

NÂNG CAO ĐỘ CỨNG CỦA Ổ ĐỆM KHÍ TĨNH DẠNG BỀ MẶT TRỤ

IMPROVE THE RIGIDITY OF THE STATIC CYLINDRICAL AIR - BEARING

Vũ Văn Duy

Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Ổ đệm khí bề mặt trụ chịu lực hướng tâm có đặc điểm là chiều dày lớp đệm khí nén giữa bề mặt trục và bạc đệm khí thay đổi theo phương hướng tâm, do trục và bạc không đồng tâm. Một trong các thông số quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng làm việc của ổ đệm khí bề mặt trụ, đó là độ cứng vững của lớp đệm khí nén (khả năng giảm khe hở khi tăng tải trọng). Bài báo này, trình bày giải pháp bố trí các mảnh bạc đệm khí quanh trục nhằm nâng cao độ cứng của ổ đệm khí tĩnh.

Từ khóa: Bạc đệm khí mặt trụ; Độ cứng ổ đệm khí; Ổ đỡ đệm khí.

ABSTRACT

Cylindrical air-bearing under radial force is characterized by the pressured air thickness between the shaft surface and the air-bearing silver changing in the radial direction due to the concentric shaft and cylindrical air-bearing cushion. One of the important parameters affecting the working quality of the cylindrical air-bearing is the hardness of the pressured air thin film (the ability to reduce the gap when increasing the load). This paper presents the solution to arrange the cylindrical air-bearing cushion around the shaft to improve the rigidity of the static air-bearing.

Keywords: *Cylindrical air-bearing cushion; Hardness of air-bearing; Journal air bearings.*

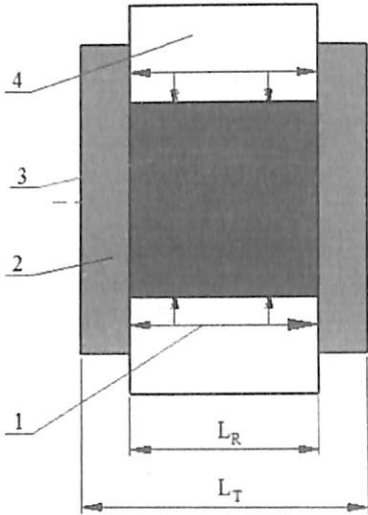
1. GIỚI THIỆU VỀ Ổ ĐỆM KHÍ

Ổ đệm khí là loại ổ sử dụng màng mỏng khí nén với một áp suất nhất định để cản trở sự tiếp xúc trực tiếp giữa hai bề mặt. Do đó, khi sử dụng ổ đệm khí sẽ không có tiếp xúc cơ khí giữa bề mặt bạc đệm khí và bề mặt trục quay. Vì vậy, các vấn đề về ma sát, mài mòn, bôi trơn... sẽ được giải quyết khi ứng dụng ổ đệm khí [1]. Tuy nhiên, do không khí luôn thoát ra từ các khe hở nên phải duy trì liên tục áp suất

để tạo lực nâng thẳng được tải trọng tác dụng lên ổ.

Cấu tạo cơ bản của ổ đệm khí gồm hai phần chính: Rotor (trục quay) và stator (bạc, lỗ đệm khí). Trong đó, stator được gia công các lỗ dẫn, rãnh thoát không khí. Đặc biệt, bề mặt của rotor và stator cần được gia công với độ bóng bề mặt cao nhằm hạn chế tạo mô men xoắn khi có dòng khí chảy qua. Stator có biên dạng lỗ đồng dạng với biên dạng của rotor có tác dụng

dẫn khí với áp suất cao vào khoảng trống giữa rotor và stato, tạo ra một lớp màng khí nén giữa hai bề mặt. Mô hình ổ đệm khí như hình 1, [6].



