

TÍNH TOÁN TỐI ƯU GIÁ TRỊ GÓC CÔN BU LÔNG KẸP DAO PHẪNG DẠNG RÃNH CÔN KÍN

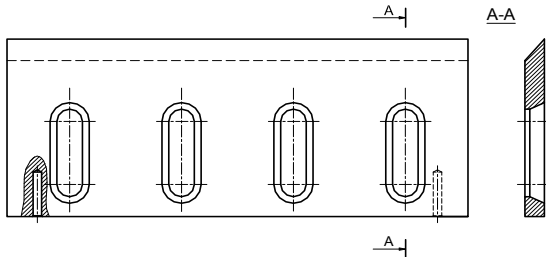
Cao Thanh Long - Nguyễn Thanh Bình - Phan Văn Nghị
(Trường ĐH Kỹ thuật Công nghiệp - ĐH Thái Nguyên)

Tóm tắt

Việc tính toán tối ưu giá trị góc côn cho bu lông kẹp dao phẳng dạng rãnh côn kín có ý nghĩa rất lớn trong việc đảm bảo đủ lực kẹp cho dao trong quá trình cắt dũa và trong việc tìm ra cơ sở để giảm lực kẹp cho công nhân trong quá trình gá dao. Trong bài báo này, nhóm tác giả đã dựa trên việc tính toán có tham khảo số liệu thực tế để tìm ra một giá trị góc côn kẹp tối ưu cho rãnh côn dao phẳng.

I. Đặt vấn đề

Dao phẳng là loại dao được sử dụng phổ biến trong nhiều lĩnh vực khác nhau như: Công nghệ sản xuất giấy, ván dũa, in ấn... Dao có hình dáng hình học, kết cấu đơn giản, gồm các mặt phẳng tạo nên (hình 1.1).



Hình 1.1

Dao phẳng được gá lên mâm gá trên máy thông qua các bu lông kẹp. Do có nhiều dạng rãnh khác nhau nên theo đó, cũng có nhiều dạng đầu bu lông kẹp khác nhau trên từng loại dao. Bu lông đầu côn dùng cho dao phẳng rãnh côn vì nó được dùng khá phổ biến và có nhiều ưu điểm so với các dạng rãnh khác. Dao phẳng dạng này thường có 4 rãnh côn kín, trên mỗi rãnh được kẹp 2 bu lông dạng đầu côn.

Xuất phát từ thực tế, các nhà máy sử dụng dao phẳng với nhiều giá trị góc côn khác nhau do thiếu hiểu biết về ý nghĩa của các giá trị góc côn đó, gây khó khăn cho việc chế tạo dao. Ngoài ra những giá trị góc côn có thể làm giảm tuổi thọ của bu lông kẹp.

Vì vậy, các tác giả sẽ cung cấp các cơ sở tính toán để đưa ra một giá trị góc côn thích hợp nhằm tạo cơ sở kỹ thuật thuyết phục các nơi đặt hàng thống nhất một giá trị góc côn cho bu lông kẹp dao phẳng hiện đang được sử dụng tại nhiều nhà máy chế biến dũa gỗ ở các tỉnh phía Bắc nước ta.

II. Tính toán giá trị θ để F_{MSMAX}

Khi kẹp dao, các lực tác dụng lên dao được thể hiện như sau (hình 2.1):

Trong đó:

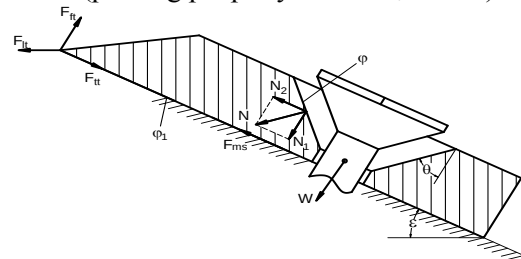
N: Áp lực pháp tuyến trên mặt côn.

N_1 : Áp lực pháp tuyến.

F_{ms} : Lực ma sát nghỉ trên bề mặt định vị chính.

F_{tt} : Thành phần lực cắt trung bình trên 1 rãnh (phương tiếp tuyến với mặt trước của dao).

F_{pt} : Thành phần lực cắt pháp tuyến trung bình trên 1 rãnh (phương pháp tuyến với mặt trước).



Hình 2.1

F_{lt} : Lực quán tính li tâm (Phương tiếp tuyến với quỹ đạo chuyển động của trọng tâm dao, chiều tương ứng với chiều quay của mâm gá).

W: Lực kẹp do quá trình siết đai ốc tạo nên.

ϕ, ϕ_1 : Lần lượt là góc ma sát trên bề mặt côn và bề mặt định vị chính.

