

**XÁC ĐỊNH CÁC THÔNG SỐ CỦA NƯỚC BÔI TRƠN VÀ LÀM MÁT  
BẠC ĐỠ TRỤC CHÂN VỊT LÀ VẬT LIỆU PHI KIM LOẠI  
DETERMINATION OF PARAMETERS OF LUBRICATING AND  
COOLING WATER FOR PROPELLER SHAFT BEARING  
MADE OF NON-METALIC MATERIALS**

**TS. QUẢN TRỌNG HÙNG**

**TP. Quản lý Khoa học, Trường ĐHHH**

**Tóm tắt:**

*Trong bài báo, giới thiệu phương pháp tính toán để xác định các thông số nước làm mát và bôi trơn bạc đờ trục chân vịt là vật liệu phi kim loại. Từ đó có thể chọn lựa hình thức, lưu lượng và nhiệt độ nước vào làm mát gối trục chân vịt cho phù hợp với các thông số kết cấu và khả năng chịu tải của chúng.*

**Abstract:**

*This article shows the calculation method to determine the parameters of lubricating and cooling water for propeller shaft bearing made of non-metallic materials. Therefore, the way, capacity and temperature of cooling water should be chosen suitable for the structure parameters and loading capacity of propeller shaft bearing.*

**1. Đặt vấn đề**

Hiện nay, do có nhiều ưu điểm trong chế tạo, lắp ráp, đồng thời có tuổi thọ tương đối cao, người ta sử dụng nhiều vật liệu phi kim loại: cao su, các loại gỗ, chất dẻo (caprolon, tectolit, composit...) làm bạc gối đỡ trục chân vịt tàu thủy [5,6,8..]. Mặc dù có tính chất cơ lý khác nhau, nhưng các loại bạc phi kim loại đều có đặc điểm chung là được bôi trơn và làm mát bằng nước. Đã có nhiều công trình nghiên cứu xác định tuổi thọ và độ bền của bạc đỡ trục phi kim loại và những tài liệu khuyến cáo trong việc chọn vật liệu và kết cấu của chúng. Tuy nhiên trong các tài liệu, ngay cả trong Quy phạm đóng tàu ít đề cập hoặc chưa đầy đủ đến việc chọn lựa và tính toán các thông số như lưu lượng, áp lực, nhiệt độ... nước làm mát và bôi trơn các gối trục phi kim loại. Trong báo cáo sẽ trình bày một số kết quả nghiên cứu chế độ làm mát nước hợp lý cho bạc đỡ trục chân vịt với vật liệu giảm mòn là vật liệu phi kim loại.

**2. Cơ sở tính toán**

Trong quá trình làm việc, do ma sát nên nhiệt độ trong ổ đỡ trục chân vịt tăng lên cao, nó có khả năng làm giảm độ nhớt của chất lỏng bôi trơn ảnh hưởng đến khả năng tải của bạc trục, trường hợp xấu hơn có thể dẫn đến bó trục và cháy bạc trục. Với vật liệu bạc là phi kim loại, công chất bôi trơn có luôn chức năng làm mát cho gối, chất lỏng này sẽ đưa phần lớn nhiệt lượng sinh ra do ma sát ra ngoài.

Việc tính toán nhiệt động trong ổ dựa trên phương trình cân bằng giữa nhiệt lượng sinh ra và nhiệt lượng thoát đi [1,3,6]:

$$Q_{MS} = Q_N + Q_T \quad (1)$$

Trong đó:

$Q_{MS}$  - Nhiệt lượng sinh ra do lực ma sát trong ổ trong thời gian 1s, Kw;

$Q_N$  - Nhiệt lượng do chất lỏng bôi trơn và làm mát cho ổ mang đi trong thời gian 1s, Kw;

$Q_T$  - Nhiệt lượng thoát ra theo thân ổ và trục trong thời gian 1s, Kw.

Ta đi xem xét các thành phần trên:

a- Nhiệt lượng sinh ra do ma sát giữa trục và bạc có thể được tính theo công thức:

$$Q_{MS} = \frac{F_{MS} \cdot v}{1000}, \quad (Kw) \quad (2)$$

Trong đó:  $F_{MS}$  - lực ma sát, N;  $v$  - vận tốc vòng của trục, m/s.

