

ẢNH HƯỞNG CỦA LỚP CÁU CẶN SINH HÀN DẦU NHỜN TỚI CÁC THÔNG SỐ CÔNG TÁC CỦA ĐỘNG CƠ

AFFECT OF SCALE ON HEAT TRANSFER SURFACE OF LO COOLER TO ENGINE OPERATING PARAMETERS

TS. PHẠM HỮU TÂN, KS. NGUYỄN MINH ĐỨC

Khoa Máy tàu biển, Trường ĐHHH

Tóm tắt

Dựa vào các phương trình truyền nhiệt, phương trình cân bằng nhiệt, bài báo giới thiệu cách xác định độ dày lớp cáu cặn bám trên bề mặt trao đổi nhiệt của sinh hàn dầu nhờn khi điều kiện khai thác của động cơ không thay đổi. Bài báo còn xây dựng mối quan hệ giữa độ dày lớp cáu cặn và nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ, từ đó xác định được sự ảnh hưởng của lớp cáu cặn trên bề mặt trao đổi nhiệt tới quá trình công tác của động cơ.

Abstract

Based on heat transfer and heat balance equations, the paper introduces method to calculate amount of dirtiness formed on heat transfer surfaces of lubricating coolers at stable operation conditions of diesel engines. Besides, the paper also introduces relation between scale layer and LO temperature at engine inlet. This helps to determine the affection of scale layer to engine operation.

1. Đặt vấn đề

Các thiết bị trao đổi nhiệt đảm bảo sự công tác liên tục, tin cậy và kinh tế của hệ động lực tàu thủy. Sau một thời gian khai thác, tình trạng kĩ thuật của các thiết bị trao đổi nhiệt thay đổi theo hướng xấu đi do chiều dày lớp cáu cặn trên các bề mặt trao đổi nhiệt tăng lên, hoặc diện tích bề mặt trao đổi nhiệt của thiết bị giảm. Điều này ảnh hưởng xấu tới sự công tác của động cơ. Một yêu cầu đặt ra là phải xác định được tình trạng kĩ thuật hiện tại của thiết bị trao đổi nhiệt. Ta có thể gián tiếp xác định độ dày lớp cáu cặn tương đối chính xác thông qua các thông số công tác thực tế của thiết bị như nhiệt độ vào và ra của môi chất, lưu lượng môi chất. Thông qua các bài toán tính nhiệt ta có thể xây dựng đặc tính biểu diễn mối quan hệ giữa chiều dày lớp cáu cặn với nhiệt độ môi chất vào động cơ. Sau đó, đối chiếu chiều dày lớp cáu cặn bám trên bề mặt trao đổi nhiệt của thiết bị ở điều kiện hiện tại với kết quả tìm được bằng đặc tính, từ đó có thể đánh giá khả năng làm việc của thiết bị trao đổi nhiệt và để đưa ra các biện pháp bảo dưỡng thiết bị. Độ chính xác của phương pháp này phụ thuộc vào thông số thực tế thu được và độ chính xác của các công thức sử dụng để tính toán.

Xuất phát từ những vấn đề trên, tác giả chọn phương pháp tính toán và phân tích cho một thiết bị trao đổi nhiệt là sinh hàn dầu nhờn dạng tấm. Độ dày lớp cáu cặn bám trên bề mặt trao đổi nhiệt của sinh hàn có thể xác định được theo sự thay đổi của nhiệt độ môi chất vào và ra khỏi sinh hàn. Thông qua các bài toán nhiệt, ta có thể đánh giá được sự ảnh hưởng của độ dày lớp cáu cặn bám trên bề mặt thiết bị tới các thông số công tác của động cơ như: nhiệt độ, áp lực dầu bôi trơn... Để giải quyết các bài toán nhiệt, trước tiên ta phải đi phân tích đặc điểm kết cấu của sinh hàn dạng tấm.

2. Đặc điểm của sinh hàn dầu nhờn dạng tấm

Các bề mặt trao đổi nhiệt của sinh hàn là những tấm phẳng ép vào nhau tạo thành các khoang dẫn môi chất. Khoang dẫn dầu, khoang nước biển của sinh hàn xen kẽ nhau và được ngăn cách bởi các tấm phẳng. Dầu nhờn và nước biển trong sinh hàn chuyển động theo kiểu song song ngược chiều.

