

**XÁC ĐỊNH TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ CỦA ỐNG LÓT XI LẠNH
ĐỘNG CƠ 64 12/14 BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN**
TO DEFINE TEMPERATURE FIELD OF TUBE LINER
CYLINDER ENGINE 64 12/14 BY FINITE ELEMENT METHOD

ThS. NGUYỄN LÊ VĂN
PGS. TS. ĐÀO TRỌNG THẮNG
PGS.TS. LẠI VĂN ĐỊNH
Học viện Kỹ thuật Quân sự

Tóm tắt

Để phục vụ việc thiết kế chế tạo ống lót xi lanh động cơ cần thiết phải xác định trường nhiệt độ của nó. Bài báo trình bày việc tính toán trường nhiệt độ của ống lót xi lanh động cơ 64 12/14 bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

Abstract

To facilitate the design and manufacture tube liner cylinder engine need to define its temperature field. This paper presents the calculation temperature field of the tube liner cylinder engine 64 12/14 by finite element method.

1. Đặt vấn đề

Động cơ 64 12/14 là động cơ diesel 4 kì, 6 xi lanh do Liên Xô (cũ) chế tạo để lai máy phát điện và được sử dụng trên các tàu quân sự kiểu 205, 206 của Hải quân nhân dân Việt Nam.

Ống lót xi lanh động cơ 64 12/14 là loại ống lót xi lanh ướt. Trong quá trình làm việc, ống lót xi lanh chịu phụ tải cơ học, phụ tải nhiệt, chịu ma sát và mài mòn lớn. Trong quá trình khai thác và sử dụng, khi bị mòn thường được sửa chữa bằng phương pháp khôi phục kích thước sửa chữa hoặc thay mới. Để đảm bảo vật tư thay thế cần phải nhập khẩu, tuy nhiên hiện nay loại ống lót này nhập khẩu có khó khăn, vì vậy cần được nghiên cứu chế tạo trong nước để thay thế.

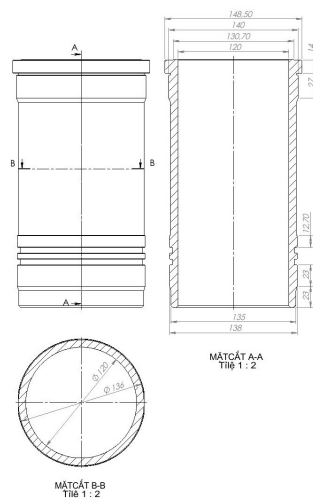
Khi thiết kế ống lót xi lanh cần phải xác định phụ tải nhiệt, phụ tải cơ học tác dụng lên ống lót trong quá trình động cơ làm việc, trong đó có việc xác định trường nhiệt độ của ống lót xi lanh. Bài báo này trình bày việc tính toán trường nhiệt độ của ống lót xi lanh động cơ 64 12/14 bằng phương pháp phần tử hữu hạn.

2. Nội dung

2.1. Đặc điểm kết cấu của ống lót xi lanh động cơ 64 12/14

Động cơ kiểu 64 12/14 là một họ động cơ diesel 4 kì, 6 xi lanh với nhiều loại khác nhau được sử dụng để kéo máy phát điện hoặc làm máy chính trên các xuồng quân sự. Động cơ có loại có tăng áp, có loại không có tăng áp. Công suất động cơ từ (59 – 66) kW cho loại không tăng áp, từ (84,5 – 132) kW cho loại có tăng áp. Loại động cơ cần chế tạo ống lót xi lanh là động cơ lai máy phát điện có kí hiệu K164 M1. Động cơ này có đường kính xy lanh 120mm, hành trình piston 140 mm, thứ tự công tác 1 – 5 – 3 – 6 – 2 – 4, tỷ số nén 14, tỷ số tăng áp 1,4; Góc phun sớm nhiên liệu 19 độ gqtk trước ĐCT. Công suất động cơ 110kW tại tốc độ quay 1500 v/ph của trục khuỷu. Suất tiêu hao nhiên liệu là 254 g/kW.h;

Ống lót xi lanh động cơ 64 12/14 là loại ống lót xi lanh ướt có vai tựa trên, được chế tạo bằng gang. Mặt trong ống lót (mặt gương xi lanh) được gia công chính xác, mài nhẵn, được nhiệt luyện để tạo độ cứng cần thiết. Ống lót có hai đai để định tâm khi lắp ghép. Trên bề mặt đai định tâm phía dưới có xẻ hai rãnh vòng để lắp gioăng làm kín nước. Kiểu ống lót này khó làm mát



Hình 1. Hình dáng và kết cấu của ống lót xi lanh động cơ 64 12/14.

