

MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP KIỂM SOÁT TIẾNG ỒN TRONG Ô TÔ CON

SOME METHODS OF NOISE CONTROL IN CARS

ThS. Nguyễn Quang Cường, TS. Nguyễn Thiết Lập, ThS. Tạ Thị Thanh Huyền
Bộ môn Cơ khí Ô tô, Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

TÓM TẮT

Tiếng ồn trong ô tô do nhiều nguồn gây ra và được truyền vào trong xe qua không khí hoặc qua kết cấu. Trọng tâm của bài báo là phân tích nguyên lý sản sinh tiếng ồn trong ô tô và đưa ra biện pháp hạn chế tiếng ồn tương ứng, đồng thời tiến hành so sánh ưu, nhược điểm của phương pháp giảm ồn bị động và giảm ồn chủ động. Để đánh giá hiệu quả giảm ồn của lớp giảm chấn cho tấm mỏng, bài báo tiến hành mô phỏng và so sánh kết quả tính toán rung động của tấm mỏng trong hai trường hợp: không có lớp giảm chấn và có lớp giảm chấn.

Từ khóa: Ô tô con; Tiếng ồn; Rung động; Kiểm soát tiếng ồn.

ABSTRACT

Noise in cars is caused by many sources and is transmitted into the car through the air or through the structure. The focus of the article is to analyze the principles of noise production in cars and propose corresponding noise reduction measures, at the same time, compare the advantages and disadvantages of passive noise reduction and active noise reduction methods. To evaluate the noise reduction effectiveness of the damping layer for thin plates, the article conducts simulations and compares the vibration calculation results of thin plates in two cases: without damping layer and with damping layer.

Keywords: Cars; Noise; Vibration; Control noise.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

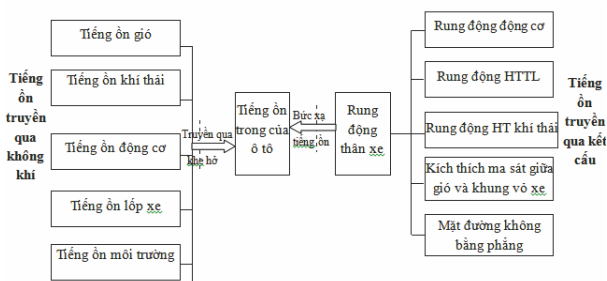
Sự phát triển của công nghiệp ô tô đã mang đến cho thế giới văn minh vật chất hiện đại, nhưng đồng thời cũng mang đến vấn đề ô nhiễm tiếng ồn. Vì vậy, kiểm soát tiếng ồn trong ô tô ngày càng thu hút được sự quan tâm của mọi người, thậm chí trong vài năm gần đây, tiếng ồn ô tô là một chỉ tiêu quan trọng trong tính tiện nghi của ô tô. Tiếng ồn cũng phản ánh

trình độ của các nhà thiết kế sản xuất và trình độ gia công. Tiêu chuẩn tiếng ồn trở thành một trong những chỉ tiêu để đánh giá chất lượng ô tô. Do đó, hạn chế tiếng ồn ô tô đến mức thấp nhất cũng là một hướng theo đuổi của các nhà sản xuất. Tiếng ồn thông qua phương pháp bức xạ truyền ra ngoài xe và vào trong xe, nên để đạt được tiêu chuẩn tiếng ồn cần hạn chế được các nguồn gây ồn bên ngoài ô tô. Với ô tô hiện đại thì yêu cầu về tính tiện nghi và tính an toàn

ngày càng nâng cao, yêu cầu giảm thấp tiếng ồn trong ô tô. Tiếng ồn trong ô tô quá lớn ảnh hưởng đến tính tiện nghi của ô tô, thậm chí ảnh hưởng đến tâm lý của lái xe và hành khách, sức khỏe sinh lý. Ví dụ, lái xe thời gian dài trong môi trường tiếng ồn có thể dẫn đến mệt mỏi tạo ra sự cố giao thông, nguy hiểm đến tính mạng. Tiếng ồn ngoài ô tô quá lớn có thể ảnh hưởng đến sức khỏe của người đi đường. Vì vậy, chỉ có nắm chắc nguyên lý sản sinh tiếng ồn mới có các biện pháp hữu ích để giảm tiếng ồn ô tô.