Khi động cơ làm việc, dầu nhờn nhận nhiệt từ động cơ ($Q_{mang ra}$) sau đó truyền cho nước biển tại sinh hàn dầu nhờn ($Q_{trao đổi}$), dầu bôi trơn sau khi được làm mát tại sinh hàn dầu nhờn sẽ quay lại động cơ để bôi trơn. Một yêu cầu đặt ra đối với sinh hàn dầu nhờn là phải luôn duy trì nhiệt độ dầu bôi trơn vào động cơ ổn định, tức là $Q = Q_{mang ra} = Q_{trao đổi}$. Trong thực tế, sinh hàn dầu nhờn được thiết kế với một hệ số dự trữ nhất định nhằm mục đích khi sinh hàn bị bẩn ở một mức độ nào đó hoặc một số tấm của sinh hàn bị hỏng thì sinh hàn vẫn có thể làm việc bình thường. Do đó, sinh hàn dầu nhờn luôn được trang bị đồng thời một van điều chỉnh nhiệt độ dầu nhờn. Van này sẽ thay đổi độ mở để điều chỉnh lượng dầu nhờn đi tắt không qua sinh hàn, nên nhiệt độ dầu nhờn vào động cơ được duy trì ổn định. Khi động cơ làm việc ở chế độ tải cao hoặc

các bề mặt trao đổi nhiệt của sinh hàn bản, van này sẽ giảm lượng dầu đi tắt không qua sinh hàn dầu nhờn. Nếu toàn bộ lượng dầu nhờn sau khi bôi trơn động cơ được van điều chỉnh nhiệt độ dẫn qua sinh hàn dầu nhờn, có nghĩa là sinh hàn dầu nhờn đã bị bẩn cần phải tiến hành vệ sinh. Trong trường hợp toàn bộ dầu nhờn sau khi bôi trơn động cơ được dẫn qua sinh hàn, nếu sinh hàn không được vệ sinh kịp thời thì nhiệt độ dầu nhờn tăng lên.

Như vậy, khi độ dày cấu cặn nhỏ hơn giá trị cho phép (δ_{cth}), nhiệt độ của dầu nhờn vào động cơ không đổi. Khi chiều dày cấu cặn lớn hơn giá trị cho phép, nhiệt độ dầu nhờn vào động cơ tăng lên theo sự tăng của lớp cấu cặn. Để tìm mối quan hệ giữa độ dày cấu cặn và nhiệt độ dầu nhờn vào động cơ, ta phải tìm giá trị δ_{cth} của các bầu làm mát dầu nhờn.

3. Các công thức tính toán nhiệt cho bầu sinh hàn

Để giải quyết các bài toán tính nhiệt, chúng ta có thể sử dụng các phương trình truyền nhiệt, phương trình cân bằng nhiệt.

- Phương trình truyền nhiệt

$$Q = k.F.\Delta t \quad (1)$$

- Xác định hệ số truyền nhiệt

$$k_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{Nu.\lambda}{l} \quad (3)$$

Khi môi chất chảy tầng:

$$Nu_f = 1,86 \left(Re_f Pr_f \frac{d_{td}}{L} \right)^{0,33} \left(\frac{\mu_f}{\mu_w} \right)^{0,14} \quad (4)$$

Khi môi chất chảy rối:

$$Nu_f = 0,021 Re_f^{0,8} Pr_f^{0,43} \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,25} \quad (5)$$

Khi chảy chuyển từ chảy tầng sang chảy rối

$$Nu_f = 0,0033 Re_f Pr_f^{0,37} \quad (6)$$

- Phương trình cân bằng nhiệt:

$$Q = G_1 C_{p1} (t_1' - t_2') = G_2 C_{p2} (t_2'' - t_1'') \quad (7)$$

Xác định công suất của bơm dầu nhờn

$$N_1 = U_1.l_1.\eta_1 \quad (8)$$

Xác định tốc độ lưu động của môi chất qua thiết bị

$$\omega = \frac{2V}{a.H.n} \quad (9)$$

Tính độ chênh nhiệt độ trung bình Δt

$$\Delta t = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}} = \frac{(t_1' - t_2'') - (t_1'' - t_2')}{\ln \frac{(t_1' - t_2'')}{(t_1'' - t_2')}} \quad (10)$$

- Tính diện tích trao đổi nhiệt

$$F = H.L.n \quad (11)$$

Trong đó:

Q – lượng nhiệt trao đổi tại thiết bị; W

k – hệ số truyền nhiệt; W/m.².K

F – diện tích bề mặt trao đổi nhiệt; m²

Δt – độ chênh nhiệt độ trung bình; °C

δ và λ - chiều dày và hệ số dẫn nhiệt của tấm trao đổi nhiệt; m và w/m.².K

α - Hệ số tỏa nhiệt; $w/m^2 \cdot ^\circ K$.

