

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ SẢN XUẤT ỐNG XẢ ĐỘNG CƠ MÁY KÉO KAM50
A DESIGN OF ON EXHAUST MUFFLER FOR TRACTOR KAM50 USING THACO
PRODUCTION TECHNOLOGY

Đinh Văn Nhật¹, Nguyễn Đắc Mỹ¹, Lê Văn Tụy², Lê Minh Đức^{2*}

¹Công ty Cổ phần Ô tô Trường Hải; dingvannhat@thaco.com.vn, nguyendacmy@thaco.com.vn

²Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; ltuy@dut.udn.vn, minhducle@dut.udn.vn

Tóm tắt - Động cơ máy kéo KAM50 là động cơ diesel 4 xylanh bố trí thẳng hàng (nhãn hiệu L4AL-D) với công suất cực đại 50HP (tương đương 37,3 kW) được lắp ráp bởi Công ty Cổ phần Ô tô Trường Hải. Tuy nhiên, do đặc thù phương tiện là máy kéo nên động cơ được bố trí phía trước, khi làm việc gây tiếng ồn lớn sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe và năng suất lao động của người vận hành. Do đó, nghiên cứu thiết kế hệ thống khí thải nhằm đảm bảo các tính năng vận hành và kiểm soát được tiếng ồn cho động cơ máy kéo KAM50 là nhiệm vụ cần thiết và phù hợp với tiêu chí sản xuất các linh kiện máy kéo có tỷ lệ nội địa hóa cao của nhà máy. Bài báo này trình bày phương án thiết kế ống xả cho động cơ máy kéo KAM50. Trên cơ sở đó, ứng dụng công nghệ sản xuất của nhà máy THACO, ống xả sẽ được sản xuất cho động cơ máy kéo nội địa hóa KAM50.

Từ khóa - Máy kéo; hệ thống khí thải; ống xả; bộ tiêu âm; tiếng ồn.

1. Đặt vấn đề

Hệ thống khí thải của máy kéo cũng giống như của các loại phương tiện cơ giới khác hiện nay, nó được thiết kế để kiểm soát hàm lượng khí thải và giảm tiếng ồn do rung động khi động cơ làm việc. Một hệ thống khí thải cơ bản của động cơ bao gồm các bộ phận như: cổ góp khí xả, bộ xúc tác khí xả, ống nối mềm, bộ tiêu âm, hệ thống đường ống nối và cơ cấu móc treo [1-3]. Cổ góp khí xả có nhiệm vụ gom khí thải ra của các xi-lanh và dẫn vào đường ống thải chung. Trong khi đó, bộ xúc tác khí thải sẽ đóng vai trò chuyển đổi các sản phẩm cháy của động cơ (CO, NOx, và HC) thành các sản phẩm ít độc hại hơn (CO₂, N₂ và H₂O) trước khi thải trực tiếp ra ngoài môi trường. Bộ tiêu âm được sử dụng trong hệ thống khí thải nhằm mục đích giảm tối đa tiếng ồn gây ra bởi khí thải động cơ. Bộ tiêu âm có thể giảm được tiếng ồn của khí thải là do nó có thể dập tắt những xung động của dòng khí thải và cho phép những khí này giãn nở chậm trong hệ thống. Bộ tiêu âm thường được chế tạo bằng thép tấm hoặc thép không rỉ và mạ nhôm để giảm thiểu sự ô xi hóa trong quá trình làm việc do phải tiếp xúc với khí thải ở nhiệt độ cao của vật liệu. Ngoài ra, bộ tiêu âm phải đảm bảo khi khí thải ra môi trường thì cường độ và tần số âm thanh phải nằm trong mức giới hạn cho phép theo qui định [4].

