VĂN BẢN QUY PHẠM PHÁP LUẬT

BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI

Thông tư số 09/2025/TT-BGTVT ngày 12 tháng 02 năm 2025 ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân cấp và đóng tàu biển vỏ thép

(Tiếp theo Công báo số 401 + 402)

2.3 Trục khuỷu

2.3.1 Trục khuỷu liền

1 Đường kính cổ biên và cổ trục không được nhỏ hơn giá trị tính theo công thức sau:

$$d_c = \left\{\left(M + \sqrt{M^2 + T^2}\right)D^2\right\}^{\frac{1}{3}} S\, K_m K_s K_h$$

Trong đó:

d_c: Đường kính yêu cầu của trục khuỷu (mm);

$M = 10^{-2} AL\, P_{max}$;

$T = 10^{-2} BS\, P_{mi}$;

S: Hành trình pít tông (mm);

L: Khoảng cách giữa hai tâm ổ đỡ liền nhau (mm);

P_{max}: Áp suất cháy lớn nhất trong xi lanh (MPa);

P_{mi}: Áp suất có ích chỉ thị trung bình (MPa);

A và B: Hệ số lấy theo Bảng 3/2.2 và 3/2.3 đối với các động cơ có khoảng nổ bằng nhau (trong trường hợp động cơ chữ V thì các khoảng nổ trên mỗi hàng bằng nhau). Đối với động cơ đốt trong pít tông có các khoảng nổ không bằng nhau hoặc không nằm trong các bảng trên, các giá trị A và B sẽ được xem xét cụ thể;

D: Đường kính xi lanh (mm)

K_m: Giá trị được lấy theo (1) hoặc (2) dưới đây tùy theo giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu làm trục khuỷu. Tuy vậy, giá trị của K_m đối với các vật liệu không phải là thép rèn và thép đúc phải được Đăng kiểm quyết định trong từng trường hợp.

(1) Khi giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu lớn hơn 440 N/mm^2:

$$K_m = \sqrt[3]{\frac{440}{440 + \frac{2}{3}(T_s - 440)}}$$

Trong đó:

T_s: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu (N/mm^2). Giá trị của T_s không được quá 760 N/mm^2 đối với thép các bon rèn và không quá 1080 N/mm^2 đối với thép hợp kim thấp rèn.

(2) Khi giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu không lớn hơn 440 N/mm^2 nhưng không dưới 400 N/mm^2; K_m = 1,0

K_s: Giá trị được lấy theo 1), 2) hoặc 3) sau đây, tùy theo phương pháp chế tạo trục khuỷu.

1) Khi trục khuỷu được chế tạo áp dụng quá trình rèn riêng được Đăng duyệt, chất lượng sản phẩm ổn định, độ bền mỏi được coi là tăng thêm từ 20% trở lên so với quá trình rèn tự do:

$$K_s = \sqrt[3]{\frac{1}{1{,}15}}$$

2) Khi trục khuỷu được chế tạo áp dụng quá trình chế tạo có xử lý bề mặt được Đăng duyệt, chất lượng sản phẩm ổn định, độ bền mỏi được coi là nâng cao:

$$K_s = \sqrt[3]{\frac{1}{1 + \frac{\rho}{100}}}$$

Trong đó:

ρ: Mức độ (cải thiện) tăng hơn về độ bền tùy theo độ cứng bề mặt (%) đã được Đăng kiểm thừa nhận;

3) Khi không nằm trong trường hợp 1) hoặc 2) nói trên:

K_s = 1,0

K_h: Giá trị lấy theo i) hoặc ii) dưới đây tùy theo đường kính trong của cổ biên hoặc cổ trục

i) Khi đường kính trong bằng và lớn hơn 1/3 đường kính ngoài:

$$K_h = \sqrt[3]{\frac{1}{1 - R^4}}$$

Trong đó:

R: Tỷ số giữa đường kính trong của trục chia cho đường kính ngoài của trục.

ii) Khi đường kính trong nhỏ hơn 1/3 đường kính ngoài:

$K_h = 1,0$

2 Kích thước của các má khuỷu phải thỏa mãn các yêu cầu ở (1) và (2) sau đây:

(1) Chiều dày và rộng của các má khuỷu phải thỏa mãn công thức sau đây liên quan tới đường kính của cổ biên và cổ trục. Trong trường hợp này, chiều dày má khuỷu không được nhỏ hơn 0,36 lần đường kính của cổ biên và cổ trục. Khi đường kính thực tế của cổ biên và cổ trục lớn hơn đường kính yêu cầu của trục khuỷu được xác định bởi công thức ở -1 thì vế trái của công thức sau đây có thể được nhân với $(d_c/d_a)^3$.

$$\left\{0,122\left(2,20-\frac{b}{d_a}\right)^2+0,337\right\}\left(\frac{d_a}{t}\right)^{1,4}\leq 1$$

Trong đó:

b: Chiều rộng má khuỷu (mm);

d_a: Đường kính thực tế của cổ trục hoặc cổ biên (mm);

t: Chiều dày má khuỷu (mm).

(2) Bán kính góc lượn tại chỗ nối của má khuỷu với cổ biên hoặc cổ trục không được nhỏ hơn 0,05 lần đường kính thực tế của cổ biên hoặc cổ trục.

Bảng 3/2.2 Giá trị hệ số A và B đối với động cơ một hàng xi lanh tác dụng đơn

Số lượng xi lanh	Động cơ 2 kỳ		Động cơ 4 kỳ	
	A	B	A	B
1	1,00	8,8	1,25	4,7
2		8,8		4,7
3		10,0		4,7
4		11,1		4,7
5		11,4		5,4
6		11,7		5,4
7		12,0		6,1
8		12,3		6,1
9		12,6		6,8
10		13,4		6,8
11		14,2		7,4
12		15,0		7,4

Bảng 3/2.3 Giá trị hệ số A và B đối với động cơ chữ V tác dụng đơn với thanh truyền song song

a- Các động cơ 2 kỳ

Số lượng xi lanh	Khoảng nổ nhỏ nhất giữa hai xi lanh trên cùng một cổ biên					
	45°		60°		90°	
	A	B	A	B	A	B
6		17,0		12,6		17,0
8	1,05	17,0	1,00	15,7	1,00	20,5
10		19,0		18,7		20,5
12		20,5		21,6		20,5
14		22,0		21,6		20,5
16		23,5		21,6		23,0
18		24,0		21,6		23,0
20		24,5		24,2		23,0

b- Các động cơ 4 kỳ

Số lượng xi lanh	Khoảng nổ nhỏ nhất giữa hai xi lanh trên cùng một cổ biên											
	45°		60°		90°		270°		300°		315°	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
6		4,1		4,0		4,0		4,0		4,4		4,3
8	1,60	5,5	1,47	5,5	1,40	5,5	1,40	5,5	1,30	5,3	1,20	5,2
10		6,7		7,0		6,5		6,5		6,1		5,9
12		7,5		8,2		7,5		7,5		6,9		6,6
14		8,4		9,2		8,5		8,5		7,5		7,3
16		9,3		10,1		9,5		9,5		8,2		7,9
18		10,1		11,1		10,5		10,5		8,8		8,5
20		11,5		14,0		11,5		11,5		9,5		9,2

2.3.2 Trục khuỷu lắp ghép

1 Các kích thước của cổ biên và cổ trục của trục khuỷu loại lắp ghép phải tuân theo các yêu cầu sau:

(1) Đường kính của cổ biên và cổ trục của trục khuỷu lắp ghép phải thỏa mãn yêu cầu ở 2.3.1-1.

(2) Đường kính của các lỗ khoan hướng trục trong cổ trục của các trục khuỷu lắp ghép phải phù hợp với công thức sau:

$$D_{BG} \leq D_S.\sqrt{1-\frac{4000.S_R.M_{max}}{\mu.\pi.D_S^2.L_S.\sigma_{SP}}}$$

D_{BG}: Đường kính của lỗ hướng trục trong cổ trục;

D_S: Đường kính cổ trục tại vị trí lắp ép;

S_R: Hệ số an toàn chống trượt (tối thiểu là 2);

M_{max}: Mô men xoắn tuyệt đối lớn nhất tại vị trí lắp ép (N.m);

μ: Hệ số ma sát tĩnh (tối đa là 0,2);

L_S: Độ dài đoạn lắp ép (mm);

σ_{SP}: Giới hạn chảy nhỏ nhất của vật liệu cổ trục (N/mm^2).

2 Kích thước của các má khuỷu phải thỏa mãn các yêu cầu ở (1) và (2) sau đây:

(1) Chiều dày các má khuỷu loại lắp ép nóng phải thỏa mãn các công thức sau đây:

$$t \geq \frac{C_1 T D^2}{C_2 d_h^2} x \frac{1}{(1-\frac{1}{r_s^2})}$$

$$t \geq 0{,}525\ d_c$$

Trong đó:

t: Chiều dày của má khuỷu đo song song với đường tâm trục (mm);

C_1 = 10 đối với động cơ 2 kỳ 1 hàng xi lanh;

C_1 = 16 đối với động cơ 4 kỳ 1 hàng xi lanh;

T: Tương tự như ở 2.3.1-1;

D: Đường kính xi lanh (mm);

$C_2 = 12{,}8\alpha - 2{,}4\alpha^2$, nhưng trong trường hợp trục rỗng thì C_2 được nhân với $(1-R^2)$

$$\alpha = \frac{\text{Lượng co ngót cho phép (mm)}}{d_h} \times 10^3$$

R: Chỉ số thu được bằng cách chia đường kính trong của trục rỗng cho đường kính ngoài;

d_h: Đường kính lỗ tại chỗ lắp ép nóng (mm)

$$r_S = \frac{\text{Đường kính ngoài của má khuỷu (mm)}}{d_h}$$

d_c: Đường kính yêu cầu của trục khuỷu được xác định bằng công thức ở 2.3.1-1 (mm).

(2) Kích thước tại góc lượn chỗ nối của má khuỷu với cổ biên của các trục khuỷu bán lắp ghép phải thỏa mãn các yêu cầu ở 2.3.1-2 (mm).

3 Đối với trục khuỷu lắp ghép thì giá trị α được dùng ở -2 (1) phải nằm trong giới hạn sau:

$$\frac{1,1Y}{225} \le \alpha \le \left(\frac{1,1Y}{225} + 0,8\right)\frac{1}{1-R^2}$$

Trong đó:

Y: Giới hạn chảy danh nghĩa của vật liệu má khuỷu (N/mm^2);

R: Chỉ số thu được bằng cách chia đường kính trong của trục rỗng cho đường kính ngoài.

Khi giới hạn chảy danh nghĩa của má khuỷu trên 390 N/mm^2 hoặc khi giá trị tính theo công thức sau đây dưới 0,1 thì giá trị α sẽ được Đăng kiểm xem xét trong từng trường hợp cụ thể:

$$\frac{S - d_p - d_j}{2d_p}$$

Trong đó:

S: Hành trình pít tông (mm);

d_p: Đường kính cổ biên (mm);

d_j: Đường kính cổ trục (mm).

2.3.3 Nối trục và bu lông nối trục

1 Đường kính của các bu lông nối trục tại bề mặt nối của mối nối giữa các trục khuỷu hoặc giữa trục khuỷu với trục chịu lực đẩy hoặc giữa trục khuỷu với trục quy định ở 2.2.4 không được nhỏ hơn giá trị tính theo công thức sau:

$$d_b = 0,75\sqrt{\frac{(0,95d_c)^3}{nD} \times \frac{440}{T_b}}$$

Trong đó:

d_b: Đường kính bu lông nối trục (mm);

n: Số lượng bu lông;

D: Đường kính vòng tròn chia (mm);

d_c: Đường kính yêu cầu của trục khuỷu (mm) được tính bằng công thức ở 2.3.1-1 khi các giá trị K_m, K_s và K_h được lấy bằng 1,0;

T_b: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu làm bu lông (N/mm^2);

Khi giá trị này trên 1000 N/mm^2 thì trị số dùng cho công thức trên sẽ được Đăng kiểm xem xét một cách thích hợp.

2 Các khớp nối trục phải đủ bền để chịu được các ứng suất khi làm việc. Các góc lượn của khớp nối trục phải có bán kính đủ lớn để tránh sự tập trung ứng suất quá mức. Nếu các khớp nối trục không liền với trục, thì phương pháp lắp ghép và kết cấu của khớp nối phải có khả năng chịu được lực kéo khi tàu lùi. Nếu sử dụng then để lắp khớp nối trục vào trục thì kết cấu của rãnh then phải tránh được sự tập trung ứng suất quá mức.

2.3.4 Đánh giá chi tiết về độ bền

Khi trục khuỷu không thỏa mãn các yêu cầu ở 2.3.1 và 2.3.2 thì phải trình các tài liệu thiết kế và bản tính về độ bền trục khuỷu cho Đăng kiểm xem xét.

2.4 Thiết bị an toàn

2.4.1 Thiết bị chống vượt tốc và điều tốc

1 Nếu động cơ đốt trong pít tông được sử dụng làm máy chính thì nó phải được trang bị một bộ điều tốc được điều chỉnh để ngăn ngừa tốc độ của động cơ vượt quá 15% số vòng quay liên tục lớn nhất.

2 Ngoài bộ điều tốc thông thường, mỗi động cơ đốt trong pít tông lai trục chân vịt có công suất liên tục lớn nhất từ 220 kW trở lên, có thể cắt ly hợp được hoặc lai chân vịt biến bước phải được trang bị một thiết bị chống vượt tốc. Thiết bị chống vượt tốc và bánh răng lai nó phải độc lập với bộ điều tốc quy định ở -1 và phải điều chỉnh sao cho tốc độ của động cơ không thể vượt quá 20% số vòng quay liên tục lớn nhất của nó.

3 Các động cơ đốt trong pít tông lai máy phát điện phải được trang bị các bộ điều tốc thỏa mãn các yêu cầu ở 2.4.2, Phần 4. Khi động cơ đốt trong pít tông được dùng để lai máy phát điện cung cấp điện cho động cơ điện lai chân vịt thì phải thỏa mãn các yêu cầu quy định ở 5.1.2-2, Phần 4.

4 Ngoài bộ điều tốc thông thường, mỗi động cơ đốt trong pít tông được sử dụng làm máy chính trên tàu có hệ đẩy tàu bằng điện và động cơ đốt trong pít tông lai máy phát điện có công suất liên tục lớn nhất từ 220 kW trở lên phải được trang bị một thiết bị chống vượt tốc riêng biệt. Trong trường hợp này, thiết bị chống vượt tốc

và cơ cấu dẫn động nó phải độc lập với bộ điều tốc yêu cầu ở -3 và đảm bảo sao cho tốc độ không thể vượt quá 15% số vòng quay liên tục lớn nhất.

2.4.2 Báo động quá áp cho xi lanh

Phải trang bị một van an toàn có hiệu quả hoặc phương tiện để phòng quá áp khác cho mỗi xi lanh của động cơ đốt trong pít tông có đường kính xi lanh trên 230 mm.

2.4.3 Phòng chống nổ thùng trục

1 Đối với các động cơ có đường kính xi lanh không dưới 200 mm hoặc có tổng thể tích thùng trục không dưới 0,6 m^3, thì thùng trục phải được trang bị van an toàn phòng nổ có kiểu được duyệt để ngăn ngừa áp suất tăng quá mức trong trường hợp nổ bên trong thùng trục. Van an toàn phòng nổ thùng trục phải phù hợp với các yêu cầu sau đây:

(1) Van phải có kết cấu gồm các đĩa van được ép nhẹ bằng lò xo hoặc thiết bị tác dụng nhanh và tự đóng khác để xả áp thùng trục trong trường hợp có nổ bên trong và chống không khí lọt vào sau đó.

(2) Các đĩa van phải được làm bằng vật liệu mềm có khả năng chịu được va chạm với bộ hãm ở vị trí mở hoàn toàn.

(3) Các van phải được thiết kế và chế tạo để mở nhanh chóng và mở hoàn toàn ở áp suất không lớn hơn 0,02 MPa.

(4) Các van phải được trang bị bộ dập lửa cho phép xả áp thùng trục và ngăn lửa xuyên qua khi nổ thùng trục.

(5) Phải có bản sao tài liệu hướng dẫn lắp đặt và bảo dưỡng van của cơ sở chế tạo lưu ở trên tàu.

2 Số lượng và vị trí của các van quy định ở -1 phải tuân theo Bảng 3/2.4.

3 Phải lắp thêm các van an toàn ngoài những van quy định ở -1 cho những ngăn riêng biệt trong thùng trục chẳng hạn như ngăn bánh răng hoặc hộp xích lai trục cam hay những thiết bị dẫn động tương tự khi tổng dung tích của những ngăn như vậy không dưới 0,6 m^3.

4 Mỗi van an toàn phòng nổ quy định ở -1 và -3 bên trên phải thỏa mãn các yêu cầu quy định ở (1) và (2) dưới đây:

(1) Tiết diện lưu thông của mỗi van an toàn không được dưới 45 cm^2.

(2) Tổng tiết diện lưu thông của các van an toàn đặt trên một động cơ không được dưới 115 cm^2 cho mỗi mét khối tổng dung tích thùng trục. Thể tích của các bộ phận không chuyển động trong thùng trục hoặc không gian tách rời có thể được khấu trừ đi khi tính toán tổng dung tích đó.

Bảng 3/2.4 Số lượng và vị trí các van an toàn

Đường kính xi lanh (mm)	Số lượng và vị trí các van an toàn
200 đến dưới 250 250 đến dưới 300 300 trở lên	- Ít nhất ở gần mỗi đầu lắp một van nhưng khi có trên 8 khuỷu trục thì phải đặt thêm một van ở gần giữa động cơ. - Ít nhất cách một khuỷu trục đặt một van nhưng ít nhất là 2 van. - Ít nhất mỗi khuỷu trục một van.

2.4.4 Phòng nổ cho không gian khí quét

1 Không gian khí quét thông với xi lanh phải được trang bị van an toàn phòng nổ. Các van an toàn đó phải được bố trí sao cho khí xả ra không gây nguy hiểm cho người vận hành.

2 Không gian khí quét thông với xi lanh phải được nối với một hệ thống chữa cháy độc lập với hệ thống chữa cháy buồng máy.

2.4.5 Thiết bị phát hiện sương dầu trong thùng trục

1 Thiết bị phát hiện sương dầu trong thùng trục được yêu cầu lắp cho các động cơ có công suất liên tục lớn nhất lớn hơn hoặc bằng 2250 kW hoặc các xi lanh có đường kính lớn hơn 300 mm, và trong các trường hợp động cơ hư hỏng, các biện pháp tự động sau phải được sử dụng. Tuy nhiên, nếu các thiết bị thay thế mà Đăng kiểm thấy thích hợp, thì các thiết bị đó có thể được sử dụng thay cho thiết bị phát hiện sương dầu trong thùng trục. Trong trường hợp này, các biện pháp tự động sau cũng phải được sử dụng:

(1) Đối với các động cơ đốt trong pít tông thấp tốc (vòng quay định mức nhỏ hơn 300 vòng/phút), các tín hiệu báo động phát ra và tốc độ của động cơ sẽ giảm (tuy nhiên, đối với các trường hợp có thiết bị thay thế như các tín hiệu báo động để giảm tốc độ động cơ được đưa ra, thì việc giảm tốc độ động cơ bằng tay có thể được chấp nhận);

(2) Đối với động cơ đốt trong pít tông tốc độ trung bình (vòng quay định mức bằng hoặc lớn hơn 300 vòng/phút, nhưng nhỏ hơn 1400 vòng/phút) và động cơ đốt trong pít tông cao tốc (vòng quay định mức bằng hoặc lớn hơn 1400 vòng/phút), các tín hiệu báo động phát ra và động cơ sẽ phải dừng lại hoặc ngừng cấp nhiên liệu cho động cơ.

2 Thiết bị phát hiện sương dầu trong thùng trục được yêu cầu ở -1 trên phải là loại có kiểu được duyệt và thỏa mãn các yêu cầu sau:

(1) Phải trang bị báo động báo trước hư hỏng chức năng bên trong thiết bị hoặc do bố trí lắp đặt;

(2) Thiết bị phát hiện sương dầu phải có chỉ báo cho biết mắt kính bất kỳ được dùng để xác định mức độ sương dầu lắp trên thiết bị đã bị che khuất một phần tới mức ảnh hưởng đến độ tin cậy của thông số và tín hiệu báo động;

(3) Thiết bị phát hiện sương dầu phải có khả năng thử chức năng được trên bệ thử tại xưởng chế tạo và trên tàu khi động cơ không hoạt động và khi động cơ hoạt động ở các điều kiện khai thác thông thường;

(4) Mỗi động cơ phải có thiết bị phát hiện và theo dõi sương dầu độc lập và có báo động riêng biệt. Thông tin phát hiện nồng độ sương dầu và báo động phải có khả năng được xác nhận tại vị trí an toàn cách xa máy. Ngoài ra, đối với các tàu áp dụng Quy phạm hệ thống điều khiển tự động và điều khiển từ xa, sự tập trung của sương dầu trong thùng trục cũng phải có khả năng nhận biết trên bảng quan sát;

(5) Sơ đồ bố trí, các ống và dây, kích thước ống, vị trí điểm lấy mẫu khí của thùng trục động cơ, tốc độ trích mẫu và phương pháp bảo dưỡng và thử phải phù hợp với hướng dẫn của nhà thiết kế động cơ và cơ sở chế tạo thiết bị phát hiện sương dầu;

(6) Trong trường hợp thiết bị phát hiện sương dầu liên tục được sử dụng, tần suất và thời gian lấy mẫu khí phải ngắn nhất có thể;

(7) Một bản sao sổ tay bảo dưỡng và thử phải được lưu giữ trên tàu.

2.5 Các thiết bị liên quan

2.5.1 Các tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải

1 Đối với máy chính được trang bị tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải thì phải trang bị thiết bị để bảo đảm rằng động cơ đó có thể khai thác với công suất đủ để tạo ra tốc độ tối thiểu cho tàu trong trường hợp hỏng một trong các tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải

2 Khi máy chính không thể hoạt động được với tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải lúc khởi động hoặc ở dải tốc độ thấp thì phải trang bị một hệ thống khí quét phụ. Khi hỏng hệ thống phụ này thì phải có thiết bị thích hợp sao cho máy chính có thể tăng công suất đủ để tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải hoạt động theo yêu cầu.

3 Phải lắp các bộ lọc trên đường nạp khí của tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải có đặc điểm thiết kế mới hoặc không có hồ sơ về vận hành.

4 Tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải có đặc điểm thiết kế mới hoặc không có hồ sơ về vận hành phải có khả năng phòng tránh khi vỡ rô to. Nghĩa là không có mảnh vỡ nào xuyên qua vỏ của tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải hoặc thoát ra qua đường khí nạp khi vỡ rô to. Điều đó dựa vào giả thiết trường hợp xấu nhất có thể xảy ra khi bánh cánh bị vỡ.

5 Đối với tua bin tăng áp loại C có đặc điểm thiết kế mới hoặc không có hồ sơ về vận hành, khi bánh cánh được được lắp với trục bằng lắp ép thì phải có các tính toán để chứng minh việc truyền mô men xoắn một cách tin cậy trong mọi điều kiện hoạt động như vòng quay lớn nhất, mô men xoắn lớn nhất và độ chênh nhiệt độ lớn nhất kết hợp với lượng co ngót nhỏ nhất.

6 Đối với với tua bin tăng áp loại B và C có đặc điểm thiết kế mới hoặc không có hồ sơ về vận hành, phải trang bị các chỉ báo và báo động nêu trong Bảng 3/2.5. Các chỉ báo có thể được đặt tại các vị trí riêng lẻ, trạm kiểm soát hoặc trạm điều khiển. Mức độ báo động có thể bằng giới hạn cho phép, nhưng không được đến mức khi động cơ hoạt động ở 110% công suất, hoặc với mọi chế độ quá tải không liên tục được chấp nhận quá 110% trong trường hợp tua bin tăng áp được trang bị cho động cơ được chấp nhận có công suất quá tải không liên tục.

7 Tua bin tăng áp phải có các đặc tính nén phù hợp với động cơ và hoạt động của chúng không có các rung động lớn hoặc giống tiếng nổ nghe thấy được từ khu vực khí quét của động cơ (sau đây, trong Phần này gọi là va đập) trong mọi điều kiện vận hành và cả sau quá trình hoạt động đó. Trường hợp bất thường nhưng có thể chấp nhận được, các điều kiện vận hành như động cơ không nổ và giảm tải đột ngột, thì không được xảy ra việc lặp lại các va đập (sau đây gọi là va đập liên tục).

Bảng 3/2.5 Các chỉ báo và báo động của tua bin tăng áp

Hạng mục	Tua bin tăng áp loại B		Tua bin tăng áp loại C		Ghi chú
	Báo động	Chỉ báo	Báo động	Chỉ báo	
Tốc độ	H(1)	x(1)	H(1)	x(1)	Mức báo động theo nhiệt độ khí nạp ở 45°C
Nhiệt độ khí thải tại đầu vào của mỗi tua bin tăng áp	H(2)	x(2)	H	x	Báo động nhiệt độ cao của mỗi xi lanh trên máy được chấp nhận(3)

Hạng mục	Tua bin tăng áp loại B		Tua bin tăng áp loại C		Ghi chú
	Báo động	Chỉ báo	Báo động	Chỉ báo	
Nhiệt độ dầu bôi trơn tại đầu ra của tua bin tăng áp	-	-	H	x	Nếu không có hệ thống bôi trơn cưỡng bức, phải giám sát nhiệt độ dầu bôi trơn gần ổ đỡ
Áp suất dầu bôi trơn tại đầu vào của tua bin tăng áp	L	x	L	x	Chỉ yêu cầu đối với hệ thống bôi trơn cưỡng bức(4)

Chú thích:

(1) Với hệ thống tăng áp khi các tua bin tăng áp được kích hoạt liên tục, không yêu cầu giám sát tốc độ đối với tua bin tăng áp được kích hoạt sau cùng trong chuỗi, với điều kiện tất cả các tua bin tăng áp có chung các bầu lọc khí nạp và không lắp van cửa xả.

(2) Nhiệt độ khí xả có thể được giám sát tại đầu ra của tua bin, với điều kiện mức báo động được đặt ở ngưỡng an toàn đối với tua bin và chứng minh được mối liên hệ giữa nhiệt độ đầu vào và đầu ra.

(3) Có thể không yêu cầu các báo động và chỉ báo nhiệt độ khí xả tại vị trí đầu vào của tua bin tăng áp nếu có các báo động và chỉ báo nhiệt độ khí xả riêng cho từng xi lanh và mức báo động được đặt ở mức độ an toàn đối với tua bin tăng áp.

(4) Phải có các cảm biến riêng khi hệ thống dầu bôi trơn của tua bin không được liên kết với hệ thống dầu bôi trơn của động cơ đốt trong pít tông, hoặc khi chúng được cách ly với hệ thống dầu bôi trơn của động cơ đốt trong pít tông bằng van tiết lưu hoặc van giảm áp.

(5) H có nghĩa là cao và L có nghĩa là thấp.

Dấu "x": được áp dụng, dấu "-": không được áp dụng.

2.5.2 Các thiết bị khí thải

1 Các ống khí thải có nhiệt độ bề mặt quá 220°C phải được làm mát bằng nước hoặc được bọc cách nhiệt một cách có hiệu quả. Tuy vậy, trong trường hợp không có nguy cơ cháy thì các yêu cầu đó có thể được miễn trừ.

2 Các thiết bị khí thải phải thỏa mãn thêm các yêu cầu được quy định ở 13.16 trong Phần này.

2.5.3 Thiết bị khởi động

1 Các ống dẫn khí khởi động phải được bảo vệ bằng các thiết bị nêu từ (1) đến (5) sau đây để phòng tránh việc nổ do lửa quay ngược từ các xi lanh hoặc do nhiệt độ tăng cao quá mức trong đường ống góp khí khởi động vào thời điểm khởi động:

(1) Phải lắp van ngắt một chiều hoặc tương đương trên đường nối ống dẫn khí khởi động tới mỗi động cơ.

(2) Trên các động cơ đảo chiều trực tiếp có ống góp khí khởi động, phải lắp thiết bị an toàn có đĩa nổ hoặc bộ dập lửa trên van khởi động ở mỗi xi lanh. Tối thiểu một thiết bị như vậy phải được lắp đặt ở đường cấp khí vào ống góp khí khởi động đối với mỗi động cơ không đảo chiều. Tuy nhiên, có thể không cần lắp thiết bị đó cho các động cơ có đường kính xi lanh không quá 230 mm.

(3) Phải lắp thiết bị an toàn có đĩa nổ ở vị trí thích hợp trên ống góp khí khởi động để làm phương tiện giảm áp suất sự cố khi nổ đối với các động cơ đảo chiều trực tiếp được lắp bộ dập lửa như nêu ở (2) trên.

(4) Nếu đĩa nổ của thiết bị an toàn không dễ dàng thay thế, thì phải trang bị cơ cấu bịt kín đường ống thoát của nó để có thể nhanh chóng khởi động lại được động cơ. Cơ cấu bịt kín này phải có bộ phận chỉ báo là nó đang mở hay khóa.

(5) Đối với các động cơ đảo chiều trực tiếp, phải có phương tiện hiệu quả để ngăn ngừa việc tích tụ các chất dễ cháy (dầu đốt, dầu bôi trơn, dầu của các hệ thống v.v...) trong ống góp khí khởi động hoặc để ngăn ngừa việc tăng nhiệt độ quá cao trong ống góp khí khởi động.