2. PHÂN LOẠI TIẾNG ỒN VÀ NGUYÊN LÝ SẢN SINH TIẾNG ỒN Ô TÔ

Nguồn tiếng ồn trong ô tô rất phức tạp như tiếng ồn động cơ, hệ thống truyền lực, khí thải, lốp xe, tiếng ồn của gió... Tiếng ồn của các hệ thống này thông qua các lỗ thùng ở thân xe truyền vào trong xe; ngoài ra, thông qua rung động của kết cấu thân xe mà bức xạ ra tiếng ồn. Vì vậy, theo con đường truyền âm, ta phân ra tiếng ồn trong xe thành hai loại: truyền âm qua kết cấu và truyền âm qua không khí [1].

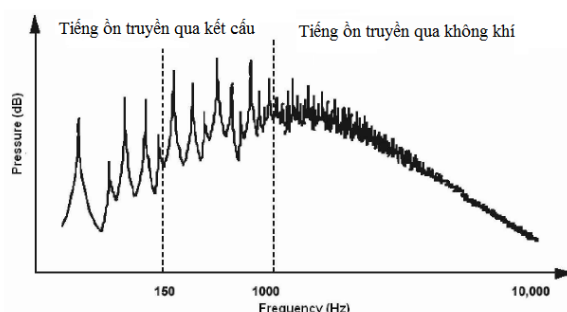


Hình 1. Phân loại tiếng ồn trong ô tô và đường truyền ồn

Tiếng ồn truyền qua kết cấu là rung động thông qua kết cấu truyền đến thân xe, làm cho thân xe rung động, các tấm mỏng của thân xe rung động sẽ bức xạ ra tiếng ồn vào trong xe, hình thành tiếng ồn trong xe; tiếng ồn truyền qua không khí là các nguồn ồn sinh ra tiếng ồn thông qua không khí, đi qua các khe hở và lỗ

thủng ở thân xe truyền vào trong xe, hình thành tiếng ồn trong xe.

Thông thường, tiếng ồn trong xe tần số thấp và trung (20Hz – 400Hz) chủ yếu truyền qua kết cấu, còn tiếng ồn tần số cao thì do không khí truyền là chính. Tiếng ồn truyền qua kết cấu và truyền qua không khí trong phạm vi tần số phân bố theo hình 2 [1].



Hình 2. Phân bố đường truyền ồn trong vùng tần số

Đối với việc hạn chế tiếng ồn chủ yếu có hai cách: (1) Giảm trừ nguồn ồn; (2) Ngăn cách mối quan hệ truyền rung động giữa thân xe và nguồn rung động, chặn đường truyền qua kết cấu; ngăn cách đường truyền ồn giữa nguồn ồn và trong xe, chủ yếu là làm kín, ngăn âm và hút âm.

3. KIỂM SOÁT TIẾNG ỒN Ô TÔ

Từ nguyên lý sản sinh tiếng ồn ô tô có thể thấy, hầu như tất cả các nguồn tiếng ồn đều có ảnh hưởng đối với tiếng ồn trong ô tô. Bản thân ô tô cũng có thể phóng to hoặc sản sinh ra tiếng ồn, nên việc hạn chế, kiểm soát tiếng ồn trở thành một nhiệm vụ cấp bách.

3.1. Biện pháp kiểm soát tiếng ồn xuất phát từ nguyên lý cơ khí

Cải tiến kết cấu thiết bị cơ khí, ứng dụng vật liệu mới giảm ồn. Cùng với sự phát

triển của khoa học kỹ thuật, ứng dụng các vật liệu mới, dùng một số hợp kim có nội ma sát trong cao, sản xuất các linh kiện bằng nhựa có cường độ cao, đối với quạt gió có thể lựa chọn hình dạng tốt nhất để giảm ồn; bánh răng thay đổi bằng bánh răng xoắn hoặc bánh răng xoắn ốc, hệ số ăn khớp lớn có thể giảm tiếng ồn từ 3-16dB; sử dụng dây đai truyền động thay thế thay thế cho truyền động bánh răng, do dây đai có tác dụng giảm chấn, giảm rung; việc lựa chọn truyền động thích hợp cũng có thể giảm ồn.