đầy đủ ở vùng tiếp xúc với nhiệt độ và áp suất cao của khí thể do có vai tựa và gờ định tâm phía trên. Hình dáng và kết cấu của ống lót xi lanh động cơ 6C 12/14 như trên hình 1.

2.2. Mô hình tính và kết quả tính toán trường nhiệt độ ống lót xi lanh động cơ 6C 12/14

Để tính toán được nhiệt lượng truyền cho vách xi lanh, cần phải tính nhiệt độ và áp suất của môi chất trong xi lanh, điều này dẫn đến việc phải tính toán chu trình công tác trong xi lanh của động cơ. Việc tính toán chu trình công tác trong xi lanh động cơ 6C 12/14 được thực hiện bằng phần mềm GT Power, tại chế độ định mức 1500 v/ph. Kết quả tính toán áp suất và nhiệt độ của chu trình công tác tại chế độ này là dữ liệu phục vụ cho việc tính toán trường nhiệt độ.

Để tính toán trường nhiệt độ cần phải xây dựng mô hình tính toán của ống lót xi lanh động cơ 6C 12/14. Mô hình tính toán gồm có mô hình hình học và mô hình toán học.

Ống lót xi lanh là một kết cấu có dạng hình trụ có các vai tựa, vai định tâm. Về mặt hình học có thể coi ống lót xi lanh là một hình trụ, hệ tọa độ sử dụng là hệ tọa độ trụ.

Để xây dựng mô hình hình học của ống lót xy lanh động cơ 6C 12/14, trong bài báo sử dụng phần mềm SolidWork. Khi tính toán trường nhiệt độ nếu giữ nguyên mô hình hình học với đầy đủ các góc lượn thì việc tạo lưới các phần tử hữu hạn sẽ phức tạp. Nếu phần tử có kích thước lớn thì không tạo được lưới ở các góc lượn nhỏ, nếu phần tử có kích thước nhỏ thì khối lượng tính toán sẽ tăng. Vì vậy, trong bài báo này sẽ đơn giản hóa các góc lượn, vát nhỏ ở các bề mặt ngoài của ống lót. Một đặc điểm của bài toán trao đổi nhiệt với ống lót xi lanh là trên bề mặt ống lót đồng thời có nhiều biên trao đổi nhiệt khác nhau như bề mặt trao đổi nhiệt với nước làm mát, bề mặt trao đổi nhiệt với đệm nắp máy, bề mặt trao đổi nhiệt với không khí v.v... Các bề mặt này có đặc tính trao đổi nhiệt khác nhau. Điều này làm phức tạp thêm khi xây dựng một mô hình hình học và toán học phản ánh đầy đủ các đặc điểm trao đổi nhiệt của ống lót xi lanh. Hiện nay, phương pháp tựa tính (coi quá trình trao đổi nhiệt với tất cả các biên là không đổi cũng như nhiệt độ bề mặt là không đổi theo thời gian của một chu trình công tác) được áp dụng để tính toán trường nhiệt độ cho ống lót xi lanh. Như vậy cần xây dựng mô hình toán tương ứng để sử dụng cho bài toán tựa tính đối với ống lót xi lanh.

Phương trình cân bằng nhiệt năng của một vật tổng quát, theo [1], [4] như sau:

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 \quad (1)$$

trong đó: Q_1 - lượng nhiệt cấp cho hệ vật, [W]; Q_2 - lượng nhiệt sản sinh ra trong lòng hệ vật, [W]. Còn $Q_2 = q_2V$, với q_2 – lượng nhiệt sản sinh ra trong một đơn vị thể tích theo một đơn vị thời gian; V – thể tích vật thể; Q_3 – lượng nhiệt thoát ra khỏi hệ vật, [W]; Q_4 – sự thay đổi nội năng của hệ vật, [W];

Có thể xác định $Q_4 = \rho c V \frac{\partial T}{\partial t}$; (2)

Trong đó: ρ – khối lượng riêng;

c – nhiệt dung riêng của vật liệu;

V – thể tích vật thể;

T – nhiệt độ tức thời của vật thể.