Bài báo này trình bày phương án thiết kế ống khí thải và bộ tiêu âm lắp cho máy kéo KAM50 nhằm đảm bảo tiêu chí nội địa hóa sản xuất sản phẩm máy kéo 4 bánh của Công ty Cổ phần Ô tô Trường Hải. Thông số kỹ thuật của máy động cơ máy kéo KAM50 được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số kỹ thuật động cơ máy kéo KAM50

THÔNG SỐ KỸ THUẬT	
Nhãn hiệu	L4AL-D(50HP)
Kiểu bố trí xylanh	4 kỳ, thẳng hàng

Abstract - KAM50 tractor has a 4-cylinder diesel type L4AL-D and a power of 50HP (≈ 37.3 kW) assembled by Thaco co. ltd. The engine is located in front of the tractor; therefore, it produces big noise and directly affects the driver's health. Muffler is an important part of the exhaust system on vehicles. It is used to reduce the noise from engine and to control particulate matter pollution in exhaust gases. Regarding the mission and vision of THACO co. ltd on the abilities of designing and manufacturing vehicle components, designing an exhaust system with good functions of muffler is necessary and urgent. This paper presents a typical design of muffler for KAM50 engine. Hence, THACO co. ltd can use their production technology to manufacture the muffler for KAM50 tractor as commercial product.

Key words - Tractor; exhaust system; exhaust pipe, muffler; noise

Loại động cơ	Diesel
Số xy lanh	4
Đường kính piston (mm) x Hành trình piston (mm)	90 x 103
Tỷ số nén	17,5:1
Công suất cực đại (HP)	50 (37,3[kW])
Tốc độ tương ứng ở công suất cực đại (Vòng/phút)	2600
Mô-men cực đại (Nm)	164
Tốc độ tương ứng ở mô-men cực đại (Vòng/phút)	1600
Hệ thống làm mát	Bằng nước
Hệ thống nhiên liệu	Bosch VE
Thứ tự nổ động cơ	1-3-4-2

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Phương án thiết kế lý thuyết bộ tiêu âm

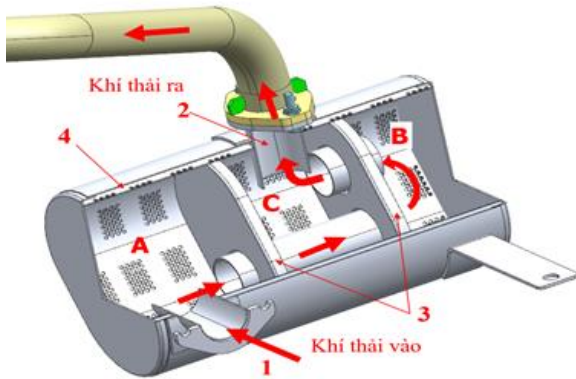
Khi thiết kế bộ tiêu âm, cần thiết phải phân biệt nguyên lý làm việc của một số các phương pháp tiêu âm tiêu biểu như: 1) Hấp thụ năng lượng âm thông qua việc biểu diễn bằng tổn thất do ma sát theo một chiều; 2) Các bộ lọc âm làm nhiệm vụ phát xạ ngược các sóng âm tới nguồn phát; 3) Phun sương (nước) trực tiếp vào khí thải [5]. Phương án lựa chọn đã thiết kế ống tiêu âm cho máy kéo KAM50 là loại ống kết hợp ma sát và buồng cộng hưởng (Hình 1). Kiểu kết cấu này đã được kiểm chứng có thể mang lại hiệu quả giảm tiếng ồn tốt cho hệ thống khí thải của động cơ máy kéo.

Bầu tiêu âm (hay còn gọi là bộ tiêu âm) thường làm việc với nhiệt độ khí thải cao, thông thường $T_1 > 400^\circ\text{C}$ và thường xuất hiện các thành phần chất ăn mòn lắng đọng bên trong, ví dụ: NH_4^+ , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , các loại acid. Những chất lắng đọng này thường xuất hiện khi động cơ khởi động hay tắt. Yêu cầu vật liệu của bộ tiêu âm cũng giống như các bộ phận khác trên hệ thống khí thải: Độ bền cao và khả năng chịu nhiệt cũng như chống ăn mòn kim loại tốt [6]. Hình 1

thể hiện kết cấu loại ống giảm âm có 3 khoang: A, B, C. Các khoang này có tác dụng tạo phản xạ ngược các sóng âm. Khí thải có áp suất và tốc độ cao (siêu âm) truyền vào ống xả (1), tại đây dòng khí sẽ được chia ra 2 hướng:

+ Hướng 1: Dòng khí thải đi vào khoang A, tại đây, năng lượng âm sẽ bị tiêu tán một cách tích cực bằng tổn thất ma sát khi chạy qua các lỗ nhỏ (4) trên vỏ bộ tiêu âm, trước khi đi ra lại khoang B.

