

Xác định khối lượng hợp lý của cần trục có tầm rộng với dầm chính tiết diện hình hộp.

• **Nguyễn Danh Sơn**

Trường Đại học Công nghiệp TP.HCM.

(Bản nhận ngày 25 tháng 3 năm 2015, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 03 tháng 6 năm 2015)

TÓM TẮT

Khối lượng máy là một trong những thông số quan trọng xác lập nên giá thành sản xuất của máy. Việc xác định khối lượng hợp lý của máy trục là một vấn đề quan trọng và cần thiết để giảm giá thành máy.

Từ khóa: Máy trục, khối lượng hợp lý.

Bài báo đưa ra các công thức giải tích để xác định khối lượng hợp lý của máy trục. Chúng có thể được sử dụng khi thực hiện tính toán xác định hiệu quả các máy và tối ưu hóa chúng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ:

Việc chế tạo các loại máy trục có tầm rộng (cầu trục, cổng trục) dạng dầm hộp ở trong nước là vấn đề quan trọng, góp phần đáp ứng việc cơ giới hóa các quá trình sản xuất, xây dựng nhất là khi nâng chuyển các vật nặng. Mặt khác còn tiết kiệm ngoại tệ, tạo công ăn việc làm cho người lao động và nâng cao vai trò tự chủ kỹ thuật của cán bộ kỹ thuật và rút ngắn thời gian đầu tư thiết bị. Các loại máy này nếu nhập ngoại hoàn toàn thì giá thành của máy được tính theo khối lượng máy với giá là 20 US\$/1 kilôgam, mà kết cấu thép của máy chiếm gần 70% trọng lượng máy. Trong khi đó nếu một máy có cùng công năng sản xuất trong nước thì chỉ tốn có 2 US\$ mà thôi [1]. Như vậy, nếu bắt buộc phải mua máy từ nước ngoài thì ta chỉ nên đặt mua bộ máy nâng, còn lại các cụm khác và kết cấu thép có thể hoàn toàn chế tạo trong nước với các lý do đã nêu trên.

Kết cấu thép của máy trục có dầm dạng hộp bao gồm dầm chính và dầm bên. Khối lượng của dầm chính đóng vai trò chủ yếu. Việc xác định khối lượng hợp lý của máy trục là một vấn đề cần thiết và cấp bách nhằm giảm giá thành máy.

2. GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ:

Việc xác định khối lượng hợp lý của máy trục xuất phát từ việc xác định tỷ số cơ bản của các kích thước dầm chính. Khi tính toán thiết kế dầm chính của máy trục phải xác định giá trị cần thiết của các mô men chống uốn tại tiết diện

nguy hiểm theo phương đứng và phương ngang. Để đảm bảo giá trị của các mômen chống uốn có thể có nhiều giá trị kích thước của các bản cánh và các thành bên. Khi thiết kế thường thì người ta lấy tỷ số các kích thước phản ánh được kinh nghiệm thiết kế, chế tạo và sử dụng cần trục. Ở các dầm dùng làm kết cấu thép của cần trục thì

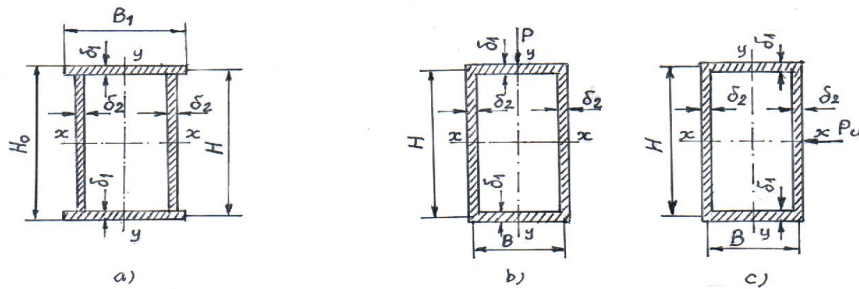
chiều dày của các bản cánh (các tấm ngang trên và dưới) và chiều dày của các thành đứng thì nhỏ so với các kích thước của tiết diện ngang của dầm, cho nên những dầm như thế được xem như là kết cấu có thành mỏng. Chiều cao lớn nhất của dầm được giới hạn bởi các điều kiện tối ưu hóa, còn chiều cao nhỏ nhất được giới hạn bởi độ võng của dầm hay thời gian tắt dần dao động của dầm. Chiều dày của thành đứng δ_2 (xem hình 1.a) được xác định từ điều kiện ổn định và điều kiện bền của nó. Chiều dày nhỏ nhất của thành đứng nên lấy bằng 6 mm, còn khi cần trực làm việc ở môi trường có độ ăn mòn cao thì nên lấy bằng 8 mm.

Ở các dầm chính hình thang (xem hình 2) thì kích thước của hai đầu dầm nên lấy bằng: H_k

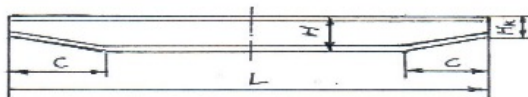
$= (0,4-0,6)H, C = 2 H$. Mô men quán tính của tiết diện dầm cuối cần lấy không nhỏ hơn mô men quán tính của tiết diện dầm chính gần chỗ liên kết của dầm chính với dầm cuối.