Dòng nhiệt theo một hướng nhất định (hướng x chẳng hạn) trong quá trình dẫn nhiệt trong vật thể:

$$q = -\lambda_x F \frac{\partial T}{\partial x} \quad (3)$$

trong đó: λ_x – hệ số dẫn nhiệt của vật liệu phụ thuộc vật thể theo hướng x ; F – tiết diện truyền nhiệt vuông góc hướng truyền nhiệt; T – nhiệt độ; x – tham số chiều dài (hướng truyền nhiệt)

Dòng nhiệt đối lưu giữa bề mặt vật thể rắn và chất lỏng (khí) chảy bọc bề mặt đó:

$$Q = \alpha(T-T_w)F \quad (4)$$

trong đó: α – hệ số trao đổi nhiệt giữa bề mặt tiếp xúc của hai môi trường rắn-lỏng (khí); T – nhiệt độ bề mặt vật rắn; T_w – nhiệt độ chất lỏng (khí) chảy bọc

Sau khi chuyển sang hệ tọa độ trụ theo [4], ta có:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} - \frac{q_3}{k} \quad (5)$$

Trong đó: $a = \frac{k}{\rho c}$ - hệ số khuếch tán nhiệt

Để giải bài toán này cần phải có các điều kiện ban đầu và điều kiện biên, các điều kiện này bao gồm [4]:

- Điều kiện thời gian: Cho biết phân bố nhiệt độ tại thời điểm ban đầu $t_0 = 0$, $T = f(r, \varphi, z, t_0)$;
- Điều kiện hình học: Cho biết hình dạng, kích thước của vật trong đó xảy ra quá trình trao đổi nhiệt;
- Điều kiện vật lí: Cho biết các thông số vật lí của vật thể như khối lượng riêng, nhiệt dung riêng, hệ số dẫn nhiệt v.v...
- Điều kiện biên: thường có ba loại hay sử dụng. Điều kiện biên loại 1 khi cho biết phân bố nhiệt độ trên bề mặt vật ở thời điểm bất kì; Điều kiện biên loại 2 khi cho biết mật độ dòng nhiệt qua bề mặt vật ở thời điểm bất kì; Điều kiện biên loại 3: khi cho biết quy luật trao đổi nhiệt giữa bề mặt của vật với môi trường xung quanh và nhiệt độ của môi trường xung quanh.

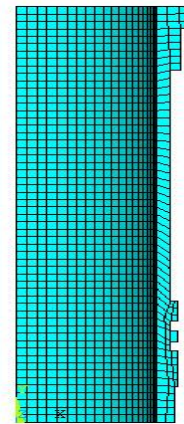
- Nhiệt lượng trao đổi cho nước làm mát, khí thải được tính theo phương trình (4). Nhiệt lượng còn lại làm nóng ống lót xi lanh được tính theo phương trình (1)

Để giải bài toán trường nhiệt độ được biểu diễn bằng phương trình (5) ta sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn dựa trên nguyên lí biến phân và phần mềm ANSYS. Đây là phần mềm mạnh, cho phép giải được nhiều bài toán từ tuyến tính đến phi tuyến. Trong các bài toán về truyền nhiệt, ANSYS được áp dụng để xác định phân bố trường nhiệt độ trong một vật thể, xác định gradient nhiệt và dòng nhiệt. Việc lựa chọn phần tử tính toán theo các nguyên tắc sau: phần tử lựa chọn là phần tử có tính chất nhiệt; việc tạo lưới theo phương pháp tạo lưới tự do, phần tử có dạng tứ diện; phần tử là loại có bậc cao.

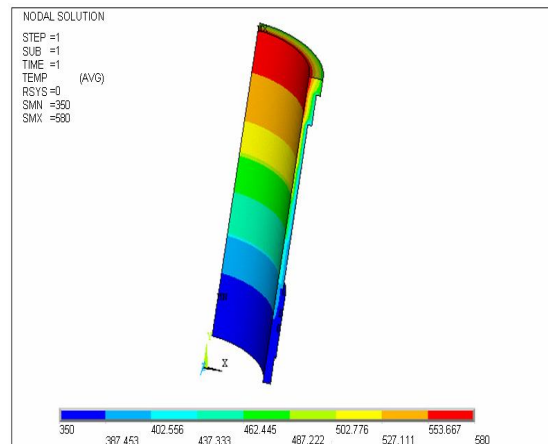
Do ống lót xi lanh có dạng hình trụ tròn xoay nên để giảm khối lượng tính toán ta chỉ cần tính cho 1/8 ống lót. Mô hình ống lót xi lanh động cơ 64 12/14 ở dạng phần tử hữu hạn như trên hình 2. Sau khi chia mô hình ống lót xi lanh thành lưới các phần tử ta có 3591 phần tử và 5460 nút (phần tử solid 70 kiểu hình hộp 3D thermal có 8 nút).

