

NGHIÊN CỨU TĂNG CƯỜNG GIẢI NHIỆT ÁO NƯỚC XY LANH BẰNG CÁCH XẺ RÃNH

A STUDY ON ENHANCING HEAT TRANSFER OF CYLINDER WATER JACKET BY GROOVE CUTTING

Huỳnh Tấn Đạt⁽¹⁾, Đặng Thành Trung⁽²⁾, Nào Minh Daly⁽¹⁾

⁽¹⁾ Trường Cao Đẳng Nghề Số 8 Biên Hòa - Đồng Nai

⁽²⁾ Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật TP.HCM

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đã chế tạo thành công mô hình áo nước xy lanh xẻ rãnh. Bằng phương pháp mô phỏng số và thực nghiệm, kết quả đã cho thấy rằng khả năng giải nhiệt của áo nước xy lanh có xẻ rãnh tốt hơn áo nước không xẻ rãnh. Trong điều kiện nhiệt độ nước vào 30°C và lưu lượng nước 1000 ml/phút, khi nhiệt độ lòng xy lanh tăng từ 500 °C đến 650 °C, nhiệt độ phía ngoài áo nước xy lanh tăng từ 80 đến 92 °C và nhiệt độ nước ra tăng từ 52 đến 64 °C. Cũng điều kiện trên, nhiệt độ phía ngoài áo nước xy lanh không xẻ rãnh cao hơn 5°C, nhiệt độ nước ra thấp hơn 6°C so với áo nước xẻ rãnh. Các kết quả thu được từ thực nghiệm đồng thuận với các kết quả thu được từ mô phỏng số, với sai số cực đại nhỏ hơn 8%.

Từ khóa: áo nước, xy lanh, giải nhiệt, nhiệt độ, truyền nhiệt.

ABSTRACT

A cylinder water jacket with groove cutting was fabricated successfully in this study. By numerical and experimental methods, the results shown that the heat transfer obtained from the jacket with groove cutting is higher than that obtained from the jacket without groove cutting. With the inlet water temperature of 30°C and flow rate of 1000 ml/min, when the cylinder inside temperature was varying from 500 to 650 °C, the outside surface temperature of jacket increased from 80 to 92 °C and the outlet water temperature increased from 52 to 64 °C. At the same conditions above, the outside surface temperature of jacket cylinder without groove cutting was higher 5°C and the outlet water temperature was lower 6°C to compare with the jacket having groove cutting. The results obtained from numerical analyses were in good agreement with those obtained from experiments, with maximum discrepancies estimated to be less than 8 %.

Key words: jacket, cylinder, cooling, temperature, heat transfer.

I. GIỚI THIỆU

Ngày nay, các công nghệ mới về lĩnh vực truyền nhiệt và dòng lưu chất đang được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi. Trong đó, việc nghiên cứu quá trình giải nhiệt của các thiết bị động lực mà cụ thể cho xy lanh xe tay ga là một vấn đề rất được coi trọng, nó góp phần đem lại nhiều lợi ích cho các nhà sản xuất cũng như người sử dụng xe. Ngày nay xe tay ga được sử dụng rộng rãi, thay thế

cho các loại xe thông thường bởi chúng có kiểu dáng đẹp, hệ thống truyền động vô cấp cho phép người sử dụng không cần sang số khi tăng tốc. Tuy nhiên, chúng cũng thể hiện nhược điểm như tiêu tốn nhiều nhiên liệu và làm giảm hiệu suất của động cơ nếu như giải nhiệt xy lanh không tốt.

Một phân tích đặc tính truyền nhiệt ổn trên phân đầu xy lanh đã được thực hiện bởi Powell [1]. Mật độ dòng nhiệt tập trung trên

xylanh với phương thức truyền nhiệt đối lưu từ không khí phía trên cánh tản nhiệt đầu xylanh và màng dầu trên các bộ phận trục khuỷu. Mật độ dòng nhiệt tập trung nhiều nhất ở vị trí đầu xylanh.

Khot và Santosh [2] đã sử dụng phần mềm mô phỏng số CFD để đánh giá và so sánh tính năng của hai áo nước làm mát khác nhau của động cơ Diesel 6 xylanh thẳng hàng. Sự phân tích cho thấy rằng model 2 có vận tốc ở đầu áo nước được cải thiện và tổn thất áp suất giảm.

Wang [3] đã phân tích sự phân bố áp suất, vận tốc, hệ số truyền nhiệt và nhiệt độ cho áo nước ở đầu xylanh. Kết quả phân tích cho thấy rằng nước làm mát trong đầu xylanh đã được phân phối lưu lượng dòng chảy tốt và sự phân phối áp suất tương đối chấp nhận được. Sự bố trí của các bộ phận trong phần đầu xylanh đã tác động để tăng khả năng làm mát trong vùng nguy hiểm, như xupap thải, kim phun nhiên liệu. Do vậy, các chi tiết sẽ không quá nóng để phá hủy.