Hình 1. Ổ đệm khí dạng chữ H [6]:

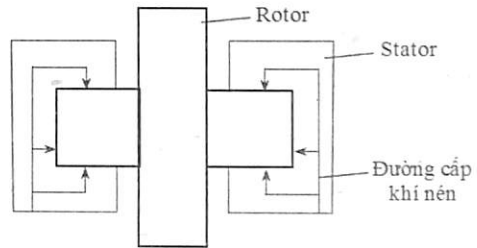
- 1 - Đường dẫn khí;
- 2 - Đĩa chặn;
- 3 - Rotor;
- 4 - Stato;
- L_R - Độ dài của rotor;
- L_T - Độ dài của ổ đệm khí.

Tuy nhiên, ổ đệm khí cũng có nhược điểm là: Khả năng tải phụ thuộc vào áp suất lớp màng không khí giữa hai bề mặt trục và bạc. Áp suất này phụ thuộc vào nguồn cấp, kết cấu đệm khí và diện tích giữa hai bề mặt có lớp đệm khí.

2. ĐỘ CỨNG CỦA Ổ ĐỆM KHÍ ĐƯỢC CẤU TẠO BỞI CÁC ĐỆM KHÍ BỀ MẶT TRỤ

Để tăng khả năng chịu tải hướng tâm phải tăng đường kính trục quay hoặc tăng kích thước hai bề mặt có lớp đệm khí, dẫn đến kích thước của ổ đệm khí sẽ lớn. Độ dày của lớp đệm khí có giá trị rất nhỏ cỡ từ 5 μm đến 15 μm [7], vì vậy, phải chế tạo chính xác bộ đôi giữa trục và bạc nên đối với các ổ chịu tải lớn thì bán kính quay lớn dẫn đến khó khăn về mặt công nghệ.

Do đó, có thể lựa chọn kết cấu ổ đệm khí được cấu tạo từ các đệm khí bề mặt trụ. Các bạc đệm khí trên stator đỡ hai đầu trục (roto) định vị 4 bậc tự do, hai đệm khí phẳng trên stator chặn hai mặt đầu của rotor chống di chuyển dọc trục định vị 1 bậc tự do, chỉ còn một bậc tự do quay xung quanh trục hình 2, [5].



Hình 2. Sơ đồ ổ đệm khí được chế tạo thử nghiệm.

2.1. Các thông số cơ bản thể hiện đặc tính làm việc của đệm khí bề mặt trụ

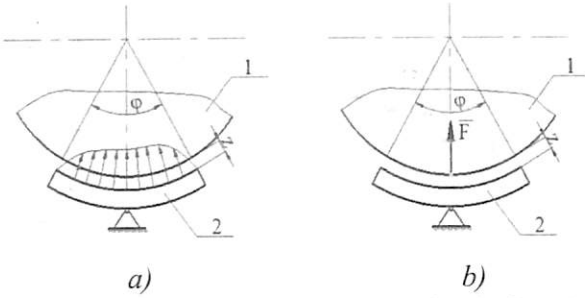
2.1.1 Khả năng tải của đệm khí bề mặt trụ

Đệm khí của ổ quay được cấu tạo bởi stator là các mảnh bạc và rotor là trục quay. Các kết quả nghiên cứu [2], [3] cho thấy, trên bề mặt của bạc đệm khí có một trường áp suất phân bố do khí nén tạo ra giữa bề mặt bạc và bề mặt trụ (hình 3.a). Hợp lực của các lực phân bố trên khi thu gọn về tâm mảnh bạc chính là lực nâng F (hình 3.b). Do đó, lực nâng F ở đây là một hàm số của áp suất nguồn, thông số kết cấu của đường dẫn khí và khe hở z của đệm khí.

Để thuận tiện trong tính toán, coi áp suất phân bố trong mặt cắt ngang của trục đệm khí như hình 3.a. Trên cơ sở đó tính được hợp lực tác dụng trên 1 đệm khí đặt tại tâm của đệm khí (hình 3.b). Đường đặc tính này có thể xác định bằng thực nghiệm.

Mỗi mảnh bạc của đệm khí bao hết một không gian giới hạn bởi 1 góc φ xung quanh

trục. Đây cũng là một giới hạn khi muốn đặt nhiều đệm khí trên bề mặt trục [4].



