NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG THAY THẾ KÉT NƯỚC TRÊN XE TAY GA BẰNG BỘ TRAO ĐỔI NHIỆT KÊNH MINI

MINICHANNEL HEAT EXCHANGER

Não Minh Daly, Đặng Thành Trung
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đã thiết kế và chế tạo một bộ trao đổi nhiệt kênh mini sử dụng công nghệ tia cực tím (UV light) để dán tấm nhôm và tấm PMMA (polymethyl methacrylate). Bộ trao đổi nhiệt này có kích thước chỉ bằng 64% kích thước một két nước xe tay ga của nhà sản xuất. Tuy nhiên, nhiệt lượng thu được từ bộ trao đổi nhiệt này cao hơn hoặc bằng nhiệt lượng thu được từ két nước, khi vận tốc gió từ 1,2 m/s đến 3,5 m/s và lưu lượng của lưu chất thay đổi từ 2,46g/s đến 4,1g/s. Thêm vào đó, khi bộ trao đổi nhiệt này sử dụng, nó sẽ tận dụng quá trình đối lưu cưỡng bức bởi chuyển động xe, do vậy nó không cần quạt giải nhiệt két nước.

Từ khóa: *két nước, bộ trao đổi nhiệt kênh mini, nhiệt lượng, nhiệt độ.*

ABSTRACT

The study was presented to design and manufacture a minichannel heat exchanger using UV light technology to bond between aluminum and PMMA (polymethyl methacrylate) plates together. The minichannel heat exchanger size is only 64% the size of the scooter radiator which made from manufacturer; however, the heat transfer rate obtained from the minichannel heat exchanger is higher than or equal to that obtained from the radiator, particularly when air velocity is from 1.2 m/s to 3.5 m/s and the mass flow rate of the fluid varies from 2.46g/s to 4.1g/s. In addition, when the minichannel heat exchanger is used, it will take advantage of the forced convection by scooter moving, so the scooter will not need the fan as it is using.

Keywords: *radiator, minichannel heat exchanger, heat transfer rate, temperature.*

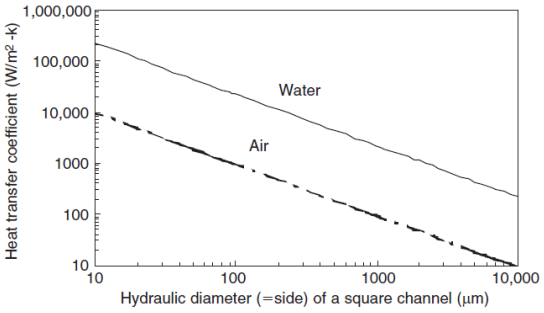
I. GIỚI THIỆU

Dựa trên quá trình làm việc của động cơ đốt trong, nhà sản xuất thường lựa chọn một trong hai giải pháp để làm mát động cơ: dùng quạt thổi gió cưỡng bức vào động cơ hoặc thiết kế hệ thống làm mát bằng dung dịch. Động cơ làm mát bằng dung dịch có khả năng kiểm soát quá trình đốt nhiên liệu tốt hơn cũng như hiệu suất hoạt động và độ ổn định cao hơn so với giải pháp làm mát bằng gió cưỡng bức. Sự nâng cao hiệu quả giải nhiệt của két nước xe tay ga sẽ làm tăng hiệu suất động cơ, làm cho động cơ ổn định, khả năng vận hành êm ái, tiết kiệm nhiên liệu. Tuy nhiên trên thực tế, két nước làm mát trên xe tay ga vẫn còn một số nhược điểm như: Các cánh tản nhiệt mỏng dễ bị móp méo, dễ bị bám bẩn. Bên cạnh đó, các cánh tản nhiệt này được hàn vào ống dẫn dung dịch nên khả năng truyền nhiệt kém hơn so với các cánh

tản nhiệt liền khối. Thêm vào đó bộ tản nhiệt két nước của các nhà sản xuất hiện nay phải cần một quạt gió để tản nhiệt. Tuy nhiên, bộ tản nhiệt này vẫn dừng lại ở kết cấu dạng Macro nên còn cồng kềnh, hiệu quả truyền nhiệt chưa cao và giá thành đắt.