Khoảng cách trục bánh xe của cầu trục (xem hình 3) nên lấy bằng $K = (1/7-1/5) L_k$, trong đó L_k – tầm rộng của cầu trục.

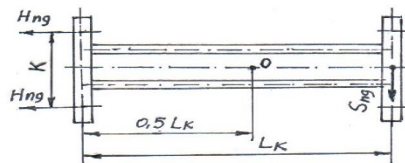
Các kết cấu được coi là tối ưu là những kết cấu mà khi làm việc tin cậy có tổng giá thành chế tạo và sử dụng là nhỏ nhất. Giá thành kết cấu được xác định chủ yếu bằng khối lượng của nó (giá vật liệu chiếm gần 70% tổng giá thành của kết cấu thép). Có thể lấy khối lượng kết cấu làm chuẩn tối ưu cơ bản của cần trục.



Hình 1. Sơ đồ tính toán các dầm.



Hình 2. Dầm chính hình thang.



Hình 3. Sơ đồ kết cấu thép của cầu trục.

Chiều cao tối ưu của dầm hộp được xác định bằng cách tính bền uốn dầm:

$$H_{t.u} = \sqrt{\frac{3w_x}{2\delta_2}}, \quad (1)$$

trong đó: w_x – mô men chống uốn của tiết diện dầm, δ_2 – chiều dày thành đứng của dầm.

Ta thấy rằng nếu có sự sai lệch của chiều cao dầm so với giá trị tối ưu là 20% thì khối lượng của dầm chỉ thay đổi 2,5%, nên chiều cao của dầm có thể lấy nhỏ hơn giá trị tối ưu một ít với điều kiện là phải đảm bảo độ cứng tĩnh và độ cứng động của dầm.

Khi tính bền uốn dầm trong một mặt phẳng (mặt phẳng đứng) thì mô men chống uốn cần thiết của tiết diện là:

$$W_x \geq \frac{M}{[\sigma]}, \quad (2)$$

trong đó: M – mô men uốn, $[\sigma]$ – ứng suất uốn cho phép.

Khi biết chiều cao H của dầm thì mô men quán tính của dầm là:

$$J_x = w_x \cdot y, \quad (3)$$

trong đó: y – khoảng cách từ trục trung hòa đến thớ ngoài cùng của dầm.

Khi tính uốn dầm chính trong mặt phẳng đứng thì tiết diện dầm có 2 trục đối xứng và chiều cao H thì:

$$y \approx H/2 \text{ và } J_x \approx W_x \cdot H/2, \quad (4)$$

Mô men quán tính của tiết diện 2 thành đứng có chiều dày δ_2 được xác định theo công thức:

$$J_{2x} = \delta_2 \cdot H^3/6, \quad (5)$$

Mô men quán tính của hai bản cánh có chiều dày δ_1 so với đường trục ngang của dầm

(với điều kiện bỏ qua các mô men quán tính của các tiết diện bản cánh so với đường trục trung hòa riêng của chúng) được xác định theo công thức:

$$J_{1x} \approx 2F_1(H/2)^2, \quad (6)$$

trong đó: F_1 – diện tích tiết diện của 1 bản cánh.

vì $J_{1x} = J_x - J_{2x}$ nên diện tích cần thiết là:

$$F_1 = 2(J_x - J_{2x})/H^2, \quad (7)$$

Đối với dầm có phần chia hai bên của bản cánh (xem hình 1.a) có chiều rộng chung B_1 thì chiều dày của bản cánh được xác định theo công thức:

$$\delta_1 = F_1/B_1 = 2(J_x - J_{2x})/H^2 \cdot B, \quad (8)$$

Đối với dầm không có phần chia hai bên của bản cánh hoặc khi bỏ qua chiều rộng các phần chia của bản cánh tức là $B_1 = B$, khi đó:

$$\delta_1 = 2(J_x - J_{2x})/H^2 \cdot B, \quad (9)$$

Khi tính bền uốn dầm trong hai mặt phẳng cần phải tính mô men chống uốn của tiết diện dầm đối với đường trục ngang và đường trục đứng, được xác định theo phép tính bền các tổ hợp tải trọng IIa và IIb theo các công thức:

$$(M_x)_{IIa} / w_x = [\sigma];$$

$$(M_x)_{IIb} / w_x + (M_y)_{IIb} / w_y = [\sigma], \quad (10)$$

trong các công thức này: M_x và M_y – các mô men uốn trong mặt phẳng ngang và trong mặt phẳng đứng, ngoài ra mô men $(M_x)_{IIa}$ không bằng mô men $(M_x)_{IIb}$.