Hình 3. Lực nâng của đệm khí chịu lực hướng tâm:
1) Trục quay (rotor); 2) Bạc đệm khí (stator).

2.1.2 Độ cứng của đệm khí

Điều kiện làm việc của đệm khí là khe hở z phải lớn hơn 0 (không có tiếp xúc cơ khí giữa trục và bạc). Với mỗi đệm khí có kết cấu và áp suất nguồn nhất định thì ứng với giá trị F của ngoại lực tác động, khe hở đệm khí sẽ là giá trị z tương ứng. Khi giá trị ngoại lực tăng thì giá trị z giảm. Đặc biệt, khi ngoại lực F tăng đến một giá trị nhất định thì khe hở $z=0$, lúc này đệm khí sẽ không đảm bảo điều kiện làm việc. Để đặc trưng cho khả năng chống lại sự thay đổi của khe hở z trước sự thay đổi của ngoại lực, có thể coi đệm khí tương tự như một lò xo thì khái niệm độ cứng của đệm khí (K), được xác định như sau:

$$K = \frac{dF}{dz} \tag{2}$$

Mỗi đệm khí có thể coi như một lò xo có độ cứng (K) tạo ra lực đẩy thay đổi theo khe hở z . Tại mỗi vị trí làm việc đệm khí được coi là một lò xo bị nén lại để có lực đẩy F .

Trong mỗi khoảng khe hở từ z_1 đến z_2 , độ cứng của đệm khí trong miền khe hở này được xác định như sau:

Đối với cấu tạo của đệm khí bề mặt trụ

cụ thể đã được chế tạo thử nghiệm [5], từ giá trị các khe hở z_1, z_2 lần lượt tra được giá trị lực tải của đệm khí tương ứng với khe hở lần lượt là F_1 và F_2 , khi đó theo công thức (2), độ cứng trong miền khe hở này được xác định là:

$$\bar{K} = \frac{F_1 - F_2}{z_2 - z_1} \text{ (giá trị } z_2 \text{ lớn hơn giá trị } z_1). \tag{3}$$

Cụ thể, tại khe hở $z_1 = 2,1 \mu\text{m}$, $z_2 = 3 \mu\text{m}$ theo [5], ta có lực tải của đệm khí tương ứng lần lượt là $F_1 = 1\,000 \text{ N}$, $F_2 = 890 \text{ N}$, thay vào công thức (3) ta có:

$$\bar{K} = \frac{1000 - 890}{3 - 2,1} = 122 \frac{\text{N}}{\mu\text{m}}$$

Áp dụng phương pháp xác định độ cứng trên, ta có bảng giá trị độ cứng theo các miền giá trị khe hở như bảng sau [4]:

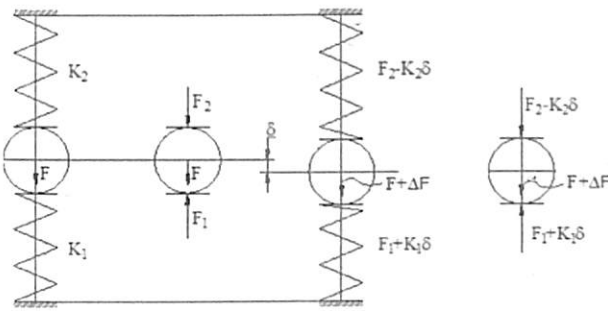
Bảng 1. Bảng giá trị các thông số của đệm khí:

TT	Khe hở z (μm)	Lực tải F (N)	Độ cứng \bar{K} (N/ μm)	Ghi chú
1	2,1	1 000	122	$z: 2,1 \div 3$
2	3	890	90	$z: 3 \div 4$
3	4	800	70	$z: 4 \div 5$
4	5	730	70	$z: 5 \div 6$
5	6	660	60	$z: 6 \div 7$
6	7	600	40	$z: 7 \div 8$
7	8	560	40	$z: 8 \div 9,5$
8	9,5	500		