Trong thực tế, trong quá trình chuyển động do tải trọng tác dụng lên ổ trục làm cho ổ trục và trục luôn lệch tâm và tạo nên áp lực động trong lớp công chất bôi trơn. Sử dụng các kết quả trong [9,10], lực ma sát ướt trong ổ trượt sẽ được tính theo công thức:

$$T = \beta \cdot \frac{\pi^2 R^2 l n}{15 \delta} \quad (N) \quad (3)$$

Ta có thể coi như tất cả năng lượng sinh ra do ma sát đều chuyển thành nhiệt:

$$Q_{ms} = T \cdot u_0 = \beta \mu \frac{\pi^3 R^3 l n^2}{450 \delta} \quad (Kw) \quad (4)$$

Trong đó:  $u_0$  - vận tốc quay của trục, rad/s;  $u_0 = \omega \cdot R = \pi n R / 30$ .

$\mu$  - Độ nhớt động lực của chất lỏng làm mát, N.s/m<sup>2</sup>;

R - Bán kính trục, m;

l - Chiều dài lót ổ trục, m;

n - Tốc độ quay của trục, vg/phút;

$\delta$  - Độ chênh bán kính ngõng trục và bạc trục.

$\beta$  - Hệ số xét đến sự làm việc lệch tâm của trục và bạc trục, được tính là:

$$\beta = \frac{2(1 + 2C^2)}{(2 + C^2)\sqrt{1 - C^2}}, \text{ trong đó: } C = e/\delta \text{ với } e \text{ là độ lệch tâm.}$$

b- Nhiệt lượng truyền dẫn cho chất lỏng làm mát được xác định theo số gia nhiệt độ nước ra và vào ổ trục và theo phương trình:

$$Q_N = C \cdot \gamma_n \cdot q \cdot \Delta t \quad (kw) \quad (5)$$

Trong đó:  $\gamma_n$ - Khối lượng riêng của chất lỏng làm mát, kg/m<sup>3</sup>;

q- Lưu lượng của chất lỏng chảy qua ổ, m<sup>3</sup>/s;

$\Delta t$ - Sự thay đổi nhiệt độ của chất lỏng làm mát khi vào và ra ổ, °K

Các nghiên cứu cho thấy, lưu lượng của chất lỏng làm mát phụ thuộc vào độ rỗng của khe hở giữa ngõng trục và lót ổ trục, tốc độ quay của trục... Ta có thể xác định theo đồ thị thực nghiệm hình 1 [3], dựa theo các thông số sau:

- Độ hở tương đối:  $\psi = \frac{D - d}{d} = \frac{\delta}{d}$

- Hệ số khả năng tải  $\Phi$ :  $\Phi = \frac{p\psi^2}{\mu\omega}$ , trong đó: p- áp suất danh nghĩa của chất lỏng bôi

trơn:  $p = \frac{F_r}{ID}$ , N/m<sup>2</sup> ( $F_r$  là tải trọng hướng tâm của ổ).

- Độ lệch tâm tương đối  $\chi$ :  $\chi = \frac{2e}{\delta}$

c- Nhiệt lượng thoát ra theo thân ổ và trục

Một phần nhiệt lượng sinh ra do ma sát sẽ truyền qua thân ổ và trục, ở đây có thể coi chủ yếu là dẫn nhiệt qua trục, ổ trục, gối đỡ trục và truyền ra môi trường ngoài như vỏ tàu và nước.

Thực tế, phụ thuộc vào bố trí hệ trục chân vịt, nhiệt sẽ được truyền qua ổ trục và đi theo 2 hướng sau:

- Dẫn nhiệt theo trục, gối đỡ trục, ống bao và ra môi trường nước ngoài tàu (gối sau được ngâm hoàn toàn trong nước),

- Dẫn nhiệt theo trục, qua gối đỡ trục, ống bao trục và vào cơ cấu thân tàu khi gối đỡ không ngâm trong nước (gối trước đặt trên vách buồng máy).