Paul cùng cộng sự [4] đã nghiên cứu việc dùng không khí để giải nhiệt cho xylanh động cơ bằng cách giả định tập hợp các cánh là hình vành khuyên gắn trên một xylanh. Mô phỏng số đã được thực hiện để xác định các đặc tính truyền nhiệt của các thông số cánh khác nhau như: dạng cánh, độ dày cánh, sự thay đổi vận tốc dòng không khí khi độ dày của cánh tăng lên. Khoảng cách giữa các cánh giảm dần làm ảnh hưởng đến quá trình tạo rối giúp tăng cường truyền nhiệt. Loại có số lượng cánh lớn tương ứng độ dày cánh nhỏ để giải nhiệt cho xe phân khối lớn được dùng khá phổ biến, kết quả này làm cho khả năng trao đổi nhiệt tăng hơn.

Laramee [5] đã áp dụng các công nghệ hiện đại và kỹ thuật hình ảnh để khảo sát dòng chảy của lưu chất xuyên qua áo nước làm mát. Tác giả đã dùng phương pháp mô phỏng bởi phần mềm CFD để đưa ra biên dạng ảnh theo không gian hình dạng tia phun, dòng chảy,... để xác định chính xác sự phân bố nhiệt độ, lưu lượng dòng chảy và áp suất.

Agarwal cùng cộng sự [6] 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 724 W, 933,56 W và 1123,03W. Yoshida cùng cộng sự [7] 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 20 mm và khi xe di chuyển là 8 mm.

Một số nghiên cứu bằng phương pháp mô phỏng số và thực nghiệm cũng được thực hiện bởi Dang cùng cộng sự [8-9]. Trong nghiên cứu này tác giả đã sử dụng phần mềm COMSOL để mô phỏng đặc tính truyền nhiệt và tổn thất áp suất của một số bộ trao đổi nhiệt kênh micro và mini. Bên cạnh đó, các tác giả cũng đã nghiên cứu thành công bộ tản nhiệt kênh mini thay cho két nước truyền thống.

Hệ thống làm mát trên xe tay ga hiện nay chủ yếu dùng dung dịch ethylene, có áo nước bao quanh thành xylanh để làm mát xylanh. Tuy nhiên, hiện nay một số loại xe khi đưa vào sử dụng, động cơ rất nóng làm cho nhiệt độ động cơ tăng lên cao nếu tiếp tục có thể dẫn đến cháy xe hoặc bó kẹt piston vào thành xylanh. Từ những nghiên cứu liên quan trên, cũng có nhiều nghiên cứu liên quan đến việc tăng cường giải nhiệt cho xylanh xe gắn máy. Tuy nhiên, nghiên cứu thực nghiệm và mô phỏng số về tăng cường giải nhiệt cho áo nước xylanh xe máy bằng cách xẻ rãnh là đề tài khá mới, đặc biệt trong trường hợp mô phỏng 3D cho toàn bộ xylanh. Vì vậy, việc nghiên cứu tăng cường làm mát cho xylanh bằng cách xẻ rãnh áo nước là hết sức cần thiết. Nghiên cứu này sẽ giúp động cơ tăng công suất, làm việc ổn định, kéo dài tuổi thọ

động cơ. Do dung dịch ethylene ở nồng độ thấp có hiệu quả truyền nhiệt tương đồng với nước tinh khiết [8] nên trong nghiên cứu này, nước tinh khiết được sử dụng làm lưu chất làm việc. Thêm vào đó, nghiên cứu này chỉ tập trung vào nghiên cứu các đặc tính truyền nhiệt chứ không nghiên cứu về cơ tính của xylanh khi xẻ rãnh.

II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Để phân tích những đặc tính truyền nhiệt và dòng chảy lưu chất trong hệ thống, một số phương trình chính yếu đã được thể hiện: phương trình liên tục, phương trình động lượng và phương trình năng lượng.

Phương trình liên tục

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + u \frac{\partial \rho}{\partial x} + v \frac{\partial \rho}{\partial y} + w \frac{\partial \rho}{\partial z} + \rho \left[\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right] = 0 \quad (1)$$

Phương trình động lượng

$$\begin{aligned} & \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \\ &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad (2a)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} \\ &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad (2b)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial w}{\partial t} + u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} \\ &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) \end{aligned} \quad (2c)$$

Phương trình năng lượng

$$\begin{aligned} & \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \\ &= \frac{\lambda}{\rho c_p} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + Q_i \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó: Q_i là sự phát sinh nhiệt bên trong, T là nhiệt độ, C_p là nhiệt dung riêng đẳng áp, λ là hệ số dẫn nhiệt.