2.2. Độ cứng của ổ đệm khí

Xét theo phương trọng trường, các đệm khí đặt dưới trục có tác dụng nâng trục lên, các đệm khí đặt trên trục cùng với tải trọng và tự trọng nén trục xuống làm giảm khả năng chịu

tải của ổ. Một vấn đề đặt ra là: Có cần các đệm khí phía trên của trục không? Thực tế, vẫn cần có các đệm khí phía trên để tăng “độ cứng” của ổ, giảm dịch chuyển của tâm quay khi tải trọng thay đổi. Điều đó được xem xét qua mô phỏng sau đây [4]:



Hình 4. Sơ đồ hệ lò xo tương đương.

Lò xo phía nửa trên trục được nén vào có lực: F_2 , độ cứng: K_2 ; Lò xo phía dưới nửa trục được nén vào có lực F_1 , độ cứng K_1 . Trọng lực tác dụng là F , tại trạng thái cân bằng, ta có:

$$F_1 = F_2 + F \quad (4)$$

Tăng trọng lực thêm ΔF , đương nhiên lò xo dưới bị nén thêm một lượng bằng δ , lực đẩy tăng thêm $\Delta F_1 = K_1 \cdot \delta$. Lò xo trên bị dãn thêm một lượng bằng δ , lực đẩy xuống giảm đi $\Delta F_2 = K_2 \cdot \delta$. Phương trình cân bằng lực theo phương thẳng đứng tại trạng thái cân bằng mới được xác lập:

$$F_1 + K_1 \cdot \delta = F_2 - K_2 \cdot \delta + F + \Delta F \quad (5)$$

Kết hợp phương trình (4) và (5). Ta có:
 $\Delta F = (K_1 + K_2) \cdot \delta = K \cdot \delta$.

Biểu thức trên, chứng tỏ cơ hệ chống lại sự thay đổi của trọng lực (ΔF) bằng độ cứng $K = K_1 + K_2$.

3. KẾT LUẬN

- Đối với một đệm khí bề mặt trụ, trong miền làm việc của đệm khí khi khe hở đệm khí càng nhỏ, thì độ cứng của đệm khí càng lớn.

- Trong trường hợp ổ đỡ đệm không khí được cấu tạo bởi các đệm khí bề mặt trụ để tăng độ cứng vững của ổ thì ngoài bố trí các đệm khí ở nửa dưới của trục có tác dụng đỡ, cần bố trí các đệm khí phía nửa trên bề mặt trụ tạo lực nén. Khi bố trí các đệm khí ở cả nửa dưới và nửa trên của trục tuy khả năng tải của ổ giảm nhưng độ cứng của ổ đệm khí được tăng lên. ❖

Ngày nhận bài: 08/6/2019

Ngày phản biện: 20/6/2019

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Nguyễn Doãn Ý (2013); *Ma sát mòn và Bôi trơn*, NXB. Xây dựng.
- [2]. Nguyễn Tiến Thọ (2005-2006); *Nghiên cứu thiết kế và chế tạo hệ dẫn động bằng đệm khí của máy đo tọa độ CMM*; Đề tài cấp Bộ, mã số B2005-28-163.
- [3]. Tạ Thị Thúy Hương (2016); *Cơ sở đảm bảo độ chính xác của phép đo sai lệch độ tròn*, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật.
- [4]. Vũ Văn Duy (2018); *Nghiên cứu phương pháp đảm bảo độ chính xác của chuẩn mô men dùng ổ khí quay*, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật.
- [5]. Vũ Văn Duy, Vũ Toàn Thắng, Vũ Văn Quang (2017); *Xác định lực nâng của đệm khí mặt trụ chịu lực hướng tâm theo phương pháp điện khí tương đương*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, ISSN 0866-7056.
- [6]. Calibration Engineering Hohmann Company (2013); “*New X type air bearing for torque calibration machines up to 20 kN.m with higher load capacity*” – Datasheet catalog.
- [7]. New Way Precision Instruction (2003) *Air bearing - Application and Design*.