Liên quan đến các nghiên cứu về giải nhiệt cho xe, Trivedi và Vasava [1] sử dụng phần mềm mô phỏng số ANSYS 12.1 để phân tích dòng chảy lưu chất và truyền nhiệt trong két nước làm mát ô tô. Kết quả phân tích cho thấy rằng khi khoảng cách giữa các ống giảm hoặc tăng thì giảm lượng nhiệt truyền ra ngoài không khí. Tối ưu hệ số truyền nhiệt đạt được khi khoảng cách giữa các ống là 12 mm. Yadav và Singh [2] đã phân tích so sánh giữa các chất làm mát khác nhau trên két nước xe ô tô. Chất làm mát đã sử dụng là nước và hỗn hợp của nước - propylene glycol với tỉ lệ 40:60. Kết quả thử nghiệm trên két nước cho thấy rằng nước vẫn là chất làm mát tốt nhất nhưng nó làm ăn mòn và chứa muối không tan làm thoái hóa đường ống dẫn. Hỗn hợp nước với ethylenglycol có nhiệt dung riêng của nó giảm nhưng nó có một số đặc tính tăng, hỗn hợp này làm tăng nhiệt độ sôi của nước và giảm nhiệt độ đóng băng. Agarwal cùng cộng sự [3] đã nghiên cứu sự truyền nhiệt bằng phương pháp mô phỏng số CFD. Lượng nhiệt tỏa ra phụ thuộc vào vận tốc của xe, hình dạng cánh tản nhiệt và nhiệt độ xung quanh. Ở vận tốc 40 km/h, 60 km/h và 72 km/h nhiệt lượng thu được tương ứng là 724W, 933,56W và 1123,03W. Yoshida cùng cộng sự [4] đã nghiên cứu ảnh hưởng của số lượng cánh, khoảng cách cánh và tốc độ gió làm mát bằng không khí cho xylanh động cơ xe máy. Kết quả cho thấy rằng nhiệt tỏa ra từ xylanh không được cải thiện khi thân xylanh có quá nhiều cánh và khoảng cách giữa các cánh quá hẹp tại những giá trị vận tốc gió quá thấp, do vậy mà nhiệt độ giữa chúng sẽ tăng lên. Ngoài ra kích thước cánh tối ưu khi xe đứng yên là 20mm và khi xe di chuyển là mm. Lin [5] đã sử dụng phần mềm mô phỏng số ANSYS FLUENT để mô phỏng và phân tích các đặc tính của các bộ trao đổi nhiệt, trong trường hợp thay đổi hình dạng cánh và vật liệu mới. Nghiên cứu đã được tiến hành để so sánh mức độ hoàn thiện của các bộ trao đổi nhiệt này với nhau. Kết luận cho thấy rằng bộ tản nhiệt mới với dạng cánh hình sóng và vật liệu là bọt grafit có độ hoàn thiện cao hơn so với bộ trao đổi nhiệt thông thường. Loại vật liệu mới đã phát huy được hiệu quả truyền nhiệt cao và điều quan trọng là khi ứng dụng bộ trao đổi nhiệt tiên tiến này thì thể tích chiếm chỗ và khối lượng của nó giảm hẳn. Hệ số tỏa nhiệt bề mặt bị ảnh hưởng bởi các yếu tố: chiều rộng cánh, khoảng cách giữa các cánh, chiều dày cánh, sự biến đổi vận tốc dòng khí và cấu tạo vật liệu cánh đã được thực hiện bởi Biermann và Pinkel [6]. Hệ số tỏa nhiệt đối lưu thay đổi chủ yếu dựa vào vận tốc dòng không khí và khoảng cách giữa các cánh tản nhiệt. Chein và Chen [7] đã thực hiện một nghiên cứu số về ảnh hưởng của sự phân bố đầu vào/đầu ra của dòng chảy trên chỉ số hoàn thiện của bộ tản nhiệt kênh micro. Sáu bộ tản nhiệt đã được nghiên cứu với chỉ số hoàn thiện cao nhất thuộc về loại kênh V. Bởi vì những kênh micro với sự thay đổi kết cấu hình học trong khi cùng diện tích mặt cắt và chiều rộng, chiều sâu của kênh loại V sẽ sâu hơn so với kênh hình chữ nhật. Wei [8] đã chế tạo một bộ tản nhiệt kênh micro dạng xếp chồng nhau sử dụng kỹ thuật gia công micro. Trong nghiên cứu này, các đặc tính nhiệt và dòng chảy lưu chất cho cả sơ đồ cùng chiều và ngược chiều đã được thực hiện bằng phương pháp thực nghiệm và mô phỏng số. Tuy nhiên, kết quả mô phỏng số trong [7, 8] chỉ đề cập cho các kênh và substrate của bộ tản nhiệt, nhóm tác giả đã không mô phỏng kết quả cho cả ống góp và nắp dán phía trên của substrate.