+ Hướng 2: Dòng khí thải đi vào khoang B, sẽ bị phản xạ ngược bởi vách ngăn (3); Rồi theo 2 lỗ ống để sang khoang C. Tại đây, dòng khí thải tiếp tục bị phản xạ ngược một lần nữa bởi vách thành cuối cùng của ống tiêu âm; Sau đó sẽ theo lỗ (2) của ống xả để thoát ra ngoài. Cả 2 hướng trên đều làm cho tần số cũng như áp suất, tốc độ dòng khí giảm đến giá trị độ ồn nhỏ hơn cho phép.



Hình 1. Nguyên lý kết cấu bộ tiêu âm [5]

1-Đường khí thải đi vào; 2- Đường khí thải đi ra;
3- Vách ngăn giữa; 4- Lỗ tiêu âm

2.2. Thiết kế ống thải

Đường ống thải là đường ống dùng để dẫn nối trực tiếp bộ tiêu âm dẫn khí thải ra ngoài từ động cơ máy kéo KAM50. Ống thải có tiết diện ngang là hình tròn và được xác định theo công thức:

$$A = V/U \quad (\text{m}^2) \quad (1)$$

Trong đó:

- V là lưu lượng khí thải đi qua ống thải, được xác định theo công thức [5]:

$$V = 0,155 \times 10^{-4} \cdot \alpha \cdot g_e N_e T_r \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2)$$

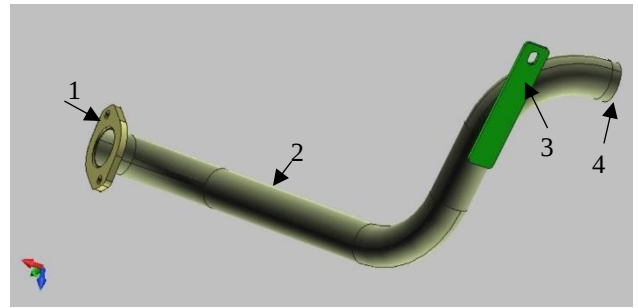
Với α là hệ số dư lượng không khí ($\alpha = 1.25$, chọn theo [6]); g_e là suất tiêu hao nhiên liệu của động cơ [$g_e = 277 \text{g/kW.h}$]; N_e là công suất động cơ ($N_e = 50 \text{Hp} \approx 37,3 \text{kW}$); T_r là nhiệt độ khí thải ($T_r = 1050^\circ \text{K}$, theo [6-7]).

- U là tốc độ chuyển động cho phép của dòng khí thải trong ống. Đối với động cơ 4 kỳ, U nằm trong giới hạn $40 \div 60 \text{ m/s}$, chọn $U = 50 \text{ m/s}$, chọn theo [6-7].

Như vậy tiết diện ngang của ống thải được xác định là $A = 0,0042 \text{ m}^2$. Đường kính ống thải do đó sẽ được tính theo công thức:

$$D = \sqrt{4 \cdot A / \pi} = \sqrt{4 \cdot 0,0042 / 3,14} = 0,0732 \text{ m} \quad (3)$$

Dựa trên tài liệu bộ tiêu chuẩn GOST 8732 – 70 ta chọn ống thải có đường kính $D = 80 \text{ mm}$, chiều dày ống $s = 2 \text{ mm}$, vật liệu chế tạo là thép CT3 (Hình 2).



Hình 2. Mô hình ống thải thiết kế

1-Mặt bích; 2- Đường ống chính; 3-Giá treo; 4- Cửa ra khí thải

2.3. Thiết kế bộ tiêu âm

2.3.1. Xác định thể tích bộ tiêu âm

Thể tích bình tiêu âm (V_B) của bộ tiêu âm được xác định dựa trên thể tích thải ra từ một xy lanh động cơ tính cho một chu kỳ làm việc. Thể tích bình tiêu âm đóng vai trò quyết định hiệu quả giảm âm của bình, hiệu ứng âm học tỷ lệ thuận với căn bậc hai của thể tích bình tiêu âm. Mức độ giảm âm bị chi phối trực tiếp bởi thông số tỷ lệ giữa chiều dài và đường kính của bình tiêu âm $k = L_B/D_B$ [5]. Có thể thấy, khi hệ số k bé thì bình tiêu âm sẽ làm việc trong vùng tần số hẹp. Khi tăng chiều dài bình tiêu âm L_B thì sẽ mở rộng khả năng giảm âm của bình tiêu âm. Trong khi đó nếu tăng đường kính D_B mà vẫn giữ nguyên chiều dài L_B thì có thể dẫn tới hiệu quả giảm nhanh âm lượng trên đường thải của động cơ.