Chỉ số "1" tương ứng với dầu nhờn. Chỉ số "2" tương ứng với nước biển

Dấu "" tương ứng với các thông số đi vào sinh hàn dầu nhờn

Dấu "" tương ứng với các thông số đi ra khỏi sinh hàn dầu nhờn

G_1, G_2 – lưu lượng khối lượng dầu nhờn và nước biển qua sinh hàn; kg/s

C_{p1}, C_{p2} – nhiệt dung riêng khối lượng đẳng áp của dầu nhờn và nước biển; $J/kg \cdot ^\circ K$

t_1 – nhiệt độ môi chất vào sinh hàn; $^\circ C$.

t_2 – nhiệt độ môi chất ra khỏi bầu sinh hàn; $^\circ C$.

N_1 – công suất động cơ điện lai bơm; w

4. Một số giả thiết trong quá trình tính toán

- Động cơ làm việc ở cùng một điều kiện khai thác (chế độ tải không đổi), nhiệt độ nước biển không thay đổi.
- Dòng môi chất lưu động liên tục và ổn định, tốc độ lưu động của dòng tại mọi tiết diện là như nhau.
- Bỏ qua tổn thất nhiệt do tản nhiệt ra ngoài môi trường tại đường ống và tại thiết bị.
- Bề dày cấu cặn giải đều trên toàn bộ diện tích bề mặt trao đổi nhiệt, khi tính toán ta lấy bề dày cấu cặn là bề dày trung bình xét trên toàn bộ diện tích bề mặt trao đổi nhiệt.

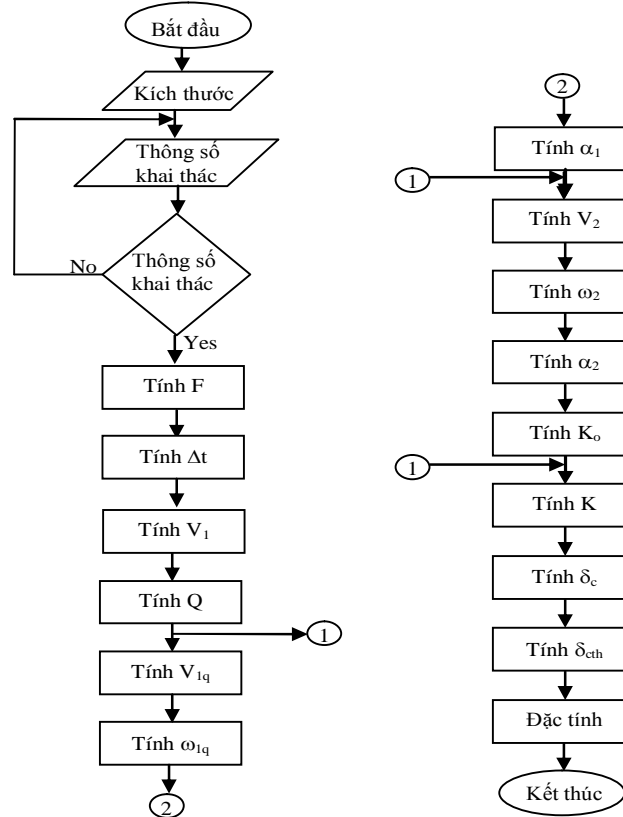
5. Các bước tính toán xác định ảnh hưởng của cấu cặn đến nhiệt độ dầu bôi trơn

Quá trình tính toán được tiến hành theo các bước sau:

- Xác định lưu lượng dầu bôi trơn qua bơm thông qua công suất tiêu thụ của động cơ điện lai bơm.
- Tính nhiệt lượng dầu bôi trơn nhận từ động cơ.
- Dựa vào phương trình cân bằng nhiệt tính lưu lượng dầu bôi trơn và nước biển qua sinh hàn.
- Tính tốc độ lưu động của các môi chất qua sinh hàn.
- Xác định hệ số truyền nhiệt của thiết bị khi không có cấu cặn.
- Xác định nhiệt độ trung bình.
- Tính diện tích trao đổi nhiệt hiện tại của thiết bị.
- Tính độ dày cấu cặn hiện tại của thiết bị.
- Tính độ dày cấu cặn lớn nhất cho phép của sinh hàn.

6. Xây dựng thuật toán tính toán

Từ các bước tính toán ta đã xây dựng thuật toán tính toán nhiệt cho thiết bị, thuật toán tính toán được thể hiện trên sơ đồ thuật toán dưới đây.