Ảnh hưởng của đường kính quy ước đến quá trình truyền nhiệt trong kênh micro được mô tả trong hình 1 cho môi chất làm việc là nước và không khí dưới điều kiện dòng chảy tầng đã phát triển hoàn toàn. Sự tăng nhanh hệ số truyền nhiệt đối lưu khi giảm kích thước kênh đã minh chứng rõ ràng trên hình 1.



Hình 1: Hệ số truyền nhiệt đối lưu và kích thước kênh [9].

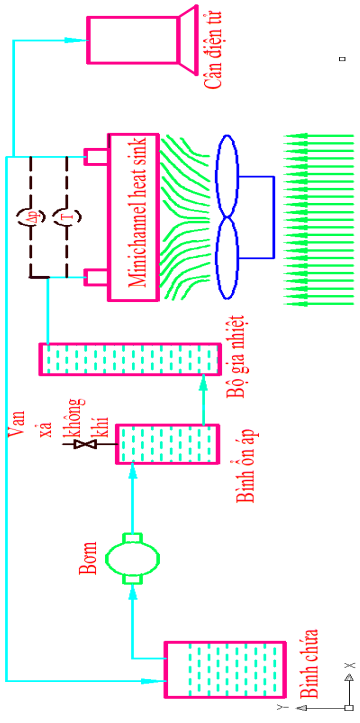
Những nghiên cứu liên quan trên cho thấy rằng hiện nay cũng có khá nhiều nghiên cứu giải nhiệt két nước cho xe nhưng ở dạng macro, cũng như có khá nhiều nghiên cứu về bộ trao đổi nhiệt kênh mini/micro. Tuy nhiên, nghiên cứu sử dụng một bộ trao đổi nhiệt kênh mini (minichannel heat exchanger) thay thế cho két nước truyền thống thì chưa thấy công bố. Từ những nhược điểm trên, công nghệ truyền nhiệt Mini/Micro channel thể hiện rõ tính ưu việt của mình trong trường hợp này. Bộ tản nhiệt két nước của nhà sản xuất sẽ được thay thế bằng bộ tản nhiệt kênh Mini sử dụng công nghệ dán UV light. Bộ tản nhiệt kênh Mini này sẽ nhỏ gọn hơn và tận dụng được dòng gió cưỡng bức từ chuyển động của xe mà không cần quạt gió.

Chính vì vậy, nó rất quan trọng để nghiên cứu khả năng thay thế két nước bằng bộ trao đổi nhiệt kênh mini. Trong nghiên cứu này, bộ trao đổi nhiệt được dùng cho xe tay ga, môi chất làm việc là nước. Bộ trao đổi nhiệt kênh mini làm bằng nhôm. Nghiên cứu được thực hiện dưới sự thay đổi lưu lượng khối lượng của nước và vận tốc gió.

II. BỐ TRÍ THÍ NGHIỆM

2.1 Lắp đặt hệ thống thí nghiệm

Trong hệ thống thí nghiệm này, ba phần chính đã được sử dụng: mẫu thí nghiệm (bộ trao đổi nhiệt kênh mini - Minichannel heat exchanger và két nước), hệ thống bơm và hệ thống đường ống, như được thể hiện ở hình 2. Trong nghiên cứu này, bộ trao đổi nhiệt Minichannel heat sink và két nước đã được dùng làm thí nghiệm. Quá trình truyền nhiệt của những thiết bị này được thực hiện giữa nước và không khí. Nhiệt được truyền cho lưu chất từ nguồn gia nhiệt. Sau đó lưu chất được bơm vào bộ tản nhiệt kênh Mini hoặc két nước. Phía cánh tản nhiệt của bộ tản nhiệt kênh Mini hoặc hai mặt bên của két nước được giải nhiệt bằng gió. Hình 3 cho thấy hình ảnh của mô hình thực nghiệm của két nước.