Đối với dầm có phần chia hai bên của bản cánh với chiều rộng của bản cánh là B_1 thì mô men chống uốn của tiết diện dầm đối với đường trục ngang và đường trục đứng được xác định theo công thức:

$$W_x = (B_1 \cdot \delta_1 + \delta_2 \cdot H/3) \cdot H;$$

$$W_y = H \cdot \delta_2 \cdot B_1 + \delta_1 \cdot B_1^3 / 3, \quad (11)$$

Đối với dầm không có phần chia hai bên của các bản cánh, khi $B_1 = B$ thì:

$$W_x = (B_1 \cdot \delta_1 + \delta_2 \cdot H / 3) \cdot H;$$

$$W_y = (H \cdot \delta_2 + \delta_1 \cdot B / 3) \cdot B, \quad (12)$$

Đối với dầm có chiều cao tối ưu $H_{t.u}$ thì diện tích tiết diện của một bản cánh là:

$$F_1 = B \cdot \delta_1 = H_{t.u} \cdot \delta_2 / 2 = \sqrt{\frac{3w_x}{2\delta_2}} \cdot \frac{\delta_2}{2}, \quad (13)$$

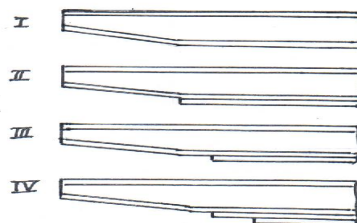
$$B = \frac{3w_y}{5w_x} \sqrt{\frac{3w_x}{2\delta_2}}, \quad (14)$$

Giai kết hợp các phương trình (13) và (14) ta được:

$$\delta_1 = \frac{5w_x}{6w_y} \cdot \delta_2, \quad (15)$$

Để làm các bản cánh dầm cầu trục nên dùng thép tấm là thép cacbon có chiều dày tới 50 mm và thép hợp kim thấp có chiều dày tới 40 mm. Nếu dầm không đáp ứng các điều kiện về độ cứng tĩnh và độ cứng động và thời gian tắt dần dao động thì chế tạo dầm có tiết diện thay đổi theo chiều dài của dầm. Khi đó sử dụng sự

thay đổi chiều dày của bản cánh dưới hoặc chiều cao của dầm. Cũng có thể đồng thời thay đổi chiều dày của bản cánh dưới và chiều cao của dầm.



Hình 4. Các phương án chế tạo dầm cầu trục.

Trong công trình [2] cho thấy rằng có thể sử dụng khối lượng tối thiểu của cầu trục làm chuẩn tối ưu của nó.

Trên hình 4 cho thấy dầm chính của cầu trục có trọng tải nâng $Q = 50$ Tấn và tầm với $L = 34,5$ mét. Chi phí thấp nhất là khi chế tạo dầm theo phương án III; so với dầm chính hình thang truyền thống (phương án I) thì nó có khối lượng giảm 24% và nhân công giảm 10%.

So sánh khối lượng của một số cầu trục được chế tạo trong nước với khối lượng của một số cầu trục được chế tạo ở nước ngoài (Liên Xô cũ):

Bảng 1. So sánh khối lượng một số cầu trục.

TT	Trọng tải nâng Q(Tấn)	Tầm rộng L(Mét)	Khối lượng cầu trục theo thống kê m (Tấn)	Khối lượng cầu trục theo tính toán lý thuyết , m (Tấn)	Chênh lệch khối lượng (%)
1	50	23	30	25	16,6
2	50	20	20	17	15
3	30	20	20	17	15
4	20	23	22	19	13,6
5	15	20	14	12	14,2
6	10	20	12	10	16,6
7	5	20	6	5	16

Từ bảng 1 ta nhận thấy rằng với sơ đồ kết cấu dầm chính truyền thống có tiết diện hình hộp với phần chia hai bên và khi đã đảm bảo về độ bền và độ cứng vững của cầu trục thì với cùng một trọng tải nâng và cùng một tầm rộng thì sự chênh lệch về khối lượng từ 13,6 đến 16,6%. Sự giảm khối lượng này sẽ dẫn tới giảm đáng kể giá thành của máy.

3. KẾT LUẬN

Như vậy, bằng kinh nghiệm của mình hơn 40 năm trong việc thiết kế, sản xuất chế tạo các máy trục dạng dầm hộp và bằng phương pháp giải tích đã đưa ra được các công thức giải tích để xác định khối lượng hợp lý của dầm chính của cầu trục và chính là khối lượng của máy, điều này giúp cho việc giảm khối lượng máy và giá thành sản phẩm chế tạo trong nước.

Determination of rational mass of span crane with box girders.

- **Nguyen Danh Son**

Industrial University of Ho Chi Minh City

ABSTRACT

Mass is one of important parameters of a machine, which affirm the manufacturer, price of machine. The determination of rational mass of a crane is one important and necessary problem for reduction of machine price.

Keywords: Crane, rational mass .

The paper comes up with analytic formulas to determine rational mass of a crane. They can be used in calculation of machine effect and in optimization.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Danh Sơn
Kinh nghiệm trong thiết kế, chế tạo cầu trục, công trục dạng dầm hộp trong nước.
Tạp chí Lao động và xã hội số 2 năm 1996.
- [2]. А.П.Шабашов, А.Г.Лысяков
Мостовые краны общего назначения,
изд. Машиностроение, 1980.
- [3]. М.П.Александров
Подъемно – транспортные машины.
изд. Высшая школа, 1985.