Đối với động cơ diesel, thông thường hệ số k nằm trong giới hạn ($2 \div 4$), thiết kế trong bài báo này lựa chọn $k = 2$. Do đó, thể tích bình tiêu âm được xác định theo công thức sau [5]:

$$V_B = K_B \frac{S}{n} \sqrt{1/i} \times 10^{-3} (\text{m}^3) \quad (4)$$

Trong đó, S là hành trình piston ($S = 103 \text{ mm} = 10,3 \text{ dm}$); n là số vòng quay của động cơ ($n = 2600 \text{ v/ph}$), i là số xy lanh động cơ ($i = 4$); $K_B = (10 \div 30) \times 10^3$ (cho máy kéo, chọn $K_B = 20 \times 10^3$). Do đó $V_B = 0,0396 \text{ m}^3$.

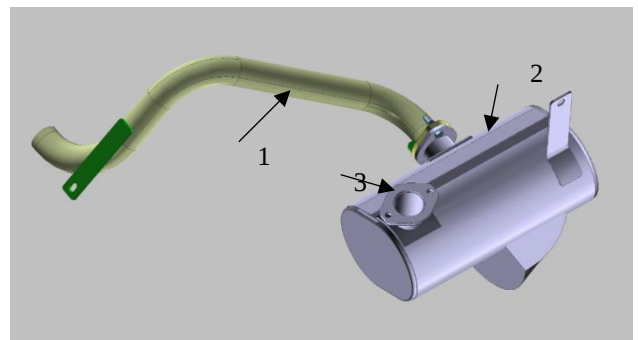
2.3.2. Xác định đường kính và chiều dài bộ tiêu âm

Đường kính bộ tiêu âm được xác định dựa theo thể tích của bộ tiêu âm qua công thức:

$$D_B = \sqrt[3]{4 \cdot V_B / \pi \cdot k} \approx 0,294 (\text{m}) \quad (5)$$

Chiều dài bộ tiêu âm do đó sẽ là:

$$L_B = k \cdot D_B = 2 \times 0,294 = 0,586 (\text{m})$$



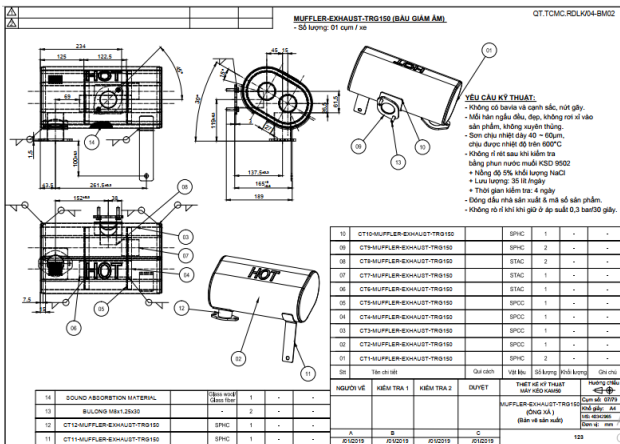
Hình 3. Mô hình ống thải và bộ tiêu âm thiết kế

1- Ống thải; 2- Bộ tiêu âm; 3- Cỗ xả

3. Kết quả nghiên cứu và bàn luận

3.1. Kết cấu bộ tiêu âm thiết kế

Hình 4 thể hiện kết cấu của bộ tiêu âm động cơ KAM50.