2 Khi máy chính được khởi động bằng khí nén thì phải trang bị ít nhất hai bình chứa khí nén. Các bình chứa này phải được nối với nhau để sẵn sàng sử dụng. Trong trường hợp này tổng dung tích của các bình khí nén khởi động phải đủ, mà không cần phải nạp bổ sung, để đảm bảo số lần khởi động liên tục không nhỏ hơn trị số được quy định từ (1) đến (3) dưới đây. Khi bố trí các máy chính và hệ trục khác với những điều nêu dưới đây thì số lần khởi động theo yêu cầu phải được Đăng kiểm xem xét riêng. Nếu các thiết bị sử dụng khí khác như hệ thống khởi động máy phụ, hệ thống điều khiển, còi… được nối vào các bình khí nén khởi động thì lượng khí tiêu thụ của chúng cũng phải được tính toán thêm vào.

(1) Đối với các động cơ có thể đảo chiều trực tiếp:

Z = 12C

Trong đó:

Z: Tổng số lần khởi động của động cơ.

C: Hằng số được xác định bởi sự bố trí các máy chính và hệ trục, trong đó các giá trị tiêu chuẩn của C được xác định như sau:

C = 1,0 đối với các tàu một chân vịt, khi máy chính được nối với hệ trục chân vịt trực tiếp hoặc qua bộ giảm tốc;

C = 1,5 đối với các tàu hai chân vịt, khi hai máy chính được nối với các trục chân vịt trực tiếp hoặc qua bộ giảm tốc, hoặc đối với các tàu một chân vịt khi hai máy chính được nối với một chân vịt qua khớp nối có ly hợp được đặt giữa động cơ và hộp giảm tốc;

C = 2,0 đối với các tàu một chân vịt, hai máy chính được nối với một chân vịt không qua khớp nối có ly hợp được đặt giữa động cơ và hộp giảm tốc.

(2) Đối với các động cơ kiểu không đảo chiều được sử dụng một cơ cấu đảo chiều độc lập hoặc sử dụng chân vịt biến bước thì có thể chấp nhận số lần khởi động bằng 1/2 giá trị quy định ở (1).

(3) Đối với các tàu có hệ đẩy tàu bằng điện.

Z = 6+3(k-1)

Trong đó:

k: Số lượng động cơ, nhưng không cần thiết lấy giá trị của k quá 3.

3 Dung tích của các bình khí nén nêu ở -2 trên phải hầu như bằng nhau.

4 Hệ thống khí nén khởi động phải thỏa mãn thêm các yêu cầu ở 13.13 của Phần này.

5 Động cơ đốt trong được khởi động bằng điện phải phù hợp với các quy định ở Phần 4 và từ (1) đến (3) sau:

(1) Hai ắc quy tách biệt phải được lắp cho hệ thống khởi động máy chính. Hệ thống phải sao cho các ắc quy không thể nối song song, mỗi ắc quy phải có khả năng khởi động máy chính trong điều kiện lạnh và sẵn sàng khởi động. Sản lượng tổng cộng của các ắc quy phải đủ (không phải nạp thêm) để cung cấp cho số lần khởi động liên tiếp quy định ở -2 trên trong phạm vi 30 phút.

(2) Hệ thống khởi động điện cho động cơ đốt trong lai máy phát và máy phụ phải có hai ắc quy tách biệt nhưng có thể được cấp từ các mạch riêng từ các ắc quy khởi động máy chính. Trường hợp các động cơ phụ đơn lẻ, chỉ cần lắp một ắc quy. Sản lượng của mỗi bộ ắc quy phải đủ cho tối thiểu 3 lần khởi động cho mỗi động cơ.

(3) Các ắc quy khởi động chỉ được sử dụng để khởi động và cho mục đích tự giám sát động cơ. Phải có trang bị để liên tục duy trì năng lượng nạp trong mọi thời điểm.

2.5.4 Hệ thống dầu đốt

1 Nếu động cơ được lắp trên bệ giảm chấn, thì phải trang bị các mối nối mềm có kiểu được Đăng kiểm duyệt tại chỗ nối giữa động cơ với đường ống cấp nhiên liệu.

2 Hệ thống dầu đốt cho động cơ đốt trong pít tông còn phải tuân theo các yêu cầu ở 13.9, Phần này và 4.2.2, Phần 5.

2.5.5 Thiết bị dầu bôi trơn

1 Thiết bị dầu bôi trơn của các động cơ đốt trong pít tông có công suất liên tục lớn nhất trên 37 kW phải được trang bị các thiết bị báo động bằng âm thanh và ánh sáng để báo động khi việc cấp dầu bôi trơn bị sự cố hoặc khi áp suất dầu bôi trơn giảm đáng kể, đồng thời, phải trang bị thiết bị tự động dừng động cơ khi áp suất dầu bôi trơn xuống thấp hơn sau khi thiết bị báo động đã hoạt động.

2 Phải trang bị ống nối lấy mẫu dầu ở các vị trí thích hợp.

3 Thiết bị bôi trơn trục rô to của tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải phải được thiết kế sao cho dầu bôi trơn không thể chảy vào đường khí nạp.

4 Đầu ra của các ống xả dầu bôi trơn từ thùng trục động cơ tới két gom dầu phải được dìm ngập trong dầu.

5 Các ống xả dầu bôi trơn quy định ở -4 của hai động cơ trở lên không được nối chung với nhau.

6 Ngoài ra, thiết bị của hệ thống dầu bôi trơn phải thỏa mãn thêm các yêu cầu ở 13.10 của Phần này và 4.2.3, Phần 5.

2.5.6 Thiết bị làm mát

1 Thiết bị làm mát phải thỏa mãn các yêu cầu ở 13.12 và các yêu cầu ở (1) và (2) sau đây:

(1) Đối với các động cơ có từ hai xi lanh trở lên thì phải trang bị thiết bị thích hợp để làm mát đồng bộ cho mỗi xi lanh và pít tông.

(2) Phải lắp các vòi xả cho các áo nước và các đường ống dẫn nước làm mát tại vị trí thấp nhất.

2.5.7 Bộ tăng áp dẫn động bằng động cơ

Về nguyên tắc, bộ tăng áp dẫn động bằng động cơ phải tuân theo các yêu cầu đối với tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải được nêu ra trong chương này.

2.6 Thử nghiệm

2.6.1 Thử tại xưởng

1 Đối với các chi tiết hoặc phụ tùng quy định ở Bảng 3/2.6 thì phải tiến hành thử thủy lực phía nước hoặc dầu của thiết bị với áp suất quy định ở Bảng 3/2.6. Trong trường hợp cần thiết, Đăng kiểm có thể yêu cầu thử bất kỳ thiết bị nào không được nêu trong Bảng 3/2.6.

2 Đối với động cơ đốt trong pít tông, mục đích của các thử tại xưởng là để xác minh các cơ sở đặt ra của thiết kế như công suất động cơ, an toàn chống cháy, tuân thủ các hạn chế đã được phê duyệt như áp suất tối đa và chức năng cũng như thiết lập các giá trị tham chiếu hoặc các đường cơ sở để tham khảo sau này trong quá trình vận hành. Chương trình thử phải tuân thủ các điều sau:

(1) Các bước chuẩn bị sau đây phải được thực hiện trước khi tiến hành thử động cơ:

(a) Tất cả các thiết bị liên quan để đảm bảo an toàn cho con người tham gia, như thiết bị phát hiện sương dầu, thiết bị bảo vệ quá tốc và bất kỳ chức năng ngắt máy nào khác phải sẵn sàng hoạt động.

(b) Thiết bị bảo vệ quá tốc phải được đặt ở giá trị không cao hơn giá trị quá tốc cho phép. Điểm đặt này phải được xác minh bởi đăng kiểm viên.

(c) Động cơ phải được vận hành theo quy định của cơ sở chế tạo động cơ.

(d) Tất cả các chất lỏng được sử dụng cho mục đích thử nghiệm (dầu nhiên liệu, dầu bôi trơn, nước làm mát, v.v., bao gồm tất cả các chất lỏng được sử dụng tạm thời hoặc lặp lại chỉ cho mục đích thử nghiệm) phải phù hợp với mục đích sử dụng dự kiến của chúng (tức là chúng phải sạch, được làm nóng trước nếu cần thiết và không gây hại cho các bộ phận của động cơ).

(2) Đối với tất cả các giai đoạn thử nghiệm, các điều kiện môi trường như từ (a) đến (c) sau phải được ghi lại và các giá trị vận hành liên quan (thường là các nội dung ở từ (d) đến (k) sau) cho mỗi điểm tải phải được đo và ghi lại bởi cơ sở chế tạo động cơ. Tất cả các kết quả phải được đưa vào văn bản chấp nhận của cơ sở chế tạo. Hồ sơ hiệu chuẩn cho thiết bị đo phải được trình cho đăng kiểm viên hiện trường. Ngoài ra, độ co bóp trục khuỷu phải được kiểm tra và ghi lại kết quả trong những trường hợp cơ sở chế tạo yêu cầu việc kiểm tra như vậy được thực hiện trong suốt thời gian hoạt động của động cơ.

(a) Nhiệt độ không khí xung quanh;

(b) Áp suất không khí xung quanh;

(c) Độ ẩm không khí;

(d) Công suất;

(e) Tốc độ;

(f) Chỉ số nhiên liệu (hoặc chỉ số tương đương);

(g) Áp suất cháy tối đa (chỉ khi nắp xi lanh được thiết kế cho phép đo như vậy);

(h) Nhiệt độ khí thải tại đầu vào tua bin và từ mỗi xi lanh;

(i) Nhiệt độ không khí nạp;

(j) Áp suất không khí nạp;

(k) Tốc độ tua bin tăng áp.

(3) Tất cả các nội dung đo được tiến hành tại các điểm tải khác nhau phải được thực hiện trong điều kiện vận hành ổn định. Tuy nhiên, phải có thời gian cần thiết để đăng kiểm viên kiểm tra trực quan cho tất cả các điểm tải. Các phép đo cho 100% công suất (công suất định mức ở tốc độ định mức) phải được thực hiện hai lần, cách nhau ít nhất 30 phút.

(4) Trong trường hợp thực hiện vận hành không tải để điều chỉnh các trạng thái của động cơ, trước khi vận hành, hệ thống cung cấp nhiên liệu, hệ thống điều động và các thiết bị an toàn phải được cơ sở chế tạo điều chỉnh phù hợp.

(5) Trong thử tại xưởng động cơ đốt trong pít tông, phải sử dụng chương trình thử nêu trong Bảng 3/2.7. Có thể tham khảo các tiêu chuẩn được coi là tương đương để áp dụng chi tiết trong từng quy trình thử tương ứng.

Tuy nhiên, Đăng kiểm có thể yêu cầu các thử nghiệm bổ sung tùy thuộc vào ứng dụng của động cơ, kinh nghiệm khai thác hoặc các lý do liên quan khác. Ngoài ra, các phương án thay thế cho các thử nghiệm chi tiết có thể được thỏa thuận giữa có sở chế tạo và Đăng kiểm khi phạm vi tổng thể của các thử nghiệm được xác định là tương đương.

(6) Các nội dung nêu ở (a) đến (c) sau đây phải được kiểm tra. Tuy nhiên, một phần hoặc toàn bộ các nội dung kiểm tra này có thể được hoãn lại để thử trên tàu nếu được Đăng kiểm chấp nhận.

(a) Vỏ bọc các đường ống nhiên liệu cao áp, bao gồm cả hệ thống được sử dụng để phát hiện rò rỉ;

(b) Chụp các kết cấu nối ống trong đường ống chứa chất lỏng dễ cháy;

(c) Nhiệt độ của lớp cách nhiệt bề mặt nóng

Các số đo nhiệt độ ngẫu nhiên phải được so sánh với các số đo tương ứng thu được trong quá trình thử kiểu. Điều này phải được thực hiện trong khi hoạt động ở công suất định mức của động cơ. Nếu lớp cách nhiệt được sửa đổi sau khi thử kiểu, Đăng kiểm có thể yêu cầu đo nhiệt độ theo yêu cầu của thử kiểu.

Trong trường hợp động cơ đốt trong pít tông có đề nghị công nhận năng lực cơ sở chế tạo trước ngày 01 tháng 7 năm 2016, là loại động cơ không có kết quả đo nhiệt độ theo yêu cầu của thử kiểu, thì các việc đo nhiệt độ phải được thực hiện theo quy trình mà Đăng kiểm cho là phù hợp.

(7) Tua bin tăng áp loại C được lắp trên động cơ đốt trong pít tông được sử dụng làm máy chính phải được kiểm tra biên độ sung động theo quy định sau. Tuy nhiên, nếu đã thử nghiệm thành công trước đó trên cấu hình giống hệt nhau của động cơ và tua bin tăng áp (bao gồm cả cùng một vòng vòi phun), thì có thể chấp nhận nộp báo cáo thử nghiệm này thay thế.

(a) Đối với động cơ 4 thì, các chế độ hoạt động được đưa ra trong (i) và (ii) sau đây phải được thực hiện mà không có bất kỳ sung động nào.

(i) Ở công suất liên tục lớn nhất (công suất và tốc độ liên tục lớn nhất), tốc độ phải được giảm với mô men xoắn (chỉ số nhiên liệu) không đổi xuống 90% công suất.

(ii) Ở công suất 50% và tốc độ 80%, tốc độ phải được giảm xuống 72% trong khi vẫn giữ mô men xoắn (chỉ số nhiên liệu) không đổi.

(b) Đối với động cơ 2 thì, biên độ sung động phải được chứng minh bằng ít nhất một trong các cách nêu ở (i) đến (iii) sau:

(i) Các đặc tính làm việc của động cơ được thiết lập tại các cuộc thử tại xưởng của động cơ phải được vẽ thành biểu đồ máy nén của tua bin tăng áp (được thiết lập trên bệ thử). Phải có biên độ tăng biến động ít nhất 10% trong phạm vi đầy tải, nghĩa là sản lượng làm việc phải cao hơn 10% so với sản lượng toàn bộ lý thuyết tại giới hạn sung động khi không có biến động về áp suất.

ii) Việc cắt nhiên liệu đột ngột đối với ít nhất một xi lanh ở các tải 1) và 2) sau không được dẫn đến sung động liên tục và tua bin tăng áp phải được ổn định ở các tải mới trong vòng 20 giây. Đối với các ứng dụng có nhiều hơn một tua bin tăng áp, nguồn cung cấp nhiên liệu cho các xi lanh gần nhất sát mỗi tua bin tăng áp phải bị cắt.

1) Công suất tối đa đạt được khi một xi lanh không cháy.

2) Tải động cơ tương ứng với áp suất khí nạp khoảng 0,06 MPa, nhưng không có quạt gió phụ chạy.

iii) Không có sự sung động liên tục và tua bin tăng áp phải được ổn định ở tải mới trong vòng 20 giây khi công suất giảm đột ngột từ 100% xuống 50% công suất liên tục lớn nhất.

(8) Đối với động cơ điều khiển điện tử, phải thực hiện các thử nghiệm tích hợp để xác minh rằng phản ứng của toàn bộ hệ thống cơ học, thủy lực và điện tử như dự định. Phạm vi của các thử nghiệm này phải được xác định dựa trên phân tích rủi ro theo phương pháp mà Đăng kiểm cho là phù hợp và đã được Đăng kiểm thống nhất trước khi tiến hành thử. Các thử nghiệm có thể được thực hiện bằng các phương pháp thay thế khác nếu được Đăng kiểm xem xét, thống nhất.

3 Đối với động cơ chạy bằng khí áp suất thấp, các yêu cầu sau đây phải được tuân thủ.

(1) Các yêu cầu nêu ở từ -2(1) đến (7) áp dụng tùy thuộc vào các yêu cầu (2) đến (5) sau đây.

(2) Đối với động cơ nhiên liệu kép, các thử nghiệm được nêu trong Bảng 3/2.7 phải được thực hiện cho cả chế độ điêzen và chế độ khí. Các thử nghiệm cho chế độ khí phải được thực hiện dựa trên công suất lớn nhất đạt được ở chế độ khí. Không yêu cầu thử tải 110% đối với chế độ khí.

(3) Ngoài các nội dung nêu ở -2(1), phải có biện pháp để đảm bảo đường ống nhiên liệu khí cho động cơ là kín khí trước khi khởi động động cơ.

(4) Ngoài -2(2) và (3), dữ liệu động cơ sau đây phải được ghi lại.

(a) Nội dung được liệt kê trong -2(2)(f) phải được đo và ghi lại đối với cả khí và dầu điêzen, nếu phù hợp;

(b) Áp suất và nhiệt độ khí.

(5) Động cơ phải trải qua các thử nghiệm tích hợp để xác minh rằng phản ứng của toàn bộ hệ thống cơ học, thủy lực và điện tử phù hợp như dự định cho tất cả các chế độ vận hành dự định. Phạm vi của các nội dung thử này phải được Đăng kiểm xem xét, thống nhất đối với các trường hợp được chọn dựa trên phân tích rủi ro theo quy trình mà Đăng kiểm cho là phù hợp và phải bao gồm ít nhất các sự cố sau đây. Các thử nghiệm có thể được thực hiện bằng cách sử dụng mô phỏng hoặc các phương pháp thay thế khác được Đăng kiểm xem xét, thống nhất.

(a) Lỗi đánh lửa (hệ thống đánh lửa bằng tia lửa điện hoặc hệ thống phun mồi);

(b) Lỗi van cấp khí cho xi lanh;

(c) Lỗi đốt cháy (phát hiện bằng, ví dụ như, không cháy, gõ, sai lệch nhiệt độ khí thải, v.v.);

(d) Áp suất khí bất thường;

(e) Nhiệt độ khí bất thường.

Bảng 3/2.6 Áp suất thử thủy lực

Chi tiết thử		Đường kính xi lanh D (mm)		Áp suất thử[2] (MPa)
		D ≤ 300	D > 300	
Thân xi lanh (gang xám hoặc gang cầu graphite)[3][4]		x	x	1,5P
Thân động cơ (gang xám hoặc gang cầu graphite)[3][4]		x	x	1,5P
Ống lót xi lanh[4]			x	1,5P
Nắp xi lanh (gang xám, gang cầu graphite, thép đúc hoặc thép rèn)			x	1,5P
Hệ thống nhiên liệu cao áp	Thân bơm phun nhiên liệu	TR[6]	x	1,5P hoặc P+30, lấy giá trị nào nhỏ hơn
	Van phun nhiên liệu[5]			
	Ống phun nhiên liệu bao gồm kênh nhiên liệu chung (common fuel rail)[5]	TR[6]	x	
Hệ thống dầu servo chung áp suất cao		TR[6]	x	1,5P
Tua bin tăng áp: khoang làm mát[7]	Loại A			0,4 hoặc 1,5P lấy giá trị nào lớn hơn
	Loại B	x	x	
	Loại C	x	x	
Bộ trao đổi nhiệt: cả hai phía			x	1,5P
Van cửa xả[8]		x	x	1,5P
Bình tích áp[9]		x	x	1,5P
Ống, bơm, thiết bị dẫn động v.v... để điều khiển van bằng thủy lực[9]		x	x	1,5P

Chi tiết thử	Đường kính xi lanh D (mm)		Áp suất thử(2) (MPa)
	D ≤ 300	D > 300	
Động cơ dẫn động các bơm (dầu bôi trơn, nước, nhiên liệu, nước đáy tàu)(10)	x	x	1,5P
Hệ thống đường ống khác với các hệ thống trong bảng này	x	x	Áp dụng các quy định trong 12.6

Chú thích:

(1) Vật liệu dùng chế tạo các chi tiết được đánh dấu "×" hoặc "TR" phải được thử thủy lực;

(2) P là áp suất làm việc lớn nhất (MPa);

(3) Chỉ yêu cầu đối với công suất động cơ lớn hơn 400 kW/xi lanh;

(4) Các chi tiết chứa nước làm mát mà nước này có thể tiếp xúc với xi lanh hoặc ống lót xi lanh cũng phải thử thủy lực;

(5) Chỉ yêu cầu khi không có cánh tự động;

(6) Đối với các nội dung được đánh dấu bằng "TR", có thể chấp nhận báo cáo thử nghiệm tổng hợp tất cả các kết quả thử và kiểm tra trong một hồ sơ chấp nhận của cơ sở chế tạo. Báo cáo thử nghiệm phải bao gồm những nội dung sau. Các thử nghiệm hoặc kiểm tra có thể được thực hiện trên các mẫu sản phẩm hiện tại:

(a) Chữ ký của cơ sở chế tạo;

(b) Tuyên bố rằng các chi tiết tuân thủ các thông số kỹ thuật theo quy định của cơ sở chế tạo.

(7) Trong trường hợp cơ sở chế tạo có hệ thống chất lượng được Đăng kiểm xem xét, thống nhất, thử thủy lực đối với tua bin tăng áp loại B có thể được thay thế bằng các việc thử của cơ sở chế tạo. Khi đó, Đăng kiểm có thể yêu cầu trình các biên bản thử;

(8) Chỉ yêu cầu đối với động cơ đốt trong pít tông có đầu chữ thập;

(9) Chỉ yêu cầu khi thể tích lớn hơn 0,5 lít;

(10) Chỉ yêu cầu khi công suất động cơ lớn hơn 800 kW/xi lanh.

4 Đối với các nội dung thử tại xưởng của động cơ chạy bằng khí áp suất cao, áp dụng tương tự các yêu cầu đối với thử tại xưởng của động cơ chạy bằng khí áp suất thấp nêu ở -3.

5 Đối với các tổng thành quay của tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải thuộc loại B và C, phải tiến hành các thử cân bằng động.

6 Đối với các bánh cánh và bộ phận dẫn động của tua bin tăng áp dẫn động bằng khí thải thuộc loại B và C, phải tiến hành các thử quá tốc trong thời gian 3 phút như ở (1) hoặc (2) dưới đây. Đối với các bánh cánh và bộ phận dẫn động loại rèn phải được kiểm soát chất lượng thông qua phương pháp thử không phá hủy đã được chấp thuận, có thể bỏ qua các thử quá tốc.

(1) 120% tốc độ mức báo động ở nhiệt độ phòng; hoặc

(2) 110% tốc độ mức báo động ở nhiệt độ đầu vào là 45°C khi được thử nghiệm trong thân vỏ thực tế với tỷ lệ áp suất tương ứng.

7 Đối với tua bin tăng áp loại B và C, các thử nghiệm phải được thực hiện để xác minh độ bền theo các quy trình mà Đăng kiểm cho là phù hợp.

Bảng 3/2.7 Chương trình thử động cơ tại xưởng

Nội dung thử		Mục đích sử dụng của động cơ		
		Máy chính của tàu chạy bằng động cơ đốt trong pít tông (1)	Động cơ đốt trong pít tông lai máy phát điện (bao gồm máy chính của tàu có hệ đẩy tàu bằng điện)(2)	Động cơ đốt trong pít tông lai máy lai máy phụ (trừ máy phụ chuyên dụng...)(1)
Thử tải	Chạy 110% công suất	15 phút hoặc đến khi đạt trạng thái ổn định, lấy thời gian nào ngắn hơn, ở tốc độ ≥ 1.032 n_0 (n_0 là tốc độ định mức của động cơ)(3),(4)	15 phút sau khi đạt trạng thái ổn định ở tốc độ n_0	15 phút sau khi đạt trạng thái ổn định ở tốc độ n_0
	Chạy 100% công suất	60 phút ở tốc độ n_0	60 phút ở tốc độ n_0	30 phút ở tốc độ n_0
	Chạy 90% công suất (hoặc công suất khai thác liên tục thông thường)(5), (6)	30 phút ở tốc độ phù hợp với đường cong chân vịt danh nghĩa	–	–
	Chạy 75% công suất(5), (6)		30 phút ở tốc độ n_0	30 phút phù hợp với đường cong

Nội dung thử		Mục đích sử dụng của động cơ		
		Máy chính của tàu chạy bằng động cơ đốt trong pít tông (1)	Động cơ đốt trong pít tông lai máy phát điện (bao gồm máy chính của tàu có hệ đẩy tàu bằng điện)(2)	Động cơ đốt trong pít tông lai máy lai máy phụ (trừ máy phụ chuyên dụng...)(1)
	Chạy 50% công suất(5), (6)			tiêu thụ công suất danh nghĩa(7)
	Chạy 25% công suất(5), (6)			
Chạy không tải(5)		–	Thời gian đủ ở tốc độ n_0	–
Đảo chiều(8)		x	–	–
Quá tải ngắn hạn(9)		x	–	x
Thử bộ điều tốc		–	x	–
Thử tính năng các thiết bị giám sát, báo động và an toàn		x	x	x
Tháo mở kiểm tra		x	x	x

Chú thích:

(1) Sau khi hoàn thành thử nghiệm, hệ thống cung cấp nhiên liệu phải được chặn để hạn chế động cơ chạy ở công suất không quá 100% công suất, trừ khi công suất quá tải ngắn hạn được Đăng kiểm xem xét, thống nhất. Trong trường hợp động cơ máy chính có trích công suất dẫn động máy phát điện, hệ thống cung cấp nhiên liệu phải được điều chỉnh để có thể cung cấp quá tải cho máy phát điện (110% công suất) trong hoạt động và các bảo vệ điện của các bộ phận hợp thành hệ thống nhánh dưới được kích hoạt trước khi động cơ chết máy.

(2) Sau khi hoàn thành thử nghiệm, hệ thống cung cấp nhiên liệu phải được điều chỉnh để có thể cung cấp quá tải (110% công suất) trong hoạt động sau khi được lắp đặt trên tàu, sao cho các đặc tính điều tốc, bao gồm kích hoạt các thiết bị bảo vệ máy phát điện, có thể luôn được đáp ứng.

(3) Có thể chấp nhận báo cáo thử của động cơ và tua bin tăng áp có cấu hình giống hệt nhau, chứng minh khả năng tương thích của chúng đối với thử quá tải, thay cho thử 110% công suất.

(4) Trong trường hợp động cơ máy chính có trích công suất dẫn động máy phát điện, việc thử phải được thực hiện ở n_0 trong 15 phút sau khi đạt được trạng thái hoạt động ổn định.

(5) Trình tự sẽ do cơ sở chế tạo động cơ lựa chọn.

(6) Thời gian thử có thể được rút ngắn xuống còn 20 phút đối với động cơ có đường kính xi lanh nhỏ hơn hoặc bằng 400 mm, nếu được Đăng kiểm xem xét, thống nhất.

(7) Chỉ cho động cơ có tốc độ thay đổi.

(8) Nội dung thử chỉ áp dụng cho động cơ đảo chiều trực tiếp.

(9) Chỉ dành cho động cơ được chấp nhận quá tải ngắn hạn. Thử phải được thực hiện trong khoảng thời gian đã thỏa thuận với cơ sở chế tạo.

- Ký hiệu “x” là phải thực hiện, ký hiệu “–” là không phải thực hiện.

CHƯƠNG 3 TUA BIN HƠI NƯỚC

3.1 Quy định chung

3.1.1 Phạm vi áp dụng

Các yêu cầu trong Chương này áp dụng cho các tua bin hơi nước được dùng để làm máy chính hoặc dùng để lai các máy phát điện và các máy phụ (không kể máy phụ chuyên dụng v.v..., sau đây, trong Chương này được gọi tương tự).

3.1.2 Bản vẽ và tài liệu

1 Các bản vẽ và tài liệu phải trình Đăng kiểm như sau:

(1) Các bản vẽ và tài liệu để thẩm định:

(a) Thân tua bin;

(b) Rô to tua bin;

(c) Cánh tua bin;

(d) Bản vẽ chi tiết lắp đặt tua bin;

(e) Các khớp và bu lông nối trục;

(f) Sự bố trí đường ống trên tua bin (bao gồm cả các hệ thống hơi nước, dầu bôi trơn, hệ thống xả khô và dấu hiệu chỉ vật liệu ống, cỡ ống và áp suất làm việc đã quy định);

(g) Các đặc tính kỹ thuật của tua bin (công suất và số vòng quay ở công suất liên tục lớn nhất của tua bin, áp suất và nhiệt độ của hơi nước ở cửa vào tua bin, độ chân không ở đỉnh bầu ngưng hoặc trạng thái hơi nước ở trong buồng xả);

(h) Tốc độ tới hạn của mỗi rô to tua bin;

(I) Số lượng cánh ở mỗi tầng;

(j) Số lượng vòi phun và sự bố trí chúng ở mỗi tầng;

(k) Các thông số kỹ thuật để tính toán độ bền quy định ở 3.2.3;

(l) Đặc điểm kỹ thuật của vật liệu làm các chi tiết chính;

(m) Các chi tiết hàn của các chi tiết chính.

(2) Bản vẽ và tài liệu để tham khảo:

(a) Lắp ráp các phần;

(b) Sơ đồ hệ thống điều khiển;

(c) Các bản vẽ và tài liệu mà Đăng kiểm yêu cầu bổ sung khi cần thiết.

3.2 Vật liệu, kết cấu và độ bền

3.2.1 Vật liệu

1 Vật liệu của các chi tiết của tua bin hơi nước nêu dưới đây (sau đây được gọi là “các chi tiết chính của tua bin hơi nước”) phải thỏa mãn các yêu cầu ở Phần 7A của Quy chuẩn.

(1) Các rô to tua bin;

(2) Các cánh tua bin;

(3) Thân tua bin;

(4) Khớp nối trục và bu lông nối;

(5) Các ống, van và phụ tùng kèm theo tua bin hơi nước được phân loại ở nhóm I và nhóm II quy định ở Chương 12.

2 Các chi tiết chính của tua bin hơi nước (không kể bu lông nối, ống, van và phụ tùng) phải được thử không phá hủy như quy định ở 5.1.10 và 6.1.10 Phần 7A của Quy chuẩn.

