đạt được cho phía hơi có nhiệt độ 101 °C và lưu lượng 0,123 g/s và cho phía nước giải nhiệt có nhiệt độ đầu vào 32°C và lưu lượng nước 3,1133 g/s. Nhiệt lượng trong quá trình ngưng tụ cao hơn so với dòng một pha khi cùng các kích thước của thiết bị ngưng tụ. Trong nghiên cứu này, nhiệt lượng thu được từ sơ đồ ngược chiều luôn cao hơn so đồ cùng chiều: giá trị thu được từ sơ đồ ngược chiều gấp 1,04 đến 1,05 lần so với sơ đồ cùng chiều. Các kết quả về sơ đồ dòng chảy cho dòng hai pha phù hợp với các kết quả cho dòng một pha; tuy nhiên, ảnh hưởng của sơ đồ dòng chảy trong dòng hai pha ít hơn so với dòng chảy một pha.

Với thiết bị ngưng tụ ống micro, ảnh hưởng của lực trọng trường đến hiệu quả truyền nhiệt đã được thực hiện bằng phương pháp thực nghiệm. Công suất nhiệt thiết kế cho thiết bị ngưng tụ này là 700 W. Hiệu suất nhiệt trong trường hợp nằm ngang tốt hơn giá trị thu được trong trường hợp đặt thẳng đứng. Trong nghiên cứu này, công suất nhiệt cực đại của thiết bị ngưng tụ 673,1 W và hệ số truyền nhiệt cực đại trong trường hợp nằm ngang là 1601,9 W/(m².K).

Các kết quả mô phỏng số và thực nghiệm trong nghiên cứu này rất hữu ích cho việc thiết kế và vận hành các thiết bị ngưng tụ kênh/ống micro cũng tốt như các thiết bị trao đổi nhiệt kênh/ống micro dùng dòng lưu chất hai pha.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 20 tháng 9 năm 2019

Nghiên cứu sinh



Đoàn Minh Hùng

Người hướng dẫn chính



PGS. TS. Đặng Thành Trung

Người hướng dẫn phụ



GS. TS. Jyh-tong Teng

input temperature is 106.5 °C and the cooling water flow rate is 3.244 g/s and the water input temperature is about 30.8 °C. This is the difference between the single-phase fluid and the two-phase fluid in microchannel heat exchangers. The capacity is increasing from 20 to 140 W as increasing mass flow rate of steam from 0.01 g/s to 0.06 g/s in both of horizontal and vertical cases. The results of the condenser capacity are similar to those obtained from the single-phase flow: the influence of gravity on the capacity of the microchannel heat exchanger is negligible. With increasing mass flow rate of steam from 0.01g/s to 0.06 g/s, the performance index for horizontal microchannel case is decreasing from 0.0141 to 0.0029 W/Pa; the performance index for vertical case, from 0.0145 to 0.0025 W/Pa. In this study, the highest overall heat transfer coefficient (of 6925 W/m²K) of the microchannel condenser is obtained at the log mean temperature difference of 35.7 K.

An experimental study has been done on both vertical and horizontal cases of the microchannel condenser M13 to evaluate their performance. The maximum capacity of microchannels condenser is 180W. The thermal losses in both cases are 20W. At the steam flow rate of 0.06 g/s and the water flow rate of 1.028 g/s, the differential temperature was 30 °C. At the water flow rate of 1.028 g/s, heat transfer coefficient of the microchannel condenser increases from 1704 to 5200 W/m²K with rising the mass flow rate of steam from 0.008993 to 0.038923 g/s. However, heat transfer coefficient decreases, with the mass flow rate of steam rising from 0.042767 to 0.067150 g/s. The relationship equations of the heat transfer coefficient and the pressure drop were found out.

With the inlet steam temperature is maintained at 100.3 °C to 101.9 °C and the cooling water rate is 0.47 g/s, the pressure drop obtained from the microchannel condenser M12 is lower than that obtained from the microchannel condenser M13: at mass flow rate of 0.0264 g/s, the pressure drop of M12 is 1,257 Pa while the pressure drop of M13 is 6,105 Pa. In addition, the performance index decreases as rising mass flow rate of steam. With the microchannel condenser M12, the performance index is decreasing from 0.053 to 0.038 as varying mass flow rate of steam from 0.0264 g/s to 0.0314 g/s.

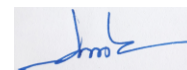
Experimental work was done for the two microchannel condensers M14 and M15 with rectangular channels having hydraulic diameters of 375 μm and 265 μm to investigate condensation heat transfer. For the microchannel condenser M14, the capacity of 272.9 W was achieved for the vapor having the inlet temperature of 101 °C and the mass flow rate of 0.123 g/s and for the cooling water having the inlet temperature of 32°C and mass flow rate of 3.1133 g/s. The heat transfer rate of condensation is higher than that of the single phase flow with the same dimensions of a heat exchanger. In this study the heat transfer rate obtained from the counter flow arrangement is always higher than that obtained from the parallel one: the value obtained from the counter flow arrangement is 1.04 to 1.05 times of that obtained from the parallel flow. The results for two phases are in good agreement with the results for single phase; however, it is shown that the effect of flow arrangement in two phases is not stronger than single phase.

With micro tube condenser, the influence of the gravity on the heat transfer efficiency has been done by the experimental method. The design capacity of the condenser is about 700 W. In this study, the heat transfer efficiency with the horizontal case is better than that obtained from the vertical case. In this study, the maximum value of heat transfer rate in the horizontal condenser is 673.1 W and the maximum heat transfer coefficient of the horizontal case is 1601.9 W/m².K. The results are useful for researches in microtube condensation.

Furthermore, the numerical and experimental results obtained in this study would be applicable for the design and operation of microchannel/ microtube condensers as well as microchannel/ microtube heat exchangers using the two-phase fluid flow.

HCMC, 20/09/19

PhD candidate



Minhhung Doan

Co-advisor



Advisor



Assoc. Prof. Dr. Thanhtrung Dang

Prof. Dr. Jyh-tong Teng