Nâng cao chất lượng chi tiết và lắp ráp, giảm thiểu ma sát của các bộ phận giảm ồn. Giảm rung động lệch tâm và nâng cao độ cứng của vỏ máy giảm thiểu tiếng ồn. Biện pháp này chủ yếu xác định hạng mục nghiên cứu phát triển ô tô và sản xuất lắp ráp. Thông thường, trong nhà máy lắp ráp áp dụng các biện pháp giảm ồn. Trong quá trình sử dụng và bảo dưỡng, tránh cho các ô tô sử dụng quá tải, lựa chọn phương pháp bôi trơn tốt, đều có thể giảm ồn.

3.2. Biện pháp giảm ồn xuất phát từ nguyên lý âm

3.2.1. Hút âm

Hút âm là lợi dụng đặc tính tiêu hao âm của vật liệu, tiếng ồn có thể không ngừng chuyển hóa thành nhiệt. Do tiếng ồn là một loại năng lượng, chỉ có tiếng ồn chủ động tiến vào môi chất tiêu hao âm thì nó mới có tác dụng hút âm.

Hút âm là một chủng loại vật liệu bị động đặc biệt để cải thiện phương hướng của sóng âm, vật liệu hút âm phân bố hợp lý trong khoang xe có khả năng giảm thấp lượng bức xạ năng lượng âm, đạt được mục tiêu giảm tiếng ồn.

Để đánh giá khả năng hút âm, người ta dùng hệ số hút âm. Hệ số hút âm được định nghĩa là tỉ số giữa năng lượng âm hấp thụ và năng lượng âm đi vào.

$$\alpha = \frac{E_h}{E_v} = \frac{E_v - E_p}{E_v}$$

Trong đó: E_h là năng lượng âm hấp thụ; E_v là năng lượng âm đi vào; E_p là năng lượng âm phản xạ.

Từ định nghĩa có thể thấy, khi phản xạ toàn bộ thì $E_p = E_v$, khi đó $\alpha = 0$, vật liệu không hút âm; khi lọt âm toàn bộ thì $E_p = 0$, khi đó $\alpha = 1$ thì năng lượng âm đi vào được hấp thụ hoàn toàn. Thông thường, hệ số hút âm của vật liệu từ 0÷1, không thể phản xạ toàn bộ, cũng không thể hấp thụ toàn bộ.

Hiện nay sử dụng các loại vật liệu hút âm sau: (1) Vật liệu hút âm đa lỗ là vật liệu có nhiều khe hở rất nhỏ và bọt khí liên tục, nên có tính thông khí nhất định. Khi sóng âm đi vào bề mặt của vật liệu nhiều lỗ, đầu tiên sóng âm có thể thuận lợi đi qua các khe hở tiến vào nội bộ vật liệu, làm cho phân tử không khí trong không gian khe hở rung động. Do lực cản nhớt của không khí, ma sát giữa không khí và tấm hút âm chuyển hóa năng lượng âm thành năng lượng nhiệt ma sát mà hút âm; (2) Kết cấu hút âm cộng hưởng tấm mỏng là các tấm vật liệu kim loại hoặc nhựa mỏng được dán liền vào khung xương xung quanh và kết hợp giữa khung xương và tấm mỏng cứng. Loại này do kết cấu tấm mỏng và lớp không khí phía sau tấm tạo thành hệ thống gọi là kết cấu hút âm cộng hưởng tấm mỏng. Khi sóng âm đi đến tấm mỏng, kích thích cho bề mặt tấm rung động, làm cho tấm phát sinh biến dạng cong. Do ma sát giữa tấm và các điểm cố định tấm, độ giảm chấn trong bản thân tấm đó, khiến cho một bộ

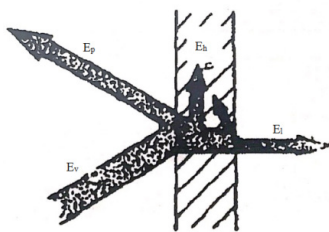
phần năng lượng chuyển hóa thành nhiệt năng để tiêu hao, sóng âm sẽ suy giảm.