3 Vật liệu được sử dụng cho bộ phận có nhiệt độ cao phải có các tính chất phù hợp với các đặc tính thiết kế và bền vững chống được ăn mòn, ứng suất nhiệt, sự rão và giãn dài.

4 Không được dùng gang để làm thân tua bin và các chi tiết chịu áp suất khác ở nhiệt độ hơi nước trên 230°C.

3.2.2 Kết cấu cơ bản

1 Đối với tàu có một tua bin hơi nước chính kiểu ghép ngang, thì tua bin đó phải có kết cấu sao cho có khả năng vẫn đảm bảo hoạt động ở tốc độ hành hải khi ngắt hơi nước của bất kỳ một xi lanh nào khi gặp sự cố. Ở trạng thái hoạt động này, phải thỏa mãn(1) và (2) sau đây:

(1) Các giá trị cho phép của áp suất hơi, nhiệt độ, tốc độ, v.v... phải được xác định và thông báo trên tàu có xem xét đến sự an toàn của tua bin, bầu ngưng, và trạng thái tải có khả năng ảnh hưởng đến đường tâm trục và bánh răng hộp số;

(2) Các van và ống cần thiết phải ở trạng thái sẵn sàng hoạt động và được đánh dấu thích hợp. Quy trình sử dụng của các van và ống này phải được lập và lưu tại chỗ.

2 Mỗi phần của tua bin phải có kết cấu sao cho sự giãn nở nhiệt của chúng không gây ra các biến dạng có hại. Tua bin phải được lắp đặt trên bệ sao cho sự giãn nở nhiệt không gây ra ứng suất quá mức.

3 Khi các chi tiết chính của tua bin hơi nước là kết cấu hàn thì chúng phải thỏa mãn các yêu cầu ở Chương 11.

4 Thân tua bin phải có đầu nối ống xả khô ở vị trí thích hợp.

5 Phải lắp đặt van một chiều hoặc thiết bị được chấp thuận khác để ngăn ngừa hơi nước và hơi xả ngược trở lại tua bin ở đầu nối ống xả hơi nước.

6 Đối với các tua bin hơi nước dùng để lai chân vịt thì phải trang bị các bộ lọc hơi nước ở cửa vào tua bin hoặc ở cửa vào các van điều động.

7 Kết cấu của bầu ngưng chính phải phù hợp với các yêu cầu ở Chương 10.

3.2.3 Độ bền của rô to và cánh tua bin

1 Độ bền của rô to tua bin phải thỏa mãn các yêu cầu (1) và (2) sau đây:

(1) Rô to tua bin (hoặc đĩa) phải được thiết kế sao cho không gây ra rung động quá mức trong phạm vi tốc độ khai thác;

(2) Ứng suất tiếp tuyến trung bình của rô to tua bin phải thỏa mãn các điều kiện sau đây. Vì không có các nhân tố về rão và các lý do thiết kế khác của vật liệu được đưa vào tính toán ở trạng thái đã cho, phải xem xét riêng các trạng thái ứng suất này khi thấy cần thiết.

$$T_m = \frac{n^2\left(1{,}10\rho I - 0{,}1766mr\right)}{A}$$

$$T_m \le Y/3$$

$$T_m \le T_s/4$$

Trong đó:

T_m: Ứng suất tiếp tuyến trung bình (N/mm^2);

n: Số vòng quay liên tục lớn nhất trong một phút chia cho 1000;

A: Diện tích mặt cắt của prôfin bánh cánh trên một phía của trục quay (cm^2);

I: Mô men quán tính của diện tích A đối với trục quay (cm^4);

ρ: Khối lượng riêng của bánh tua bin hoặc rô to (kg/cm^3);

m: Tổng khối lượng các cánh kể cả chân (kg);

r: Khoảng cách giữa trọng tâm của cánh (kể cả chân) với đường tâm của trục (cm);

Y: Giới hạn chảy danh nghĩa hoặc giới hạn chảy quy ước của vật liệu (N/mm^2);

T_s: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu (N/mm^2).

2 Độ bền của cánh tua bin phải thỏa mãn các yêu cầu ở (1) và (2) sau đây:

(1) Cánh tua bin phải được thiết kế sao cho tránh được sự thay đổi mặt cắt đột ngột để giảm đến mức tối thiểu sự biến dạng và rung động;

(2) Diện tích mặt cắt ở chân cánh không được nhỏ hơn giá trị tính theo công thức sau đây. Tuy nhiên, công thức này có thể được sửa đổi khi Đăng kiểm thấy thích hợp.

$$A = \frac{4{,}395mrn^2}{T_s}$$

Trong đó:

A: Diện tích mặt cắt tối thiểu được quy định ở chân cánh (cm^2);

m: Khối lượng của một cánh phần trên của diện tích mặt cắt A và khung (kg);

r: Khoảng cách giữa trọng tâm cánh (kể cả chân cánh) với đường tâm trục (cm);

T_s: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu cánh (N/mm^2);

n: Số vòng quay liên tục lớn nhất trong một phút chia cho 1000.

3.3 Thiết bị an toàn

3.3.1 Bộ điều tốc và thiết bị chống vượt tốc

1 Tất cả các tua bin chính và phụ phải được trang bị thiết bị chống vượt tốc để ngăn ngừa tốc độ vượt quá 15% tốc độ liên tục lớn nhất. Khi có từ hai tua bin trở lên cùng lai một bánh răng chính thì có thể trang bị một thiết bị chống vượt tốc cho tất cả các tua bin đó.

2 Khi sử dụng tua bin hơi nước làm máy chính trên các tàu tua bin hơi nước qua khớp nối ly hợp hoặc lai chân vịt biến bước, thì ngoài thiết bị chống vượt tốc quy định ở -1, phải lắp thêm một bộ điều tốc độc lập và tách biệt với thiết bị chống vượt tốc đó và bộ điều tốc phải có khả năng điều khiển tốc độ của tua bin không tải mà không cần đến thiết bị chống vượt tốc hoạt động.

3 Tua bin lai máy phát điện phải được trang bị bộ điều tốc thỏa mãn các yêu cầu ở 2.4.2 Phần 4 của Quy chuẩn bổ sung cho thiết bị chống vượt tốc quy định ở -1 trên. Tuy nhiên, khi sử dụng tua bin hơi nước làm máy chính ở các tàu có hệ đẩy tàu bằng điện để lai máy phát điện cung cấp điện cho các động cơ đẩy tàu thì phải tuân theo các yêu cầu ở 5.1.2-2 Phần 4 của Quy chuẩn.

3.3.2 Thiết bị ngắt hơi nước

1 Các tua bin làm máy chính phải được trang bị các thiết bị tự động ngắt hơi nước cấp vào tua bin chạy tiến (ở các tua bin được dùng làm máy chính trên các tàu có hệ đẩy tàu bằng điện, tua bin được dùng cho mục đích đó) trong các trường hợp sau:

(1) Khi áp suất dầu bôi trơn thấp;

(2) Khi độ chân không trong bầu ngưng chính thấp.

2 Các tua bin lai các máy phát điện hoặc các máy phụ phải được trang bị các thiết bị tự động ngắt hơi nước khi áp suất dầu bôi trơn thấp.

3 Phải trang bị các thiết bị để ngắt hơi nước cấp cho các tua bin làm máy chính bằng các cơ cấu nhả khớp bằng tay được đặt tại vị trí điều động và ở riêng từng tua bin. Các cơ cấu nhả khớp bằng tay dùng cho tua bin lai máy phát điện hoặc máy phụ phải được bố trí ở gần tua bin.

3.3.3 Hệ thống cấp dầu bôi trơn

1 Các tua bin làm máy chính phải có nguồn cấp dầu bôi trơn sự cố tự động làm việc khi áp suất giảm xuống dưới mức áp suất đã định trước. Nguồn cấp dầu bôi trơn sự cố có thể từ két trọng lực hoặc các thiết bị tương đương (chẳng hạn như

bơm kèm theo) với lượng dầu bôi trơn đủ đảm bảo bôi trơn cho đến khi tua bin dừng hẳn.

2 Thiết bị bôi trơn tua bin hơi nước phải có thiết bị báo động bằng âm thanh và ánh sáng, khi có hư hỏng ở nguồn cấp dầu bôi trơn hoặc khi áp suất dầu bôi trơn giảm đáng kể trước khi thiết bị ngắt hơi nước quy định ở 3.3.2-1(1) và -2 hoạt động.

3.3.4 Van bảo vệ cho cửa xả hơi nước

Phải lắp một van bảo vệ ở đầu xả của các tua bin để chống sự tăng quá mức áp suất hơi xả.

3.4 Thử nghiệm

3.4.1 Thử tại xưởng

1 Các bộ phận sau đây phải được thử thủy lực với áp suất được quy định dưới đây:

(1) Thân tua bin:

1,5 lần áp suất hơi nước thiết kế đối với thân tua bin hoặc 0,2 MPa lấy theo giá trị nào lớn hơn;

(2) Ngăn hơi nước tua bin cao áp:

1,5 lần áp suất danh nghĩa của nồi hơi;

(3) Bầu chứa hơi nước, ống và các hộp van v.v...

Áp suất thử tương tự như áp suất thử thủy lực áp dụng cho thân tua bin;

(4) Bộ lọc hơi nước và hộp van điều động:

2 lần áp suất danh nghĩa của nồi hơi;

(5) Khoang chứa hơi của bầu ngưng chính:

0,1 MPa;

Khoang chứa nước làm mát:

0,2 MPa hoặc 0,1 MPa cộng với áp suất đẩy lớn nhất mà bơm tuần hoàn có thể tạo ra khi van đẩy đóng và áp suất hút lớn nhất ở trạng thái toàn tải, lấy giá trị nào lớn hơn. Khi không biết được trạng thái làm việc và không thể tính được áp suất ở điều kiện đó thì áp suất thử không được dưới 0,34 MPa.

2 Đối với các rô to của tua bin, phải tiến hành thử cân bằng động bằng phương pháp thử được Đăng kiểm chấp thuận.

3 Đối với tua bin hơi nước, phải tiến hành thử tại xưởng, kể cả việc thử các thiết bị an toàn quy định ở 3.3 trên theo quy trình thử được Đăng kiểm xem xét, thống nhất.

3.4.2 Thử sau khi lắp đặt trên tàu

Thử sau lắp đặt để đảm bảo tính sẵn sàng hoạt động thỏa mãn với 3.2.2-1, phải được thực hiện trước khi thử đường dài. Thử này có thể được tiến hành tại xưởng.

CHƯƠNG 4 TUA BIN KHÍ

4.1 Quy định chung

4.1.1 Phạm vi áp dụng

1 Các yêu cầu trong Chương này áp dụng cho các tua bin khí chu trình hở (nghĩa là chu trình nhiệt động lực học ở đó chất lỏng làm việc đi vào khí từ khí quyển và được thải ra khí quyển) dùng làm máy chính, hoặc được dùng để lai các máy phát điện và các máy phụ (sau đây, trong Chương này được gọi là máy phụ, trừ các máy phụ chuyên dụng v.v...). Các yêu cầu của Chương này áp dụng những sửa đổi phù hợp cho tua bin khí loại chu trình khác.

2 Các tua bin khí dùng để lai các máy phát điện sự cố phải tuân theo các yêu cầu ở 3.3 và 3.4 Phần 4 của Quy chuẩn thêm vào các yêu cầu trong Chương này (trừ các yêu cầu 4.2.1-1, 4.2.1-2, 4.3.1-1, 4.3.2 và 4.3.3).

4.1.2 Thuật ngữ

Thuật ngữ sử dụng trong Chương này được xác định theo (1) đến (5) sau:

(1) Thiết bị sinh khí là tổ hợp các thành phần tua bin khí tạo ra khí nóng điều áp cho một quá trình hoặc cho tua bin động lực.

(2) Tua bin động lực là tua bin được dẫn động bằng khí ga từ thiết bị sinh khí ga, sinh công từ tua bin khí thông qua trục độc lập.

(3) Buồng đốt là bộ phận của tua bin khí, ở đó nhiên liệu (nguồn nhiệt) phản ứng với chất lưu để tăng nhiệt chất lưu.

(4) Vỏ là vật ngăn cách để bảo vệ con người, thiết bị khỏi ảnh hưởng của môi trường, cháy và có khả năng để giảm âm.

(5) Chi tiết chính của tua bin khí được liệt kê từ (a) đến (h) sau:

(a) Bánh cánh (hoặc rô to), cánh cố định và cánh chuyển động của tua bin;

(b) Bánh cánh, cánh cố định và cánh chuyển động của máy nén;

(c) Tua bin và vỏ máy nén;

(d) Buồng đốt;

(e) Trục đầu ra của tua bin;

(f) Bu lông liên kết các chi tiết chính của tua bin;

(g) Khớp nối và bu lông;

(h) Ống, van và các phụ kiện gắn với tua bin khí được phân loại ở Chương 12 là nhóm I hoặc II.

4.1.3 Bản vẽ và tài liệu

(1) Các bản vẽ và tài liệu để thẩm định:

(a) Bánh cánh (hoặc rô to) của tua bin và máy nén;

(b) Buồng đốt;

(c) Chi tiết về việc cố định các cánh chuyển động và cánh cố định;

(d) Các khớp và bu lông nối trục;

(e) Các thiết bị đường ống được lắp với tua bin (bao gồm hệ thống nhiên liệu, dầu bôi trơn, nước làm mát, khí nén, thủy lực và thông tin về vật liệu ống, cỡ ống và áp suất làm việc của ống);

(f) Các bình chịu áp lực và thiết bị trao đổi nhiệt (được phân loại là nhóm I và nhóm II như định nghĩa ở 10.1.3) đi kèm với tua bin;

(g) Bản vẽ chi tiết lắp đặt tua bin;

(h) Đặc điểm kỹ thuật (kiểu và số xuất xưởng của tua bin, công suất và số vòng quay trong một phút của tua bin và máy nén ở công suất liên tục lớn nhất, áp suất và nhiệt độ ở cửa vào và ra của tua bin, sự tổn hao áp suất tại cửa không khí vào và cửa xả khí thải, trạng thái môi trường làm việc dự kiến, dầu đốt và dầu bôi trơn sẽ được sử dụng);

(i) Đặc điểm kỹ thuật của vật liệu làm các bộ phận chính;

(j) Tốc độ tới hạn của rô to tua bin và máy nén;

(k) Số lượng các cánh chuyển động trên mỗi cấp;

(l) Số lượng và bố trí các cánh cố định;

(m) Danh mục các thiết bị an toàn, bao gồm các thiết bị nêu tại 4.3.5;

(n) Trong trường hợp tua bin khí không có hồ sơ dịch vụ cho hiệp hội phân cấp tàu hoặc có sửa đổi thông số kỹ thuật của tua bin khí với các hồ sơ dịch vụ như vậy, phải tuân theo i) và ii) sau:

i) Chi tiết hàn của các bộ phận chính;

ii) Hướng dẫn bảo dưỡng.

(2) Các bản vẽ và tài liệu để tham khảo:

(a) Danh mục các bản vẽ và tài liệu để trình (với số bản vẽ liên quan và tình trạng sửa đổi);

(b) Lắp ráp các bộ phận;

(c) Cánh chuyển động và cánh cố định;

(d) Bố trí chung;

(e) Thiết bị khởi động;

(f) Bố trí cửa không khí vào và cửa xả khí thải;

(g) Sơ đồ các hệ thống điều khiển động cơ;

(h) Tài liệu có nội dung xem xét độ bền đối với các chi tiết chính;

(i) Bản tính về dao động của các cánh tua bin;

(j) Tài liệu về chế độ lỗi và phân tích ảnh hưởng;

(k) Trong trường hợp tua bin khí không có hồ sơ dịch vụ cho hiệp hội phân cấp tàu hoặc có sửa đổi thông số kỹ thuật của tua bin khí với các hồ sơ dịch vụ như vậy, phải tuân theo i) và ii) sau:

i) Hướng dẫn sử dụng đối với hệ thống điều khiển dầu nhiên liệu;

ii) Bản vẽ minh họa phương pháp làm mát đối với từng phần của tua bin;

(l) Các bản vẽ và tài liệu khác khi Đăng kiểm cho là cần thiết.

4.2 Vật liệu, kết cấu và độ bền

4.2.1 Vật liệu

1 Vật liệu dự định làm các bộ phận chính của tua bin khí phải thỏa mãn các yêu cầu ở Phần 7A.

2 Các bộ phận chính của tua bin khí (không kể các bu lông, ống, van và phụ tùng) phải được thử không phá hủy quy định ở 5.1.10 và 6.1.10, Phần 7A.

3 Vật liệu làm các bộ phận chịu nhiệt độ cao phải có các tính chất phù hợp để chống được ăn mòn, ứng suất nhiệt, rão và giãn chùng để có thể duy trì đặc tính và tuổi thọ dự kiến của vật liệu. Ví dụ, khi bề mặt của vật liệu cơ sở được phủ chất chống ăn mòn thì chất phủ phải có tính chất không bị tách khỏi vật liệu cơ sở và không làm suy giảm độ bền của vật liệu cơ sở.

4.2.2 Kết cấu và lắp đặt

1 Tua bin khí phải được thiết kế sao cho không bị rung động và va đập quá mức trong phạm vi tốc độ khai thác bình thường.

2 Mỗi phần của tua bin khí phải có kết cấu không bị biến dạng có hại do sự giãn nở nhiệt gây ra.

3 Khi các bộ phận chính của tua bin khí là kết cấu hàn thì chúng phải thỏa mãn các yêu cầu ở Chương 11.

4 Tua bin khí được sử dụng là máy chính phải được thiết kế sao cho chúng có thể khởi động lại ngay khi nguồn điện được phục hồi, sau mọi gián đoạn do sự cố tạm thời của nguồn điện chính.

5 Tua bin khí phải được lắp đặt sao cho không tạo nên sự liên kết kết cấu quá mức do giãn nở nhiệt gây ra.

6 Các tua bin khí phải được lắp đặt sao cho khi cánh của tua bin hoặc máy nén bị rơi hoặc có sự cố của bộ phận chính sẽ không gây nguy hiểm cho con người và máy móc ở xung quanh tua bin khí. Ngoài ra, các tua bin khí phải có kết cấu để có thể ngăn chặn tới mức có thể, khi cánh của tua bin hoặc máy nén và các mảnh vỡ của cánh khi cánh bị rơi.

4.3 Thiết bị an toàn

4.3.1 Bộ điều tốc và thiết bị chống vượt tốc

1 Phải lắp thiết bị chống vượt tốc cho các tua bin khí. Thiết bị chống vượt tốc phải được điều chỉnh sao cho tốc độ của trục ra không được vượt quá 15% tốc độ liên tục lớn nhất và phải có chức năng như đã quy định ở 4.3.2-2.

2 Phải lắp bộ điều tốc độc lập với thiết bị chống vượt tốc nêu ở -1 cho các tua bin khí. Bộ điều tốc phải có khả năng điều khiển tốc độ của tua bin khí ở trạng thái không tải mà không cần sự tác động thiết bị chống vượt tốc.

3 Bộ điều tốc của tua bin khí lai máy phát điện phải tuân theo các yêu cầu ở 2.4.2-1 và -2, Phần 4. Tuy nhiên, khi tua bin khí dùng làm máy chính trên các tàu có hệ đẩy tàu bằng điện để lai máy phát cấp điện cho động cơ điện lai chân vịt, thì phải áp dụng các yêu cầu quy định ở 5.1.2-2, Phần 4.

4.3.2 Thiết bị dừng

1 Tua bin khí phải được lắp đặt thiết bị dừng bằng tay để ngừng cấp nhiên liệu trong trường hợp khẩn cấp, thiết bị này phải được bố trí tại trạm điều khiển.

2 Tua bin khí phải được lắp đặt thiết bị đóng nhanh (thiết bị đóng) để tự động ngắt dầu đốt cấp cho tua bin, ít nhất trong các trường hợp từ (1) đến (7) sau. Ngoài ra, phải có biện pháp để báo động ở trạm điều khiển khi thiết bị đóng này hoạt động.

(1) Quá tốc độ.

(2) Sụt áp suất dầu bôi trơn quá mức (đối với tua bin khí không phải là tua bin khí chính, chỉ khi bôi trơn cưỡng bức được chấp nhận).

(3) Hư hỏng của hệ thông bôi trơn.

(4) Hư hỏng ở hệ thống tự động khởi động.

(5) Mất lửa trong khi hoạt động.

(6) Rung động quá mức.

(7) Nhiệt độ khí ga tại cửa vào và cửa ra của tua bin cao quá mức.

3 Ngoài các yêu cầu nêu ở -2, các tua bin khí sử dụng là máy chính phải được trang bị thiết bị đóng nhanh (thiết bị đóng) để tự động ngắt nhiên liệu cấp cho khí,

tối thiểu trong các trường hợp từ (1) đến (3) sau. Ngoài ra, phải có biện pháp để báo động ở trạm điều khiển khi thiết bị đóng này hoạt động.

(1) Độ dịch chuyển hướng trục quá mức của mỗi rô to (trừ tua bin có ổ đỡ lăn).

(2) Sụt áp suất dầu bôi trơn quá mức ở hộp giảm tốc.

(3) Độ chân không tại cửa vào máy nén quá cao.

4.3.3 Thiết bị báo động

1 Tua bin khí phải được trang bị thiết bị báo động theo yêu cầu nêu tại Bảng 3/4.1

Bảng 3/4.1 Dừng sự cố và cài đặt báo động(1)

Thông số giám sát	Báo động	Dừng sự cố	
		Tua bin khí là máy chính	Tua bin khí không phải là máy chính
Vòng quay của tua bin	H	x	x
Áp suất dầu bôi trơn	L(2)	x	x(3)
Hư hỏng hệ thống dầu bôi trơn	O(4)	x	x
Áp suất dầu bôi trơn của hộp số	L(2)	x	
Áp suất chênh lệch qua bộ lọc dầu bôi trơn	H		
Nhiệt độ dầu bôi trơn	H		
Áp suất nhiên liệu cấp vào	L		
Nhiệt độ nhiên liệu	H		
Nhiệt độ chất làm mát	H		
Nhiệt độ ổ đỡ	H		
Hư hỏng việc đốt và đánh lửa	O	x	x
Hư hỏng tự động khởi động	O	x	x
Rung động	H(2)	x	x
Dịch chuyển hướng trục của rô to	H	x	
Nhiệt độ khí xả tại cửa vào của tua bin	H(2)	x	x
Nhiệt độ khí xả tại cửa ra của tua bin	H(2)	x	x
Áp suất chân không tại cửa vào của máy nén	H(2)	x	x
Hư hỏng hệ thống điều khiển	O		

Ghi chú:

(1) "H" và "L" là "cao" và "thấp"; "O" là trạng thái bất thường.

(2) Báo động phải được kích hoạt tại các điểm cài đặt thích hợp trước khi xảy ra tình trạng nguy hiểm, để kích hoạt các thiết bị đóng trong trường hợp cần phải tắt máy.

(3) Chỉ áp dụng đối với trường hợp bôi trơn cưỡng bức.

(4) Báo động bằng âm thanh và ánh sáng.

4.3.4 Hệ thống phát hiện và chữa cháy trong không gian kín

Khi thiết bị sinh khí và các ống dầu cao áp của tua bin khí được bố trí trong không gian kín, thì không gian này phải được trang bị hệ thống phát hiện cháy và dập cháy phù hợp với các yêu cầu nêu ở Phần 5.

4.3.5 Thiết bị an toàn bổ sung

Tua bin khí có thể được yêu cầu bổ sung các thiết bị an toàn để chống lại các nguy cơ phát sinh trong trường hợp có sự cố khi lắp đặt tua bin khí. Các điều kiện nguy hiểm như vậy phải được xác nhận bởi cơ sở chế tạo theo chế độ lỗi và phân tích ảnh hưởng.

4.4 Các thiết bị liên quan

4.4.1 Hệ thống nạp không khí vào

Hệ thống nạp khí vào phải có kết cấu và bố trí sao cho giảm đến mức thấp nhất sự xâm nhập của các hạt có hại và nước vào máy nén. Ngoài ra, phải trang bị các phương tiện để có thể hạn chế được tối đa sự tác động có hại do sự lắng đọng muối trong không khí hút vào và do sự đóng băng tại cửa nạp không khí (nếu cần).

4.4.2 Thiết bị khí thải v.v...

1 Các đầu hở của các ống khí thải phải được đặt tại vị trí sao cho tránh được khí thải lọt vào hệ thống nạp không khí vào.

2 Nồi hơi và thiết bị trao đổi nhiệt sử dụng nhiệt khí thải của tua bin khí phải tuân theo các yêu cầu quy định ở Chương 9 và Chương 10.

3 Thiết bị khí thải phải và các bề mặt nóng phải được làm mát bằng nước hoặc được bọc cách nhiệt sao cho nhiệt độ bề mặt không vượt quá 220°C. Tuy nhiên, trong trường hợp không có khả năng xảy ra cháy, điều này có thể được bỏ qua.

4 Thiết bị khí thải cũng phải tuân thủ các yêu cầu quy định trong 13.16.

4.4.3 Thiết bị khởi động

1 Thiết bị khởi động phải được bố trí sao cho khi quá trình cháy bị gián đoạn và van nhiên liệu chính được đóng lại trong thời gian đã xác định trước khi bị lỗi khi đánh lửa. Ngoài ra, phải được trang bị phương tiện tự động hoặc khóa liên động khi thực hiện các công việc nêu ở (1) hoặc (2) trước khi bắt đầu cháy (khi khởi động) hoặc cháy lại để tránh sự cố khi cháy hoặc đánh lửa bất thường.

(1) Làm sạch tất cả các bộ phận của tua bin khí chính có tích tụ nhiên liệu lỏng; hoặc

(2) Làm sạch nhiên liệu khí.

2 Nếu khởi động bằng khí nén, thiết bị khởi động phải phù hợp với 13.13 và từ (1) đến (5) sau:

(1) Để bảo vệ đường ống khí khởi động chống lại tác động của việc cháy ngược và nổ bên trong ống khí khởi động (bao gồm nổ phát sinh do chức năng không đúng của van khởi động), phải trang bị phương tiện theo các yêu cầu từ (a) đến (c) sau:

(a) Phải lắp van ngắt một chiều hoặc tương đương trên đường nối ống khí khởi động đến mỗi tua bin khí;

(b) Phải lắp đĩa nổ hoặc thiết bị dập lửa ở đường cấp khí vào dẫn đến ống góp khí khởi động.

(c) Nếu bố trí thiết bị dập lửa như (b) ở trên, phải lắp đĩa nổ ở vị trí thích hợp trên ống góp khí khởi động để làm phương tiện giảm áp suất sự cố;

(d) Nếu đĩa nổ khó thay thế, thì phải trang bị cơ cấu bịt kín đường ống thoát của nó để có thể nhanh chóng khởi động lại tua bin khí. Cơ cấu bịt kín này phải có bộ phận chỉ báo là nó đang mở hay đóng;

(e) Phải có phương tiện hiệu quả để ngăn ngừa việc tích tụ dầu hoặc tăng nhiệt độ quá cao trong ống góp khí khởi động.

(2) Khi máy chính được khởi động bằng khí nén thì phải trang bị ít nhất hai bình chứa khí nén, chúng có thể được sử dụng độc lập. Tổng dung tích của các bình khí nén phải đủ, mà không cần phải nạp bổ sung, để cung cấp cho số lần khởi động liên tục máy chính không nhỏ hơn quy định từ (a) đến (b) sau. Khi bố trí các máy chính và hệ trục khác với những điều nêu dưới đây thì số lần khởi động theo yêu cầu phải được Đăng kiểm xem xét riêng. Khi các thiết bị khác như là hệ thống khởi động máy phụ, hệ thống điều khiển, còi v.v... được nối với các bình chứa khí khởi động thì phải tính đến lượng tiêu thụ không khí của các thiết bị đó.

(a) Đối với tàu không phải là tàu có hệ đẩy tàu bằng điện:

$Z = 6C$

Trong đó:

Z: Tổng số lần khởi động cho tua bin khí;

C: Hằng số được xác định bởi sự bố trí các tua bin khí và hệ trục, trong đó các giá trị tiêu chuẩn của C được xác định như sau:

C = 1,0 đối với các tàu một chân vịt, khi tua bin khí được nối với hệ trục chân vịt trực tiếp hoặc qua bộ giảm tốc;

C = 1,5 đối với các tàu hai chân vịt, khi hai tua bin khí được nối với các trục chân vịt trực tiếp hoặc qua bộ giảm tốc, hoặc đối với các tàu một chân vịt khi hai tua bin khí được nối với trục chân vịt qua khớp nối có ly hợp được đặt giữa tua bin khí và hộp giảm tốc;

C = 2,0 đối với các tàu một chân vịt, khi hai tua bin khí được nối với một trục chân vịt không qua khớp nối có ly hợp được đặt giữa tua bin và hộp giảm tốc.

(b) Đối với các tàu có hệ đẩy tàu bằng điện:

Z = 6+3(k-1)

Trong đó:

Z: Tổng số lần khởi động của tua bin khí;

k: Số lượng động cơ (trong trường hợp có nhiều hơn 3 tua bin khí thì không cần thiết lấy giá trị của k quá 3).

(3) Dung tích của các bình khí nén nêu ở (2) phải hầu như bằng nhau.

3 Tua bin khí khởi động điện phải tuân theo các yêu cầu nêu tại Phần 4, ngoài các yêu cầu từ (1) đến (3) sau:

(1) Phải trang bị hai bộ ắc quy riêng biệt để khởi động cho máy chính. Phải bố trí sao cho các bộ ắc quy đó không thể được nối song song và mỗi bộ ắc quy phải có khả năng khởi động máy chính trong điều kiện lạnh và sẵn sàng khởi động. Dung lượng của mỗi bộ ắc quy phải đủ (không cần sạc lại) để cung cấp số lần khởi động liên tiếp được nêu tại -2 ở trên trong vòng 30 phút.