Để xác định lượng nhiệt này về lý thuyết, ta sử dụng công thức truyền nhiệt dạng tổng quát trong kỹ thuật nhiệt để tính toán. Tuy nhiên xem xét các hướng truyền nhiệt và các thực

nghiệm cho thấy nhiệt do ma sát giữa bạc và trục chủ yếu sẽ được làm mát lấy đi. Trong mức độ chính xác cho phép, nhiệt lượng truyền theo thân gối đỡ và ống bao theo công thức [1]:

$$QT = K \cdot \pi \cdot D \cdot l \cdot \Delta t \quad (6)$$

Trong đó: K - hệ số tỏa nhiệt qua thân ổ và ống bao, kW/m<sup>2</sup>. °K;

D - đường kính trung bình gối đỡ, m;

l - chiều dài gối đỡ, m;

Δt - chênh lệch nhiệt độ giữa bên trong lót ổ (nhiệt độ chất lỏng làm mát) với môi trường ngoài bao quanh gối đỡ, °K.

Từ các phương trình trên, có thể lập chương trình tính các thông số làm mát của gối trục chân vịt như: lưu lượng nước cần thiết để làm mát trong ổ, nhiệt độ bề mặt trong lót ổ trục và nhiệt độ nước làm mát ra khỏi ổ trục

**3. Ví dụ:** tính cho loại gối sau trục chân vịt, tàu hàng Diamond 53000 DW,

+ Các thông số chính gối đỡ:

- Đường kính trục tại bạc đỡ: 472 mm.

- Bạc trục chân vịt gồm bạc sau bằng Compazit, nhãn hiệu: Kobelco (Nhật bản):

- Chiều dài gối đỡ: 940 mm,

- Hệ số ma sát: khi không có bôi trơn: 0,24-0,45; khi có bôi trơn: 0,01-07.

- Đường kính mặt trong: 474,5 mm

- Tải trọng hướng tâm trên gối: 23610 kG;

- Độ dẫn nhiệt: 0,18 W/m<sup>2</sup>.°C;

- Nhiệt độ giới hạn làm việc lâu dài: không quá 100°C;

+ Thông số của nước làm mát:

- Khối lượng riêng ρ = 1000 kg/ m<sup>3</sup>

- Hệ số nhớt động của nước bôi trơn, làm mát:

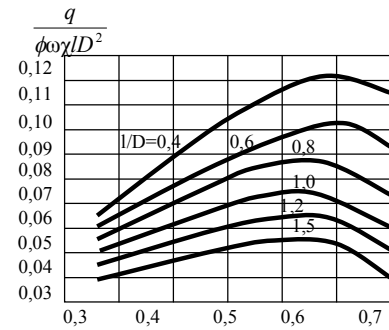
$$\nu = \frac{0,01775}{\rho \cdot (1 + 0,0337 \cdot t + 0,000221 \cdot t^2)}, \text{ cm}^2 / \text{ s}$$

- Nhiệt dung riêng đẳng tích của nước phụ thuộc nhiệt độ:

$$C_n = 1,3716 + 0,0003111t, \text{ kJ/kg.}^\circ\text{K}$$

Kết quả nhận được từ chương trình tính, khi thay đổi nhiệt độ nước vào làm mát và có được các kết quả trong Bảng 1.

Nhiệt độ nước vào (°C)	Nhiệt độ nước ra (°C)	Nhiệt độ bạc trục (°C)	Hệ số lệch tâm Tương đối	Lưu lượng nước (cm <sup>3</sup> /s)
20	52	53	0.665	550
24	55	56	0.672	567
28	58	58	0.681	583
32	61	62	0.686	612
36	64	65	0.701	633
40	67	68	0.716	648
44	70	71	0.731	664
48	74	74	0.743	678
52	76	76	0.755	680



Hình 1. Đồ thị để xác định lưu lượng nước làm mát

**Nhận xét:**

Từ kết quả tính toán cho thấy:

- Trong trường hợp làm mát tự nhiên, khi nhiệt độ nước làm mát vào tăng lên ( $20+52^{\circ}\text{C}$ ), nhiệt độ nước ra cũng tăng lên nhưng với tốc độ tăng chậm hơn, đồng thời làm tăng nhiệt độ của lót bạc trực. Điều đó được giải thích nhiệt độ của lót trực tăng sẽ làm tăng phần lượng nhiệt truyền theo trực và ra gối đỡ, ống bao trực (tiếp xúc với nước ngoài tàu).