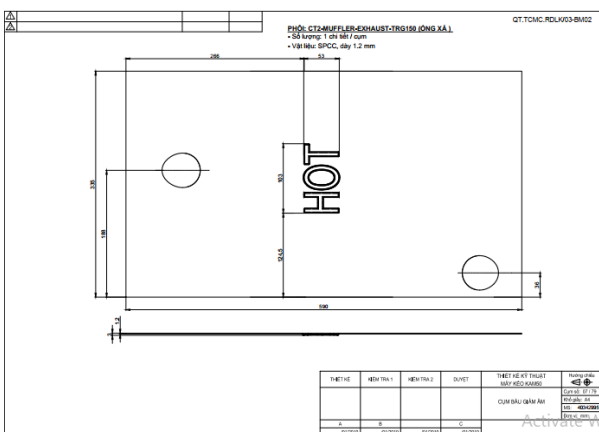
Hình 4. Kết cấu bộ tiêu âm cho động cơ máy kéo KAM50

1- Vỏ bên của ống xả; 2- Thân vỏ ống xả; 3- Vỏ chính của ống xả; 4- Vách ngăn khoang khí thải vào và khoang khí thải thải ra môi trường ngoài; 5- Vách ngăn khoang khí thải vào và khoang trung gian; 6- Ống nối khoang khí thải ra và khoang trung gian; 7- Ống nối giữa khoang khí thải vào và khoang trung gian; 8- Đường ống xả vào; 9- Bích liên kết ống xả với cổ góp; 10- Bích hàn gắn ống xả vào với thân ống xả; 11- Thanh giữ cứng ống xả; 12- Đường ống xả ra; 13- Bu lông liên kết đường ống xả với cổ góp. 14- Vật liệu hấp thụ âm thanh

Cấu tạo ống xả gồm có 3 khoang: Khoang giữa nối với đường ống khí thải vào; Khoang trái nối với đường ống khí thải ra; Khoang bên phải hay khoang trung gian, nhận khí xả đến từ khoang giữa và truyền đến khoang nối với đường ống khí thải ra. Giữa các khoang được ngăn kín bởi chi tiết 4, 5 và hai đầu được hàn kín bởi chi tiết 1. Vỏ chính của ống xả 3 được ghép lại từ một tấm kim loại, trên bề mặt khoang nhiều lỗ để giảm tần số của âm thanh khí thải, thân 2 cũng làm từ thép tấm và hàn giáp mối.

3.2. Kết cấu các chi tiết của bộ tiêu âm

3.2.1. Kết cấu thân bầu



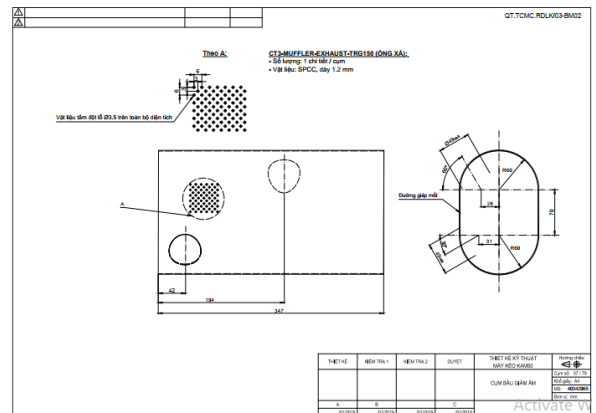
Hình 5. Kết cấu thân bầu tiêu âm động cơ máy kéo KAM50

Hình 5 thể hiện kết cấu của thân bầu tiêu âm động cơ máy kéo KAM50. Thân ống xả được dập ghép lại từ thép tấm hình chữ nhật có chiều dày 1,2mm. Trên tấm thép có khoan các lỗ cho đường ống khí xả đi vào và khí xả đi ra.

Thân ống xả được hàn gấp mép và che ở phía dưới khi lắp vào động cơ.

3.2.2. Kết cấu vỏ chính

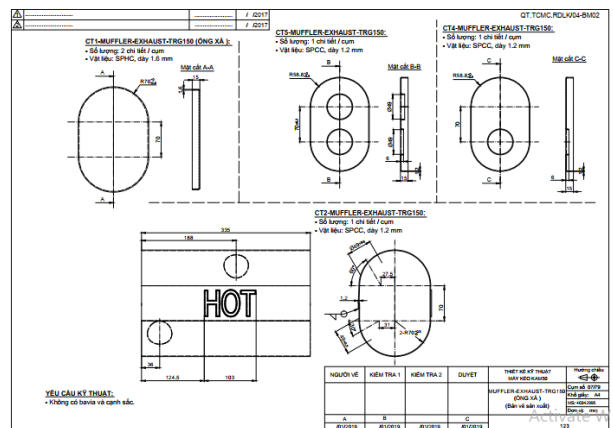
Hình 6 trình bày kết cấu của vỏ chính bộ tiêu âm động cơ máy kéo KAM50. Vỏ chính bộ tiêu âm được dập ghép lại từ tấm thép hình chữ nhật có chiều dày 1,2mm. Trên thân của vỏ chính được khoan nhiều lỗ nhỏ kích thước 3,5mm để tăng hiệu quả tản nhiệt cho bề mặt của bộ tiêu âm và khoan 2 lỗ lớn ($\phi = 49$ mm) cho phép khí xả đi vào ra và đi ra.