(2) Bố trí khởi động điện đối với tua bin khí dẫn động máy phát điện và máy phụ phải có hai bộ ắc quy riêng biệt, nhưng cũng có thể được cung cấp bởi mạch riêng từ bộ ắc quy của máy chính. Đối với tua bin khí đơn, chỉ cần lắp một bộ ắc quy. Dung lượng của mỗi bộ ắc quy phải đủ cho tối thiểu ba lần khởi động cho mỗi tua bin khí.

(3) Ắc quy khởi động chỉ được dùng để khởi động và để giám sát tua bin khí. Phải có các quy định để duy trì năng lượng dự trữ trong mọi thời gian.

4 Tua bin khí khởi động bằng thủy lực còn phải tuân theo các yêu cầu nêu tại 13.10, ngoài các yêu cầu sau:

(1) Hệ thống khởi động máy chính phải được bố trí 2 bộ khởi động bằng thủy lực;

(2) Sản lượng của bộ nguồn thủy lực phải đủ (không phải nạp lại) để đảm bảo số lần khởi động liên tiếp theo quy định -2 nêu trên trong 30 phút.

4.4.4 Thiết bị đánh lửa

1 Mỗi bộ phận trong thiết bị đánh lửa phải bao gồm từ hai hệ thống trở lên độc lập với nhau.

2 Dây dẫn trong thiết bị đánh lửa bằng điện phải cách điện thỏa đáng để đảm bảo chúng không bị hư hỏng.

3 Bộ chia lửa phải là kết cấu chống nổ hoặc có tấm chắn thích hợp. Không được đặt các cuộn đánh lửa ở nơi mà có thể tích tụ khí nổ.

4.4.5 Hệ thống dầu đốt

1 Phải lưu ý thích đáng đến việc phòng chống tắc do các hạt cứng ở trong dầu đốt gây ra cho đường ống phân phối dầu đốt và vòi phun dầu đốt, đồng thời, để tránh sự ăn mòn các cánh và các bộ phận khác do muối.

2 Hệ thống điều khiển dầu đốt phải thỏa mãn các yêu cầu sau:

(1) Hệ thống điều khiển dầu đốt phải có khả năng điều chỉnh lượng dầu cung cấp cho buồng đốt để duy trì nhiệt độ khí xả trong phạm vi định trước trong suốt quá trình hoạt động bình thường.

(2) Hệ thống điều khiển dầu đốt phải có khả năng đảm bảo việc cháy ổn định trong phạm vi hoạt động khi điều chỉnh lượng dầu cung cấp.

(3) Hệ thống điều khiển dầu đốt phải có khả năng duy trì tốc độ tối thiểu của tua bin khi thay đổi tải đột ngột mà không cần phải dừng thiết bị sản xuất khí ga.

(4) Khi dùng nhiên liệu kép, phải có biện pháp cách ly tự động cho cả nguồn cung cấp nhiên liệu chính và dự phòng trong trường hợp hỏa hoạn.

(5) Hệ thống dầu đốt phải thỏa mãn thêm các yêu cầu ở 13.9, Phần này và 4.2.2, Phần 5.

4.4.6 Thiết bị dầu bôi trơn

1 Tua bin khí được sử dụng là máy chính phải có một thiết bị cấp dầu bôi trơn sự cố tự động hoạt động và cấp đủ lượng dầu bôi trơn đảm bảo sự bôi trơn cho đến khi dừng hẳn sau khi ngắt việc cấp dầu bôi trơn, trong trường hợp hỏng hệ thống cấp dầu bôi trơn. Có thể sử dụng két trọng lực hoặc bơm dầu bôi trơn phụ do bin dẫn động cho mục đích này.

2 Phải trang bị một van lấy mẫu dầu bôi trơn tại vị trí thích hợp.

3 Thiết bị dầu bôi trơn của tua bin khí chính phải có thiết bị điều khiển nhiệt độ tự động.

4 Thiết bị dầu bôi trơn phải thỏa mãn thêm các yêu cầu ở 13.10, Phần này và 4.2.3, Phần 5.

4.4.7 Điều khiển nhiệt độ tự động

Các hệ thống phục vụ tua bin khí được nêu từ (1) đến (3) phải được trang bị thiết bị điều khiển nhiệt độ tự động để duy trì các trạng thái ổn định trong phạm vi hoạt động bình thường của tua bin khí chính.

(1) Cung cấp dầu bôi trơn;

(2) Cung cấp nhiên liệu (hoặc thay thế bằng hệ thống tự động kiểm soát độ nhớt của nhiên liệu);

(3) Khí thải.

4.4.8 Thiết bị làm mát

Tua bin khí phải được trang bị thiết bị làm mát theo yêu cầu và phải bố trí sao cho không vượt quá nhiệt độ thiết kế.

4.5 Thử nghiệm

4.5.1 Thử tại xưởng

1 Phải tiến hành thử thủy lực tua bin khí và thiết bị của tua bin với áp suất như nêu dưới đây:

(1) Thân: 1,5 lần áp suất thiết kế lớn nhất;

(2) Hệ thống đường ống: như áp suất quy định ở 12.6.

2 Phải tiến hành thử cân bằng động các bộ phận quay của tua bin và máy nén sau khi đã lắp ráp chúng.

3 Phải thử rô to tua bin ở tốc độ 115% tốc độ quay liên tục lớn nhất hoặc lớn hơn trong thời gian ít nhất 2 phút sau khi chế tạo hoàn chỉnh. Khi Đăng kiểm công nhận rằng tốc độ quay không vượt quá 115% tốc độ liên tục lớn nhất thì có thể tiến hành thử ở tốc độ quay 115% tốc độ quay liên tục lớn nhất.

4 Đối với tua bin khí, phải tiến hành thử ở xưởng bao gồm thử thiết bị an toàn quy định ở 4.3 theo quy trình thử được Đăng kiểm đồng ý. Trong trường hợp này Đăng kiểm có thể yêu cầu thử các đặc tính khởi động và tốc độ tới hạn của trục rô to.

CHƯƠNG 5 HỆ THỐNG TRUYỀN ĐỘNG

5.1 Quy định chung

5.1.1 Phạm vi áp dụng

Những yêu cầu đưa ra trong Chương này được áp dụng cho các hệ thống truyền động từ động cơ chính, động cơ dẫn động máy phát điện và các máy phụ (trừ máy phụ chuyên dụng v.v..., sau đây, trong Chương này được gọi tương tự).

5.1.2 Bản vẽ và tài liệu

1 Nói chung, phải trình Đăng kiểm các bản vẽ và tài liệu sau:

(1) Bản vẽ

(a) Lắp ráp tổng đoạn;

(b) Bánh răng;

(c) Trục bánh răng;

(d) Khớp nối;

(e) Kết cấu các bộ phận chính (bộ ly hợp, trục mềm).

(2) Tài liệu

(a) Các thông số về vật liệu dùng trong các bộ phận truyền động (thành phần hóa học, phương pháp nhiệt luyện, cơ tính và phương pháp thử chúng);

(b) Công suất được truyền và tốc độ quay của từng bánh răng ở công suất liên tục lớn nhất;

(c) Thông số kỹ thuật của từng bánh răng (số răng, mô đun, đường kính vòng chia, góc áp lực của răng, góc xoắn, chiều rộng mặt, khoảng cách tâm, bán kính đỉnh răng, khe hở bánh răng, tổng khoảng trượt của prôfin răng, tổng độ biến đổi prôfin và vết răng, phương pháp đánh bóng sườn răng, độ bóng bánh răng);

(d) Phương pháp hàn các bộ phận chính (bao gồm cả thử và kiểm tra);

(e) Thông số cần thiết để tính toán độ bền của các bộ phận chính của hệ thống truyền động.

5.2 Vật liệu và kết cấu

5.2.1 Vật liệu

1 Vật liệu dùng cho các chi tiết sau (sau đây gọi là các chi tiết chính của hệ thống truyền động) phải phù hợp với các yêu cầu ở Phần 7A của Quy chuẩn.

(1) Trục và bánh răng truyền công suất;

(2) Các bộ phận truyền công suất của khớp nối;

(3) Các bộ phận truyền công suất của ly hợp;

(4) Bu lông khớp nối.

2 Các chi tiết chính của hệ thống truyền động (trừ các bu lông khớp nối, đĩa ly hợp và các chi tiết tương tự) phải qua thử không phá hủy theo yêu cầu quy định ở 5.1.10 và 6.1.10 Phần 7A của Quy chuẩn.

5.2.2 Hàn

Nếu như các chi tiết chính của hệ thống truyền động là kết cấu hàn, thì phải thỏa mãn các yêu cầu quy định ở Chương 11.

5.2.3 Kết cấu của bánh răng

1 Kết cấu của các bánh răng phải thỏa mãn các yêu cầu quy định từ (1) đến (3) sau đây:

(1) Nếu vành răng được lắp ép vào may ơ thì vành răng phải có chiều dày đảm bảo đủ độ bền và lực ép để chịu được công suất truyền. Nếu như tiến hành lắp ép nóng sau khi cắt răng, thì kết cấu của bánh răng phải đảm bảo hoàn toàn độ chính xác của cơ cấu hoặc gia công tinh phải được tiến hành sau khi lắp ép chúng;

(2) Nếu bánh răng có kết cấu hàn, thì chúng phải có đủ độ cứng và phải được khử ứng suất trước khi cắt răng;

(3) Bánh răng không được có trọng lượng thừa gây mất cân bằng.

2 Vỏ hộp bánh răng phải có đủ độ cứng và phải có kết cấu sao cho có thể kiểm tra và bảo dưỡng bánh răng một cách dễ dàng.

3 Trong trường hợp nếu như có các phần nặng được lắp vào phần kéo dài của trục bánh răng thì kết cấu của các bánh răng phải sao cho chuyển động xoắn của bánh răng và độ sai lệch của tâm trục có thể nhỏ nhất.

5.2.4 Kết cấu chung của hệ thống truyền động không phải kiểu bánh răng

1 Hệ thống truyền động không phải kiểu bánh răng phải là kiểu được Đăng kiểm duyệt về kết cấu và vật liệu, phải làm việc an toàn, tin cậy và phải có đủ độ bền để chịu được công suất truyền qua. Các khớp nối bằng cao su phải được thiết kế và chế tạo sao cho chúng thích hợp với việc gia nhiệt do hiện tượng trễ.

2 Kết cấu của khớp trượt điện từ phải phù hợp với những yêu cầu ở 2.4 Phần 4 của Quy chuẩn cũng như phải thỏa mãn những yêu cầu mà Đăng kiểm cho là hợp lý.

3 Nếu bộ ly hợp truyền động từ máy chính đến hệ trục được điều khiển bằng hệ thống thủy lực hoặc khí nén, thì phải trang bị bơm, máy nén khí dự phòng hoặc phương tiện thích hợp khác được nối sẵn vào hệ thống để sử dụng sao cho có thể đảm bảo con tàu duy trì được chế độ làm việc bình thường.

4 Khớp nối cao su phải được thiết kế đảm bảo tỏa nhiệt có hiệu quả từ các chi tiết cao su và có kết cấu sao cho có thể kiểm tra một cách dễ dàng.

5.2.5 Thiết bị của hệ thống dầu bôi trơn

1 Thiết bị của hệ thống dầu bôi trơn phải thỏa mãn những yêu cầu quy định ở 13.10. Ngoài ra, nên sử dụng bầu lọc có nam châm trong các kết cấu truyền động bằng bánh răng.

2 Các thiết bị của hệ thống dầu bôi trơn của hệ thống truyền động trên 37 kW phải lắp thiết bị báo động bằng âm thanh và ánh sáng trong trường hợp hư hỏng nguồn cung cấp dầu bôi trơn làm hạ đáng kể áp suất dầu trong hệ thống.

5.3 Độ bền của bánh răng

5.3.1 Phạm vi áp dụng

Những yêu cầu quy định ở 5.3 được áp dụng cho các bánh răng hình trụ với răng ăn khớp ngoài có prôfin răng dạng thân khai. Đối với các loại bánh răng khác thì phải được Đăng kiểm chấp thuận.

5.3.2 Yêu cầu chung

1 Chân răng phải được liên kết bằng góc lượn có bán kính càng lớn càng tốt. Đỉnh răng và cả hai đầu chân răng phải được vát góc phù hợp.

2 Các bánh răng được làm cứng bề mặt phải có đủ độ cứng ở hông và có đủ độ sâu ở vùng được làm cứng.

5.3.3 Tải trọng tiếp tuyến cho phép đối với ứng suất uốn

Tải trọng tiếp tuyến P_{MCR} lên bánh răng phải thỏa mãn điều kiện sau đây đối với ứng suất uốn tại mặt cắt chân răng:

$$P_{MCR} \leq 9{,}81\ (K_1 S_b - K_2)\ K_3 \{4{,}85 - \frac{30{,}6}{Z}\} m_n$$

Trong đó:

P_{MCR}: Tải trọng tiếp tuyến tác dụng lên răng ở công suất liên tục lớn nhất phải được tính theo công thức sau đây:

$$P_{MCR} = \frac{1{,}91H}{ND_1 b} \times 10^6 \ \text{(N/cm)}$$

H: Công suất do bánh răng nhận được tại công suất liên tục lớn nhất (kW);

N: Số vòng quay của bánh răng tại công suất liên tục lớn nhất (v/p);

D_1: Đường kính vòng lăn của bánh răng (cm);

b: Chiều rộng bề mặt có ích của bánh răng trên vòng lăn của mặt cắt song song với trục (cm);

Z: Số răng;

m_n: Mô đun vuông góc của răng;

K_1: Hệ số khuếch đại tải trọng bên ngoài, được xác định bởi tổng tải trọng thay đổi bất thường tác động lên bánh răng và được tính theo công thức sau đây:

$$K_1 = \frac{1{,}10P_{MCR}}{P_{max}}$$

P_{max}: Tải trọng tiếp tuyến lớn nhất tức thời xảy ra bên trong dải vòng quay làm việc (N/cm).

Tuy nhiên, khi không xác định được trị số K_1, có thể lấy các giá trị của hệ số này ở Bảng 3/5.1.

K_2: Trị số khuếch đại tải bên trong được tính từ công thức sau đây hoặc từ Hình 3/5.1 phụ thuộc vào độ chính xác của bánh răng và tỷ số trùng điệp của chúng.

$$K_2 = k_2\,(Dn)^{0,8}$$

D: Đường kính vòng lăn của bánh răng (cm);

n: Số vòng quay của bánh răng trong một phút chia cho 1000;

k_2: Trị số cho ở Bảng 3/5.2. Trong trường hợp này, trị số ε_{SP} được tính theo công thức sau:

$$\varepsilon_{SP} = \frac{b_e \sin\beta_0}{0{,}1\pi m_n}$$

b_e: Chiều rộng mặt (trong trường hợp bánh răng có dạng xoắn kép, chiều rộng mặt là chiều rộng ở một phía) (cm);

β_0: Góc xoắn;

Bảng 3/5.1 Trị số K_1(3)(4)

Cụm chi tiết chủ động	Kết cấu	Sử dụng	
	Loại khớp nối	Bánh răng của máy chính	Bánh răng của máy phụ
Tua bin hơi nước	Hộp giảm tốc một cấp	1,00	1,15
Tua bin khí	Hộp giảm tốc nhiều cấp	1,00(1), 1,10(2)	1,15
Động cơ điện			
Động cơ đốt trong pít tông	Khớp thủy lực hoặc điện từ	1,00	1,15
	Khớp đàn hồi cao	0,90	1,05
	Khớp đàn hồi	0,80	0,95

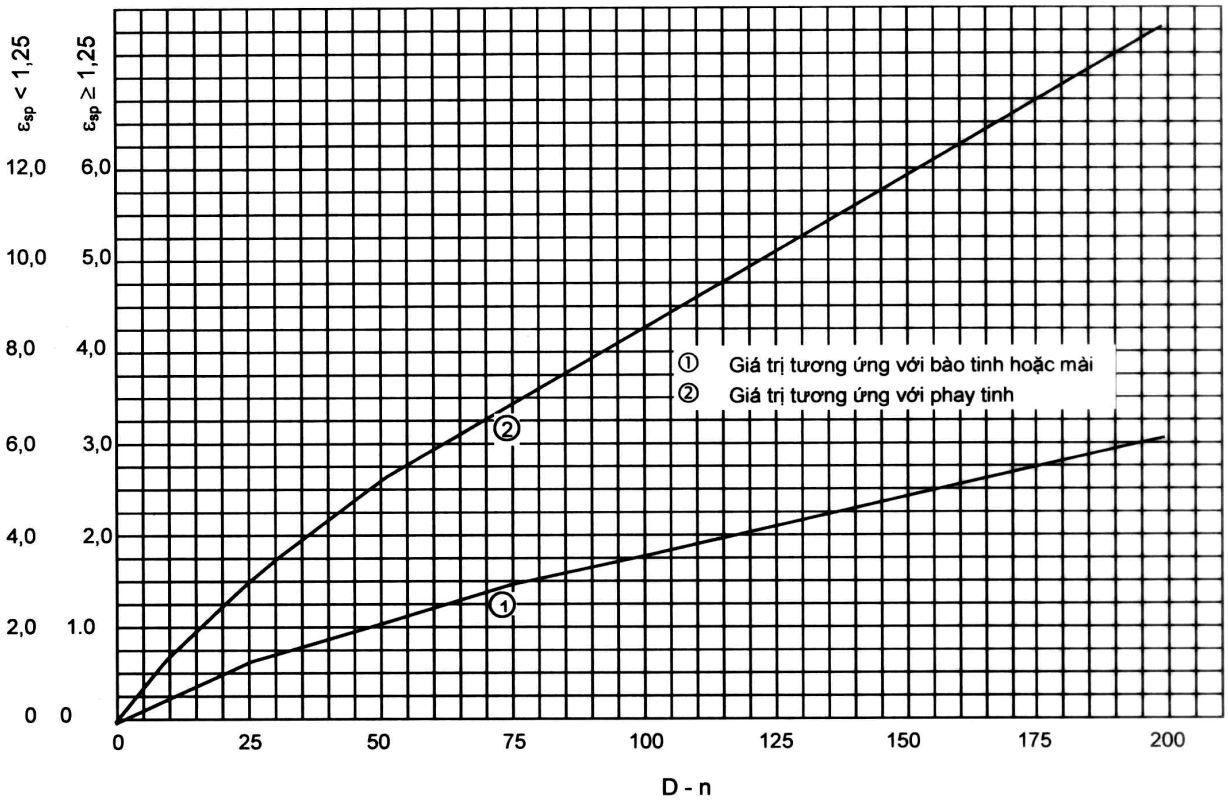
Chú thích:

(1) Chỉ áp dụng cho hệ bánh răng liên kết trực tiếp với hệ trục của máy chính;

(2) Áp dụng cho hệ bánh răng liên kết với hệ trục chân vịt qua khớp nối mềm;

(3) Nếu ăn khớp bánh răng với trên hai vành răng, lấy K_1 bằng 0,9 lần giá trị này;

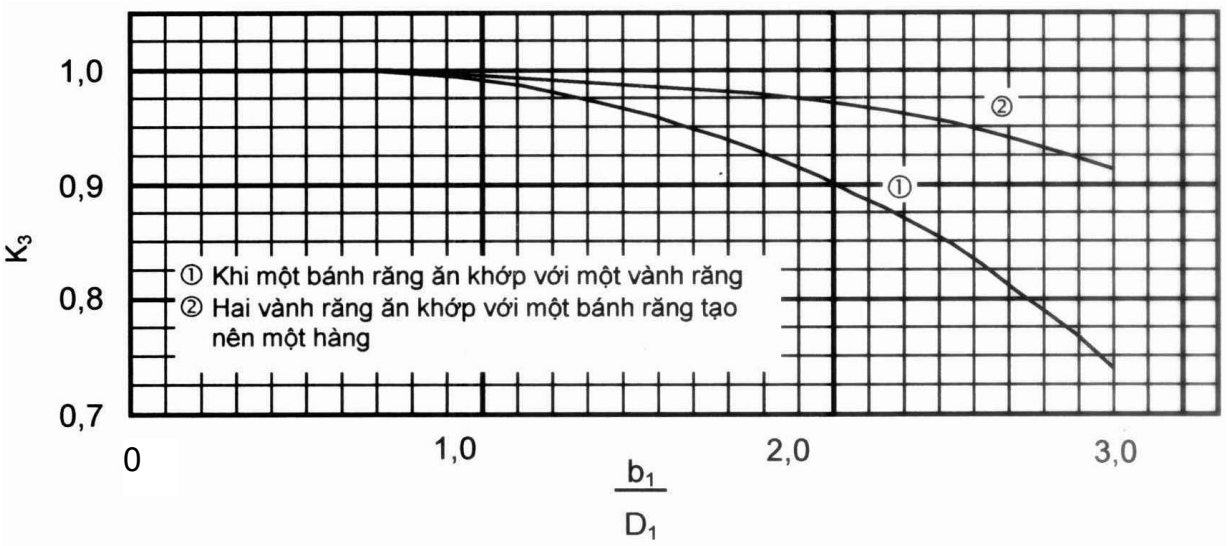
(4) Đối với khớp nối cứng, giá trị K_1 phải được Đăng kiểm xét và chấp nhận.



Hình 3/5.1 Trị số K_2

Bảng 3/5.2 Trị số k_2

Độ chính xác cao	$\varepsilon_{sp} \geq 1,25$	$\varepsilon_{sp} < 1,25$
Giá trị tương ứng với bào tinh hoặc mài	0,044	0,088
Giá trị tương ứng với phay tinh	0,11	0,22



Hình 3/5.2 Trị số K_3

Bảng 3/5.3 Trị số k_3

Hệ số	Khi một bánh răng ăn khớp với một vành răng	Khi hai vành răng ăn khớp với 1 bánh răng tạo nên một hàng
k_3	0,01	0,003

K_3: Hệ số khuếch đại tải trọng do độ đàn hồi tính theo công thức sau hoặc lấy theo Hình 3/5.2, giá trị này phụ thuộc vào chiều rộng bề mặt và đường kính vòng lăn.

$$K_3 = 1 - k_3 \left(\frac{b_t}{D_1}\right)^3$$

b_t: Tổng chiều rộng bề mặt của bánh răng (trong trường hợp bánh răng xoắn kép, bao gồm cả khe hở ở tâm) (cm);

D_1: Đường kính vòng lăn của bánh răng (cm);

k_3: Giá trị cho ở Bảng 3/5.3;

S_b: Giá trị liên quan chủ yếu đến vật liệu của bánh răng, cho theo công thức sau. Tuy nhiên trong trường hợp bánh răng trung gian chạy tiến chỉ lấy bằng 0,7 lần, còn bánh răng chạy lùi lấy bằng 1,2 lần giá trị tính theo công thức sau đây. Trong trường hợp này S_b không được vượt quá 25.

1) Trong trường hợp bánh răng có áp dụng quá trình làm cứng bề mặt bao gồm cả vùng đáy thì:

$$S_b = 0{,}83\sqrt{T}$$

2) Trong trường hợp các loại bánh răng khác

$$S_b = \frac{\frac{T+Y}{49}}{1+(0,0096T-2,4)\left(\frac{0,04}{r_o}+0,02\right)(0,023m_n+0,75)}$$

T: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu bánh răng (N/mm^2);

Y: Giới hạn chảy danh nghĩa của vật liệu bánh răng (N/mm^2);

r_o: Tỷ số của bán kính đỉnh răng với mô đun.

5.3.4 Tải trọng tiếp tuyến đối với ứng suất bề mặt

Tải trọng tiếp tuyến tác dụng lên các răng phải thỏa mãn điều kiện sau đây để hạn chế ứng suất tác dụng lên bề mặt răng, nhưng không áp dụng cho các bánh răng phía lùi:

$$P_{MCR} \leq 9,81\ (K_1\ S_s - K_2)K_3\ K_4 \frac{i}{1+i}\ D_1$$

Trong đó:

S_s: Giá trị liên quan chủ yếu đến vật liệu của bánh răng tính theo công thức sau:

1) Sự ăn khớp của bánh răng được làm cứng:

$$S_S = 2,23\ \sqrt{T_w}$$

2) Sự ăn khớp của các bánh răng khác:

$$S_s = (0,005\frac{H_{BP}}{H_{BW}} + 0,007)\ T_W + 7,5$$

H_{BP}: Độ cứng bề mặt của bánh răng (độ cứng Brinen);

H_{Bw}: Độ cứng bề mặt răng của vành răng (độ cứng Brinen);

T_w : Giới hạn bền danh nghĩa của vật liệu bánh răng (N/mm^2);

K_4: Hệ số bôi trơn được lấy theo công thức sau hoặc Hình 3/5.3 phụ thuộc vào đường kính vòng lăn và số vòng/phút. Tuy nhiên, trong trường hợp ăn khớp của các bánh răng được làm cứng thì K_4 = 0,53

$$K_4 = 0,3(D_n)^{1/6}$$

i: Tỷ số răng (số răng của vành răng chia cho số răng của bánh răng).

Các ký hiệu khác xem ở 5.3.3.

5.3.5 Đánh giá chi tiết về độ bền

Bất kể các yêu cầu nêu ở 5.3.3 và 5.3.4, Đăng kiểm sẽ xem xét đặc biệt để đánh giá các tài liệu và bản tính chi tiết về độ bền của cơ cấu bánh răng trình cho Đăng kiểm duyệt.

5.4 Trục bánh răng và trục mềm

5.4.1 Trục bánh răng

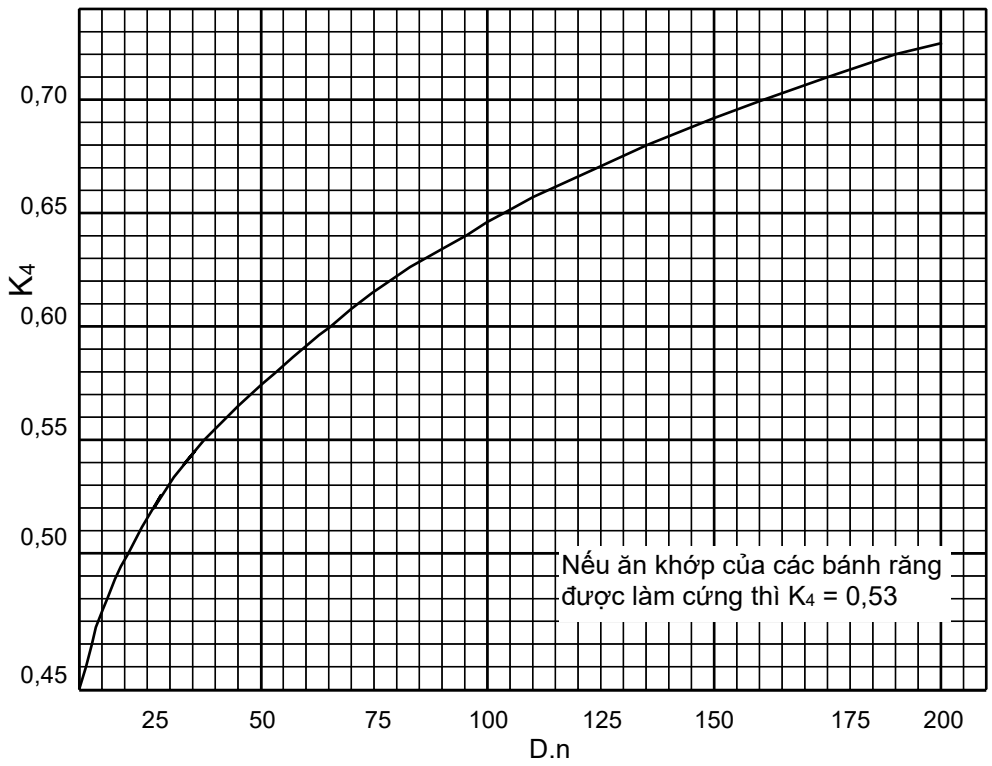
1 Đường kính của trục bánh răng phải thỏa mãn các yêu cầu quy định từ (1) đến (3) sau đây:

(1) Đường kính của trục bánh răng dùng để truyền công suất không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức ở 6.2.2. Trong công thức này H là công suất, R là số vòng quay của trục trong một phút tại công suất liên tục lớn nhất;

(2) Đường kính của trục bánh răng tại điểm giữa của hai ổ đỡ trục bánh răng phải có đủ độ cứng để chịu được lực uốn sinh ra do bánh răng ăn khớp với nhau;

(3) Đường kính của trục bánh răng giữa các ổ đỡ trục không được nhỏ hơn 1,16 lần giá trị quy định ở (1), nếu một bánh răng tham gia truyền động hoặc hai bánh răng được bố trí ở một góc nhỏ hơn 120° tham gia truyền động và không quá 1,1 lần giá trị quy định ở (1) khi hai bánh răng được bố trí ở một góc lớn hơn 120° tham gia thuyền động.

2 Mặc dù đã có những yêu cầu quy định ở -1, Đăng kiểm sẽ xem xét riêng, nếu thấy phù hợp, đối với trục bánh răng nếu có tài liệu và bản tính chi tiết về độ bền được trình cho Đăng kiểm duyệt.



Hình 3/5.3 Trị số K_4

5.4.2 Trục mềm

Đường kính của trục mềm không được nhỏ hơn giá trị tính theo công thức sau:

$$d = 93\sqrt[3]{\frac{560H}{N(T+160)}}$$

Trong đó:

d: Đường kính của trục mềm, (mm);

H: Công suất trục mềm nhận được tại công suất liên tục lớn nhất, (kW);

N: Số vòng quay trong một phút của trục mềm tại công suất liên tục lớn nhất, (vòng/phút);

T: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu trục, (N/mm^2).