θ : Góc côn của rãnh kẹp.

ϵ : Góc gá dao (góc nghiêng của dao so với mặt phẳng mâm gá) để tạo góc trước và góc sau của dao.

Ta có: Lực ép do bề mặt côn của bu lông tác dụng lên bề mặt côn của rãnh dao là N:

$$N = \frac{W}{2 \cdot \tan(\theta + \phi)} \quad (2.1)$$

Do vậy áp lực dao tác dụng lên bề mặt gá là

$$N_1: N_1 = \frac{W}{2 \cdot \tan(\theta + \phi)} \cdot \sin(\theta) \quad (2.2)$$

Suy ra: Lực giữ dao F_{ms} :

$$F_{ms} = \frac{w}{2 \cdot \tan(\theta + \varphi)} \cdot \sin(\theta) \cdot \tan(\varphi_1) \quad (2.3)$$

Mặt khác, hợp lực (tính) tác dụng lên dao trong quá trình cắt là:

$$R = F_{tt} - F_{lt} \cdot \cos(\varepsilon). \quad (2.4)$$

Thực tế khi cắt, dao chịu xung lực và lực quán tính li tâm do đĩa gá dao quay tròn. Bởi vậy, cần thêm hệ số an toàn k vào biểu thức tính lực cắt.

$$R_c = [F_{tt} - F_{lt} \cdot \cos(\varepsilon)] \cdot k \quad (2.5)$$

Như vậy, điều kiện kẹp chặt dao là:

$$F_{ms} \geq [F_{ms}] = [F_{tt} - F_{lt} \cdot \cos(\varepsilon)] \cdot k \quad (2.6)$$

Hay:

$$\frac{w \cdot \sin(\theta) \cdot \tan(\varphi_1)}{2 \cdot \tan(\theta + \varphi)} \geq [F_{tt} - F_{lt} \cdot \cos(\varepsilon)] \cdot k \quad (2.7)$$

Vấn đề then chốt ở đây là cần tìm giá trị của θ để hàm số:

$$y(\theta) = F_{ms}(\theta) = \frac{w \cdot \sin(\theta) \cdot \tan(\varphi_1)}{2 \tan(\theta + \varphi)}$$

đạt giá trị cực đại. (2.8)

Đặt $a = \frac{w \cdot \tan(\varphi_1)}{2}$ (coi $W = \text{const}$). Khi này,

hàm số (2.8) được viết dưới dạng:

$$y(\theta) = a \cdot \frac{\sin(\theta)}{\tan(\theta + \varphi)} \quad (2.9) \text{ với điều kiện:}$$

$(\theta + \varphi) \neq 0$ có: $y' = a \cdot$

$$\frac{\cos(\theta) \cdot \tan(\theta + \varphi) - \sin(\theta) \cdot \frac{1}{\cos^2(\theta + \varphi)}}{\tan^2(\theta)}$$

Sau khi biến đổi và rút gọn có:

$$y' = a[c \cdot \cotan^6(\theta) + c \cdot \cotan^4(\theta) - 2 \cotan^3(\theta) + 2c \cdot \cotan^2(\theta) - \cotan(\theta) + 1] / \tan^2(\theta) \quad (2.10)$$

Để hàm số có cực trị thì: $y' = 0$;

$$\text{Hay: } c \cdot \cotan^6(\theta) + c \cdot \cotan^4(\theta) - 2 \cotan^3(\theta) + 2c \cdot \cotan^2(\theta) - \cotan(\theta) + 1 = 0 \quad (2.11)$$

Với $c = \tan(\varphi) = 0,09$ (ma sát giữa thép - thép) $\Rightarrow \varphi = 5,14^\circ$.

Thay c vào phương trình trên có:

$$0,09 \cdot \cotan^6(\theta) + 0,09 \cdot \cotan^4(\theta) - 2 \cotan^3(\theta) + 0,18 \cdot \cotan^2(\theta) - \cotan(\theta) + 0,09 = 0 \quad (2.12)$$

Thay $x = \cotan(\theta)$ thì phương trình trở thành:

$$0,09x^6 + 0,09x^4 - 2x^3 + 0,18x^2 - x + 0,09 = 0 \quad (2.13)$$

Sử dụng phần mềm Matlab 6.5 nhận được kết quả là 3 nghiệm thực:

$$\begin{cases} x = 2,8499 \\ x = -0,5615 \\ x = 0,0779 \end{cases} \quad \text{hay} \quad \begin{cases} \cotan(\theta) = 2,8499 \\ \cotan(\theta) = -0,5615 \\ \cotan(\theta) = 0,779 \end{cases}$$

$$\text{Suy ra: } \begin{cases} \theta = 0,366(\text{rad}) = 20,98^\circ \\ \theta = 4,688(\text{rad}) = 268,75^\circ \\ \theta = 0,277(\text{rad}) = 15,9^\circ \end{cases} \quad (2.14)$$