Hình 6. Kết cấu vỏ chính bộ tiêu âm động cơ máy kéo KAM50

3.2.3. Kết cấu vách ngăn bên và vách ngăn giữa

Hình 7 thể hiện kết cấu của vách ngăn bên và vách ngăn giữa bộ tiêu âm động cơ KAM50. Vách ngăn bên và vách ngăn giữa được dập từ các tấm thép hình ô van. Hai tấm vách hai bên dày 1,6 mm, 2 tấm vách giữa dày 1,2mm. Các tấm giữa lần lượt sẽ phân ra ngăn bên trái (khoang có đường ống xả ra), ngăn giữa (khoang có đường ống xả vào), ngăn bên phải (ngăn trung gian). Trên 2 ngăn giữa sẽ hàn các ống dẫn hướng đường kính phi là 49mm, các ống này sẽ hàn với các ống nối giữa các khoang. Ngăn chi tiết (4) chỉ có 1 ống dẫn hướng còn ngăn chi tiết (5) có 2 ống dẫn hướng.



Hình 7. Kết cấu vách ngăn bên và vách ngăn giữa bầu tiêu âm động cơ máy kéo KAM50

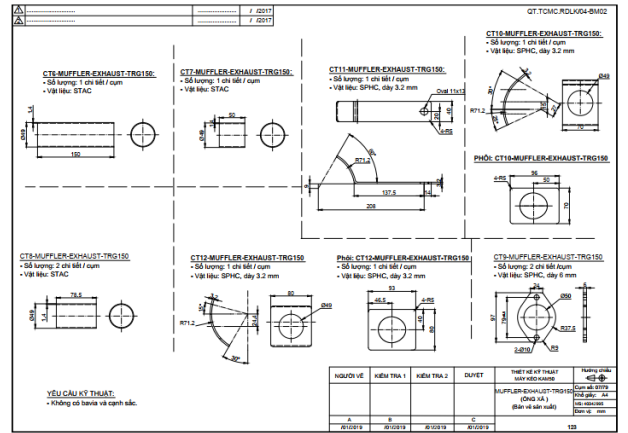
3.3. Kết cấu các chi tiết của bộ tiêu âm

Các chi tiết phụ của ống xả bao gồm các chi tiết ống nối các khoang 6 và 7; Thanh thép đỡ ống xả 11; Đường ống vào và ra kèm theo giá đỡ được hàn trên ống xả 9, 10, và 12 (Hình 8).

a) **Đường ống nối các khoang:** Ống tròn đường kính ngoài 49 mm, làm từ thép hợp kim chịu nhiệt cao STAC có chiều dày 1,4mm, có chiều dài khác nhau để phù hợp từng khoang.

b) **Thanh thép đỡ ống xả:** Dày 3,2 mm, vật liệu thép chịu uốn SPHC, một đầu bắt bu lông lên máy đầu còn lại hình bán nguyệt để ôm ống xả.

c) **Đường ống vào và để giữ, để hàn:** Các đường ống vào và ra có đường kính là 49 mm, một đầu chúng hàn với các bích liên kết với cổ góp hoặc ống ra đường kính 50 mm dày 6 mm và một đầu sẽ hàn với tấm thép cong hình bán nguyệt, tấm thép đó sẽ ôm với thân ống xả còn đường ống xả sâu vào trong.