5.4.3 Khớp nối và bu lông khớp nối

Kích thước của khớp nối và bu lông khớp nối không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức quy định ở 6.2.12-1 trong Phần này. Mặt khác, trong trường hợp đỡ vật có trọng lượng nặng kiểu công xon thì chúng phải được thiết kế sao cho có đủ độ bền để giữ được trọng lượng đó. Ngoài ra, giá trị đường kính trục d_o tính trong công thức này phải được xác định tương ứng theo từng loại trục.

5.5 Thử nghiệm

5.5.1 Thử nghiệm ở xưởng

1 Đối với các chi tiết được làm cứng bề mặt thì việc đo độ sâu lớp được làm cứng phải được tiến hành trên vật liệu mẫu.

2 Đối với các chi tiết được làm cứng bề mặt, phải tiến hành thử độ cứng và thử không phá hủy theo quy trình thử phù hợp.

3 Đối với bánh răng, phải tiến hành kiểm tra độ chính xác gia công trên máy tiện.

4 Trong trường hợp truyền động bánh răng, nếu trị số tính theo công thức sau đây vượt quá 50 thì phải tiến hành thử cân bằng động.

$$\frac{DN}{1000}$$

Trong đó:

D: Đường kính vòng lăn của bánh răng, (cm);

N: Số vòng quay của bánh răng, (vòng/phút).

5 Vệt màu tiếp xúc các răng của tất cả các cơ cấu truyền động bánh răng phải được kiểm tra với tải trọng tương ứng bằng cách quét một lớp sơn mỏng và đều.

CHƯƠNG 6 HỆ TRỤC

6.1 Quy định chung

6.1.1 Phạm vi áp dụng

Những yêu cầu trong Chương này được áp dụng cho hệ trục chân vịt (trừ chân vịt), hệ trục truyền công suất từ động cơ dẫn động đến máy phát điện và máy phụ (trừ máy phụ chuyên dụng v.v..., sau đây, trong Chương này được gọi tương tự). Đối với dao động xoắn, còn phải thỏa mãn những yêu cầu ở Chương 8.

6.1.2 Bản vẽ và tài liệu

1 Nói chung, các bản vẽ và tài liệu trình Đăng kiểm, gồm:

(1) Bản vẽ để thẩm định (trong đó ghi rõ cả các đặc tính kỹ thuật của vật liệu):

(a) Bố trí hệ trục;

(b) Trục đẩy;

(c) Trục trung gian;

(d) Trục chân vịt;

(e) Ống bao trục;

(f) Ổ đỡ trong ống bao trục;

(g) Thiết bị làm kín ống bao trục;

(h) Ổ đỡ trục trong giá đỡ;

(i) Khớp nối trục và bu lông khớp nối;

(j) Trục truyền công suất tới máy phát hoặc máy phụ.

(2) Tài liệu tham khảo:

(a) Số liệu để tính độ bền của trục trong Chương này;

(b) Những tài liệu cần thiết khác nếu Đăng kiểm thấy cần.

6.2 Vật liệu, kết cấu và độ bền

6.2.1 Vật liệu

1 Vật liệu dùng để chế tạo các chi tiết dưới đây (sau đây gọi là "các chi tiết chính của hệ trục") phải là thép rèn thỏa mãn các yêu cầu ở 6.1 Phần 7A của Quy chuẩn; phải là thép rèn không gỉ thỏa mãn các yêu cầu ở 6.2 Phần 7A của Quy chuẩn; phải là thanh thép cán tròn không gỉ được duyệt để sử dụng làm trục thỏa mãn các yêu cầu ở 3.5.1-2 Phần 7A của Quy chuẩn (sau đây, thép rèn không gỉ và thanh thép cán tròn không gỉ được gọi chung là "thép rèn không gỉ") hoặc là vật liệu được Đăng kiểm xem xét, thống nhất riêng để sử dụng làm trục theo 1.1.1-2 Phần 7A của Quy chuẩn. Vật liệu dùng để chế tạo các khớp nối dạng tháo lắp được có thể là thép đúc thỏa mãn những yêu cầu ở Phần 7A của Quy chuẩn.

(1) Trục đẩy;

(2) Trục trung gian;

(3) Trục chân vịt;

(4) Trục truyền công suất tới các máy phát hoặc máy phụ;

(5) Khớp nối trục;

(6) Bu lông khớp nối.

2 Các chi tiết chính của hệ trục, trừ các bu lông khớp nối phải được thử không phá hủy như quy định ở 5.1.10, 6.1.10, hoặc 6.2.10 Phần 7A của Quy chuẩn, tùy theo loại vật liệu.

3 Vật liệu chế tạo trục phải có giới hạn bền kéo danh nghĩa nằm trong khoảng 400 đến 800 N/mm^2 và phải nằm trong khoảng 500 đến 800 N/mm^2 đối với các trục có ứng suất dao động xoắn vượt quá 85% của τ_2 nêu ở 8.2.2 của phần này.

Việc sử dụng thép rèn với sức bền kéo danh nghĩa vượt quá 800 N/mm^2 để chế tạo trục phải được Đăng kiểm xem xét riêng.

6.2.2 Trục trung gian

1 Đường kính trục trung gian được chế tạo bằng thép rèn (trừ thép rèn không gỉ v.v...) không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức sau:

$$d_0 = F_1 k_1 \sqrt[3]{\frac{H}{N}\left(\frac{560}{T_s + 160}\right)K}$$

Trong đó:

d_0: Đường kính yêu cầu của trục trung gian (mm);

H: Công suất liên tục lớn nhất của động cơ (kW);

N: Số vòng quay của trục trung gian ở công suất liên tục lớn nhất (vòng/phút);

F_1: Hệ số lấy theo Bảng 3/6.1;

k_1: Hệ số lấy theo Bảng 3/6.2;

T_s: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu làm trục trung gian (N/mm^2). Giới hạn trên của T_s dùng để tính toán chỉ được lấy tới 760 N/mm^2 đối với thép rèn các bon và 800 N/mm^2 đối với thép rèn hợp kim thấp.

K: Hệ số trục rỗng tính theo công thức sau:

$$K = \frac{1}{1 - \left(\frac{d_i}{d_a}\right)^4}$$

d_i : Đường kính trong của trục rỗng (mm);

d_a: Đường kính ngoài của trục rỗng (mm);

Nếu $d_i \leq 0,4\ d_a$, có thể lấy K = 1.

2 Đường kính của trục trung gian được chế tạo từ các vật liệu khác với vật liệu quy định ở -1 trên đây sẽ được Đăng kiểm xem xét riêng.

Bảng 3/6.1 Trị số F_1

Trường hợp máy chính là tua bin hơi nước hoặc tua bin khí được sử dụng làm máy chính, hoặc trường hợp động cơ đốt trong pít tông có khớp nối kiểu trượt (xem chú thích), hoặc hệ đẩy tàu bằng điện	Các trường hợp động cơ đốt trong pít tông khác với ở cột trái
95	100

Chú thích:

Khớp nối kiểu trượt nghĩa là khớp nối thủy lực, khớp điện từ hoặc các khớp nối tương đương.

Bảng 3/6.2 Trị số k_1

Trục có khớp nối bích liền(1)	Trục có khớp nối bích ép nóng, ép nguội hoặc lắp nguội (2)	Trục có rãnh then(3)(4)	Trục có lỗ khoét ngang(5)	Trục có khe khoét dọc(6)	Trục có then trượt(7)
1,0	1,0	1,1	1,1	1,2	1,15

Chú thích:

(1) Bán kính lượn ở chân bích không được nhỏ hơn 0,08 lần đường kính của trục.

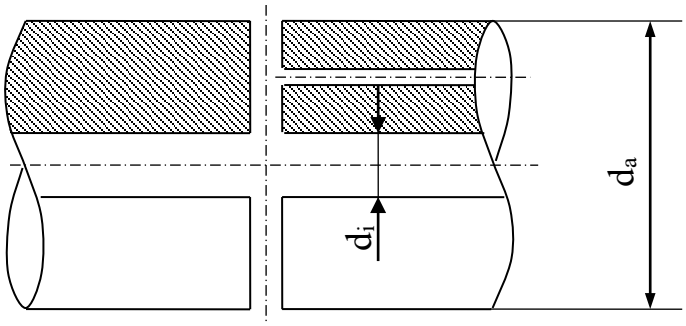
(2) Khi trục có ứng suất dao động xoắn vượt quá 85% của τ_1 nêu trong 8.2.2-1(1) khi hoạt động liên tục, phải tăng đường kính lắp ráp từ 1 đến 2% và phải có bán kính lượn gần bằng độ chênh đường kính ở phần thay đổi đường kính.

(3) Sau một khoảng chiều dài không nhỏ hơn $0,2d_0$ tính từ đầu rãnh then, đường kính của trục có thể được giảm từ từ tới đường kính được tính toán với k_1=1,0.

Bán kính góc lượn ở mặt cắt ngang của đáy rãnh then phải từ $0,0125d_0$ trở lên.

(4) Thông thường, không được sử dụng rãnh then trong trường hợp có vùng vòng quay cấm quy định ở 8.3.

(5) Đường kính lỗ khoét không được lớn hơn $0,3d_0$. Khi lỗ khoét ngang cắt ngang một lỗ dọc trục không nằm ở tâm trục (xem hình dưới), giá trị k_1 phải được xác định bởi Đăng kiểm dựa trên số liệu trình duyệt trong từng trường hợp.



(6) Dạng của khe khoét phải phù hợp với yêu cầu sau. Về nguyên tắc không dùng phương pháp làm tròn mép khác với phương pháp phay. Số lượng của khe khoét phải là 1, 2 hoặc 3 và chúng phải được bố trí cách xa nhau tương ứng 360, 180 hoặc 270 độ.

(a) $l < 0,8d_a$

(b) $d_i < 0,7d_a$

(c) $0,15d_a < e \leq 0,2d_a$

(d) $r \geq e/2$

Trong đó:

l: Chiều dài khe khoét (mm);

d_a: Đường kính ngoài của trục rỗng (mm);

d_i: Đường kính trong của trục rỗng (mm);

e: Chiều rộng khe khoét (mm);

r: Bán kính tròn cuối khe khoét (mm);

(7) Dạng của then trượt phải phù hợp với tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia hoặc JIS B1601 hoặc tiêu chuẩn tương đương khác.

6.2.3 Trục đẩy

1 Đối với trục đẩy truyền mô men xoắn của máy chính, đường kính ở cả hai phía của vành chặn hoặc ở khu vực ổ đỡ dọc trục, nếu như ổ đỡ bi đũa được sử dụng làm ổ đỡ chặn, không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức sau:

$$d_t = 1,1F_1 \sqrt[3]{\frac{H}{N}\left(\frac{560}{T_s + 160}\right)K}$$

Trong đó:

d_t: Đường kính yêu cầu của trục đẩy (mm).

Các ký hiệu khác xem 6.2.2-1.

2 Nếu đường kính trục đẩy quy định ở -1 lớn hơn đường kính của trục trung gian thì đường kính của trục đẩy có thể giảm dần về phía mũi hoặc phía lái của ổ đỡ bằng cách nhân 0,91 với giá trị đường kính tính theo -1.

3 Bán kính lượn ở chân cổ trục đẩy ở cả hai đầu phải không được nhỏ hơn 0,08 lần đường kính của trục.

4 Đường kính trục đẩy được chế tạo từ các vật liệu khác với vật liệu quy định ở -1 trên đây sẽ được Đăng kiểm xem xét riêng.

6.2.4 Trục chân vịt và trục trong ống bao trục

1 Đường kính của trục chân vịt làm bằng thép cácbon rèn hoặc thép hợp kim thấp rèn không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức sau đây.

$$d_s = 100\, k_2 \sqrt[3]{\frac{H}{N}\left(\frac{560}{T_s + 160}\right)K}$$

Trong đó:

d_s: Đường kính yêu cầu của trục chân vịt (mm);

k_2: Hệ số liên quan đến thiết kế trục được quy định ở Bảng 3/6.3;

T_s: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu trục (N/mm^2). Nếu vật liệu làm trục có giới hạn bền kéo danh nghĩa lớn hơn 600 N/mm^2 thì giới hạn trên của trị số T_s dùng để tính toán chỉ được lấy tới 600 N/mm^2.

Các ký hiệu khác xem 6.2.2-1.

Đối với trục chân vịt loại 2 làm bằng thép các bon hoặc thép hợp kim thấp, đường kính của trục được tính theo công thức sau đây:

$$d_s = 100 k_3 \sqrt[3]{\frac{H}{N}}$$

Trong đó:

d_s: Đường kính yêu cầu của trục chân vịt (mm);

H: Công suất liên tục lớn nhất của động cơ (kW);

N: Số vòng quay của trục ở công suất liên tục lớn nhất (vòng/phút);

k_3: Hệ số liên quan đến thiết kế trục được quy định ở Bảng 3/6.4-1.

2 Đường kính của trục chân vịt được chế tạo từ thép rèn không gỉ v.v... không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức sau:

$$d_s = 100 k_3 \sqrt[3]{\frac{H}{N}}$$

Trong đó:

k_3: Hệ số liên quan đến vật liệu trục được quy định ở Bảng 3/6.4.

Các ký hiệu khác xem 6.2.2-1.

Đối với trục chân vịt được chế tạo từ thép rèn không gỉ v.v...khác với loại vật liệu được nêu ở Bảng 3/6.4 thì hệ số k_3 có thể được chọn theo quy định ở Bảng 3/6.4-2. Ngoài ra, trục chân vịt loại 2 cũng có thể áp dụng quy định này.

3 Đường kính trục có thể được giảm bằng độ côn trơn hoặc bằng bán kính lượn được tính gần bằng sự thay đổi của đường kính so với đường kính trục được tính theo công thức ở 6.2.2-1 tại các phần nằm ở phía trước đầu trước của đệm kín ống bao trục. Trong trường hợp trục được chế tạo bằng thép không gỉ, đường kính trục được tính sử dụng T_s = 400 N/mm^2.

4 Đối với tàu có máy chính là động cơ đốt trong pít tông cao tốc, đường kính trục chân vịt có thể áp dụng theo các yêu cầu từ (1) tới (3) dưới đây. Ngoài ra, trong các trường hợp đặc biệt, ví dụ khi tàu dự định sẽ thường xuyên hoạt động trong điều kiện sóng to gió lớn, phải lưu ý đặc biệt đến các đặc điểm có ảnh hưởng tới độ bền.

(1) Định nghĩa "động cơ đốt trong pít tông cao tốc"

Thuật ngữ "động cơ đốt trong pít tông cao tốc" được định nghĩa là các động cơ đồng thời phù hợp các điều kiện sau:

$$\frac{Sn^2}{1{,}8x10^6} \geq 90$$

$$\frac{\pi d_j n}{6{,}0x10^4} \geq 6$$

Trong đó:

S: Hành trình pít tông (mm);

n: Vòng quay của máy ở công suất liên tục lớn nhất (vòng/phút);

d_j: Đường kính cổ trục (mm);

(2) Đường kính yêu cầu của trục chân vịt

Đường kính trục chân vịt không nhỏ hơn giá trị tính theo công thức sau:

$$d_S = 100k_3\sqrt[3]{\frac{H}{N_0}}$$

Trong đó:

d_s: Đường kính yêu cầu của trục chân vịt (mm);

H: Công suất liên tục lớn nhất do động cơ chính phát ra (kW);

No: Số vòng quay của trục ở công suất liên tục lớn nhất (vòng/phút);

k: Hệ số cho trong Bảng 3/6.5. Với trục chân vịt loại 1 hoặc trục trong ống bao loại 1 chế tạo từ thép các bon hoặc thép hợp kim thấp có giới hạn bền kéo lớn hơn 400 N/mm^2, hệ số k có thể được nhân với K_{m1}

$$K_{m1} = \sqrt[3]{\frac{560}{Ts + 160}}$$

T_s: Giới hạn bền kéo (N/mm^2)

(3) Dao động xoắn

Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn τ_1 và τ_2 được tính như sau:

(a) Cho chế độ chạy liên tục, giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn τ_1 với dải vòng quay từ 80% đến 105% vòng quay liên tục lớn nhất tính như sau:

$\tau_1 = A - B\lambda^2$ với $\lambda \leq 0,9$

$\tau_1 = C$ với $(0,9 < \lambda)$

Trong đó:

τ_1: Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn với dải $0,8 < \lambda \leq 1,05$ của vòng quay liên tục lớn nhất (N/mm^2);

λ: Tỷ số số vòng quay trên số vòng quay liên tục lớn nhất;

A, B,C: Các hệ số tùy thuộc vào vật liệu trục cho trong Bảng 3/6.6.

Đối với trục chân vịt loại 1 chế tạo từ thép các bon hoặc thép hợp kim thấp có giới hạn bền kéo vượt quá 400 N/mm^2, các giá trị nhận được từ công thức trên có thể được nhân với K_{m2} sau đây:

$$K_{m2} = \frac{T_s + 160}{560}$$

T_s: giới hạn bền kéo của vật liệu trục (N/mm^2)

(b) Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn với dải vòng quay dưới 80% vòng quay liên tục lớn nhất được tính theo công thức ở dưới đây. Trường hợp ứng suất dao động xoắn vượt quá τ_1, phải chỉ rõ dải vòng quay cấm theo quy định ở 8.3.

$$\tau_2 = 2,3\ \tau_1$$

τ_2: Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn với dải $\lambda \leq 0,8$ vòng quay liên tục lớn nhất (N/mm^2);

τ_1: Giá trị được tính theo công thức ở (a) trên với $\lambda \leq 0,9$ (N/mm^2);

Trong đó: λ là tỷ số số vòng quay trên số vòng quay liên tục lớn nhất.

Bảng 3/6.3 Trị số k_2

Thứ tự	Phạm vi áp dụng		k_2
1	Phần giữa đầu lớn của phần côn của trục chân vịt (trong trường hợp chân vịt được lắp bích, mặt trước của bích) và đầu trước của ổ đỡ sau cùng trong ống bao trục hoặc $2,5d_s$, lấy trị số nào lớn hơn	Đối với mối ghép trục và chân vịt không dùng then hoặc nếu chân vịt được gắn bích liền	1,22
		Đối với trục có rãnh then để lắp chân vịt	1,26
2	Trừ phần trục quy định ở 1 bên trên, phần trục tính về phía mũi tàu cho đến phần trước của đệm kín ống bao trục trước		1,15(1)
3	Trục trong ống bao trục		1,15(1)
4	Phần trục nằm ở phía trước của đầu trước đệm kín ống bao trục trước		1,15

Chú thích:

(1) Tại vùng chuyển tiếp, đường kính trục phải được giảm bằng côn trơn hoặc bán kính lượn gần bằng độ chênh đường kính.

Bảng 3/6.4 Trị số k_3

Thứ tự	Phạm vi áp dụng	SUSF 316 SUS 316-SU	SUSF 316 L SUS 316 L-SU
1	Phần giữa đầu lớn của phần côn của trục chân vịt (trong trường hợp chân vịt được lắp bích, mặt trước của bích) và đầu trước của ổ đỡ sau cùng trong ống bao trục hoặc $2,5d_s$, lấy trị số nào lớn hơn	1,28	1,34
2	Trừ phần trục quy định ở 1 bên trên, phần trục tính về phía trước cho đến phần trước của đệm kín ống bao trục trước	1,16(1)	1,22(1)
3	Phần trục nằm ở phía trước của đầu trước đệm kín ống bao trục trước	1,16	1,22

Chú thích:

(1) Tại vùng chuyển tiếp, đường kính trục phải được giảm bằng côn trơn hoặc bán kính lượn gần bằng độ chênh đường kính.

Bảng 3/6.4-1 Trị số k_3

Thứ tự	Phạm vi áp dụng	k_3
1	Phần từ đầu lớn của phần côn của trục chân vịt (trong trường hợp chân vịt được lắp bích, đầu phía trước của bích) đến đầu trước của ổ đỡ sau cùng hoặc đến $2,5d_s$, lấy trị số nào lớn hơn	1,33
2	Trừ bất kỳ các phần trục quy định ở 1 bên trên, phần trục hướng về phía trước cho đến đầu phía trước của đệm kín ống bao trục phía trước	1,21(1)
3	Phần giữa đầu phía trước của đệm kín ống bao trục phía trước và khớp nối trục trung gian	1,21(2)

Chú thích:

(1) Tại vùng chuyển tiếp, đường kính trục phải được giảm bằng côn trơn hoặc bán kính lượn gần bằng độ chênh đường kính.

(2) Đường kính trục có thể được giảm phù hợp với 6.2.4-3.

Bảng 3/6.4-2 Trị số k_3

Thứ tự	Phạm vi áp dụng	Vật liệu	
		Thép không gỉ Austentic với giới hạn chảy quy ước lớn hơn 205 N/mm^2	Thép lắng không gỉ mác ten xít với giới hạn chảy quy ước lớn hơn 400 N/mm^2
1	Phần từ đầu lớn của phần côn của trục chân vịt (trong trường hợp chân vịt được lắp bích, đầu phía trước của bích) đến đầu trước của ổ đỡ sau cùng hoặc đến $2,5d_s$, lấy trị số nào lớn hơn	1,28	1,05
2	Trừ bất kỳ các phần trục quy định ở 1 bên trên, phần trục hướng về phía trước cho đến đầu phía trước của đệm kín ống bao trục phía trước	1,16(1)	0,94(1)
3	Phần giữa đầu phía trước của đệm kín ống bao trục phía trước và khớp nối trục trung gian	1,16(2)	0,94(2)

Chú thích:

(1) Tại vùng chuyển tiếp, đường kính trục phải được giảm bằng côn trơn hoặc bán kính lượn gần bằng độ chênh đường kính.

(2) Đường kính trục có thể được giảm phù hợp với 6.2.4-3.

Bảng 3/6.5 Hệ số k

Thép các bon hoặc thép hợp kim thấp		SUSF316 SUS316-SU	SUSF316L SUS316L-SU	Thép lắng không rỉ mác ten xít
Loại 1	Loại 2			
1,00	1,05	1,03	1,08	0,85

Bảng 3/6.6 Trị số A,B,C

	Thép các bon hoặc thép hợp kim thấp		Thép không rỉ Austentic		Thép lắng không rỉ mác ten xít
	Trục loại 1	Trục loại 2	SUSF316 SUSF316-SU	SUSF316L SUSF316L-SU	
A	24,5	21,0	26,4	24,4	39,6
B	24,3	20,0	27,1	25,3	39,0
C	4,8	4,8	4,5	3,9	8,1

Chú thích:

Nếu vật liệu khác vật liệu trên, các trị số do Đăng kiểm xem xét trong từng trường hợp.

6.2.5 Các trục khác

Đường kính của các trục truyền công suất vào máy phát điện hoặc máy phụ có công dụng quan trọng phải phù hợp với những yêu cầu quy định ở 6.2.2.

6.2.6 Đánh giá chi tiết về độ bền

Nói chung, Đăng kiểm có thể xem xét và chấp thuận các giá trị đường kính trục được tính toán không tuân theo các yêu cầu ở 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4 và 6.2.5, nếu như có các tài liệu và bản tính chi tiết trình cho Đăng kiểm và được Đăng kiểm cho là phù hợp.

6.2.7 Bảo vệ chống ăn mòn cho trục chân vịt

1 Trục chân vịt loại 1 phải được bảo vệ hiệu quả chống lại sự ăn mòn của nước (nước biển, nước ngọt bên trong và nước ngọt bên ngoài tàu. Sau đây được gọi tương tự trong Chương này) bằng các biện pháp thích hợp theo các yêu cầu từ (1) đến (3):

(1) Bảo vệ có hiệu quả trục chân vịt chống lại sự tiếp xúc với nước bằng phương pháp được Đăng kiểm xem xét, thống nhất.

(2) Dùng các vật liệu SUSF316, SUSF316L, SUS316-SU hoặc SUS316L-SU được quy định ở Phần 7A cho các trục có đường kính không vượt quá 200 mm.

(3) Dùng vật liệu chịu ăn mòn khác với các vật liệu quy định ở (2) được Đăng kiểm xem xét, thống nhất.

2 Phải có các phương tiện có hiệu quả để đảm bảo ngăn ngừa nước thâm nhập vào phần giữa đầu sau của áo trục chân vịt hoặc đầu sau của ổ đỡ phía sau cùng trong ống bao và củ chân vịt.

3 Khoảng không gian giữa mũ chân vịt hoặc củ chân vịt và trục chân vịt phải được điền mỡ, hoặc phải có biện pháp hữu hiệu khác để bảo vệ trục chống lại sự ăn mòn của nước.

6.2.8 Áo trục chân vịt

1 Áo trục được lắp vào trục chân vịt phải thỏa mãn những yêu cầu quy định từ (1) đến (3) sau đây:

(1) Chiều dày của áo trục không được nhỏ hơn giá trị tính theo công thức sau:

$t_1 = 0{,}03d_s + 7{,}5$

$$t_2 = \frac{3}{4}t_1$$

Trong đó:

t_1: Chiều dày của áo trục ở vùng ổ đỡ ống bao trục hoặc ổ đỡ trong giá đỡ tiếp xúc với bề mặt ổ đỡ (mm);

t_2: Chiều dày của áo trục ở các phần còn lại (mm);

d_s: Đường kính yêu cầu của trục chân vịt tính theo công thức ở 6.2.4 (mm);

(2) Áo trục phải làm bằng đồng thanh hoặc bằng những vật liệu tương đương và không được có vết rỗ và những khuyết tật khác;

(3) Áo trục phải được lắp vào trục theo phương pháp không tập trung ứng suất, như kiểu lắp co ngót v.v...

6.2.9 Cố định chân vịt vào trục

1 Nếu chân vịt được lắp ép vào trục chân vịt thì bề mặt lắp ghép phải đủ độ bền để chịu được mô men xoắn truyền qua trục.

2 Nếu dùng then để cố định chân vịt vào trục thì các góc của rãnh then phải được lượn tròn thích đáng và then phải được lắp khít vào rãnh then. Đầu trước của rãnh then trên trục chân vịt phải được lượn tròn đều để tránh tập trung ứng suất quá mức.

3 Nếu chân vịt và mặt bích trục chân vịt được nối với nhau bằng bu lông thì các bu lông và chốt bu lông phải đủ bền.

4 Chiều dày mặt bích phía sau của trục chân vịt tại vòng chia không được nhỏ hơn 0,27 lần đường kính của trục trung gian (được tính với k_1 = 1,0 , K = 1,0 và T_s = 400) quy định ở 6.2.2.

6.2.10 Ổ đỡ trong ống bao và ổ đỡ trong giá đỡ trục

1 Ổ đỡ sau cùng trong ống bao hoặc ổ đỡ ở giá đỡ trục đỡ trọng lượng chân vịt phải thỏa mãn các yêu cầu quy định từ (1) đến (3) dưới đây:

(1) Trường hợp ổ đỡ được bôi trơn bằng dầu:

(a) Đối với trường hợp ổ đỡ làm bằng kim loại trắng

(i) Chiều dài ổ đỡ không được nhỏ hơn 2 lần đường kính yêu cầu của trục chân vịt tính theo công thức ở 6.2.4-1 hoặc 6.2.4-2. Tuy nhiên, khi áp suất danh nghĩa của ổ đỡ (được xác định theo tính toán phản lực tĩnh lên ổ đỡ có tính đến trọng lượng trục và trọng lượng chân vịt, được coi là chỉ tác dụng lên ổ đỡ phía sau chia cho diện tích hình chiếu của trục lên ổ đỡ, sau đây được gọi tương tự trong chương này) không quá 0,8 MPa và cần xem xét đặc biệt khi kết cấu và bố trí theo quy định khác, phải được Đăng kiểm phê duyệt riêng, chiều dài của ổ trục có thể ngắn hơn đáng kể so với quy định trên. Tuy nhiên, chiều dài tối thiểu không được nhỏ hơn 1,5 lần đường kính thực tế của trục chân vịt.

(ii) Ống bao trục chân vịt phải luôn được chứa đầy dầu. Phải trang bị phương tiện thích hợp để đo nhiệt độ của dầu trong ống bao trục chân vịt.

(iii) Nếu bố trí két trọng lực để cấp dầu bôi trơn cho ổ đỡ trong ống bao, thì két phải được đặt phía trên đường nước chở hàng và phải trang bị thiết bị báo động mức dầu thấp. Tuy nhiên, nếu hệ thống bôi trơn được thiết kế để sử dụng trong điều kiện áp suất tĩnh của dầu ở két trọng lực thấp hơn áp lực nước, thì két không cần phải nằm trên đường nước chở hàng.

(iv) Dầu bôi trơn phải được làm mát bằng cách ngâm ống bao trục trong nước của két đuôi hoặc bằng biện pháp thích hợp khác.

(b) Đối với trường hợp ổ đỡ làm bằng vật liệu không phải là kim loại trắng

(i) Vật liệu, kết cấu và bố trí phải được Đăng kiểm xem xét, thống nhất;

(ii) Đối với ổ đỡ được làm bằng cao su tổng hợp, nhựa hoặc chất dẻo được duyệt để sử dụng trong ống bao trục bôi trơn bằng dầu thì chiều dài của ổ đỡ không được nhỏ hơn 2 lần đường kính của trục chân vịt tính theo công thức 6.2.4-1 hoặc 6.2.4-2. Tuy nhiên chiều dài của ổ đỡ không được ngắn hơn 1,5 lần đường kính thực của trục chân vịt.