Với những điều kiện thực nghiệm trong nghiên cứu này, những đặc tính truyền nhiệt sẽ được đề cập như sau.

$$Q_w = m_w c_w (T_{w,o} - T_{w,i}) \quad (4)$$

Hiệu suất truyền nhiệt (Theo phương pháp NTU) được xác định

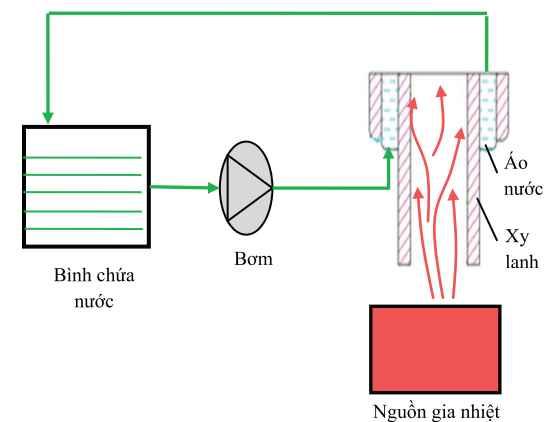
$$\eta = \frac{Q_w}{Q_{\max}} \quad (5)$$

Trong đó m là lưu lượng khối lượng, c là nhiệt dung riêng, $T_{w,i}$ và $T_{w,o}$ là nhiệt độ nước đầu vào và đầu ra, w là ký hiệu tắt của nước.

III. BỐ TRÍ THÍ NGHIỆM

1. Lắp đặt hệ thống thí nghiệm

Trong hệ thống thí nghiệm này, bốn bộ phận chính đã được sử dụng: mẫu thí nghiệm áo nước xylanh có xẻ rãnh, bơm, hệ thống đường ống và nguồn gia nhiệt, được thể hiện ở Hình 1. Trong đó, phần trao đổi nhiệt là áo nước xylanh có xẻ rãnh đã được dùng làm thí nghiệm.



Hình 1: Hệ thống thí nghiệm



Hình 2: Mô hình thực nghiệm

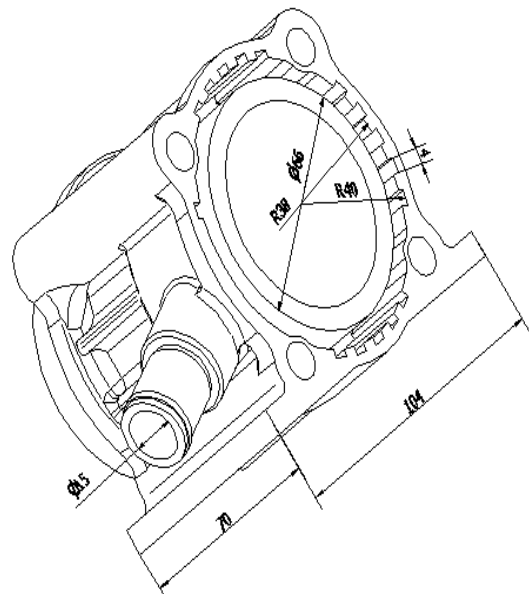
Quá trình giải nhiệt xylanh được thực hiện bằng nước. Nước từ bình chứa được bơm vào áo nước xylanh, nhiệt từ trong nòng xylanh truyền cho nước; do vậy, nhiệt độ của nước ở đầu ra của áo nước tăng. Một hình ảnh của hệ thống thí nghiệm được thể hiện ở Hình 2. Bơm cấp nước là loại bơm (YS – 1200) được sử dụng cho hệ thống này. Bơm này có lưu lượng dòng chảy tối đa 1000ml/p, có suất 20W, sử dụng dòng điện xoay chiều 220 V ÷ 240 V, 50 Hz. Độ chính xác của dụng cụ được thể hiện rõ ở Bảng 1.