Hình 2: Mô hình thực nghiệm.

Hình 3: Ảnh hệ thống thí nghiệm két nước.

Độ chính xác và thang đo của dụng cụ thí nghiệm được liệt kê trong bảng 1. Các thiết bị đã được sử dụng để làm thực nghiệm được liệt kê như sau:

1. Cảm biến nhiệt độ, loại T
2. Bơm, mã hiệu (YS – 1200), sản xuất bởi Trung Quốc
3. Bơm, mã hiệu VSP-1200, sản xuất bởi Tokyo Rikakikai, Nhật
4. Điện trở, mã hiệu AXW-8, sản xuất bởi Medilab
5. Cân điện tử, mã hiệu TE-214S, sản xuất bởi Sartorious.
6. Vận tốc kế

Bảng 1: Dụng cụ đo và độ chính xác.

Dụng cụ đo	Độ chính xác	Dải thang đo
Cặp nhiệt	± 0.1 °C	0 ~ 100 °C
Vận tốc kế	± 1%	0 ~ 50 m/s
Cân chính xác	± 0.0015g	0.0000~220 g

Vật liệu két nước của nhà sản xuất được làm bằng nhôm. Lưu chất làm việc được đi vào ống góp phía trên, chảy xuống các rãnh, góp lại ở ống góp phía dưới để ra đi ra ngoài. Bên ngoài các rãnh này được hàn gắn các cánh để tăng diện tích truyền nhiệt. Tuy nhiên, diện tích tiếp nhiệt giữa các rãnh và cánh không nhiều, hiệu quả truyền nhiệt qua phần tiếp xúc này không lý tưởng. Hình 4 thể hiện két nước của một nhà sản xuất.

Hình 4: Két nước của một nhà sản xuất.

2.2 Chế tạo bộ trao đổi nhiệt kênh mini

Vật liệu của tấm đế bộ tản nhiệt kênh Mini làm bằng nhôm, tấm đế này thường được gọi là ***substrate***, với độ dẫn nhiệt là 237W/(mK), khối lượng riêng 2700kg/m^3, nhiệt dung riêng đẳng áp là 904J/(kgK). Bề dày của substrate 1mm. Một số phương trình cân bằng nhiệt và truyền nhiệt chính yếu để thiết kế bộ trao đổi nhiệt:

Lượng nhiệt truyền qua thiết bị, Q, được tính:

$$Q_w = m_w c_w \left(T_{w,o} - T_{w,i}\right) \quad (1)$$

Mật độ dòng nhiệt được tính

$$q = \frac{Q_w}{A} = \frac{m_w c_w \left(T_{w,o} - T_{w,i}\right)}{nL_c W_c} \quad (2)$$

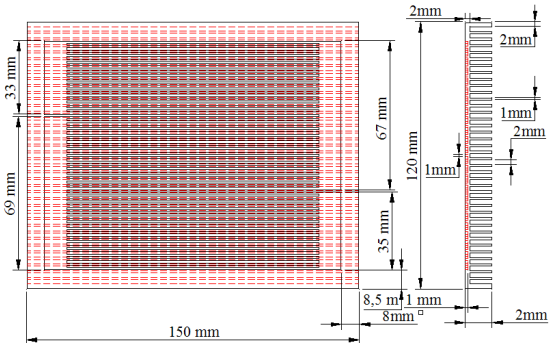
Hay

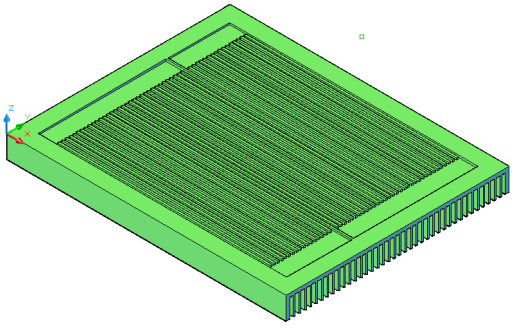
$$q = k\,\Delta T_{lm}\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_{lm}}{\Sigma R} \qquad (3)$$