(iii) Bất kể yêu cầu ở (ii) trên, Đăng kiểm có thể cho phép sử dụng ổ đỡ có áp lực danh nghĩa lớn hơn 0,6 MPa nếu chứng minh được vật liệu được thử nghiệm thỏa đáng và đã trải qua quá trình hoạt động.

(2) Trường hợp ổ đỡ trục chân vịt được bôi trơn bằng nước:

(a) Vật liệu, kết cấu và bố trí phải được Đăng kiểm xem xét, thống nhất;

(b) Chiều dài của ổ đỡ không được nhỏ hơn 4 lần đường kính trục tính theo công thức 6.2.4-1 hoặc 6.2.4-2, hoặc 3 lần đường kính thực, lấy trị số nào lớn hơn. Tuy nhiên, nếu ổ đỡ được làm bằng vật liệu tổng hợp, như là cao su hoặc nhựa được duyệt để sử dụng trong ống bao trục được bôi trơn bằng nước và cần xem xét đặc biệt đối với kết cấu và bố trí ổ đỡ theo các quy định riêng khác, tuy vậy, chiều dài tối thiểu phải không ít hơn hai lần so với đường kính yêu cầu của trục chân vịt được đưa ra bởi các công thức theo 6.2.4-1 hoặc -2, hoặc 1,5 lần đường kính thực tế, tùy theo giá trị nào lớn hơn.

(3) Trường hợp ổ trục được bôi trơn bằng mỡ

Trong trường hợp đường kính thực tế của trục chân vịt không lớn hơn 100 mm, có thể sử dụng ổ đỡ bôi trơn bằng mỡ. Chiều dài của ổ đỡ không được nhỏ hơn 4 lần chiều dài đường kính trục chân vịt yêu cầu được tính theo công thức ở 6.2.4-1 hoặc -2.

2 Trừ thiết bị làm kín nước kiểu hộp bích nén tết, các thiết bị làm kín khác phải được Đăng kiểm duyệt về vật liệu, kết cấu và bố trí.

6.2.11 Những yêu cầu bổ sung đối với trục chân vịt loại 1C

Phải có phương tiện để đảm bảo đầy đủ tính nguyên vẹn của các ổ đỡ trong ống bao trục, phù hợp với những yêu cầu khác của Đăng kiểm, nếu trục chân vịt là trục loại 1C.

6.2.12 Khớp nối trục và bu lông khớp nối

1 Đường kính của bu lông khớp nối tại mặt phẳng lắp ghép của khớp nối phải không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức sau:

$$d_b = 0{,}65\sqrt{\frac{d_0^3(T_s + 160)}{nDT_b}}$$

Trong đó:

d_b: Đường kính bu lông (mm);

d_0: Đường kính của trục trung gian tính với k_1= 1,0 và K = 1,0 theo công thức ở 6.2.2 (mm);

n: Số bu lông;

D: Đường kính vòng chia (mm);

T_s: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu làm trục trung gian được lấy để tính toán theo công thức ở 6.2.2;

T_b: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu làm bu lông (N/mm^2), nói chung $T_s \leq T_b \leq 1,7T_s$ và giới hạn trên của T_b được sử dụng trong tính toán chỉ được lấy tối đa là 1000 N/mm^2.

2 Chiều dày của mặt bích nối tại vòng chia phải không được nhỏ hơn đường kính yêu cầu của bu lông tính theo công thức ở -1 với giả thiết các bu lông phải có độ bền phù hợp với vật liệu làm trục tương ứng. Tuy nhiên, chiều dày đó không được nhỏ hơn 0,2 lần đường kính của trục tương ứng.

3 Bán kính góc lượn ở chân mặt bích phải không được nhỏ hơn 0,08 lần đường kính của trục và khu vực lắp đai ốc và bu lông không được khoét vào góc lượn này.

4 Nếu các khớp nối trục không liền với trục thì chúng phải đủ bền để chịu được mô men xoắn truyền vào trục và chịu được cả lực kéo khi chạy lùi. Trong trường hợp này, phải xem xét kỹ để tránh gây ra tập trung ứng suất lớn.

6.2.13 Định tâm trục

Đối với hệ trục chân vịt có trục chân vịt bôi trơn bằng dầu với đường kính không nhỏ hơn 400 mm, việc tính toán định tâm hệ trục phải được thực hiện và trình duyệt bao gồm mômen uốn, tải trọng ổ đỡ, đường cong biến dạng của trục.

6.3 Thử nghiệm

6.3.1 Thử tại xưởng

1 Các chi tiết sau phải được thử thủy lực với áp suất quy định sau đây:

(1) Ống bao trục: 0,2 MPa;

(2) Áo trục chân vịt: 0,1 MPa (phải tiến hành thử trước khi lắp co ngót).

6.3.2 Thử sau khi lắp lên tàu

1 Sau khi lắp đặt lên tàu, thiết bị đệm kín ống bao trục nêu ở 6.2.10-2 phải được thử rò rỉ trong điều kiện áp suất làm việc của dầu bôi trơn hoặc nước ngọt bôi trơn.

2 Đối với hệ trục chân vịt (trừ các hệ thống đẩy kiểu phụt hoặc hệ đẩy kiểu xoay), việc kiểm tra xác nhận liên quan đến định tâm đường trục phải được thực hiện phù hợp với các yêu cầu khác của Đăng kiểm.

CHƯƠNG 7 CHÂN VỊT

7.1 Quy định chung

7.1.1 Phạm vi áp dụng

Những yêu cầu trong Chương này được áp dụng cho chân vịt loại xoắn vít.

7.1.2 Bản vẽ và tài liệu

1 Nói chung, các bản vẽ và tài liệu trình cho Đăng kiểm, bao gồm:

(1) Bản vẽ

(a) Chân vịt;

(b) Sơ đồ đường ống dầu của chân vịt biến bước có chỉ rõ vật liệu làm ống, kích cỡ ống và áp suất làm việc;

(c) Bu lông cố định cánh của chân vịt biến bước.

(2) Tài liệu

(a) Các thông số của chân vịt (công suất liên tục lớn nhất và số vòng quay (vòng/phút) liên tục lớn nhất của máy chính, các chi tiết của prôfin cánh, đường kính, bước, diện tích khai triển, tỷ số bước chân vịt, độ nghiêng hoặc góc nghiêng, số lượng cánh, khối lượng, mô men quán tính, các đặc tính kỹ thuật của vật liệu v.v...);

(b) Bản tính chiều dài lắp ép chân vịt lên trục (chỉ yêu cầu khi lắp chân vịt không dùng then).

7.1.3 Vật liệu

1 Vật liệu chế tạo chân vịt và bu lông cố định cánh của chân vịt biến bước phải thỏa mãn những yêu cầu quy định ở Phần 7A của Quy chuẩn.

2 Các phần chính của chân vịt phải được kiểm tra bằng phương pháp không phá hủy.

7.2 Kết cấu và độ bền

7.2.1 Chiều dày cánh

1 Chiều dày cánh chân vịt tại bán kính 0,25R và 0,6R (R là bán chính của chân vịt) đối với chân vịt định bước và tại bán kính 0,35R và 0,6R đối với chân vịt biến bước không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức dưới đây. Chiều dày của cánh chân vịt có độ nghiêng lớn phải thỏa mãn các yêu cầu ở -2 dưới đây.

$$t = \sqrt{\frac{K_1}{K_2}\frac{H}{ZNI}SW}$$

Trong đó:

t: Chiều dày cánh (trừ góc lượn của chân cánh) (cm);

H: Công suất liên tục lớn nhất của máy chính (kW);

Z: Số cánh;

N: Số vòng quay liên tục lớn nhất chia cho 100 (vòng/phút/100);

l: Chiều rộng của cánh tại bán kính đang xét (cm);

K_1: Hệ số tính theo công thức sau đây tại bán kính đang xét:

$$K_1 = \frac{30,3}{\sqrt{1 + k_1\left(\frac{P'}{D}\right)^2}}\left(k_2\frac{D}{P} + k_3\frac{P'}{D}\right)$$

D: Đường kính chân vịt (m);

k_1, k_2, k_3: Các hệ số lấy theo Bảng 3/7.1;

P ': Bước tại bán kính đang xét (m);

P: Bước tại bán kính 0,7R (m);

K_2: Hệ số được tính theo công thức sau:

$$K_2 = K - \left(k_4\frac{E}{t_o} + k_5\right)\frac{D^2N^2}{1000}$$

k_4, k_5: Các hệ số tra theo Bảng 3/7.1

E: Độ nghiêng tại đầu mút cánh (đo từ đường chuẩn mặt bên và lấy giá trị dương đối với độ nghiêng theo chiều ngược) (cm);

t_o: Chiều dày giả định của cánh tại đường tâm của trục chân vịt (t_o có thể nhận được nhờ kéo dài từng đường mép nối chiều dày đỉnh cánh với chiều dày cánh ở 0,25R (hoặc 0,35R đối với chân vịt biến bước), tại hình chiếu của tiết diện cánh dọc theo đường chiều dày cánh lớn nhất (cm);

K: Hệ số phụ thuộc loại vật liệu chân vịt được cho trong Bảng 3/7.2;

S: Hệ số liên quan đến tăng ứng suất do thời tiết. Nếu S > 1,0 thì S lấy bằng 1,0; Nếu S < 0,8 thì giá trị của S lấy bằng 0,80

$$S = 0,095\left(\frac{D_s}{d_s}\right) + 0,677$$

D_s: Chiều cao mạn để tính sức bền của tàu (xem 1.2.25 Phần 1A của Quy chuẩn);

d_s: Chiều chìm chở hàng (xem1.2.30 Phần 1A của Quy chuẩn);

W: Hệ số liên quan đến ứng suất đổi dấu, được lấy bằng giá trị tính theo công thức dưới đây hoặc 2,80, lấy giá trị lớn hơn.

$$W = 1 + 1{,}724\left(\frac{A_2A_3 + A_4A_1P'/D}{A_3 + A_4P'/D}\right)$$

Bảng 3/7.1 Trị số k_1, k_2, k_3, k_4, k_5

Vị trí theo hướng kính	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
0,25R	1,62	0,386	0,239	1,92	1,71
0,35R	0,827	0,308	0,131	1,79	1,56
0,60R	0,281	0,113	0,022	1,24	1,09

$$A_1 = \frac{\Delta\omega}{\omega + C_1}$$

$$A_2 = \frac{\Delta\omega}{\omega + C_2}$$

$$A_3 = \frac{(C_1+1)(C_2+\omega)}{C_3(C_3+1)(C_1+\omega)}$$

$$A_4 = \begin{cases} 3{,}52 & \text{tại 0.25R} \\ 2{,}41 & \text{tại 0.35R} \\ 1{,}26 & \text{tại 0.6R} \end{cases}$$

$$C_1 = \frac{D}{0{,}95P}\left\{\frac{P}{D}\left(1{,}3 - \frac{2a_e}{Z}\right) + 0{,}22\right\} - 1$$

$$C_2 = \frac{D}{0{,}95P}\left(1{,}1\frac{P}{D} - \frac{1{,}19a_e}{Z} + 0{,}2\right) - 1$$

$$C_3 = 0{,}122\frac{P}{D} + 0{,}0236$$

a_e: Tỷ số diện tích khai triển của chân vịt;

ω: Nước kèm trung bình định mức ở đĩa chân vịt;

$\Delta\omega$: Giá trị cực đại của dao động nước kèm ở đĩa chân vịt tại bán kính 0,7R. Giá trị của ω và $\Delta\omega$ phải được tính toán theo công thức dưới đây, trừ trường hợp tàu nhiều chân vịt hoặc tàu được Đăng kiểm xem xét riêng.

$$\Delta\omega = 7{,}32\left\{1{,}56 - 0{,}04\left(\frac{B}{D} + 4\right)\sqrt{\frac{B}{d_s}} - C_b\right\}\omega$$

$$\omega = 0{,}625\left\{0{,}04\left(\frac{B}{D} + 4\right)\sqrt{\frac{B}{d_s}} + c_b\right\} - 0{,}527$$

B: Chiều rộng của tàu (m);

C_b: Hệ số béo thể tích của tàu.

Bảng 3/7.2 Trị số K

Vật liệu		K
Vật đúc bằng hợp kim đồng	HBsC1	1,15
	HBsC2	
	AlBC3	1,30
	AlBC4	1,15
Thép rèn không gỉ làm chân vịt	SCSP1, SCSP2, SCSP3	1,0
	SCSP4	0,9

Chú thích:

(1) Đối với cánh làm bằng vật liệu khác với các vật liệu trong Bảng trên thì giá trị K sẽ được Đăng kiểm xem xét phù hợp.

(2) Đối với chân vịt có đường kính từ 2,5 m trở xuống, trị số K có thể lấy như giá trị ở Bảng trên nhân với các hệ số sau đây:

2 - 0,4D đối với 2,0 < D ≤ 2,5

1,2 đối với D ≤ 2,0

2 Chiều dày các cánh của chân vịt có độ nghiêng lớn, tùy thuộc vào góc nghiêng (góc ở bản vẽ triển khai cánh, giữa đường nối tâm trục chân vịt với điểm ở mép cuối cánh trên đường tâm của chiều rộng cánh với đường tiếp tuyến được vẽ từ đường tâm trục chân vịt đến đường tâm của chiều rộng cánh (xem Hình 3/7.1)) phải thỏa mãn các yêu cầu ở (1) hoặc (2) dưới đây :

(1) Trường hợp góc nghiêng lớn hơn 25 độ nhưng nhỏ hơn hoặc bằng 60 độ

(a) Chiều dày cánh tại đường kính 0,25R (0,35R đối với chân vịt biến bước) và 0,6R phải không được nhỏ hơn các giá trị thu được của tích số các giá trị được tính ở công thức nêu ở -1 trên với hệ số A dưới đây:

$$A = 1 + B\frac{\theta - 25^0}{60^0}$$

Trong đó:

θ là góc nghiêng (độ)

B: 0,2 ở 0,25R (hoặc 0,35R đối với chân vịt biến bước) và 0,6 ở 0,6R

(b) Chiều dày cánh t_x ở bán kính bất kỳ giữa 0,6R và 0,9R không được nhỏ hơn giá trị được xác định bằng công thức dưới đây. Ngoài ra, chiều dày này phải đảm bảo đủ độ bền để chịu các tải tác động trong quá trình điều động đảo chiều …

$$t_x = 0{,}003D + \frac{(1-x)(t_{0,6} - 0{,}003D)}{0{,}4} \text{ (mm)}$$

Trong đó:

D: Đường kính chân vịt (mm)

x: Tỷ số của bán kính (bằng 2r/D, trong đó r là bán kính (mm))

$t_{0,6}$: chiều dày cánh ở 0,6R được quy định ở (a) bên trên (mm).

(2) Trường hợp góc nghiêng vượt quá 60 độ

Tùy thuộc vào bản tính chính xác của độ bền chân vịt do cơ sở chế tạo hoặc nhà thiết kế trình, chiều dày cánh phải được Đăng kiểm xác định trong từng trường hợp cụ thể.

3 Bán kính góc lượn giữa chân của cánh và củ chân vịt không được nhỏ hơn giá trị R_o tính theo công thức sau tại mặt đạp ở phần cánh có chiều dày lớn nhất:

$$R_o = t_r + \frac{(e - r_B)(t_o - t_r)}{e}$$

Trong đó:

R_o: Bán kính yêu cầu của góc lượn (cm);

t_r: Chiều dày yêu cầu của cánh ở bán kính 0,25R (hoặc 0,35R đối với chân vịt biến bước) quy định ở -1 trên (cm);

t_o: Như quy định ở -1 trên;

r_B : Tỷ số củ của chân vịt (r_B : tỷ số giữa đường kính củ chân vịt đo ở mặt phẳng giữa vuông góc với tâm trên đường kính chân vịt);

e: 0,25 (hoặc 0,35 áp dụng cho chân vịt biến bước).

4 Bất kể các yêu cầu ở -1 đến -3 trên, khi đã có các tài liệu chi tiết và bản tính được trình cho Đăng kiểm và được Đăng kiểm cho là phù hợp, chiều dày của cánh hoặc bán kính của góc lượn sẽ được xem xét riêng.

7.2.2 Chân vịt biến bước

1 Chiều dày cánh của chân vịt biến bước và bán kính góc lượn giữa chân cánh và củ chân vịt phải thỏa mãn những yêu cầu quy định ở 7.2.1.

2 Đường kính của bu lông cố định cánh chân vịt biến bước phải không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức sau đây. Tuy nhiên, trường hợp có tài liệu được trình mà Đăng kiểm thấy phù hợp và có thể chứng minh rằng các bu lông cố định cánh thỏa mãn các yêu cầu về độ bền quy định trong Quy chuẩn thì có thể bỏ qua yêu cầu này:

$$d = 0,55\sqrt{\frac{1}{\sigma_a n}\left(\frac{AK_3}{L} + F_c\right)}$$

Trong đó:

d: Đường kính yêu cầu của bu lông cố định cánh (mm) (xem Hình 3/7.2);

A: Trị số tính theo công thức sau đây, trong đó H, N và Z phải bằng trị số quy định ở 7.2.1.

$$A = 3{,}0 \times 10^4 \frac{H}{NZ}$$

K_3: Trị số tính theo công thức sau:

$$K_3 = \left\{ \left(\frac{D}{P}\right)^2 x(0{,}622 - 0{,}9x_0)^2 + (0{,}318 - 0{,}499x_0)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

x_0: Tỷ số của bán kính từ đường tâm của trục chân vịt đến tại đường biên giữa bích cánh và cơ cấu điều khiển bước và bán kính chân vịt (xem Hình 3/7.2). Nếu $x_0 > 0{,}3$ thì tỷ số này được lấy bằng 0,3;

L: Giá trị trung bình của L_1 và L_2 (cm);

Trong đó L_1 và L_2 là chiều dài của hai đường vuông góc vẽ đến đường qua tâm quay của bích cánh và có góc nghiêng tương ứng với góc bước β tại 0,7R ở công suất liên tục lớn nhất tính từ đường tâm của bu lông đặt ở phía mép ở phía bề mặt khi góc bước là β. (Xem Hình 3/7.3);

F_c: Lực ly tâm (N) của cánh chân vịt tính theo công thức sau:

$F_c = 1{,}10 \times mR'N^2$

m: Khối lượng của một cánh (kg);

R': Khoảng cách giữa trọng tâm của cánh và đường tâm trục chân vịt (cm);

n: Số bu lông ở mặt bên của cánh;

σ_a: Ứng suất cho phép của vật liệu bu lông (N/mm^2) tính theo công thức sau đây:

$$\sigma_a = 34{,}7x\left(\frac{\sigma_B + 160}{600}\right)$$

σ_B: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu làm bu lông (N/mm^2). Nếu $\sigma_B > 800$ (N/mm^2) thì chỉ được lấy σ_B bằng 800 (N/mm^2)

Các ký hiệu khác xem ở công thức ở 7.2.1-1.

3 Đối với bu lông cố định cánh phải sử dụng vật liệu chịu ăn mòn hoặc phải có phương pháp hữu hiệu để bu lông không tiếp xúc trực tiếp với nước biển.

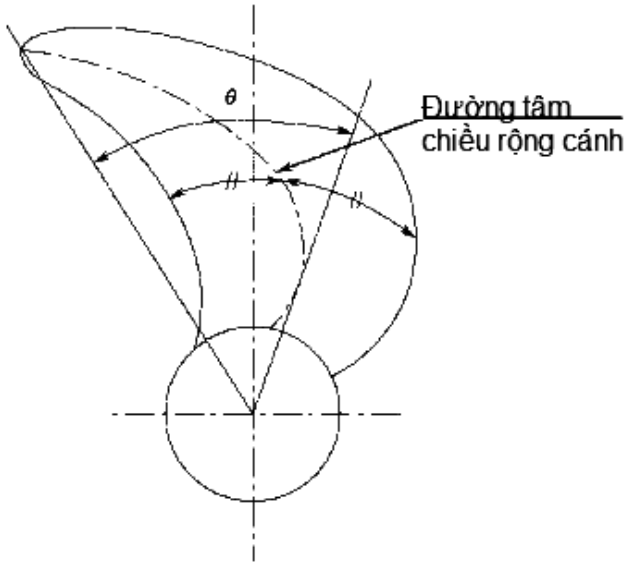
4 Chiều dày của bích để lắp cánh chân vịt vào cơ cấu điều khiển bước (chiều dày đo từ mặt tiếp xúc của bu lông cố định hoặc ê cu đến mặt bao giữa bích và cơ cấu điều khiển bước) phải không được nhỏ hơn trị số tính theo công thức sau:

$t_f = 0{,}9d$

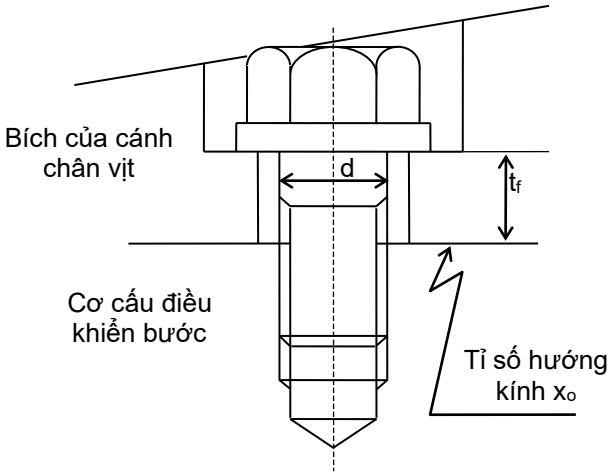
Trong đó:

t_f: Chiều dày bích (mm) (xem Hình 3/7.2);

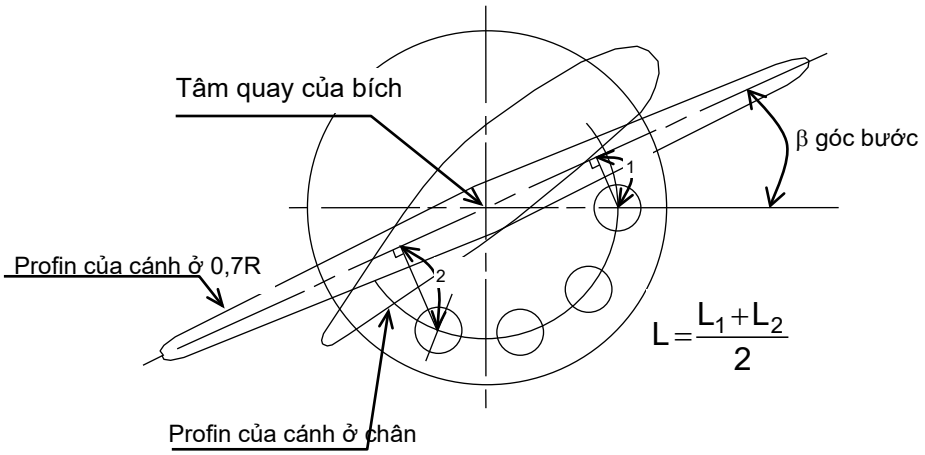
d: Đường kính quy định của bu lông được tính theo công thức ở -2 (mm).



Hình 3/7.1 Định nghĩa về góc nghiêng



Hình 3/7.2 Phương pháp đo kích thước của bu lông cố định cánh



Hình 3/7.3 Xác định kích thước của L

5 Bu lông cố định cánh phải được lắp chặt vào cơ cấu điều khiển bước và được hãm tốt.

6 Trong trường hợp nếu như lỗ bắt bu lông nằm đúng vào góc lượn của chân cánh thì tiết diện cánh thiết kế được xác định với các yêu cầu về chiều dày cánh quy định ở 7.2.1 không được giảm đi do lỗ khoét.

7 Bề mặt bích của cánh phải được lắp chặt vào bề mặt của cơ cấu điều khiển bước và khe hở vòng của mép ngoài của bích phải là nhỏ nhất.

8 Nếu cơ cấu điều khiển bước làm việc bằng bơm dầu thủy lực, thì phải trang bị thêm một bơm dầu dự phòng được đấu vào hệ thống để sẵn sàng sử dụng hoặc một thiết bị thích hợp khác, để đảm bảo tàu vẫn giữ được điều kiện làm việc bình thường trong trường hợp bơm dầu chính bị hỏng.

9 Việc bố trí đường ống dầu thủy lực phải thỏa mãn yêu cầu quy định ở 13.10.

7.2.3 Cố định cánh của chân vịt kiểu cánh rời

Bu lông cố định cánh và bích để lắp cánh của chân vịt kiểu cánh rời phải được thiết kế thỏa mãn các yêu cầu như đối với chân vịt biến bước quy định ở 7.2.2.

7.3 Lắp ép chân vịt

7.3.1 Chiều dài lắp ép chân vịt

1 Nếu chân vịt được ép vào trục chân vịt trong mối ghép không dùng then, chiều dài lắp ép phải phù hợp với (1) đến (3) sau:

(1) Chiều dài lắp ép phải nằm trong phạm vi giới hạn tối thiểu và giới hạn tối đa tính theo công thức sau đây. Tuy nhiên, độ côn không được lớn hơn 1/15 và phải được xem xét riêng đối với trường hợp chân vịt được lắp ép vào trục chân vịt qua áo lót trục.

$$L_1 = PK_E + K_c(C_b - C_0)$$

$$L_2 = K_E K_W \frac{(K_{R1}^2 - 1)}{\sqrt{(3K_{R1}^4 + 1)}} + K_c(C_b - C_0)$$

$$L_3 = 19{,}6K_E(K_{R1}^2 - 1) + K_c(C_b - C_0)$$

Trong đó:

L_1: Giới hạn tối thiểu của đoạn ép căng chân vịt để chống trượt ở nhiệt độ tham chiếu 35°C (mm);

L_2: Giới hạn tối đa của đoạn ép căng chân vịt để ngăn ngừa biến dạng có hại ở nhiệt độ tham chiếu 0°C (mm) (nếu khác với trường hợp L_3 đưa ra dưới đây);

L_3: Giới hạn tối đa của đoạn ép căng chân vịt để ngăn ngừa biến dạng có hại ở nhiệt độ tham chiếu 0°C (mm) (trong trường hợp vật liệu của củ chân vịt là đồng thanh mănggan đúc và $K_{R1} < 1{,}89$);

K_w: Giá trị được tính ở công thức dưới đây. Đối với gang, giá trị này không được vượt quá 30% của giới hạn bền kéo danh nghĩa.

$K_W = 0,7\sigma_{0,2}$

Trong đó $\sigma_{0,2}$ là giá trị 0,2% giới hạn chảy của vật liệu củ chân vịt quy định ở Bảng 3/7.3 (N/mm^2).

Bảng 3/7.3 0,2% giới hạn chảy của vật liệu củ chân vịt

Vật liệu củ chân vịt	0,2% giới hạn chảy
HBsC1	175
HBsC2	
AlBC3	245
AlBC4	275

Lưu ý:

Đối với vật liệu khác với vật liệu cho trong Bảng trên thì giá trị sẽ do Đăng kiểm xem xét phù hợp.

K_{R1}: Tỷ số của R_1 trên R_0 (R_1/R_0);

K_{R2}: Tỷ số của R_2 trên R_0 (R_2/R_0);

R_0: Bán kính của trục chân vịt tại điểm giữa của đoạn côn theo hướng dọc trục (mm);

R_1: Bán kính của củ chân vịt tại điểm xác định tỷ số củ chân vịt (mm);

R_2: Bán kính trong tại mặt cắt tương ứng với R_o đối với trục chân vịt rỗng (mm);

C_b: Nhiệt độ của củ chân vịt tại thời điểm lắp ráp chân vịt (°C);

C_0: Nhiệt độ tham chiếu được cho như sau: 35°C đối với L_1 (tại đó không gian giữa củ chân vịt và trục có xu hướng lỏng) và 0°C đối với L_2 và L_3 (tại đó không gian giữa củ chân vịt và trục có xu hướng co lại).

P: Trị số áp lực bề mặt yêu cầu tối thiểu tính theo công thức sau (N/mm^2):

q: Hệ số an toàn không được nhỏ hơn 2,8 để ngăn ngừa trượt ma sát ở nhiệt độ tham chiếu 35^{0}C

S: Diện tích tiếp xúc giữa trục chân vịt và củ chân vịt trên bản vẽ (mm^2);

α: Nửa góc của đoạn côn tại phần côn của trục chân vịt (Rađian);

B: Giá trị tính bởi công thức sau:

$B = \mu^2 - q^2 tg^2\alpha$

μ: Hệ số ma sát, bằng 0,13

T: Lực đẩy tính theo công thức sau (N);

T =1,76 x10^3 (H/V_s).

V_s: Tốc độ tàu ở công suất liên tục lớn nhất (hải lý/giờ)

F_v: Lực tiếp tuyến tác dụng lên bề mặt tiếp xúc (N) được tính theo công thức sau:

$$F_v = \frac{9,55cH}{NR_0} x10^4$$

c: Giá trị tính theo công thức sau:

i) Đối với tàu sử dụng tua bin hơi nước hoặc tua bin khí làm máy chính, dẫn động bằng động cơ đốt trong pít tông qua động hộp số và dẫn động điện, và dẫn động bằng động cơ đốt trong pít tông truyền động trực tiếp qua khớp nối điện từ, thủy lực hoặc có độ đàn hồi cao: c = 1,0

ii) Đối với dẫn động bằng động cơ đốt trong pít tông (trừ trường hợp nêu ở i) trên): c = 1,2 hoặc giá trị tính theo công thức sau, lấy trị số nào lớn hơn. Tuy nhiên, nếu mô men xoắn cực đại tác dụng lên phần lắp chân vịt được xác định chính xác thỏa mãn Đăng kiểm thì nó có thể tuân theo các quy định khác.

$$c = (0,194 \ln D + 0,255)\left\{\left(\frac{N_c}{N}\right)^2 + 1,047\frac{Q_v N}{H} x10^{-2}\right\}$$

Q_v: Mô men dao động xoắn tác dụng lên phần lắp chân vịt tại vòng quay cộng hưởng lớn hơn 25% vòng quay liên tục lớn nhất, (Nm);

H, N, D: Tương tự như nêu ở 7.2.1-1. Tuy nhiên D được lấy là 2,6 m cho chân vịt có đường kính D < 2,6 m và lấy D = 10,2 đối với chân vịt có đường kính D > 10,2 m;

N_c: Số vòng quay (vòng/phút) cộng hưởng chia cho 100;.