Về mặt kết cấu thì: $0^\circ < \theta < 90^\circ$ nên nghiệm $\theta = 268,75^\circ$ loại. Thay vào (2.2) có:

$$y(20,98^\circ) = 0,73 \cdot a \text{ và } y(15,90^\circ) = 0,71 \cdot a$$

$$\text{Do: } a = \frac{w \cdot \tan(\varphi_1)}{2} > 0 \text{ nên: } y(20,98^\circ) =$$

$$0,73 \cdot a > y(15,90^\circ) = 0,71 \cdot a$$

Vậy trong khoảng $0^\circ < \theta < 90^\circ$ thì: $Y_{\max} = F_{ms\max} = 0,73 \cdot a$ tại $\theta = 20,98^\circ$. Vậy để $F_{ms\max}$ thì $\theta = 20,98^\circ$

III. Tính toán giá trị θ để $W_{\min}$ trong khi vẫn đảm bảo $F_{MS} \geq [F_{MS}]$

1. Ý nghĩa của việc tính $W_{\min}$

Tính toán giá trị góc côn θ để $W = W_{\min}$ nhằm xác định với giá trị nào của góc côn bu lông kẹp θ , công nhân cũng chỉ cần siết đai ốc với lực siết vừa phải phù hợp với tầm vóc, sức lực của người Việt Nam, vừa đảm bảo tuổi thọ cho đai ốc - bu lông kẹp, đồng thời tránh được tai nạn lao động do sự mệt mỏi của công nhân gây nên, trong khi bu lông vẫn tạo ra lực ma sát đủ lớn để kẹp chặt dao khi cắt.

2. Thao tác tính toán:

Từ điều kiện (2.7) xét hàm:

$$W(\theta) = \frac{2(F_{tt} - F_{lt} \cdot \cos(\varepsilon)) \cdot \tan(\theta + \varphi)}{\tan(\varphi_1) \cdot \sin(\theta)} \quad (3.1)$$

$$\text{Đặt } b = \frac{2 \cdot (F_{tt} - F_{lt} \cdot \cos(\varepsilon))}{\tan(\varphi_1)} \text{ thì: } W(\theta) = b \cdot$$

$$\frac{\tan(\theta + \varphi)}{\sin(\theta)} = g(\theta) \quad (3.2)$$

$$\text{Để tìm } W(\theta)_{\min} = g(\theta)_{\min}, \text{ xét: } g'(\theta) = b \cdot \frac{1}{\cos^2(\theta + \varphi)} \cdot \sin(\theta) - \cos(\theta) \cdot \tan(\theta + \varphi) \frac{1}{\sin^2(\theta)}$$

Qua biến đổi và rút gọn có: $y' = b[c \cdot \cotan^4(\theta) + c \cdot \cotan^2(\theta) - \cotan(\theta) + c] / \sin^2(\theta)$.

Để hàm số có cực trị thì: $g'(\theta) = 0$, hay:

$$c \cdot \cotan^4(\theta) + c \cdot \cotan^2(\theta) - \cotan(\theta) + c = 0$$

Với $c = \tan(\varphi) = 0,09$ (ma sát giữa thép - thép) $\Rightarrow \varphi = 5,14^\circ$.

Thay c vào phương trình trên và đặt $x = \cotan(\theta)$ thì phương trình trở thành:

$$0,09.x^4 + 0,09.x^2 - x + 0,09 = 0 \quad (3.3)$$

Sử dụng phần mềm Matlab 6.5, nhận được 2 nghiệm thực:

$$\begin{cases} x = 2,0469 \\ x = 0,0907 \end{cases} \text{ hay } \begin{cases} \cotan(\theta) = 2,0469 \\ \cotan(\theta) = 0,0907 \end{cases} \text{ Suy ra: } \begin{cases} \theta = 0,454(\text{rad}) = 26,05^\circ \\ \theta = 1,48(\text{rad}) = 84,86^\circ \end{cases} \quad (3.4)$$

Ta thấy $\theta = 84,86^\circ$ không thỏa mãn điều kiện: $(\theta + \varphi) \neq 0$ nên bị loại.

Đưa vào giá trị $\theta = 30^\circ$ để kiểm tra xem giá trị $\theta = 26,05^\circ$ làm cho $W_{\min}$ hay $W_{\max}$.