3.2.2. Cách âm

Cách âm giảm ồn là dùng các vật liệu cách âm để ngăn cách nguồn âm với môi trường xung quanh, khiến cho bức xạ âm của nó không trực tiếp truyền đến khu vực xung quanh, từ đó đạt được mục tiêu giảm ồn. Thực chất của cách âm là giảm thiểu tiếng ồn bức xạ ra từ nguồn ồn. Cách âm có thể phân ra: ngăn cách tiếng ồn truyền qua không khí và ngăn cách tiếng ồn bức xạ của kết cấu. Ngăn cách tiếng ồn truyền qua không khí sử dụng vật liệu dày, nặng, chặt chẽ tạo thành kết cấu ngăn cách hoặc bao kín tiếng ồn trong không gian. Áp dụng nắp ngăn ồn, phòng ngăn ồn, mái che ngăn ồn. Ngăn cách tiếng ồn bức xạ của kết cấu có thể áp dụng vật liệu: cao su giảm chấn, thảm, bọt xốp, nhựa... và thiết bị ngăn rung để cách âm tuyệt đối.

Đánh giá vật liệu và tính năng cách âm của kết cấu dùng: Hệ số lọt âm, lượng cách âm.

1) Hệ số lọt âm



Hình 3. Sơ đồ biểu thị cách âm của vật liệu

Hệ số lọt âm τ là tỉ số giữa năng lượng âm đi qua vật liệu hút âm và năng lượng âm đi vào, nó là hệ số không thứ nguyên, giá trị của nó từ 0÷1. Hệ số lọt âm càng nhỏ thì tính năng cách âm càng tốt. Hệ số lọt âm τ là một chỉ tiêu đánh giá tính năng quan trọng tốt xấu của kết cấu cách âm và vật liệu cách âm.

$$\tau = \frac{E_t}{E_i}$$

Trong đó:

E_i là năng lượng âm lọt qua;

E_v là năng lượng âm đi vào.

2) Lượng cách âm

Do hệ số lọt âm không chỉ có trị số nhỏ, mà phạm vi biến đổi lại rất lớn ($1 \div 10^{-3}$), sử dụng không thuận tiện. Trong thực tế dùng lượng cách âm R để biểu thị năng lượng cách âm của kết cấu, hay còn gọi là tổn thất truyền âm.

$$R = 10 \lg \frac{1}{\tau} = 10 \lg \frac{E_v}{E_t}$$

Trong đó: R là lượng cách âm (dB); R càng lớn thì tính cách âm càng tốt.

3.2.3. Giảm âm

Thiết bị giảm âm là một loại ngăn cản quá trình truyền âm và cho phép dòng khí đi qua hệ thống giảm âm. Đối với vấn đề hạn chế tiếng ồn khí thải của động cơ ô tô thì phương pháp giảm ồn hiệu quả nhất là áp dụng thiết bị giảm ồn khí thải. Có các loại giảm âm: (1) Hệ thống giảm âm tính kháng là hệ thống giảm âm thông qua các loại phần tử tiêu âm của hệ thống giảm âm đường ống, tấm ngăn... tạo thành buồng mở rộng, buồng cộng hưởng. Khi sóng âm đi qua các phần tử giảm âm này, trong quá trình truyền sóng âm sẽ sinh ra phản xạ và các can thiệp gây cản trở, làm cho năng lượng âm giảm xuống để đạt được mục tiêu giảm âm. Hệ thống giảm âm tính kháng thì dải tần số tiêu âm có hạn, thông thường đối với tần số thấp, trung thì hiệu quả tiêu âm tốt, tần số cao hiệu quả tiêu âm thấp; (2) Hệ thống giảm âm tính trở là hệ