K_E: Trị số tính theo công thức sau (mm^3/N)

$$K_E = \frac{R_0}{tg\alpha}\left\{\frac{1}{E_b}\left(\frac{K_{R1}^2+1}{K_{R1}^2-1} + V_b\right) + \frac{1}{E_s}\left(\frac{1+K_{R2}^2}{1-K_{R2}^2} + v_s\right)\right\}$$

v_b: Hệ số Poisson của vật liệu củ chân vịt được quy định trong Bảng 3/7.4

v_s Hệ số Poisson của vật liệu trục chân vịt được quy định trong Bảng 3/7.5

E_b: Mô đun đàn hồi của vật liệu củ chân vịt được quy định trong Bảng 3/7.4 (N/mm^2)

E_s: Mô đun đàn hồi của vật liệu trục chân vịt được quy định trong Bảng 3/7.5 (N/mm^2)

K_C: Trị số tính theo công thức sau (mm/°C):

$$K_c = \left\{(\lambda_b - \lambda_s) + \frac{(c_b - c_s}{(c_b - c_0)}\lambda_s\right\}\left\{l_0 - \frac{R_0}{tg\alpha}\right\}$$

C_s: Nhiệt độ của chân vịt tại thời điểm lắp chân vịt (°C);

λ_b: Hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính của vật liệu củ chân vịt quy định ở Bảng 3/7.4 (mm/mm°C).

λ_s: Hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính của vật liệu trục chân vịt quy định ở Bảng 3/7.5 (mm/mm°C).

l_0: Nửa chiều dài của phần côn ở lỗ củ chân vịt theo hướng dọc trục (mm);

(2) Trước khi vào bước lắp ép cuối phù hợp với (1) trên, diện tích tiếp xúc giữa các bề mặt lắp ghép phải được kiểm tra. Các dải không tiếp xúc kéo dài xung quanh chu vi của củ hoặc kéo dài suốt toàn bộ chiều dài của củ chân vịt thì không được chấp nhận.

(3) Sau khi thực hiện bước lắp ép cuối cùng phù hợp với (1) trên, chân vịt phải được cố định bằng đai ốc vào trục chân vịt. Đai ốc cố định này phải được cố định vào trục chân vịt.

Bảng 3/7.4 Hệ số Poisson, mô đun đàn hồi và hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính của vật liệu củ chân vịt

<table>
<tr><th>Vật liệu</th><th>Hệ số Poisson</th><th>Mô đun đàn hồi (N/mm^2)</th><th>Hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính (mm/mm°C)</th></tr>
<tr><td>HBsC1</td><td rowspan="4">0,33</td><td rowspan="2">1,08.10^5</td><td rowspan="4">17,5.10^{-6}</td></tr>
<tr><td>HBsC2</td></tr>
<tr><td>AlBC3</td><td rowspan="2">1,18.10^5</td></tr>
<tr><td>AlBC4</td></tr>
<tr><td>Gang</td><td>0,26</td><td>0,98.10^5</td><td rowspan="2">12,0.10^{-6}</td></tr>
<tr><td>Thép đúc</td><td>0,29</td><td>2,06.10^5</td></tr>
</table>

Lưu ý:

Đối với các vật liệu khác với vật liệu cho trong Bảng trên, giá trị sẽ do Đăng kiểm xem xét một cách phù hợp.

Bảng 3/7.5 Hệ số Poisson, mô đun đàn hồi và hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính của vật liệu trục chân vịt

Vật liệu	Hệ số Poisson	Mô đun đàn hồi (N/mm^2)	Hệ số giãn nở nhiệt tuyến tính (mm/mm°C)
Thép rèn	0,29	2,06.10^5	12,0.10^{-6}

Lưu ý:

Đối với các vật liệu khác với vật liệu cho trong Bảng trên, giá trị sẽ do Đăng kiểm xem xét một cách phù hợp.

2 Nếu như chân vịt được lắp ép vào trục chân vịt có sử dụng then thì phần lắp ráp phải đủ bền để truyền mô men xoắn do chân vịt tạo ra.

7.3.2 Củ chân vịt

1 Nếu chân vịt được lắp ép vào trục chân vịt thì mép ở đầu phía trước của lỗ côn củ chân vịt phải được lượn tròn một cách thích hợp.

2 Củ chân vịt không được nung nóng cục bộ đến nhiệt độ cao tại thời điểm ép chân vịt vào trục hoặc rút chân vịt ra khỏi trục.

7.4 Thử nghiệm

7.4.1 Thử tại xưởng

Chân vịt phải được thử cân bằng tĩnh.

7.4.2 Thử sau khi lắp lên tàu

Khi chân vịt được lắp ép vào trục chân vịt kể cả lắp then hoặc không lắp then, đều phải thử ép để đo và ghi độ dài đoạn côn được ép. Đợt thử này có thể được tiến hành giống như đợt thử tại xưởng.

CHƯƠNG 8 DAO ĐỘNG XOẮN HỆ TRỤC

8.1 Quy định chung

8.1.1 Phạm vi áp dụng

1 Những yêu cầu trong Chương này được áp dụng cho các thiết bị truyền động để đẩy tàu và hệ trục chân vịt (trừ chân vịt), các hệ trục để truyền công suất từ máy chính đến máy phát điện, trục khuỷu của động cơ đốt trong pít tông dùng làm máy chính và hệ trục của máy phát điện được dẫn động bằng động cơ đốt trong pít tông.

2 Những yêu cầu của Chương này cũng áp dụng cho hệ trục của máy phụ (trừ máy phụ chuyên dụng v.v...) do động cơ đốt trong pít tông lai.

8.1.2 Tài liệu trình Đăng kiểm

1 Trừ khi có quy định khác, phải trình bản tính dao động xoắn của hệ trục nêu ở 8.1.1-1 khi máy chính là động cơ đốt trong pít tông trên một trục có công suất từ 110 kW trở lên cũng như động cơ đốt trong pít tông sử dụng làm máy phụ có công suất từ 110 kW trở lên, phải bao gồm các nội dung sau đây:

(1) Bản tính tần số dao động tự do đối với dao động 1 nút và 2 nút, hoặc nhiều nút hơn nếu thấy cần thiết;

(2) Kết quả tính ứng suất dao động xoắn tại mỗi vòng quay cộng hưởng nằm trong dải vòng quay đến 120% số vòng quay liên tục lớn nhất. Đối với động cơ đốt trong pít tông, kết quả tính ứng suất dao động xoắn của khuỷu đối xuất hiện trong dải vòng quay từ 90 đến 120% gây ra bởi cộng hưởng của bậc chính đầu tiên (bậc thứ n hoặc bậc n/2, trong đó n là số xi lanh) có vòng quay tới hạn trên 120% vòng quay liên tục lớn nhất;

(3) Bố trí của khuỷu trục và thứ tự nổ (trong trường hợp hệ trục được dẫn động bởi động cơ đốt trong pít tông);

(4) Đối với hệ trục chân vịt phải hoạt động liên tục ở trạng thái một xi lanh của động cơ đốt trong pít tông không nổ (ví dụ không phun dầu nhưng vẫn chịu nén), kết quả tính ứng suất dao động xoắn với một xi lanh bất kỳ không nổ gây ra ứng suất dao động xoắn cao nhất.

2 Bất kể những yêu cầu quy định ở -1, nếu được Đăng kiểm xem xét, thống nhất thì những trường hợp sau đây có thể không cần trình Đăng kiểm bản tính dao động xoắn:

(1) Trong trường hợp hệ trục cùng kiểu với hệ trục đã được duyệt trước đó;

(2) Trong trường hợp nếu như có sự thay đổi nhỏ về các thông số kỹ thuật của hệ thống dao động, tần số và ứng suất của dao động xoắn có thể suy ra với độ chính xác đạt yêu cầu trên cơ sở kết quả tính toán hoặc đo đạc trước đó.

8.1.3 Đo dao động xoắn

1 Đối với hệ trục yêu cầu phải trình duyệt bản tính dao động xoắn thì phải tiến hành đo để xác nhận độ chính xác của các trị số tính toán. Tuy nhiên, nếu như bản tính dao động xoắn không cần trình duyệt như nêu ở 8.1.2-2 và nếu Đăng kiểm xét thấy rằng không tồn tại vùng dao động xoắn cộng hưởng ở bên trong dải vòng quay làm việc thì có thể bỏ qua việc đo dao động xoắn.

2 Khi vùng vòng quay cấm xác định theo 8.3.1 được đánh dấu trên động cơ đốt trong pít tông chính, các thông số sau phải được xác nhận và ghi lại:

(1) Thời gian, mớn nước, và tốc độ tàu đi qua vùng vòng quay cấm (tăng tốc và giảm tốc). Đối với chân vịt biến bước thì bước của chân vịt cũng phải được xác nhận và ghi lại;

(2) Tình trang làm việc của động cơ tại vùng trên và dưới của vòng quay cấm. Trong trường hợp này, dải dao động của chỉ số nhiên liệu (chất lượng phun nhiên liệu (vị trí thanh răng nhiên liệu)) thông thường phải nhỏ hơn 5% của hành trình hiệu quả (chất lượng phun nhiên liệu cao nhất (trong khả năng có thể của thanh răng nhiên liệu)). Thay vào đó, khi động cơ không có cách để xác nhận chỉ số nhiên liệu, dải dao động của vòng quay nhỏ hơn 5% vòng quay liên tục lớn nhất có thể phải được xác nhận và ghi lại.

8.2 Giới hạn ứng suất cho phép

8.2.1 Trục khuỷu

1 Ứng suất do dao động xoắn gây ra trên trục khuỷu của động cơ đốt trong pít tông sử dụng làm máy chính của tàu (trừ các tàu có hệ đẩy tàu bằng điện) phải phù hợp với những yêu cầu đưa ra từ (1) đến (4) sau đây:

(1) Khi động cơ hoạt động lâu dài, ứng suất dao động xoắn không được vượt quá τ_1 đưa ra dưới đây trong dải vòng quay từ 80% đến 100% số vòng quay liên tục lớn nhất.

(a) Đối với động cơ thẳng hàng bốn kỳ hoặc động cơ kiểu chữ V bốn kỳ có góc nổ 45° hoặc 60° thì trị số của τ_1 được tính theo công thức sau:

$\tau_1 = 45 - 24\lambda^2$

(b) Đối với động cơ 2 kỳ hoặc động cơ hình chữ V bốn kỳ khác kiểu đã quy định ở (a) trên, thì trị số τ_1 được tính theo công thức sau:

$\tau_1 = 45 - 29\lambda^2$

τ_1: Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn đối với dải $0,8 < \lambda \leq 1,0$ (N/mm^2);

λ: Tỷ số giữa số vòng quay cộng hưởng trên số vòng quay liên tục lớn nhất.

(2) Trong vùng vòng quay từ 80% số vòng quay liên tục lớn nhất trở xuống, ứng suất dao động xoắn phải không được vượt quá trị số τ_2 tính theo công thức sau. Trong trường hợp nếu ứng suất này vượt quá trị số tính theo công thức τ_1 ở (1) thì phải áp dụng dải vòng quay cấm quy định ở 8.3.

$\tau_2 = 2\tau_1$

τ_2: Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn đối với dải $\lambda \leq 0,8$ (N/mm^2);

λ: Tỷ số giữa số vòng quay cộng hưởng trên số vòng quay liên tục lớn nhất.

(3) Ứng suất dao động xoắn không được vượt quá τ_3 đưa ra dưới đây trong dải vòng quay từ số vòng quay liên tục lớn nhất đến 115%.

(a) Đối với động cơ thẳng hàng bốn kỳ hoặc động cơ hình chữ V bốn kỳ có góc nổ 45° hoặc 60° thì trị số của τ_3 được tính theo công thức sau:

$\tau_3 = 21 + 237(\lambda - 0,8)\sqrt{\lambda - 1}$ $(1 < \lambda \leq 1,15)$

(b) Đối với động cơ hai kỳ hoặc động cơ hình chữ V bốn kỳ không phải là các loại động cơ quy định ở (a) trên đây, thì trị số τ_3 được tính theo công thức sau:

$\tau_3 = 16 + 237(\lambda - 0,8)\sqrt{\lambda - 1}$ $(1 < \lambda \leq 1,15)$

τ_3: Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn đối với vùng vòng quay

$1,0 < \lambda \leq 1,15$ (N/mm^2)

λ: Tỷ số giữa số vòng quay cộng hưởng trên số vòng quay liên tục lớn nhất.

(4) Trong trường hợp nếu giới hạn bền của vật liệu vượt quá 440 N/mm^2 hoặc giới hạn chảy vượt quá 225 N/mm^2 thì trị số τ_1, τ_2, τ_3 quy định ở (1), (2), (3) có thể tăng lên bằng cách nhân thêm với hệ số f_m quy định ở công thức dưới đây:

(a) Đối với τ_1 và τ_3

$$f_m = 1 + \frac{2}{3}\left(\frac{T_s}{440} - 1\right)$$

(b) Đối với τ_2

$$f_m = \frac{Y}{225}$$

Trong đó:

f_m: Hệ số hiệu chỉnh đối với giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn của vật liệu trục;

T_s: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu trục (N/mm^2). Tuy nhiên, trị số T_s để tính f_m không được vượt quá 760 N/mm^2, đối với thép rèn các bon, hoặc 1080 N/mm^2, đối với thép rèn hợp kim thấp;

Y: Giới hạn chảy danh nghĩa của vật liệu trục (N/mm^2).

8.2.2 Trục trung gian, trục đẩy và trục chân vịt

1 Đối với tàu sử dụng động cơ đốt trong pít tông làm máy chính (trừ các tàu có hệ đẩy tàu bằng điện), ứng suất dao động xoắn ở trục trung gian, trục đẩy và trục chân vịt chế tạo bằng thép rèn (trừ thép không gỉ) phải thỏa mãn các yêu cầu ở (1) và (2) sau đây. Tuy nhiên, ứng suất dao động xoắn đối với các trục chân vịt loại 2 phải được Đăng kiểm xem xét phù hợp.

(1) Để đảm bảo động cơ làm việc lâu dài, ứng suất dao động xoắn không được vượt quá giá trị τ_1 được tính theo công thức sau đây ở vòng quay từ 80% đến 105% số vòng quay liên tục lớn nhất.

$$\tau_1 = \frac{T_s + 160}{18} C_k C_D (3 - 2\lambda^2) \ (\lambda \le 0{,}9)$$

$$\tau_1 = 1{,}38 \frac{T_s + 160}{18} C_K C_D \ (\lambda > 0{,}9)$$

τ_1: Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn đối với vùng $0{,}8 < \lambda \le 1{,}05$ (N/mm^2);

λ: Tỷ số số vòng quay cộng hưởng trên số vòng quay liên tục lớn nhất;

T_s: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu trục (N/mm^2).

Tuy nhiên, trị số T_s để sử dụng trong công thức này không được lớn hơn 800 N/mm^2 (600 N/mm^2 cho thép cácbon nói chung) đối với trục trung gian, trục đẩy và 600 N/mm^2 đối với trục chân vịt. Nếu trục chân vịt được làm bằng vật liệu chịu ăn mòn được duyệt hoặc vật liệu khác không được bảo vệ hữu hiệu để chống nước biển ăn mòn thì trị số T_s sử dụng trong các công thức này phải do Đăng kiểm xem xét và quyết định phù hợp.

C_K: Hệ số liên quan đến kiểu và hình dáng của trục được quy định ở Bảng 3/8.1

C_D: Hệ số liên quan đến kích thước trục và được xác định theo công thức sau:

$$C_D = 0{,}35 + 0{,}93 d^{-0{,}2}$$

d: Đường kính trục (mm).

(2) Trong vùng vòng quay từ 80% số vòng quay liên tục lớn nhất trở xuống, ứng suất dao động xoắn (bao gồm trường hợp ở trạng thái một xi lanh của máy chính không nổ nếu vẫn thường xuyên hoạt động ở trạng thái này) không được vượt quá

τ_2 đưa ra trong công thức dưới đây. Trong trường hợp nếu ứng suất này vượt quá trị số tính theo công thức τ_1 đối với vùng $\lambda \leq 0,9$ ở (1), thì phải sử dụng vùng vòng quay cấm được quy định ở 8.3.

$$\tau_2 = 1,7\tau_1/\sqrt{C_K}$$

Trong đó:

τ_2: Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn đối với vùng $\lambda \leq 0,8$ (N/mm^2);

Các ký hiệu khác như quy định ở (1).

Bảng 3/8.1 Trị số C_k(5)

Trục trung gian có:						Trục lực đẩy		Trục chân vịt và trục trong ống bao	
Khớp nối bích liền	Khớp nối rời, lắp kiểu co ngót, lắp ép hoặc lắp nguội	Rãnh then, phần nối côn	Rãnh then, phần nối hình trụ	Lỗ khoét ngang (1)	Lỗ khoét dọc(2)	Trên hai phía của vòng chặn	Ở khu vực chịu tải dọc trục của ổ đỡ bi đũa	Gần đầu to phần côn trục chân vịt(3)	Trừ các phần cho ở cột bên trái(4)
1,0	1,0	0,6	0,45	0,50	0,30	0,85	0,85	0,55	0,80

Chú thích:

(1) Phải phù hợp với chú thích (3) ở Bảng 3/6.2;

(2) Phải phù hợp với chú thích (4) ở Bảng 3/6.2;

(3) Phần giữa đầu to côn của phần côn trục chân vịt (trong trường hợp chân vịt được lắp bằng bích nối, mặt trước của bích) và phần trước của ổ đỡ ống bao phía sau, hoặc $2,5d_s$, lấy giá trị nào lớn hơn. Trong đó: d_s: đường kính của trục chân vịt;

(4) Phần hướng về phía trước tính từ phần trước của ổ đỡ ống bao phía sau cho tới mặt trước của bộ làm kín ống bao phía trước;

(5) Giá trị C_k nằm ngoài các trị số nêu ở bảng trên phải do Đăng kiểm quyết định dựa trên tài liệu trình duyệt trong từng trường hợp.

2 Đối với tàu sử dụng động cơ đốt trong pít tông làm máy chính (trừ các tàu có hệ đẩy tàu bằng điện), ứng suất dao động xoắn ở trục chân vịt làm bằng thép rèn không gỉ phải thoả mãn các yêu cầu (1) và (2) sau:

(1) Khi hoạt động liên tục, ứng suất dao động xoắn không được vượt quá τ_1 được xác định theo công thức dưới đây trong phạm vi từ 80% đến 105% số vòng quay liên tục lớn nhất.

$\tau_1 = A - B\lambda^2$ ($\lambda \leq 0,9$)

$\tau_1 = C$ ($\lambda > 0,9$)

Trong đó:

τ_1: Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn đối với vùng $0,8 < \lambda \leq 1,05$ (N/mm^2);

λ: Tỷ số số vòng quay cộng hưởng trên số vòng quay liên tục lớn nhất;

A, B, C là các giá trị phụ thuộc vào vật liệu sử dụng cho ở Bảng 3/8.2. Tuy nhiên, đối với các loại vật liệu khác với các vật liệu trong Bảng 3/8.2 sẽ được Đăng kiểm xem xét riêng.

Bảng 3/8.2 Giá trị các hệ số A, B, C

	A	B	C
SUSF 316 SUS 316-SU	40,7	30,6	15,9
SUSF 316L SUS 316L-SU	37,6	28,3	14,3

(2) Trong vùng vòng quay từ 80% số vòng quay liên tục lớn nhất trở xuống, ứng suất dao động xoắn không được vượt quá τ_2 đưa ra trong công thức dưới đây. Trong trường hợp nếu ứng suất này vượt quá trị số tính theo công thức τ_1 đối với vùng $\lambda \leq 0,9$ ở (1), thì phải sử dụng vùng vòng quay cấm được quy định ở 8.3.

$\tau_2 = 2,3\ \tau_1$

Trong đó:

τ_2: Giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn đối với vùng $\lambda \leq 0,8$ (N/mm^2).

Các ký hiệu khác như quy định ở (1).

3 Giới hạn ứng suất dao động xoắn cho phép của các đoạn trục làm bằng vật liệu khác với vật liệu quy định ở -1 và -2 trên đây và giới hạn ứng suất dao động xoắn cho phép của các đoạn trục trung gian, trục đẩy, trục chân vịt của các tàu sử dụng tua bin hơi nước hoặc tua bin khí làm máy chính, đối với tàu có có hệ đẩy tàu bằng điện, hoặc đối với tàu sử dụng động cơ đốt trong pít tông làm máy chính có khớp trượt điện từ giữa máy chính và hệ trục chân vịt sẽ được Đăng kiểm xem xét riêng.

8.2.3 Hệ trục của trạm phát điện

1 Ứng suất dao động xoắn trên trục khuỷu của động cơ đốt trong pít tông dùng để lai máy phát điện (kể cả các tổ máy phát điện để đẩy tàu), phải thỏa mãn các yêu cầu (1) và (2) sau đây:

(1) Ứng suất dao động xoắn phải không được vượt quá τ_1 cho sau đây trong vùng vòng quay từ 90% đến 110% số vòng quay liên tục lớn nhất.

(a) Đối với động cơ bốn kỳ thẳng hàng hoặc động cơ bốn kỳ hình chữ V có góc nổ 45° hoặc 60°, thì trị số τ_1 được lấy theo công thức sau:

$\tau_1 = 21$ N/mm^2

(b) Đối với động cơ hai kỳ và động cơ bốn kỳ hình chữ V, trừ các loại động cơ đã quy định ở (a), thì trị số τ_1 được lấy theo công thức sau:

$\tau_1 = 16$ N/mm^2

(2) Trong vùng vòng quay từ 90% số vòng quay liên tục lớn nhất trở xuống, ứng suất dao động xoắn không được vượt quá τ_2 cho dưới đây. Trong trường hợp nếu ứng suất này vượt quá trị số τ_1 quy định ở (1), thì phải áp dụng vùng vòng quay cấm quy định ở 8.3.

$\tau_2 = 90$ N/mm^2

2 Ứng suất dao động xoắn trên trục máy phát điện do động cơ đốt trong pít tông lai phải thỏa mãn các yêu cầu (1) và (2) sau đây:

(1) Ứng suất dao động xoắn không được vượt quá τ_1 cho sau đây trong khu vực vòng quay từ 90% đến 110% số vòng quay liên tục lớn nhất.

$\tau_1 = 31$ N/mm^2

(2) Trong vùng vòng quay từ 90% số vòng quay liên tục lớn nhất trở xuống, ứng suất dao động xoắn không được vượt quá τ_2 cho sau đây. Trong trường hợp nếu như ứng suất này vượt quá trị số τ_1 cho ở (1) thì phải áp dụng vùng vòng quay cấm được quy định ở 8.3.

$\tau_2 = 118$ N/mm^2

3 Trong trường hợp giới hạn bền của vật liệu trục vượt quá 440 N/mm^2 hoặc giới hạn chảy vượt quá 225 N/mm^2 thì trị số τ_1 và τ_2 quy định ở -1 và -2 có thể được tăng lên bằng cách nhân thêm hệ số f_m quy định ở 8.2.1-1(4).

8.2.4 Thiết bị truyền động

1 Mô men dao động xoắn trên thiết bị truyền động phải thỏa mãn với các yêu cầu (1) và (2) sau đây:

(1) Trong vùng áp dụng giới hạn cho phép của τ_1 được quy định ở 8.2.1, 8.2.2 và 8.2.3 thì biên độ của mô men dao động xoắn phải không được vượt quá mô men truyền trung bình của hệ thống;

(2) Bên trong vùng ở ngoài vùng quy định ở (1) thì phải áp dụng vùng vòng quay cấm trong trường hợp nếu như biên độ của mô men dao động xoắn vượt quá mô men xoắn trung bình được truyền.

2 Ứng suất dao động xoắn trên trục bánh răng phải thỏa mãn các yêu cầu đối với trục trung gian được quy định ở 8.2.2.

3 Giới hạn cho phép của mô men dao động xoắn, ứng suất hoặc biên độ đối với thiết bị truyền động (bao gồm cả khớp nối trục) không phải là cơ cấu bánh răng phải thỏa mãn thêm các yêu cầu khác nữa.

8.2.5 Tránh bậc cộng hưởng chính

Bậc cộng hưởng chính của dao động một nút trong động cơ thẳng hàng, ví dụ: bậc thứ n và thứ n/2 đối với động cơ bốn thì và bậc thứ n đối với động cơ hai thì (n là số xi lanh) không được tồn tại bên trong vùng vòng quay sau đây, trừ khi được Đăng kiểm xem xét, thống nhất riêng.

- Đối với hệ trục lai chân vịt: $0,8 \le \lambda \le 1,1$
- Đối với hệ trục lai máy phát điện: $0,9 \le \lambda \le 1,1$

λ là tỷ số số vòng quay cộng hưởng chính trên số vòng quay liên tục lớn nhất.

8.2.6 Đánh giá chi tiết về độ bền

Đăng kiểm sẽ xem xét riêng đối với giới hạn cho phép của ứng suất dao động xoắn không thỏa mãn các yêu cầu ở 8.2.1, 8.2.2 và 8.2.3 với điều kiện các tài liệu chi tiết và bản tính được trình Đăng kiểm xem xét và quyết định một cách thích hợp.

8.3 Vùng vòng quay cấm

8.3.1 Vùng vòng quay cấm làm việc lâu dài

1 Trong trường hợp nếu ứng suất dao động xoắn vượt quá giới hạn cho phép τ_1 quy định ở 8.2, thì phải áp dụng vùng vòng quay cấm giữa các giới hạn tốc độ sau đây. Vùng vòng quay cấm được đánh dấu bằng sơn màu đỏ trên đồng hồ đo tốc độ quay của động cơ để chuyển nhanh qua khỏi khu vực này trong khi khai thác động cơ.

(1) Vùng vòng quay cấm phải giữa các giới hạn tốc độ sau:

$$\frac{16N_c}{18-\lambda} \le N_0 \le \frac{(18-\lambda)N_c}{16}$$

Trong đó:

N_0: Số vòng quay cấm (vòng/phút);

N_c: Số vòng quay cộng hưởng (vòng/phút);

λ: Tỷ số giữa số vòng quay cộng hưởng trên số vòng quay liên tục lớn nhất.

(2) Đối với chân vịt biến bước, cả hai trạng thái bước chân vịt lớn nhất và bằng không đều phải được xem xét;

(3) Vùng vòng quay cấm trong trường hợp một xi lanh của máy chính không nổ phải có khả năng cho phép hành hải an toàn kể cả trong trường hợp tàu trang bị một máy chính.

2 Nếu dải vòng quay được kiểm tra bằng cách đo mà ứng suất vượt quá giới hạn cho phép τ_1 quy định ở 8.2 thì dải vòng quay này cũng được coi là khu vực vòng quay cấm để tránh cho động cơ làm việc lâu dài ở đó, bất kể dải vòng quay quy định ở -1. Trong trường hợp này, phải lưu ý đến độ chính xác của đồng hồ đo vòng quay.

3 Đối với động cơ nếu như không thể tránh được làm việc lâu dài ở vùng vòng quay cấm như quy định ở 8.3.1-1 và -2 trên đây thì phải cho động cơ chuyển nhanh qua vòng quay cộng hưởng và phải đưa ra các biện pháp cần thiết khác.

CHƯƠNG 9 NỒI HƠI, V.V... VÀ THIẾT BỊ ĐỐT CHẤT THẢI

9.1 Quy định chung

9.1.1 Phạm vi áp dụng

1 Những yêu cầu trong Chương này áp dụng cho các nồi hơi trừ các nồi hơi được nêu ở (1) và (2) dưới đây, các thiết bị hâm bằng dầu nóng và các thiết bị đốt chất thải:

(1) Nồi hơi với áp suất thiết kế không quá 0,1 MPa và bề mặt hấp nhiệt không quá 1 m^2;

(2) Nồi nước nóng với áp suất thiết kế không quá 0,1 MPa và bề mặt hấp nhiệt không quá 8 m^2.

9.1.2 Thuật ngữ

1 Các thuật ngữ được sử dụng trong phần này được định nghĩa như sau:

(1) Nồi hơi là thiết bị tạo ra hơi nước hoặc nước nóng nhờ lửa, khí cháy hoặc các hơi nóng khác bao gồm: bộ quá nhiệt, bầu hâm, bộ tiết kiệm, bộ tiết kiệm khí thải và các thiết bị tương đương khác;

(2) Nồi hơi phụ thiết yếu là nồi hơi cung cấp hơi nước cho hoạt động của các máy phụ cần thiết cho máy chính, các máy phụ dùng để điều động và an toàn cũng như máy phát điện;

(3) Nồi hơi khí thải là nồi hơi chỉ dùng nhiệt khí thải của động cơ đốt trong pít tông để tạo ra hơi nước hoặc nước nóng, có một buồng chứa hơi hoặc một bình ngưng và có một lối ra cho hơi hay nước nóng;

(4) Bộ tiết kiệm khí thải là thiết bị tạo ra hơi nước hay nước nóng chỉ nhờ dùng nhiệt của khí thải của động cơ đốt trong pít tông, không có buồng chứa hơi nước hoặc bình ngưng;

(5) Mặt hấp nhiệt của nồi hơi là diện tích được tính cho bề mặt phía khí cháy nơi mà một phía tiếp xúc với khí cháy còn phía kia với nước nhưng không kể mặt hấp nhiệt của bộ quá nhiệt, bầu hâm, bộ tiết kiệm và bộ tiết kiệm khí thải trừ khi được quy định riêng;

(6) Áp suất làm việc đã được duyệt và áp suất danh nghĩa của nồi hơi có bộ quá nhiệt lắp đặt trong nồi hơi được quy định ở 1.2.39 và 1.2.40 Phần 1A của Quy chuẩn;

(7) Áp suất thiết kế là áp suất được dùng khi tính toán để quyết định các kích thước của các chi tiết và là áp suất làm việc cho phép lớn nhất của chi tiết. Áp suất

thiết kế cho thân nồi hơi không được nhỏ hơn áp suất làm việc được quy định cho nồi hơi.