Bảng 1: Dụng cụ đo và độ chính xác

Dụng cụ đo	Độ chính xác	Thang đo
Nhiệt kế thủy ngân	$\pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$	0 ~ 100 $^{\circ}\text{C}$
Nhiệt kế điện tử và đầu đo nhiệt độ	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	0 ~ 1200 $^{\circ}\text{C}$
Cân chính xác	$\pm 0,0015\text{g}$	0,0000~220g
Thiết bị đo nhiệt độ bề mặt bằng tia laser	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	0 ~ 100 $^{\circ}\text{C}$

2. Thiết kế áo nước xylanh có xẻ rãnh

Bề dày áo nước 6 mm, áo nước xylanh xẻ 16 rãnh, chiều dài 15mm, chiều sâu 2mm, chiều rộng 4mm, khoảng cách các rãnh 4mm. Nó được chú ý rằng các rãnh này được xẻ về phía đối diện lòng xylanh, như thể hiện ở Hình 3. Vật liệu hợp kim nhôm với độ dẫn nhiệt là 160 W/(mK), khối lượng riêng 2700 kg/m³, nhiệt dung riêng đẳng áp là 900 J/(kgK).

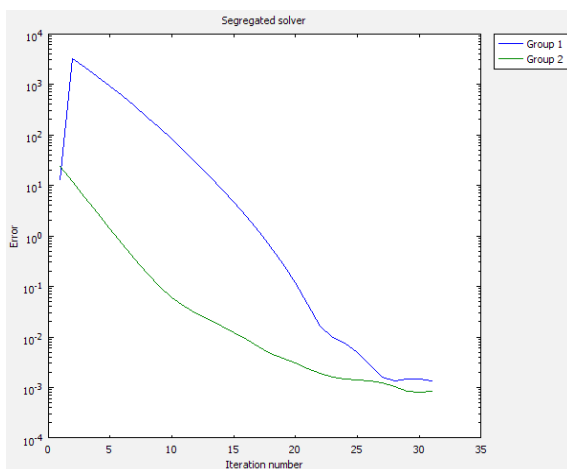
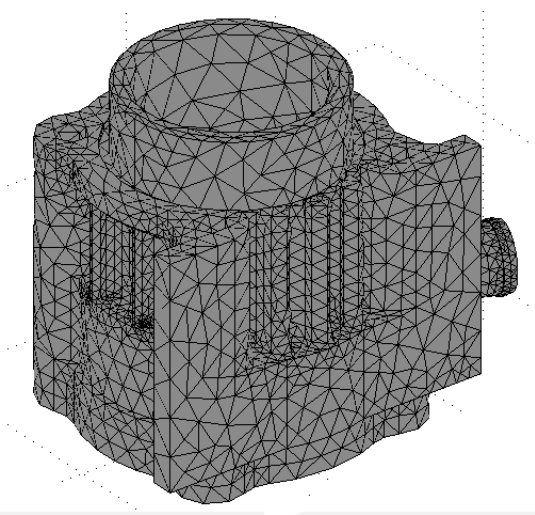


Hình 3: Mẫu thí nghiệm

3. Mô phỏng số

Nghiên cứu mô phỏng số học của tính chất truyền nhiệt 3D bởi áo nước xylanh với dòng chảy một pha đi qua đã được thực hiện

bằng phần mềm COMSOL, phiên bản 3.5. Thuật toán của phần mềm này thì dựa trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn. Trong nghiên cứu này, nước được dùng như là lưu chất làm việc, trong lòng xy lanh được gia nhiệt từ nhiệt độ 500 °C đến 650 °C. Sự phân lưới của mô hình này đã được sử dụng 36228 phần tử. Hình 4 cho thấy sự hội tụ của phương pháp giải cho các thông số vận tốc (u, v, w), nhiệt độ (T) và tổn thất áp suất (P).



Hình 4: Kết quả phân lưới và sự hội tụ.