thống tiêu âm lợi rụng bộ phận, vật liệu hút âm bố trí hợp lý trong đường ống để hấp thụ năng lượng âm truyền trong đường ống. Nó có hiệu quả giảm ồn tốt ở tần số trung và cao. Hiện nay, vật liệu dùng giảm ồn của hệ thống giảm âm trên ô tô là các vật liệu sợi vô cơ (chủ yếu bong thủy tinh ly tâm, bong thủy tinh siêu mịn, lên khoáng vật...) và các quốc gia châu Âu, Mỹ dùng vật liệu hút âm trong cụm giảm âm trên ô tô là có thể giảm thiểu được tiếng ồn và ô nhiễm, mà còn bảo vệ được tài nguyên; (3) Hệ thống giảm âm phối hợp trở kháng là phân biệt dùng phần tử giảm ồn tính kháng và vật liệu hút âm tạo thành hệ thống giảm âm kết hợp. Ví dụ, hệ thống giảm âm phối hợp trở kháng, hệ thống giảm âm phối hợp trở cộng hưởng... Nó có đặc điểm chung của hệ thống giảm âm tính trở kháng và tính trở.

3.2.4. Ngăn rung giảm ồn

Ngăn rung là biện pháp giảm truyền lực hoặc rung động từ một kết cấu này sang một kết cấu khác. Có hai phương pháp ngăn rung chủ yếu nhất trên ô tô: Một là ngăn rung động từ động cơ truyền sang khung xe, giữa động cơ và khung xe được liên kết với nhau bằng liên kết mềm đàn hồi; hai là cách ly rung động từ mặt đường truyền lên thân xe, giữa cầu và khung xe được liên kết với nhau bằng hệ thống treo.

3.2.5. Giảm chấn giảm rung và giảm ồn

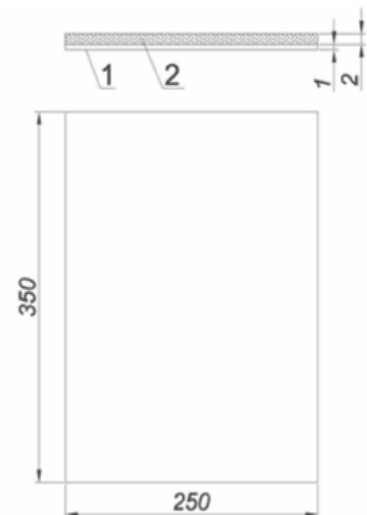
Giảm chấn giảm rung là rung động có thể chuyển hóa thành nhiệt năng tiêu hao ra ngoài, từ đó đạt được mục tiêu giảm chấn giảm rung. Phương pháp của nó là dựa vào nâng cao giảm chấn kết cấu cơ khí (vật liệu giảm chấn, kết cấu giảm chấn, tiếp xúc giảm chấn) để giảm thấp hoặc loại bỏ rung động máy móc hoặc do rung động sinh ra tiếng ồn và để nâng cao tính ổn định trạng thái động của máy móc.

3.2.6. Lớp giảm chấn giảm rung cho tấm mỏng

Kết cấu tấm thép mỏng CT3 đơn như trên hình 4 là tấm kim loại phẳng có kích thước 350x250 (mm), dày 1mm. Kết cấu tấm mỏng kép có lớp giảm chấn như trên hình 5, vẫn là tấm thép mỏng của kết cấu đơn có dán thêm lớp giảm chấn cao su non.