9.1.3 Các bản vẽ và tài liệu trình duyệt

1 Nói chung, các bản vẽ và tài liệu trình Đăng kiểm bao gồm:

(1) Các bản vẽ (có chỉ rõ vật liệu và kích thước):

(a) Bố trí chung của nồi hơi;

(b) Các chi tiết vỏ và ống góp (bao gồm cả các phụ tùng bên trong);

(c) Các chi tiết của giá lắp phụ tùng và vòi phun của nồi hơi;

(d) Bố trí và các chi tiết của các ống nồi hơi;

(e) Bố trí và các chi tiết của các ống của bộ quá nhiệt và bầu hâm nóng;

(f) Các chi tiết của bộ xả quá nhiệt trong;

(g) Bố trí và các chi tiết của các ống của bộ hâm tiết kiệm và bầu hâm tiết kiệm khí thải;

(h) Các chi tiết của bộ hâm trước không khí;

(i) Bố trí và các chi tiết phụ tùng của nồi hơi;

(j) Bố trí các van an toàn (cùng với các thông số kỹ thuật);

(k) Các bản vẽ khác mà Đăng kiểm thấy cần thiết.

(2) Tài liệu:

(a) Đặc tính kỹ thuật nồi hơi;

(b) Các đặc điểm kỹ thuật hàn (với quy trình hàn, vật liệu hàn và điều kiện hàn);

(c) Các hướng dẫn vận hành (chỉ áp dụng với bộ tiết kiệm khí thải loại khung sườn);

(d) Các tài liệu khác mà Đăng kiểm thấy cần thiết.

9.2 Vật liệu và hàn

9.2.1 Vật liệu

1 Vật liệu được dùng để chế tạo các chi tiết chịu áp suất của nồi hơi phải tuân theo các yêu cầu trong 3.2, 3.7, 4.1, 4.2, 4.4, 5.1, 5.4 hoặc 6.1 Phần 7A của Quy chuẩn tùy theo công dụng và phải được thử nghiệm theo các yêu cầu trong Chương 1 và Chương 2 của Phần 7A của Quy chuẩn. Tuy nhiên, các loại vật liệu khác với nêu trên có thể được sử dụng với điều kiện là các đặc tính kỹ thuật của vật liệu phải được Đăng kiểm chấp thuận.

2 Mặc dù có yêu cầu ở -1, nhưng các vật liệu được nêu trong các tiêu chuẩn đã được công nhận có thể được sử dụng cho các phụ tùng như các van, các vòi phun lắp trên nồi hơi nếu được Đăng kiểm xem xét, thống nhất sau khi xét đến các kích thước và điều kiện phục vụ.

9.2.2 Giới hạn sử dụng của vật liệu dùng làm các phụ tùng

Giới hạn sử dụng của các vật liệu dùng làm các phụ tùng phải tuân theo quy định 9.9.1.

9.2.3 Xử lý nhiệt thép tấm

Trong trường hợp xử lý nhiệt, như gia công tạo hình nóng hoặc khử ứng suất được thực hiện đối với thép tấm trong quá trình chế tạo nồi hơi, người chế tạo nồi hơi phải nêu rõ dự định cùng với đơn đặt hàng vật liệu. Trong trường hợp này, những nội dung cần thiết đối với cơ sở chế tạo thép tấm được nêu ở 3.2.4 Phần 7A của Quy chuẩn.

9.2.4 Thử không phá hủy đối với thép đúc

Vật liệu thép đúc được dùng làm thân nồi hơi chịu áp suất trong phải được thử nghiệm bằng chụp tia phóng xạ, kiểm tra bằng từ tính và phải được xác nhận rằng chúng không có khuyết tật có hại.

9.2.5 Hàn

Trình độ thợ hàn nồi hơi phải phù hợp với những quy định trong Chương 11.

9.3 Yêu cầu về thiết kế

9.3.1 Các ký hiệu

Nếu không có các chỉ dẫn riêng nào khác thì các ký hiệu được dùng trong chương này như sau:

f: Ứng suất cho phép (N/mm^2) phù hợp với các yêu cầu trong 9.4.1 hoặc 12.2.1;

T_r: Chiều dày yêu cầu (mm) được tính theo áp suất thiết kế. Áp suất cho phép là áp suất có được khi thay chiều dày yêu cầu bằng chiều dày thực trong công thức;

P: Áp suất thiết kế (MPa);

J: Giá trị nhỏ nhất của hệ số bền của mối nối được quy định ở 9.4.2;

R: Bán kính trong của thân nồi hơi (mm).

9.3.2 Áp suất thiết kế của bộ tiết kiệm và bộ tiết kiệm khí thải

1 Áp suất thiết kế của bộ tiết kiệm không được nhỏ hơn áp suất làm việc lớn nhất của bộ tiết kiệm, được xác định trên cơ sở áp suất làm việc lớn nhất của bơm cấp nước.

2 Áp suất thiết kế của bộ tiết kiệm khí thải không được nhỏ hơn áp suất làm việc lớn nhất của bộ tiết kiệm khí thải, được xác định trên cơ sở áp suất làm việc lớn nhất của bơm tuần hoàn nước nồi hơi.

9.3.3 Các lưu ý đối với độ bền kết cấu

1 Khi tác động của các ứng suất bổ sung như tập trung ứng suất cục bộ, tải trọng lặp lại và ứng suất nhiệt là đáng kể thì phải có các biện pháp thích hợp như tăng chiều dày nếu thấy cần thiết.

2 Những phần được cố định của ống lửa của nồi hơi kiểu đứng phải được thiết kế sao cho sự biến dạng của ống lửa do giãn nở nhiệt của lò đốt bán cầu không bị khống chế quá chặt.

3 Cần phải xem xét đầy đủ theo các quy định (1) và (2) dưới đây để ngăn ngừa trước sự quá nóng các ống nước của nồi hơi có sản lượng nhiệt của buồng cháy cao.

(1) Nước nồi hơi phải đủ tuần hoàn tới các ống nước;

(2) Các phương tiện thích hợp như làm mềm nước v.v... phải được trang bị.

9.3.4 Nồi hơi có dạng không thông thường

1 Khi việc tính độ bền theo các quy định từ 9.5 tới 9.7 là không thực tế hoặc không hợp lý vì hình dạng của bộ phận chịu áp suất khác thường thì phải tiến hành các tính toán chi tiết thích hợp khác với sự chấp thuận của Đăng kiểm và Đăng kiểm sẽ xem xét kết quả tính toán và coi như việc tính toán phù hợp các quy định 9.5 đến 9.7.

2 Khi việc thiết kế theo các yêu cầu từ 9.5 tới 9.7 không thích hợp vì hình dạng các bộ phận chịu áp suất khác thường, phải đo ứng suất hoặc biến dạng do tải trọng phù hợp với sự chấp thuận của Đăng kiểm và Đăng kiểm sẽ xem xét việc đo và coi như chúng phù hợp các quy định ở 9.5 đến 9.7.

9.3.5 Các lưu ý đối với việc lắp đặt

1 Nồi hơi phải được lắp đặt sao cho tác động của các tải trọng hoặc ngoại lực sau đây là nhỏ nhất:

(1) Các chuyển động hoặc chấn động của tàu do máy móc sinh ra;

(2) Ngoại lực sinh ra do các ống và các chi tiết đỡ được lắp vào nồi hơi;

(3) Sự giãn nở nhiệt do sự thay đổi nhiệt độ.

2 Nồi hơi phải được lắp đặt ở vị trí xa các vách ngăn đến mức có thể thực hiện được (xem 19.3.3 Phần 2A của Quy chuẩn).

3 Bộ tiết kiệm khí thải loại khung sườn phải được lắp đặt sao cho có thể kiểm tra được dễ dàng tấm lắp ống vào thân vỏ.

9.3.6 Bảo vệ tránh ảnh hưởng của ngọn lửa

Khi phần bầu góp và ống góp là phần tiếp xúc với lửa hoặc khí có nhiệt độ cao thì phải có thêm cách nhiệt hoặc các biện pháp thích hợp khác. Đối với bộ tiết kiệm khí thải loại khung sườn, bọc cách nhiệt ở vị trí chu vi của tấm đầu ống phải sao cho có thể kiểm tra bằng siêu âm được đối với tấm lắp ống vào thân vỏ.

9.3.7 Lưu ý cháy muội

Đối với nồi hơi khí thải và bộ tiết kiệm khí thải phải lưu ý để tránh cho chúng khỏi bị hư hại do cháy muội.

9.4 Ứng suất cho phép và hệ số bền của mối nối

9.4.1 Ứng suất cho phép

1 Ứng suất cho phép đối với từng loại vật liệu được xác định như sau. Trong trường hợp này, nhiệt độ kim loại thường được dùng để đánh giá ứng suất cho phép của nồi hơi là nhiệt độ thiết kế lớn nhất của chất lỏng bên trong và nhiệt độ của bề mặt hấp nhiệt phải được tăng thêm trị số nhiệt độ cho trong Bảng 3/9.1. Nhiệt độ kim loại phải không nhỏ hơn 250ºC.

(1) Ứng suất cho phép (f) của thép các bon (kể cả thép các bon mangan được nói đến trong chương này) và thép hợp kim thấp (không kể thép đúc) phải không lớn hơn giá trị có được từ các công thức sau đây, lấy giá trị nào nhỏ hơn. Ứng suất cho phép ở mỗi một nhiệt độ kim loại cũng có thể lấy theo những giá trị được cho trong Bảng 3/9.2 thay cho việc tính theo công thức sau đây:

$$f_1 = \frac{R_{20}}{2,7};\ f_2 = \frac{E_t}{1,6};\ f_3 = \frac{S_R}{1,6};\ f_4 = \frac{S_c}{1,0}$$

Trong đó:

R_{20}: Giới hạn bền kéo danh nghĩa của thép ở nhiệt độ trong phòng (N/mm^2).

E_t: Giới hạn chảy của kim loại đang xét ở nhiệt độ của kim loại (hoặc giới hạn chảy quy ước) (N/mm^2);

S_R: Ứng suất trung bình của thép đang xét để gây ra sự phá hủy trong 100.000 giờ ở nhiệt độ kim loại, nếu độ rộng của giới hạn dải phân tán các kết quả vượt quá ± 20% giá trị trung bình thì bằng 1,25 lần ứng suất nhỏ nhất ở nhiệt độ kim loại gây ra sự phá hủy trong 100.000 giờ (N/mm^2);

S_c: Ứng suất trung bình để tạo ra sự giãn dài 1% của thép đang xét trong 100.000 giờ ở nhiệt độ của kim loại (N/mm^2).

(2) Ứng suất cho phép của ống thép hàn điện trở (hàn tiếp xúc) phải bằng 85% giá trị trong Bảng 3/9.2;

(3) Ứng suất cho phép của thép đúc phải bằng 80% giá trị tính được theo công thức ở (1) hoặc giá trị cho phép trong Bảng 3/9.2. Không được dùng thép đúc có chiều dày quá 50 mm nếu không có sự chấp thuận trước của Đăng kiểm;

(4) Giá trị ứng suất của vật liệu khác với các loại được chỉ ra trong (1) và (3) sẽ được Đăng kiểm xem xét riêng từng trường hợp có tính tới các đặc tính cơ học của vật liệu.

Bảng 3/9.1 Lượng tăng nhiệt độ so với nhiệt độ chất lỏng bên trong cho nhiệt độ kim loại tại mặt hấp nhiệt

Mặt hấp nhiệt nói chung	Hấp nhiệt tiếp xúc	25ºC
	Hấp nhiệt bằng bức xạ	50ºC
Mặt hấp nhiệt của bộ quá nhiệt	Hấp nhiệt tiếp xúc	35ºC
	Hấp nhiệt bằng bức xạ	50ºC
Mặt hấp nhiệt của bộ tiết kiệm và bộ tiết kiệm khí thải		25ºC

Bảng 3/9.2 Trị số ứng suất cho phép

Loại vật liệu (cấp)		Ứng suất cho phép (f) (N/mm^2)											
		250 ºC hoặc dưới	300 ºC	350 ºC	375 ºC	400 ºC	425 ºC	450 ºC	475 ºC	500 ºC	525 ºC	550 ºC	575 ºC
Tấm thép	P 42	110	104	103	96	88	76	57	39	-	-	-	-
	P 46	122	117	113	106	95	80	58	39	-	-	-	-

Loại vật liệu (cấp)		Ứng suất cho phép (f) (N/mm^2)											
		250 °C hoặc dưới	300 °C	350 °C	375 °C	400 °C	425 °C	450 °C	475 °C	500 °C	525 °C	550 °C	575 °C
cán dùng cho nồi hơi	P 49	124	122	121	114	102	84	58	39	-	-	-	-
	PA 46	122	117	113	113	113	108	101	90	69	48	-	-
	PA 49	124	122	121	121	121	117	106	91	69	48	-	-
Bầu góp bằng thép	BH 1	105	104	103	97	88	76	57	39	-	-	-	-
	BH 2	117	115	113	106	95	80	58	39	-	-	-	-
	BH 3	102	99	96	96	96	93	91	87	67	-	-	-
	BH 4	106	104	103	103	103	102	98	92	74	-	-	-
	BH 5	106	104	103	103	103	102	98	92	81	64	-	-
	BH 6	106	104	103	103	103	102	98	92	81	64	-	-
Ống thép dùng cho nồi hơi	STB33	86	84	81	78	74	66	-	-	-	-	-	-
	STB35	88	87	86	82	76	76	53	-	-	-	-	-
	STB42	113	104	103	97	88	94	57	-	-	-	-	-
	STB12	102	99	96	96	96	102	91	87	69	-	-	-
	STB22	106	104	103	103	103	102	98	92	81	64	44	-
	STB23	106	104	103	103	103	102	98	92	81	64	47	34
	STB24	106	104	103	103	103	102	98	92	81	64	48	36
Thép rèn (xem Phần 7A)		1/4 giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu (khi được dùng ở 350°C hoặc thấp hơn)											
Thép đúc (xem Phần 7A)		1/5 giới hạn bền kéo danh nghĩa của vật liệu (khi được dùng ở 350°C hoặc thấp hơn)											

Chú thích:

Trong trường hợp nhiệt độ kim loại ở giữa các trị số đã cho trong bảng thì trị số ứng suất cho phép phải được xác định bằng phép nội suy.

9.4.2 Hệ số độ bền của mối nối và thanh chằng

1 Hệ số độ bền của mối nối được xác định như sau:

(1) Vỏ liền: 1,00

(2) Vỏ hàn:

(a) Mối nối hàn giáp mép hai phía: 1,00

(b) Trường hợp khác: 0,90

2 Hệ số độ bền của thanh chằng được tính như sau:

(1) Hệ số độ bền của thanh chằng dọc (dưới đây được gọi là "hệ số dọc") hướng theo hàng của các lỗ ống trên tấm vỏ có hàng song song hoặc gần song song với các trục vỏ, hoặc vỏ hay mặt sàng có một số hàng song song với khoảng cách đủ giữa chúng phải được xác định theo công thức sau:

(a) Khi khoảng cách tâm các lỗ ống là đều

$$J_1 = \frac{p - d}{p}$$

Trong đó:

J_1: Hệ số độ bền của thanh chằng;

p: Khoảng cách tâm các lỗ ống (mm);

d: Đường kính các lỗ ống (mm).

(b) Khi khoảng cách tâm các lỗ ống không đều

$$J_2 = \frac{L - nd}{L}$$

Trong đó:

J_2: Hệ số độ bền của thanh chằng;

d: Giống như ở (a);

L: Tổng độ dài khoảng cách giữa các tâm tương ứng với n thanh chằng liên tiếp (mm);

n: Số lỗ ống trên chiều dài L.

(2) Hệ số độ bền của thanh chằng vòng tròn (dưới đây được gọi là “hệ số vòng tròn”) ở vùng các lỗ ống được khoan theo hướng vòng tròn của vỏ phải được tính tương tự như ở (1) và không nhỏ hơn 50% hệ số dọc. Trong trường hợp này khoảng cách giữa các lỗ ống theo hướng vòng tròn được đo trên tấm phẳng trước khi khoan lỗ hoặc dọc theo đường giữa của chiều dày tấm sau khi khoan;

(3) Hệ số độ bền của thanh chằng ở vùng lỗ ống khoan theo hướng đường chéo của vỏ được xác định bằng công thức sau:

(a) Khi các lỗ ống được khoan theo đường chéo như được chỉ trong Hình 3/9.1 và 3/9.2: lấy giá trị nhỏ hơn giữa hệ số tính được từ công thức dưới đây hoặc hệ số dọc để làm hệ số của thanh chằng ở phần lỗ ống.

$$J_3 = \frac{2}{A + B + \sqrt{(A-B)^2 + 4C^2}}$$

Trong đó:

J_3: Hệ số độ bền của thanh chằng

$$A = \frac{\cos^2\alpha + 1}{2(1 - \frac{d\cos\alpha}{a})}$$

$$B = \frac{1}{2}(1 - \frac{d\cos\alpha}{a})(\sin^2\alpha + 1)$$

$$C = \frac{\sin\alpha\cos\alpha}{2(1 - \frac{d\cos\alpha}{a})}$$

$$\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{b^2}{a^2}}}$$

$$\sin\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{a^2}{b^2}}}$$

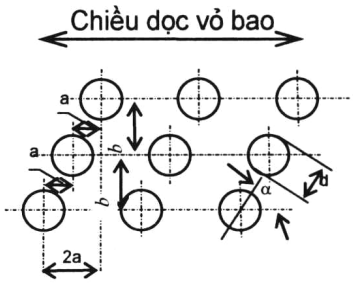
α: Như được quy định ở Hình 3/9.1, 3/9.2 và 3/9.3;

a, b: Như được quy định ở Hình 3/9.1, 3/9.2 và 3/9.3 (mm);

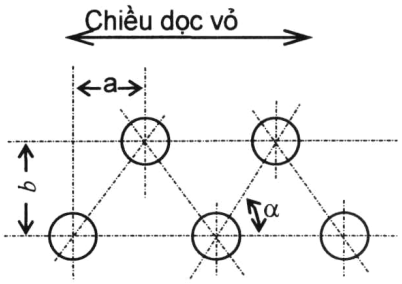
d: Đường kính lỗ ống (mm).

(b) Trong (a) khi các lỗ ống được sắp xếp theo hình so le đều như được chỉ ở Hình 3/9.3 thì hệ số độ bền thanh chằng của phần lỗ ống được lấy theo giá trị nhỏ nhất trong các trị số sau:

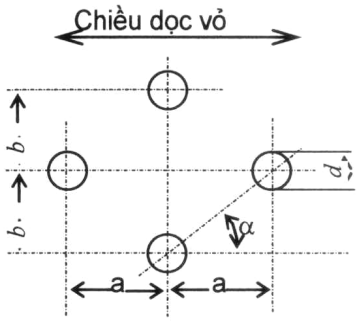
Hệ số được tính theo công thức ở (a), hai lần hệ số vòng tròn hoặc hệ số dọc.



Hình 3/9.1
Khoảng cách của các lỗ theo đường chéo



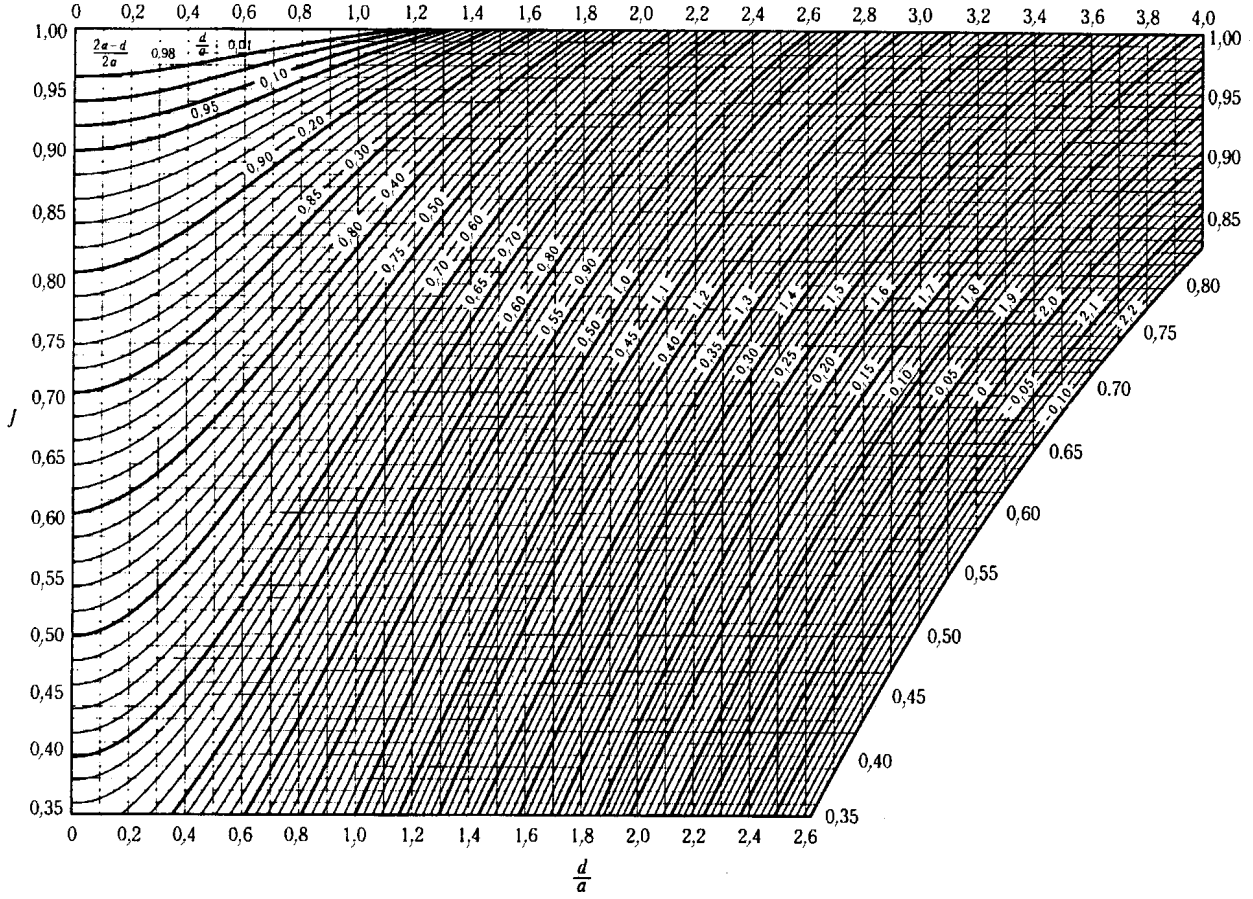
Hình 3/9.2
Kiểu bố trí các lỗ theo hình răng cưa



Hình 3/9.3
Kiểu bố trí các lỗ so le đều

Lưu ý:

Các hệ số độ bền của thanh chằng tính được từ (a) và (b) được chỉ trên Hình 3/9.4 và 3/9.5 với tỷ số b/a trên trục hoành còn tỷ số (2a-d)/2a là thông số.



Hình 3/9.4 Hệ số độ bền của thanh chằng ở phần lỗ ống được khoan theo vòng tròn

(4) Hệ số độ bền của thanh chằng theo một đơn vị chiều dài khi lỗ ống được bố trí không đều theo hướng dọc của vỏ phải là giá trị nhỏ nhất trong các trị số được tính theo (a) hoặc (b) dưới đây. Tuy nhiên hệ số này không cần nhỏ hơn hệ số nhỏ nhất tính được khi lấy L_1 là khoảng cách giữa tâm của các ống đo tại hai đầu của các hàng ống trong phạm vi chiều dài bằng đường kính trong của vỏ (khoảng cách tới tâm của lỗ ống kề sát nếu chỉ có một lỗ ống trong phạm vi chiều dài bằng đường kính trong của vỏ).

(a) Với chiều dài L_1 bằng đường kính trong của vỏ (không quá 1520 mm)

$$J_4 = \frac{a + b + c + \ldots}{L_1}$$

(b) Với chiều dài L_2 bằng bán kính trong của vỏ (không quá 760 mm)

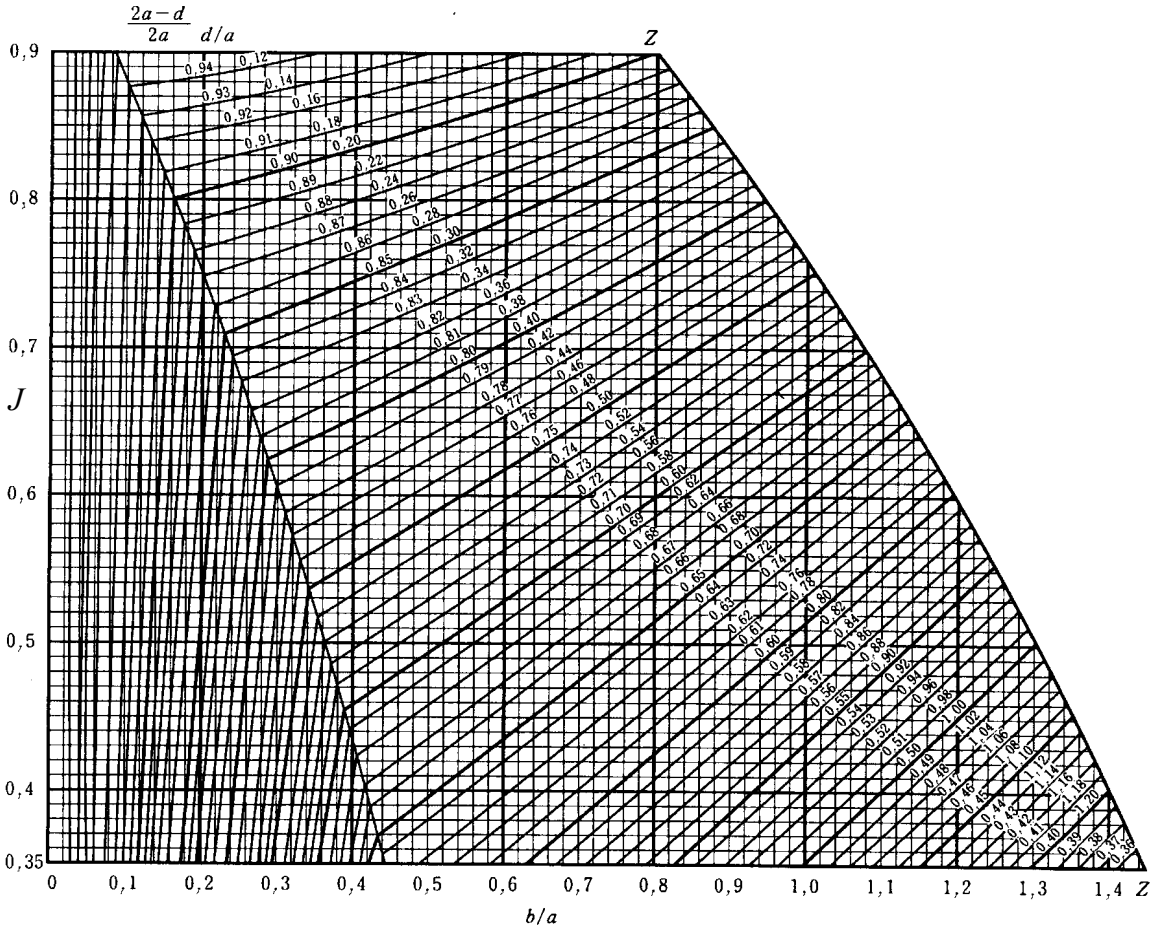
$$J_5 = \frac{a+b+c+\ldots}{L_2} \times 1{,}25$$

Trong đó:

J_4 và J_5: Hệ số độ bền của thanh chằng;

a, b, c: Các khoảng cách giữa các lỗ ống được bố trí theo chiều dọc của vỏ.

Nếu chúng được bố trí theo hướng đường chéo thì các khoảng cách phải lấy là độ dài chiếu trên hướng dọc nhân với hệ số nhận được từ (3).



Chú thích:

Khi điểm rơi trên vùng bên phải của đường giao Z - Z hệ số dọc được coi như là hệ số của phần các lỗ ống.

Hình 3/9.5 Hệ số độ bền của thanh chằng ở phần lỗ ống được khoan theo đường chéo

(Xem tiếp Công báo số 405 + 406)

VĂN PHÒNG CHÍNH PHỦ XUẤT BẢN

Địa chỉ:	Số 1, Hoàng Hoa Thám, Ba Đình, Hà Nội
Điện thoại liên hệ:	
- Nội dung:	080.44417; Fax: 080.44517
- Phát hành:	080.48543
Email:	congbao@chinhphu.vn
Website:	http://congbao.chinhphu.vn
In tại:	Xí nghiệp Bản đồ 1- Bộ Quốc phòng