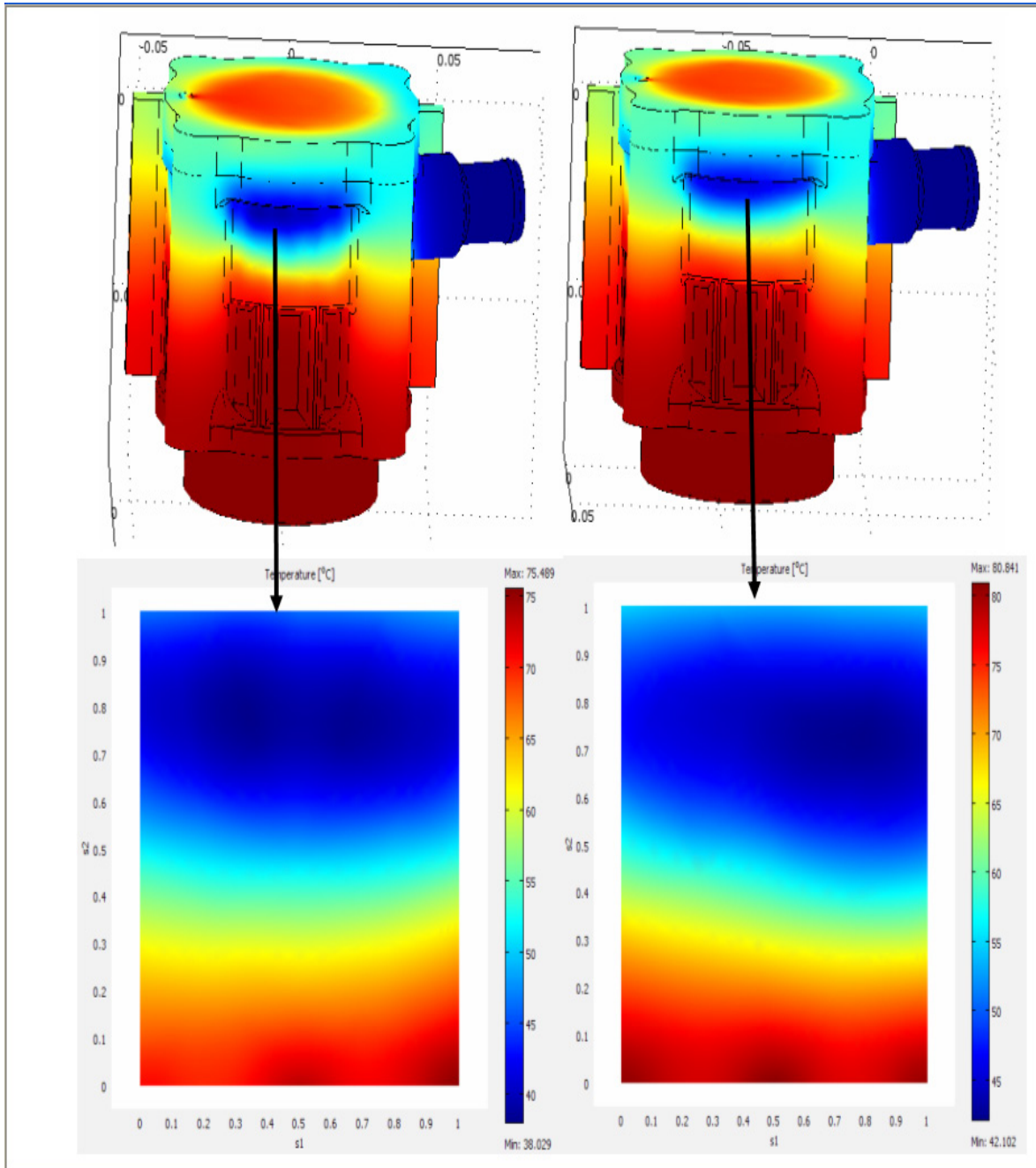
IV. CÁC KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Kết quả mô phỏng số ở nhiệt độ phía ngoài của áo nước xẻ rãnh và không xẻ rãnh

Nhiệt độ bề mặt ngoài của áo nước xy lanh được thể hiện ở Hình 5. Các kết quả này thu được ở điều kiện nhiệt độ đầu vào của nước 30°C, lưu lượng nước 1000 ml/phút, nhiệt độ trong lòng xy lanh 500 °C. Kết quả mô phỏng cho thấy nhiệt độ trung bình phía ngoài của áo nước xy lanh xẻ rãnh thấp hơn 5°C so với nhiệt độ trung bình phía ngoài của áo nước xy lanh không xẻ rãnh. Điều này được lý giải rằng xy lanh có xẻ rãnh sẽ làm cho bề mặt truyền nhiệt tăng lên, chính những rãnh này cũng tạo ra những dòng chảy rối làm tăng hệ số tỏa nhiệt đối lưu nên tăng cường quá trình truyền nhiệt giữa lòng xy lanh và nước giải nhiệt. Vì vậy, khối xy lanh xẻ rãnh trao đổi nhiệt tốt hơn so với khối xy lanh không xẻ rãnh.