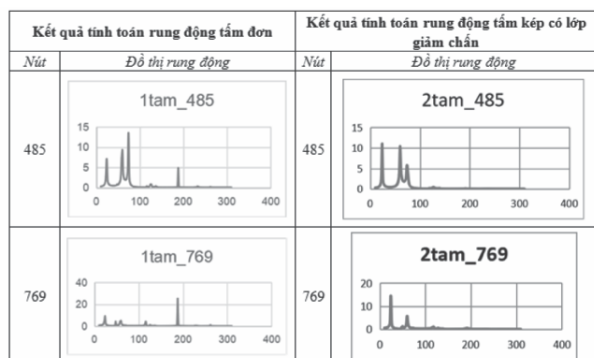


Hình 4. Kết cấu tấm mỏng



Hình 5. Kết cấu hỗn hợp tấm mỏng có lớp giảm chấn: 1. Tấm kim loại mỏng; 2. Lớp giảm chấn

Ta có kết quả tính toán rung động khi có lực kích thích như sau: 



Hình 6. Rung động kết cấu tấm mỏng đơn và tấm kép có lớp giảm chấn

Khi có lực kích thích từ bên ngoài, tại các nút 485 và 769 thì biên độ rung động của tấm mỏng kép có lớp giảm chấn đều giảm đi khá nhiều.

3.3. Kiểm soát tiếng ồn chủ động

Ở trên giới thiệu các biện pháp giảm ồn thuộc kiểm soát bị động, dùng phương pháp giảm ồn bị động thường bị giới hạn bởi kỹ thuật và kinh tế. Cùng với tốc độ phát triển của siêu máy tính, người ta áp dụng biện pháp giảm ồn chủ động ANC (Active Noise Control). Kiểm soát tiếng ồn chủ động là dựa trên nguyên lý giao thoa âm thanh, nguồn âm thứ cấp được sử dụng tạo ra một sóng âm có cùng biên độ và ngược pha với nguồn âm ban đầu. Hai sóng âm này chồng lên nhau trong không gian để đạt mục đích tiêu âm. Kỹ thuật ANC đã ứng dụng thành công trong lĩnh vực hệ thống ống dẫn, phòng điều khiển tàu [2]. Phương pháp này hiện dựa vào thiết bị lọc sóng phù hợp, phương pháp tính toán thích ứng. Một phương pháp khác là mang các thành phần (phụ kiện) thông minh đưa vào trong kết cấu thân xe, các cảm biến sẽ nhận các tín hiệu rung động, tiếng ồn và đưa về bộ điều khiển điện tử ECU. Sau khi xử lý bằng thuật toán điều khiển tương ứng, tín hiệu điều khiển được tạo ra, và sau khi âm thanh giao sẽ giảm tiếng ồn.

4. KẾT LUẬN

Phương pháp giảm ồn bị động áp dụng vật liệu hút âm có hệ số giảm chấn tương đối lớn, áp dụng công nghệ ngăn rung, cách âm để thiết kế kết cấu kiểm soát tiếng ồn, có thể dẫn đến thể tích ô tô lớn mà hiệu quả giảm âm cũng không quá lý tưởng. Mẫu chốt của kiểm soát chủ động liên quan đến cơ sở phần cứng, điều khiển logic, và bộ xử lý đảm bảo độ chính xác của các tín hiệu đo được của các cảm biến. Cho đến nay, nghiên cứu giảm ồn chủ động vẫn trong giai đoạn phát triển, vẫn còn khoảng cách giữa kỹ thuật cao và phổ biến vẫn còn một khoảng cách, nhưng cũng đã thu được sự tiến bộ nhất định.❖

Ngày nhận bài: 12/3/2024

Ngày phản biện: 18/4/2024

Tài liệu tham khảo:

- [01]. 梁新华. 汽车车身薄壁件阻尼复合结构振动-声学分析与优化[D], 博士学位论文, 上海: 上海交通大学, 2007.
- [02]. 于华民等. 管道噪声主动控制系统及其实现[J]. 噪声与振动控制, 2023, 23 (3).
- [03]. 周勇麟, 李树岷. 汽车噪声原理、监测与控制[M]. 中国环境科学出版社, 1992.
- [04]. 钱人一. 汽车发动机噪声控制[M]. 同济大学出版社, 1997.
- [05]. 林启荣等. 噪声控制压电智能系统研究的现状和展望[J]. 力学季刊, 2000, 21 (1).
- [06]. 李克强等. 智能结构系统得噪声主动控制方法[J]. 压电与声学, 1997, 19 (1).