- Khi nhiệt độ nước vào tăng thì lưu lượng nước cần thiết cũng tăng tương ứng ( $1.98-2,44\text{ m}^3/\text{h}$ ). Sự tăng lưu lượng nước cần thiết đi qua khe hở bạc cùng với nhiệt độ nước tăng thì độ nhớt của nước giảm và áp lực của nước trong ổ giảm có thể dẫn đến hiện tượng sinh hơi trong khe hở bạc, gây nên chất lượng làm mát, bôi trơn trực và bạc kém đi, có thể gây nên bó bạc và hoặc hiệu ứng “xâm thực” gây rỗ trực. Bên cạnh đó khi độ nhớt của nước giảm rõ ràng sẽ làm cho độ lệch tâm tương đối  $\chi$  tăng, làm ảnh hưởng tới sự thoát nước qua các khe hở hướng trực giữa trực chân vịt và lót ổ trực, làm giảm khả năng chịu tải của bạc.

- Từ các kết quả tính được của chương trình ta cũng có thể đưa ra được các kết luận về khả năng công tác lâu dài của bạc là vật liệu phi kim loại theo nhiệt độ làm việc giới hạn của vật liệu. Trong trường hợp nhiệt độ này vượt quá giới hạn, cần thay đổi kết cấu của bạc lót như kích thước, tải trọng trên ổ, thay đổi lưu lượng và áp lực của nước làm mát.

- Thực tế để cấp nước làm mát bạc trực chân vịt, người ta có thể sử dụng: bơm làm mát vòng ngoài động cơ chính hay bơm nước độc lập. Phần lớn, người ta sử dụng bơm nước làm mát động cơ, trong trường hợp này cần chú ý đến sơ đồ trích nước trên hệ thống. Khi đó cần căn cứ vào số liệu tính toán nhiệt độ và lưu lượng nước cần thiết làm mát gối trực (chú ý thường nước làm mát động cơ đã bị nóng lên  $40-45^{\circ}\text{C}$  và nước làm mát bạc trước lại đi vào làm mát bạc sau) để chọn lựa vị trí trích nước và lưu lượng nước đi làm mát gối trực chân vịt cho phù hợp.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO:**

- [1] Bùi Hải, Trần Thế Sơn - *Kỹ thuật nhiệt* - NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2005.
- [2] Nguyễn Phước Hoàng, Phạm Đức Nhuận, Nguyễn Thạc Tân - *Thủy lực và máy thủy lực* - NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, 1979.
- [3] Nguyễn Hữu Lộc, Nguyễn Tuấn Kiệt, Phan Tấn Tùng, Nguyễn Thanh Nam - *Cơ sở thiết kế máy, phần I* - Trường ĐH Kỹ thuật TP Hồ Chí Minh, 1997.
- [4] Dương Đình Đối - *Nghiên cứu sự thay đổi tính chất Cơ - Lý - Tribology của bạc trượt chất dẻo làm việc trong môi trường nước* - Đề tài Cấp bộ, 2004.
- [5] Dương đình Đối - *Nghiên cứu sử dụng gỗ cam xe làm bạc lót trực chân vịt tàu cá cỡ nhỏ* - Luận án Tiến Sĩ, 1993.
- [6] Dương Đình Đối, Vũ Văn Xứng - *Sự thay đổi tính chất cơ - lý - tribology của bạc trượt chất dẻo làm việc trong môi trường nước và biện pháp khắc phục* - Tạp chí Khoa học-Công nghệ Thủy sản Số 2/2006 Trường Đại học Thủy sản.
- [7] Nguyễn Văn Ba - *Xác định kích thước hợp lý cho bạc gối trực chân vịt được bôi trơn bằng nước*, Đại học Thủy sản, 2001.
- [8] Lê Văn Cường, Nguyễn Anh Việt và nhóm tham gia - *Nghiên cứu chế tạo, thử nghiệm bạc trực chân vịt tàu thủy bằng vật liệu Compozit nền Polyme* - Trường ĐH Hàng hải, 2005.
- [9] Nguyễn Phước Hoàng (Chủ biên), Phạm Đức Nhuận, Nguyễn Thạc Tân - *Thủy lực và máy thủy lực* - NXB Đại học và Trung học chuyên nghiệp, 1979.
- [10] Nguyễn Thị Phương, Lê Song Giang - *Cơ lưu chất* - Trường ĐHBK TP Hồ Chí Minh, 2000.

---

**Người phản biện: TS. Nguyễn Mạnh Thường**