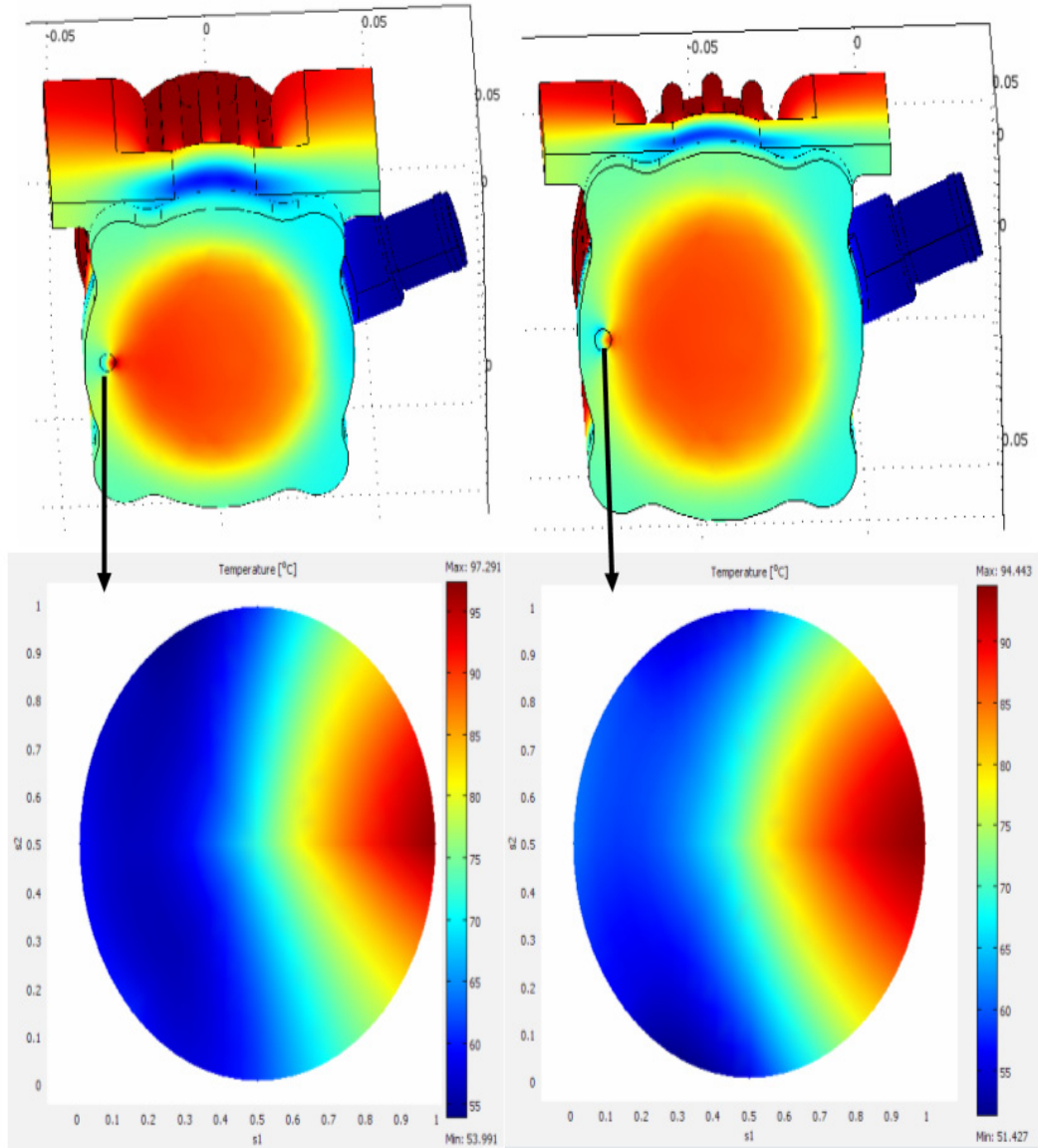
2. Kết quả mô phỏng số ở nhiệt độ đầu ra của áo nước xẻ rãnh và không xẻ rãnh

Kết quả mô phỏng số nhiệt độ đầu ra của áo nước trong hai trường hợp có và không có xẻ rãnh đã được thể hiện ở Hình 6. Các kết quả này thu được ở điều kiện nhiệt độ đầu vào của nước 30 °C, lưu lượng nước 1000 ml/phút, nhiệt độ trong lòng xy lanh 500 °C. Kết quả mô phỏng cho thấy nhiệt độ đầu ra trung bình của áo nước xẻ rãnh cao hơn 3 °C so với nhiệt độ trung bình của áo nước không xẻ rãnh. Vậy nước giải nhiệt đã nhận nhiệt tốt hơn làm cho thành xy lanh mát hơn. Thêm vào đó, kết quả khảo sát từ mô phỏng số cho thấy rằng trường nhiệt độ của nước ở mặt cắt đầu ra có sự khác biệt rõ rệt ở vị trí gần và xa lòng xy lanh. Nó được chú ý rằng những kết quả thu được từ Hình 5 và 6 chỉ có được từ phương pháp mô phỏng số, phương pháp thực nghiệm rất khó thu được kết quả như thế này.



a) Nhiệt độ phía ngoài của áo nước xẻ rãnh b) Nhiệt độ phía ngoài của áo nước không xẻ rãnh

Hình 5: Kết quả mô phỏng số ở nhiệt độ phía ngoài của áo nước xẻ rãnh và áo nước không xẻ rãnh ở nhiệt độ lòng xylanh 500 °C và lưu lượng 1000 ml/phút.