Độ chênh nhiệt độ trung bình Logarit được xác định

$$\Delta T_{lm} = \frac{\Delta T_{\max} - \Delta T_{\min}}{\ln \dfrac{\Delta T_{\max}}{\Delta T_{\min}}} \qquad (4)$$

Trong đó m là lưu lượng khối lượng, n là số kênh mini, c là nhiệt dung riêng, $T_{w,i}$ và $T_{w,o}$ là nhiệt độ đầu vào và đầu ra, q là mật độ dòng nhiệt, L_c là chiều dài kênh, W_c là chiều rộng kênh, A là diện tích truyền nhiệt, k là hệ số truyền nhiệt tổng và $\Delta T_{lm}\Delta T_{lm}$ độ chênh nhiệt độ trung bình Logarit.





Hình 5: Kích thước mẫu thí nghiệm.

Hình 5 thể hiện kích thước mẫu thí nghiệm của các bộ tản nhiệt kênh Mini. Bộ tản nhiệt kênh Mini có 52 kênh với chiều dài kênh là 114mm. Các kênh Mini có mặt cắt ngang là hình chữ nhật với chiều rộng kênh là 1mm và chiều sâu là 1mm. Khoảng cách giữa hai kênh Mini kề nhau là 1mm. Tất cả các kênh được kết nối bởi các ống góp ở đầu vào và đầu ra. Các ống góp có dạng hình chữ nhật với chiều rộng là 10 mm và chiều sâu là 1mm. Các cánh tản nhiệt của bộ tản nhiệt kênh Mini có mặt cắt ngang là hình chữ nhật, chiều cao là 10 mm, chiều dài 150mm. Một lớp PMMA (polymethyl methacrylate) đã được gắn phía trên của substrate bằng công nghệ dán dùng ánh sáng tia cực tím (UV Light). Mẫu thí nghiệm đã được chế tạo bởi một phương pháp gia công chính xác. Mỗi đầu vào và đầu ra của bộ tản nhiệt này có diện tích mặt cắt ngang là 19,6mm^2. PMMA có hệ số dẫn nhiệt là 0,19 (W/mK) và khối lượng riêng là 1420kg/m^3. *Bộ trao đổi nhiệt kênh mini dùng công nghệ dán UV này đã kiểm nghiệm và có khả năng làm việc với môi chất có nhiệt độ tới 100°C và áp suất 2kgf/cm^2, nên nó hoàn toàn đáp ứng điều kiện làm việc của két nước.* Trong khi đó, diện tích bộ trao đổi nhiệt này chỉ bằng 64 % so với bộ trao đổi nhiệt két nước của nhà sản xuất. Hình 6 thể hiện rõ kích thước của hai bộ tản nhiệt kênh Mini và két nước dùng vật liệu nhôm.

Hình 6: Bộ trao đổi nhiệt kênh Mini và két nước.

III. CÁC KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

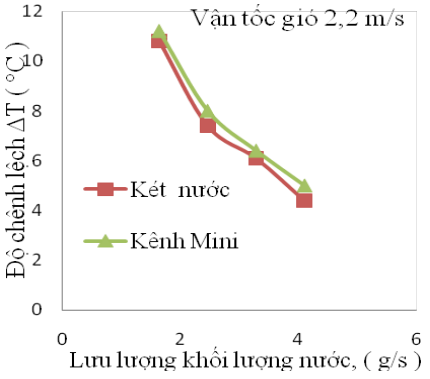
Dữ liệu thực nghiệm thu được từ bộ tản nhiệt kênh Mini theo điều kiện nhiệt độ trong

phòng dao động từ 33 ~ 35°C [10]. Để cải tiến hiệu quả truyền nhiệt của két nước trên xe tay ga bằng bộ tản nhiệt kênh Mini, một nghiên cứu bằng phương pháp thực nghiệm đã được thực hiện. Các đại lượng như lưu lượng khối lượng của nước và vận tốc gió đã được chọn làm các thông số thực nghiệm để khảo sát đặc tính truyền nhiệt cho bộ trao đổi nhiệt này. Các điều kiện thí nghiệm đã thực hiện như sau:

- Lưu chất lỏng được sử dụng: Nước
- Lưu lượng khối lượng của lưu chất: 1,64 g/s đến 4,1 g/s
- Nhiệt độ đầu vào của lưu chất: 55°C đến 64°C
- Vận tốc gió được thực nghiệm từ 0,8 m/s đến 3,5m/s. Trong nghiên cứu này, hai trong những giá trị vận tốc gió được trình bày, bởi các quy luật tìm được từ những trường hợp khác trong khoảng vận tốc gió này tương đồng nhau. Ng-hiên cứu này cũng đã thực hiện một thực nghiệm đo vận tốc gió tại đầu nòng xylanh xe gắn máy khi xe đang chạy. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng, ở điều kiện thời tiết bình thường, khi xe gắn máy chạy ở tốc độ từ 30-50 km/h, vận tốc gió tương ứng thu được tại đầu nòng xylanh từ 1,2 – 3,5m/s. Với kích thước nhỏ gọn, bộ trao đổi nhiệt này có thể đặt trước đầu nòng xylanh xe, nó sẽ tận dụng quá trình truyền nhiệt đối lưu cưỡng bức bởi chuyển động xe mà không cần quạt giải nhiệt két nước.

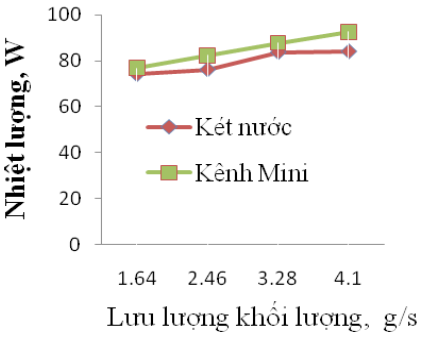
***Trường hợp vận tốc gió ở 2,2 m/s**

Trong nghiên cứu này, hình 7 thể hiện mối quan hệ giữa độ chênh nhiệt độ đầu vào và đầu ra khi lưu lượng nước thay đổi tại vận tốc gió ở 2,2 m/s. Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng độ chênh nhiệt độ tỉ lệ nghịch với lưu lượng khối lượng của lưu chất; khi lưu lượng khối lượng tăng thì độ chênh nhiệt độ giảm. Ở cùng lưu lượng khối 1,64 g/s độ chênh nhiệt độ của kênh Mini là 11,2 °C; tương tự cho két nước là 10,8 °C. Độ chênh nhiệt độ cực đại giữa hai trường hợp thực nghiệm lớn nhất là 0,6 °C. Trong nghiên cứu này, kết quả thực nghiệm cũng cho thấy rằng độ chênh nhiệt độ của kênh Mini luôn luôn cao hơn độ chênh nhiệt độ của két nước.



Hình 7: So sánh độ chênh lệch nhiệt độ giữa đầu vào và đầu ra ΔT của kênh Mini và két nước ở vận tốc gió 2,2m/s.

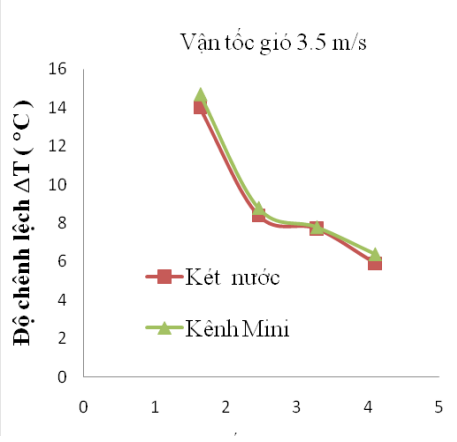
Trong cùng điều kiện thực nghiệm trên, khi lưu lượng khối lượng nước tăng 1,64 /s đến 4,1g/s, lượng nhiệt truyền từ nước nóng sang không khí của kênh Mini cao hơn két nước của nhà sản xuất, như thể hiện ở hình 8; ở cùng lưu lượng khối lượng nước 2,46g/s, độ chênh nhiệt lượng lớn nhất của kênh Mini và két nước là 6W. Trong nghiên cứu này, ở cùng lưu lượng khối lượng nước là 3,28g/s và vận tốc gió 2,2m/s, nhiệt lượng truyền qua bộ trao đổi nhiệt kênh Mini là 87,77W; trong khi đó, nhiệt lượng truyền qua két nước là 83,65W.