Kết quả tính toán trường nhiệt độ của ống lót xi lanh bằng phần mềm ANSYS được thể hiện trên hình 3.

Ngoài ra ta có thể xuất kết quả nhiệt độ của ống lót xi lanh dưới dạng dữ liệu số hoặc đồ thị. Trên hình 4 là đồ thị biến thiên nhiệt độ theo chiều cao, tại các đường kính $D=120$ và $D=128$ mm; Trên hình 5 là đồ thị biến thiên nhiệt độ theo chiều dày của ống lót xi lanh, tại các tiết diện vuông góc đường

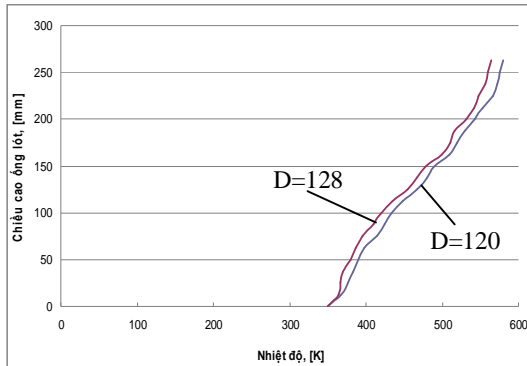


Hình 2. Mô hình ống lót xi lanh động cơ 64 12/14 dạng phần tử hữu hạn.

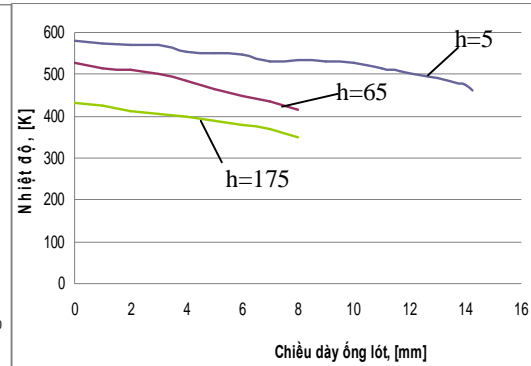


Hình 3. Trường nhiệt độ của ống lót xi lanh động cơ 64 12/14 nhìn từ phía trong.

tâm, cách mép trên các khoảng tương ứng
 $h = 5$; $h = 65$; $h = 175$ mm.



Hình 4. Biến thiên nhiệt độ tại các đường kính $D = 120$ mm và $D = 128$ mm của ống lót.



Hình 5. Biến thiên nhiệt độ tại các tiết diện của ống lót, cách mép trên các khoảng $h = 5$; $h = 65$; $h = 175$ mm.

3. Kết luận

Bằng phương pháp phần tử hữu hạn với sự trợ giúp của phần mềm ANSYS, việc tính toán trường nhiệt độ ống lót xi lanh có thể thực hiện nhanh chóng và hiệu quả. Kết quả tính toán đảm bảo độ tin cậy. Từ kết quả này có thể tính được trường ứng suất nhiệt của ống lót xi lanh để giúp người thiết kế có các giải pháp tăng cường làm mát nhằm làm giảm ứng suất nhiệt cho xi lanh động cơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Viết Cường, *Nghiên cứu trạng thái ứng suất nhiệt nắp xi lanh động cơ xăng*, Luận án tiến sĩ, HVKTQS, Hà Nội, 2008.
- [2]. Tạ Văn Đĩnh, *Phương pháp sai phân và phương pháp phần tử hữu hạn*, NXB KH&KT, Hà Nội, 2002.
- [3]. Lại Văn Đĩnh, Vi Hữu Thành, *Kết cấu tính toán động cơ đốt trong*, tập 2, HVKTQS, Hà Nội, 01, 2002.
- [4]. Bùi Hải, Trần Thế Sơn, *Kỹ thuật nhiệt*, NXB KH&KT, Hà Nội, 1998.
- [5]. Lê Viết Lượng, *Lý thuyết động cơ diesel*, NXB Giáo dục, Hà Nội, 2004.
- [6]. *Thuyết minh kỹ thuật động cơ diesel 64 12/14*.

Người phản biện: Vi Hữu Thành