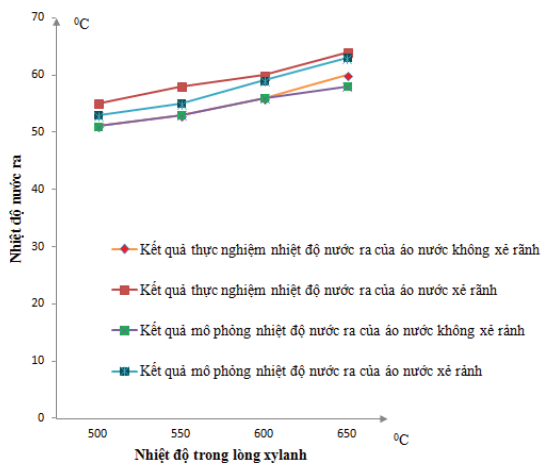


- a) Nhiệt độ đầu ra của áo nước xẻ rãnh b) Nhiệt độ đầu ra của áo nước không xẻ rãnh

Hình 6: Kết quả mô phỏng ở nhiệt độ nước ra của áo nước xẻ rãnh và không xẻ rãnh ở nhiệt độ lòng xylanh 500 °C và lưu lượng nước 1000ml/p.

3. So sánh kết quả thực nghiệm và mô phỏng số ở nhiệt độ nước ra

Trong nghiên cứu này, Hình 7 thể hiện mối quan hệ nhiệt độ nước đầu ra giữa hai áo nước xẻ rãnh và không xẻ rãnh ở lưu lượng nước 1000 ml/phút và nhiệt độ trong lòng xy lanh thay đổi từ 500 °C đến 650 °C. Khi nhiệt độ trong lòng xy lanh tăng từ 500 đến 650 °C, nhiệt độ nước ra tăng từ 52 đến 64 °C. Cả thực nghiệm và mô phỏng số đều cho thấy rằng, nhiệt độ nước ra trong trường hợp có xẻ rãnh đều cao hơn không xẻ rãnh. Kết quả thí nghiệm cho thấy rằng nhiệt độ nước đầu ra của áo nước xẻ rãnh cao hơn 4 °C so với áo nước không xẻ rãnh. Trong khi đó, ở cùng điều kiện trên, mô phỏng cho thấy rằng nhiệt độ nước đầu ra của áo nước xẻ rãnh cao hơn 2 °C so với áo nước không xẻ rãnh, sai lệch cực đại giữa mô phỏng và thực nghiệm là 3,1%.

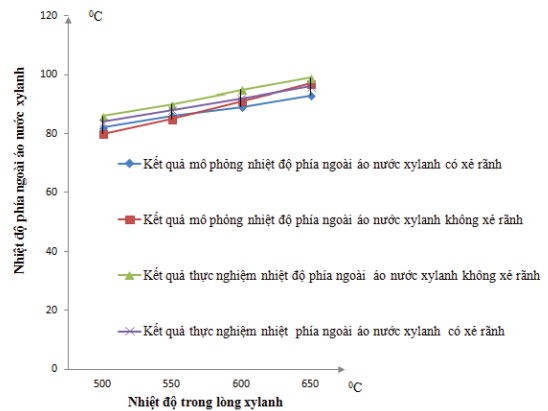


Hình 7: Kết quả thực nghiệm và mô phỏng ở nhiệt độ nước ra của áo nước xẻ rãnh và không xẻ rãnh ở nhiệt độ lòng xy lanh 500 °C đến 650 °C và lưu lượng nước 1000ml/p.

4. So sánh kết quả thực nghiệm và mô phỏng số nhiệt độ phía ngoài của áo nước

Cùng một điều kiện thực nghiệm trên, khi nhiệt độ nòng xy lanh tăng từ 500 °C đến 650 °C, nhiệt độ phía ngoài áo nước xy lanh tăng từ 80 đến 92 °C. Hình 8 cho thấy kết quả thực nghiệm nhiệt độ phía ngoài của áo nước xẻ rãnh thấp hơn 4 °C so với áo nước không

xẻ rãnh; trong khi đó, mô phỏng cho thấy rằng nhiệt độ phía ngoài của áo nước xẻ rãnh thấp hơn 5 °C so với áo nước không xẻ rãnh. Trong trường hợp áo nước xẻ rãnh, nhiệt độ chênh lệch lớn nhất giữa mô phỏng số và thực nghiệm là 3 °C, tương ứng phần trăm sai lệch là 3,7%. Trong trường hợp áo nước không xẻ rãnh, nhiệt độ chênh lệch lớn nhất giữa mô phỏng số và thực nghiệm là 6 °C, tương ứng phần trăm sai lệch là 7,4 %.