Từ thuật toán tính toán, sử dụng phần mềm Matlab để lập trình tính toán các bài toán nhiệt. Kết quả tính toán cho ta xác định được mối quan hệ giữa nhiệt độ dầu bôi trơn với độ dày lớp cấu cặn bám trên bề mặt trao đổi nhiệt của thiết bị.

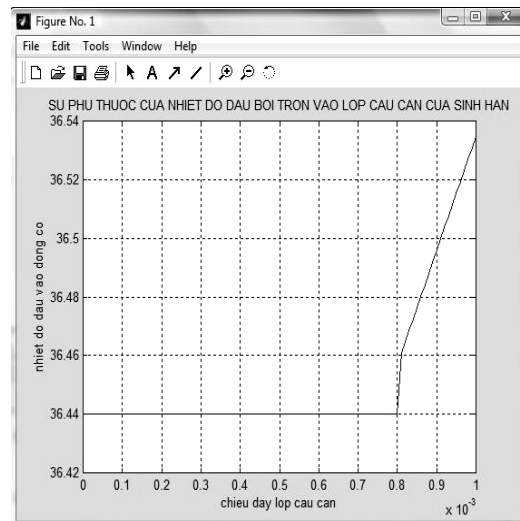
Các thông số đầu vào để tính toán

- | | |
|-------------------------------|--|
| $V_1=35 \text{ m}^3/\text{h}$ | $a=0.01\text{m}$ |
| $t_1=57^\circ\text{C}$ | $\lambda_c=0.5 \text{ w/m} \cdot ^\circ\text{K}$ |
| $t_v=36^\circ\text{C}$ | $H=0.8 \text{ m}$ |
| $t_2''=32^\circ\text{C}$ | $n=39$ |
| $t_2'=29^\circ\text{C}$ | $L=0.4\text{m}$ |
| $t_1'=33^\circ\text{C}$ | |

Từ kết quả tính toán ta xác định được bề dày cấu cặn hiện tại và bề dày cấu cặn cho phép của bầu sinh hàn dầu nhờn là: $\delta_c = 0,0004\text{m}$; $\delta_{cth} = 0,0008\text{m}$.

Qua đồ thị (hình 1) ta thấy rằng: khi bề dày lớp cấu cặn nhỏ hơn bề dày lớp cấu cặn tới hạn thì nhiệt độ dầu bôi trơn không thay đổi, bởi vì lúc này vẫn còn độ dự trữ làm mát của bầu sinh hàn. Khi hết độ dự trữ làm mát, nếu bề dày lớp cấu cặn tăng thì nhiệt độ dầu bôi trơn cũng tăng, quá trình bôi trơn cũng ảnh hưởng. Chế độ làm việc của động cơ cũng bị ảnh hưởng.

Qua đồ thị cũng giúp cho ta trong việc khai thác các thiết bị trao đổi nhiệt (đặc biệt là bầu làm mát dầu nhờn) một cách tốt hơn.



Hình 1. Mối quan hệ giữa nhiệt độ dầu bôi trơn với bề dày lớp cấu cặn bám trên bề mặt trao đổi nhiệt.

7. Kết luận

Trên cơ sở các phương trình truyền nhiệt và cân bằng nhiệt, bài báo đã giới thiệu cách xác định độ dày cấu cặn và xây dựng đặc tính biểu diễn mối quan hệ giữa nhiệt độ dầu vào động cơ và chiều dày cấu cặn theo các thông số nhiệt độ vào và ra khỏi sinh hàn, từ đó có thể xác định chính xác tình trạng kĩ thuật của thiết bị.

Từ kết quả tính toán có thể đánh giá được trạng thái kỹ thuật của các thiết bị trao đổi nhiệt ở điều kiện hiện tại. Trên cơ sở đó giúp người khai thác có thể dự đoán thời gian khai thác hay chu kì bảo dưỡng thiết bị trao đổi nhiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS.TS Bùi Hải, TS Dương Đức Hồng, TS Hà Mạnh Thư, *Thiết bị trao đổi nhiệt*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2001
- [2] PGS.TS Bùi Hải, PGS.TS Trần Thế Sơn, *Kỹ thuật nhiệt*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 2006
- [3] TS. Phạm Hữu Tân, *Nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố khai thác đến các thiết bị trao đổi nhiệt trên tàu thủy*, Luận văn Thạc sĩ kỹ thuật, Đại học Hàng hải, Hải Phòng, 1997
- [4] John H.LienHard, *A heat transfer text book third edition*, Nxb Cambridge Massachusetts, 2003

Phản biện: PGS. TS. Nguyễn Đại An