Hình 8. Kết cấu các cụm chi tiết phụ của bầu tiêu âm động cơ máy kéo KAM50

3.4. Yêu cầu vật liệu chế tạo

Để phù hợp với yêu cầu thiết kế và chế tạo sản phẩm ống xả động cơ KAM50, công ty TNHH MTV Cơ khí Chu Lai Trường Hải đã xây dựng được bộ tiêu chuẩn về kết cấu ống xả động cơ máy kéo bao gồm CT1 đến CT14 như là: thân ống xả, vỏ chính ống xả, vách ngăn, ống thông các khoang, v.v. Cụ thể một số yêu cầu vật liệu như sau:

- Thép hợp kim chống rỉ có Crôm (Cr) và hợp kim nhôm có Crôm là 2 vật liệu được ưu tiên lựa chọn cho hệ thống khí thải vì nó có khả năng chống ăn mòn trong điều kiện làm việc ở nhiệt độ cao.
- Thép hợp kim và hợp kim nhôm có Ni-ken (Ni), Cr sẽ cho khả năng truyền nhiệt và chịu nhiệt tốt.
- Thép hợp kim có Ma-nhê (Mn), Von-fram (W) và Cr có khả năng chịu đựng tốt đối với dòng áp lực của khối khí nóng tốc độ cao.

Về lý thuyết thì các thành phần Cr, Ni, Mn, W hoặc nhôm hợp kim Cr, Mn đều có thể đáp ứng được đối với môi

trường làm việc ở nhiệt độ cao như khí thải. Tuy nhiên xét trên phương diện tính kinh tế thì hiện nay các mác thép các bon được ưu tiên sử dụng phổ biến hơn khi chế tạo các chi tiết của hệ thống ống xả động cơ máy kéo.

4. Kết luận

Máy kéo nông nghiệp là một trong những phương tiện để thực hiện thành công cơ giới hóa nông nghiệp ở Việt Nam. Việc tính toán và thiết kế tối ưu hệ thống khí thải động cơ giúp đảm bảo tính tính năng vận hành và phù hợp khi máy kéo làm việc trên đồng ruộng Việt Nam. Dự án KHCN “Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy kéo 4 bánh mang thương hiệu Việt Nam” do Công ty Cổ phần Ô tô Trường Hải thực hiện có ý nghĩa không những về mặt nông nghiệp mà còn có tầm quan trọng trong việc thúc đẩy quá trình cơ giới hóa và ngành công nghiệp cơ khí nông nghiệp ở Việt Nam.

Trên cơ sở lý thuyết về tính toán thiết kế ống xả và bộ tiêu âm, nhóm tác giả đã tiến hành phân tích, lựa chọn hợp lý cấu hình kích thước cũng như vật liệu phù hợp với bố trí tổng thể máy kéo và điều kiện làm việc của máy kéo THACO hiện nay. Qua đó ứng dụng công nghệ sản xuất của nhà máy THACO để sản xuất ống xả cho động cơ máy kéo nội địa hóa KAM50.

Bài báo này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài nghiên cứu khoa học “Nghiên cứu thiết kế máy kéo 4 bánh mang thương hiệu Việt Nam”, của dự án KHCN cấp nhà nước “Nghiên cứu thiết kế chế tạo máy kéo 4 bánh mang thương hiệu Việt Nam” do THACO chủ trì.

Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Bộ KHCN, Ủy ban Nhân dân tỉnh Quảng Nam đã tạo điều kiện thuận lợi để hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Inoue, Y., & Kikuchi, M., “Present and future trends of stainless steel for automotive exhaust system”, *High-temperature*, 950(750), 2003.

[2] Phạm Xuân Mai, *Tính toán sức kéo Ô tô - máy kéo*, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh, 2007.

[3] Lê Hoài Đức, *Giáo trình khí xả và xử lý khí xả*, NXB Giao thông Vận tải, 2017.

[4] Bộ Giao thông Vận tải, *Âm học - Tiếng ồn do phương tiện giao thông đường bộ phát ra khi đỗ - Mức ồn tối đa cho phép*, TCVN 6436:1998/BGTVT, 2012.

[5] Nguyễn Phi Trường, Trịnh Đắc Phong, Nguyễn Tiến Hán, Nguyễn Tuấn Nghĩa Trường, “Biện pháp giảm ồn cho động cơ D243 tăng áp”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ trường ĐHCNHN*, 42, 2017.

[6] Nguyễn Tất Tiên, *Nguyên lý động cơ đốt trong*, Nhà xuất bản Giáo dục, 2000.

[7] Bùi Văn Ga và các cộng sự, *Mô hình hóa quá trình cháy trong động cơ đốt trong*, Nhà xuất bản Giáo dục, 1997.