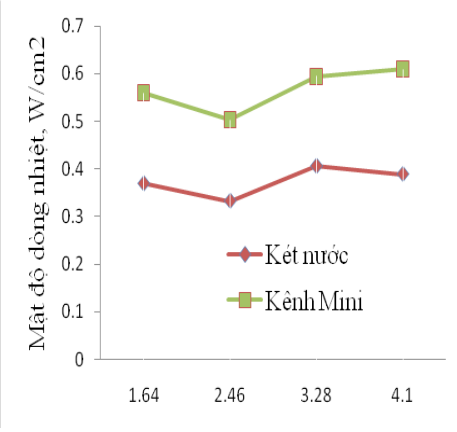
Hình 8: So sánh nhiệt lượng tỏa ra của kênh Mini và két nước ở 2,2m/s.

*** Trường hợp vận tốc gió ở 3,5 m/s**

Trong trường hợp này, vận tốc gió 3,5m/s và lưu lượng nước thay đổi từ 1,67g/s đến 4,1g/s. Hình 9 so sánh các mối quan hệ giữa sự chênh lệch nhiệt độ đầu vào và đầu ra khi lưu lượng thay đổi và vận tốc gió tăng lên 3,5 m/s thì độ chênh lệch nhiệt độ đầu vào và đầu ra tăng lên. Ở cùng lưu lượng khối 1,67g/s, độ chênh lệch nhiệt độ của kênh Mini là 14,8 ^{0}C và của két nước là 13,3^{0}C. Độ chênh lệch nhiệt độ khác nhau lớn nhất ở cùng lưu lượng khối lượng nước 1,67g/s giữa hai kết quả thực nghiệm lớn nhất 1,5^{0}C.



Hình 9: So sánh sự chênh lệch nhiệt độ giữa đầu vào và đầu ra ΔT của kênh Mini và két nước.



Hình 10: So sánh mật độ dòng nhiệt của két nước và kênh Mini ở vận tốc gió 3,5 m/s.

Từ những phương trình 2-4, mật độ dòng nhiệt truyền qua két nước và kênh mini được tính toán và so sánh như ở hình 10. Với vận tốc gió 3,5m/s, mật độ dòng nhiệt tăng từ 0,48W/cm^2 đến 0,69W/cm^2 đối với kênh Mini, còn đối với két nước thì mật độ dòng nhiệt tăng từ 0,34W/cm^2 đến 0,45W/cm^2 khi lưu lượng thay đổi từ 1,67g/s đến 4,1g/s được thể hiện như trong hình 4,12. Như vậy mật độ dòng nhiệt của kênh Mini cao hơn két nước 0,14W/cm^2 đến 0,24W/cm^2.

Các kết quả thực nghiệm từ hình 7- 10 cho thấy rằng lượng nhiệt truyền qua kênh Mini cao hơn hoặc bằng lượng nhiệt truyền qua két nước trong khi kích thước của bộ trao đổi nhiệt kênh mini chỉ bằng 64% két nước.

V. KẾT LUẬN

Sự nâng cao hiệu quả giải nhiệt của két nước xe tay ga làm tăng hiệu suất động cơ, làm cho động cơ ổn định, khả năng vận hành êm ái, tiết kiệm nhiên liệu. Do đó, vấn đề cải tiến hiệu quả truyền nhiệt của két nước là hết sức cần thiết.

Trước hết nghiên cứu này đã tổng quan được các kết quả nghiên cứu liên quan đến bộ trao đổi nhiệt két nước và kênh Mini; đã thiết kế chế tạo thành công bộ trao đổi nhiệt kênh Mini dùng công nghệ UV light để dán giữa tấm nhôm và tấm PMMA lại với nhau. Đây có lẽ là lần đầu tiên ở Việt Nam công nghệ này được thực hiện thành công tại khoa Cơ khí Động lực - Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP.HCM. Với bộ tản nhiệt này, kích thước nó chỉ bằng 64 % của bộ trao đổi nhiệt két nước trên xe tay ga.