Hình 8: So sánh kết quả thực nghiệm và mô phỏng nhiệt độ phía ngoài của áo nước xẻ rãnh và không xẻ rãnh ở nhiệt độ lòng xy lanh 500 °C đến 650 °C và lưu lượng nước 1000 ml/phút.

Từ hình 5 – 8, các kết quả nghiên cứu cho thấy rằng áo nước xẻ rãnh giải nhiệt tốt hơn so với áo nước không xẻ rãnh.

V. KẾT LUẬN

Trước hết nghiên cứu này đã tổng quan được các kết quả nghiên cứu liên quan đến quá trình giải nhiệt áo nước xy lanh và cũng đã chế tạo thành công áo nước xy lanh có xẻ rãnh bên trong.

Nghiên cứu này được thực hiện bằng cả hai phương pháp thực nghiệm và mô phỏng số để đánh giá đặc tính truyền nhiệt của áo nước xẻ rãnh và không xẻ rãnh. Trong quá trình thực hiện nghiên cứu, lòng xy lanh được gia nhiệt bên trong ở cùng một nhiệt độ từ 500 °C đến 650 °C, nhiệt độ nước vào 30 °C, vận tốc nước 1000 ml/phút. Khi nhiệt độ nòng xy lanh tăng từ 500 °C đến 650 °C, nhiệt

độ phía ngoài áo nước xylanh tăng từ 80 đến 92 °C và nhiệt độ nước ra tăng từ 52 đến 64 °C. Với kết quả thu được theo phương pháp thực nghiệm, nhiệt độ phía ngoài áo nước không xẻ rãnh cao hơn 4°C và nhiệt độ nước ra thấp hơn 4 °C so với áo nước xẻ rãnh. Với kết quả thu được theo phương pháp mô phỏng số, nhiệt độ phía ngoài áo nước cao hơn 5 °C và nhiệt độ nước ra thấp hơn 2 °C so với áo nước xẻ rãnh.

Hai phương pháp nghiên cứu đều cho ra kết luận áo nước có xẻ rãnh có quá trình trao đổi nhiệt tốt hơn so với áo nước không xẻ rãnh. Kết quả thu được từ hai nghiên cứu này đồng thuận tốt với sai số cực đại nhỏ hơn 8%.

Tuy nhiên, do hạn chế về thời gian nên nghiên cứu này chỉ nghiên cứu về đặc tính truyền nhiệt của xylanh áo nước. Nó cũng rất cần nghiên cứu tiếp theo về cơ tính của áo nước xylanh trong trường hợp có xẻ rãnh.

VI. 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: T2014-22TĐ/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] Andrew Powell, Engineering Projects, 1563 Major Oaks Road Pickering, Ontario L1X 2L1 Canada, 2005
- [2] S.M. Khot and Santosh D. Satre, Comparative study of cooling jacket models of a Diesel engine using CFD analysis, Proceedings of the Third Biennial National Conference on Nascent Technologies (NCNTE-2012), 2012, pp.68-74
- [3] Qingzhao Wang, Numerical analysis of cooling effects of a cylinder heat water jacket, Master thesis-http://www.d.umn.edu/mathTechnical%20Reports/Technical%20Reports%202007-/TR%202009/TR_2009_4.pdf
- [4] J. Ajay Paul, Sagar Chavan Vijay, U. Magarajan, and R. Thundil Karuppa Raj, Experimental and Parametric Study of Extended Fins In The Optimization of Internal Combustion Engine Cooling Using CFD, International Journal of Applied Research in Mechanical Engineering (IJARME), Volume-2, Issue-1, 2012, pp. 81-90
- [5] Robert S. Laramee, Effective visualization of heat transfer, 12th international symposium on flow visualization, September 10-14, 2006, pp. 1-11
- [6] 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.
- [7] Masao Yoshida, Soichi Ishihara, Yoshio Murakami, Kohei Nakashima and Masago Yamaoto, Air – cooling effects of Fins on a Motorcycle Engine, JSME International Journal, Series B, Vol 49, No 3, 2006
- [8] Thanhtrung Dang, Daly Minh Nao, Ngoctan Tran, and Jyh-tong Teng, A novel design for a scooter radiator using minichannel, International Journal of Computational Engineering Research, 2013, Volume 3, Issue 6, pp. 41-49
- [9] Thanhtrung Dang and Jyh-tong Teng, Comparison on the heat transfer and pressure drop of the microchannel and minichannel heat exchangers, Heat and Mass Transfer, Vol, 47, 2011, pp. 1311-1322.