Ta có:

$$g(26,05^\circ) = 1,37.b; g(30^\circ) = 1,407.b. \text{ Do: } b = \frac{2.(F_t - F_t \cdot \cos(\varepsilon))}{\tan(\varphi_1)} > 0 \text{ nên:}$$

$$g(30^\circ) = 1,407.b > g(26,05^\circ) = 1,37.b. \text{ Vậy } W_{\min} = 1,37.b \text{ khi } \theta = 26,05^\circ$$

Thay $\theta = 26,05^\circ$ vào hàm tính F_{msmax} : $F_{\text{ms}}(26,05^\circ) = 0,72.a \approx F_{\text{ms}}(20,98^\circ) = 0,73.a = F_{\text{msmax}}$ nên $\theta = 26,05^\circ$ thỏa mãn $F_{\text{ms}} \geq [F_{\text{ms}}]$

Để $W_{\min}$ mà vẫn thỏa mãn $F_{\text{ms}} \geq [F_{\text{ms}}]$ thì $\theta = 26,05^\circ$

Như vậy, dựa vào các kết quả trên, chọn: $\theta = 25^\circ$. Thay vào (2.9) có:

$$F_{\text{ms}}(25^\circ) = 0,727.a; \text{ nên: } \frac{F_{\text{ms}}(25^\circ)}{F_{\text{msmax}}} = \frac{0,727a}{0,73a} \cdot 100\% = 99,5\%$$

$$\text{và } W(25^\circ) = 1,373.b; \text{ nên: } \frac{W(25^\circ)}{W_{\min}} = \frac{1,373b}{1,37b} \cdot 100\% = 100,27\%$$

Như vậy giá trị $\theta = 25^\circ$ đảm bảo vừa thỏa mãn $F_{\text{ms}} \approx F_{\text{msmax}}$ và $W \approx W_{\min}$.

Ngoài ra, để thuận tiện cho việc tiêu chuẩn hoá dụng cụ cắt, chọn $\theta = 25^\circ$.

Trong thiết kế thường biểu diễn dưới dạng góc 2θ : $2\theta = 50^\circ$.

IV. Kết luận

Từ các tính toán trên cho các nhận xét sau:

- Nên sử dụng góc côn với giá trị $2\theta = 50^\circ$ để lực kẹp cần thiết là nhỏ nhất, mà vẫn tạo ra ma sát giữa dao và bề mặt tỳ của đồ gá đủ kẹp chặt dao

trong khi làm việc. Ngoài ra, điều này rất thuận tiện cho các nhà chế tạo dao phẳng.

- Từ công thức tính lực kẹp: $W = 2,74 \frac{[F_t - F_t \cdot \cos(\varepsilon)]}{\tan(\varphi_1)}$ có thể tính ra lực vặn đai ốc cần

thiết theo chiều dài cánh tay đòn và bước ren đai ốc. Tránh hiện tượng tạo ra lực kẹp lớn hơn mức cần thiết có thể gây biến dạng dẻo ren bu lông và đai ốc, dẫn đến hiện tượng dao tự tháo lỏng sẽ gây nguy hiểm với người và máy móc khi làm việc. Trên thực tế, khi làm việc, dao phẳng còn chịu tác động của xung lực. Giá trị và tần số của xung lực phụ thuộc vào tốc độ quay của trục chính mang dao. Để có kết quả chính xác hơn, cần xác định và khảo sát ảnh hưởng của giá trị xung lực khi cắt thực. Vấn đề này khá phức tạp mà phạm vi bài này chưa có điều kiện trình bày kết quả.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Trần Hữu Đà, Nguyễn Văn Hùng, Cao Thanh Long (1998), "Cơ sở chất lượng quá trình cắt", Đại học Kỹ thuật Công nghiệp.
- [2]. Trần Văn Địch (2005), *Đồ gá*. NXB Khoa học Kỹ thuật, Hà Nội.
- [3]. Nguyễn Văn Vọng (1998), *Sức bền vật liệu*. NXB Giáo dục, Hà Nội.

Summary**CALCULATING AN OPTIMAL VALUE OF CONE ANGLES FOR MOUNTED BOLTS IN WOOD CUTTING TOOLS WITH INTERNAL MOUNTED FORMS**

Calculating an optimal value of cone angles for mounted bolts in wood cutting tools with internal mounted forms plays an important role since it will induce stable mounted forces for the tools during chip cutting progress taken place and will assist to find out a basic of decreasing hand forces of operators when initial mounted progresses of the tools begin. In this paper, the authors present an optimal value of cone angles of the wood cutting tools that are referenced with practice values.