Một phương pháp thực nghiệm đã tiến hành cho hai bộ trao đổi nhiệt kênh Mini và két nước trên xe tay ga để so sánh đánh giá đặc tính truyền nhiệt của chúng trong những điều kiện thay đổi sau: lưu lượng khối lượng

của nước, vận tốc gió và lưu lượng khối lượng của hỗn hợp nước – ethylen. Kết quả thực nghiệm cho thấy rằng bộ trao đổi nhiệt kênh Mini có hiệu suất truyền nhiệt cao hơn hoặc bằng đối với bộ trao đổi nhiệt két nước của nhà sản xuất, khi vận tốc gió từ 1,2 m/s đến 3,5 m/s và lưu lượng của lưu chất thay đổi từ 2,46 g/s đến 4,1 g/s.

Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng việc sử dụng bộ trao đổi nhiệt kênh Mini hoàn toàn có thể thay thế bộ trao đổi nhiệt két nước trên xe tay ga hiện nay. Bộ trao đổi nhiệt này có giá thành rẻ hơn vì được sản xuất tại chỗ.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn sâu sắc đến các tổ chức đã hỗ trợ dự án nghiên cứu này: (1) Đề tài cấp Trường trọng điểm MS: T2013-22TĐ/KHCN-GV, Trường ĐH Sư phạm

Kỹ thuật Tp. HCM; (2) Đề tài cấp Thành phố MS: 54-11-CT/HD-CTTB và (3) MS: 38-12-CT/HD-CTTB, Trung tâm NEPTECH – Sở Khoa học và Công nghệ Tp. HCM.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] P. K. Trivedi and N. B.Vasava, Effect of Variation in Pitch of Tube on Heat Transfer Rate in Automobile Radiator by CED Analysis, International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), ISSN: 2249 – 8958, Volume-1, Issue-6, August 2012

[2] JP Yadav and Bharat Raj Singh, Study on Performance Evaluation of Automotive Radiator, S-JPSET: ISSN: 2229-7111, Vol. 2, Issue 2, 2011

[3] Pulkit Agarwal, Mayur Shrikhande and P. Srinivasan, Heat Transfer Simulation by CFD from Fins of an Air Cooled Motorcycle Engine under Varying Climatic Conditions, Proceedings of the World Congress on Engineering 2011 Vol III, WCE 2011, July 6 – 8, 2011, London, U.K.

[4] Masao Yoshida, Soichi Ishihara, Yoshio Murakami, Kohei Nakashima and Masago Yamaoto, Air – cooling effects of Fins on a Motorcycle Engine, JSME International Juornal, Series B, Vol 49, No 3, 2006

[5] Wamei Lin, Modeling and Performance Analysis of Alternative Heat Exchangers for Heavy Vehicles, Thesis for the degree of Licentiate of Engineering, 2011, Lund University

[6] Arnold E. Biermann và Benjamin Pinkel, Heat transfer from finned metal cylinders in an air stream, Report National Advisory Committee for Aeronautics Collection

[7] R. Chein, and J. Chen, Numerical study of the inlet/outlet arrangement effect on microchannel heat sink performance, International Journal of Thermal Sciences. Vol. 48, 2009, pp. 1627-1638

[8] X. Wei, Stacked microchannel heat sinks for liquid cooling of microelectronics devices. Ph.D. thesis, Academic Faculty, Georgia Institute of Technology, 2004

[9] S.G. Kandlikar, S. Garimella, D.Q. Li, S.Colin, and M.R. King, Heat transfer and fluid flow in minichannels and microchannels. Elsevier Pte Ltd., Singapore, 2006

[10] Não Minh Daly, nghiên cứu cải tiến két nước trên xe tay ga bằng bộ tản nhiệt kênh Mini (Minichannel heat sink) nhằm nâng cao hiệu quả truyền nhiệt – Luận văn Thạc sĩ, Trường ĐH Sư phạm Kỹ thuật Tp. HCM, 2013.