

**DÙNG BIỂU ĐỒ BIỂU DIỄN SỰ PHÂN CHIA NGOẠI LỰC TÁC DỤNG LÊN BULÔNG VÀ CÁC TẮM GHÉP TRONG MỖI GHÉP BULÔNG ĐƯỢC SIẾT CHẶT CHỊU LỰC DỌC TRỰC NGOÀI**  
**THE USING OF DIAGRAMS FOR PRESENTING A DIVISION OF EXTERNAL FORCE APPLIED TO BOLT AND PLATES IN TIGHTENED BOLTED JOINT SUBJECTED EXTERNAL AXIAL FORCE**

**TS. ĐÀO NGỌC BIÊN**  
*Phòng Quản lý Khoa học, Trường ĐHHH*

**Tóm tắt:**

*Trong bài báo này trình bày việc sử dụng biểu đồ quan hệ giữa các lực tác dụng lên mỗi ghép bulông được siết chặt, chịu lực dọc trục ngoài với độ giãn dài của bulông và độ co của các tấm ghép để nhận biết trực quan sự phân chia ngoại lực cho bulông và các tấm ghép, đồng thời so sánh lực toàn phần tác dụng lên bulông có độ cứng khác nhau trong cùng một điều kiện làm việc.*

**Abstract:**

*In this article are presented the using of diagrams of forces relation acting on tightened bolted joint subjected to external axial force on bolt extension and plates' shrinkage to realize visually the external force division between bolt and plates and at the same time the comparison of the total force acting on bolts with different stiffness in the same working condition.*

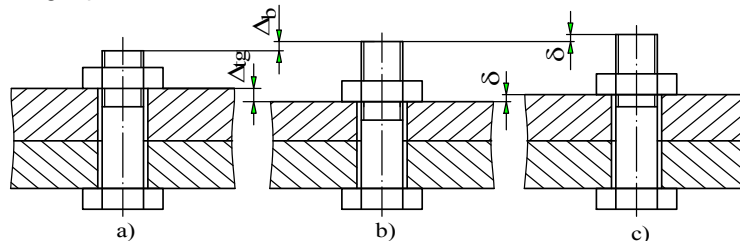
**1. Đặt vấn đề**

Trong mỗi ghép bulông được siết chặt, chịu thêm lực dọc trục ngoài cần tính toán về độ bền của bulông và độ kín của mỗi ghép. Để thực hiện những tính toán này trước tiên phải xác định được các phần của ngoại lực tác dụng lên bulông và lên các tấm ghép. Vấn đề này đã được trình bày đầy đủ và chi tiết trong các giáo trình Chi tiết máy.

Trong bài báo này không trình bày việc tính toán mỗi ghép bulông loại này mà trình bày việc dùng biểu đồ để biểu diễn quan hệ giữa các lực tác dụng lên mỗi ghép với độ giãn dài của bulông và độ co của các tấm ghép từ đó có thể nhận biết một cách trực quan sự phân chia tải trọng cho bulông và các tiết máy được ghép, đồng thời so sánh ngoại lực toàn phần tác dụng lên các bulông có độ cứng khác nhau trong cùng 1 điều kiện làm việc.

**2. Dùng biểu đồ biểu diễn quan hệ giữa các lực tác dụng lên mỗi ghép bulông được siết chặt, chịu lực dọc trục ngoài với độ giãn dài của bulông và độ co của các tấm ghép**

Xét mỗi ghép bulông có khe hở, được siết chặt với lực siết  $V$ , sau đó chịu thêm lực dọc trục ngoài  $F$  (hình 2.1.a). Để tính toán mỗi ghép cần xác định các phần của ngoại lực  $F$  tác dụng lên bulông và lên các tấm ghép.



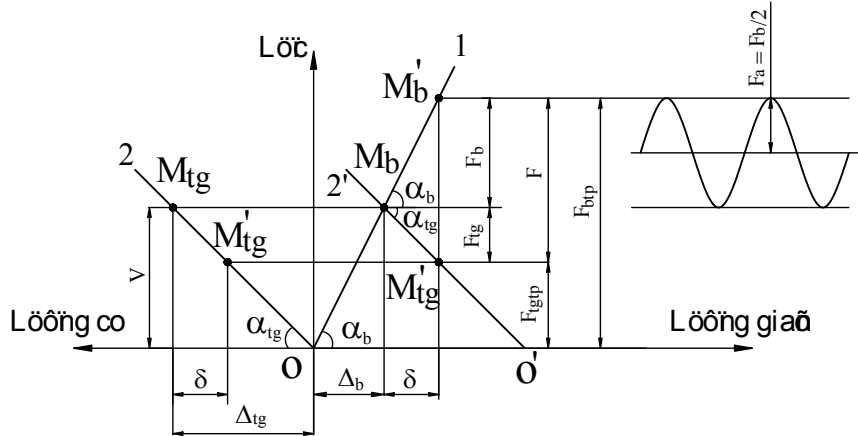
**Hình 2.1. Lực tác dụng và biến dạng của bulông và các tấm ghép trong mỗi ghép bulông được siết chặt chịu lực dọc trục**

Để giải bài toán này các tấm ghép được thay bằng những ống hình trụ rỗng có độ cứng tương đương, còn bulông được tính như thanh trụ tròn có đường kính  $d_1$  là đường kính chân ren.

Khi siết bulông, đai ốc dịch chuyển dọc trục 1 đoạn  $\Delta_D$  tỷ lệ với góc quay của đai ốc (khi xoay đai ốc đi  $360^\circ$  thì  $\Delta_D = p$ ,  $p$  - bước xoắn ốc). Khi đó, bulông giãn dài ra 1 lượng  $\Delta_b$ , còn các tấm ghép co lại 1 lượng  $\Delta_{tg}$  (hình 2.1.b).

Khi chịu thêm lực dọc trục  $F$  (hình 2.1.c), bulông giãn dài thêm 1 lượng  $\delta$ , bằng lượng nở lỏng của các tấm ghép (điều kiện đồng chuyển vị).

Để nhận biết 1 cách trực quan sự phân chia các lực này cho bulông và các tấm ghép ta dùng biểu đồ biểu diễn quan hệ giữa các lực này với độ giãn dài của bulông và độ co của các tấm ghép (hình 2.2). Các đường cong biến dạng của bulông và các tấm ghép, (là các đường thẳng trong trường hợp biến dạng đàn hồi), được biểu diễn bằng các tia  $O1$  và  $O2$ . Các đường thẳng này biểu diễn quan hệ giữa các lực với độ giãn của bulông (chịu kéo) và độ co của các tấm ghép (chịu nén). Các điểm  $M_b$  và  $M_{tg}$  đặc trưng cho lực và biến dạng của bulông và các tấm ghép sau khi siết lực siết  $V$ .



**Hình 2.2. Biểu đồ quan hệ giữa lực tác dụng lên mỗi ghép bulông được siết chặt, chịu lực dọc trục với độ giãn dài của bulông và độ co của tấm ghép**

Lượng giãn dài của bulông sau khi siết lực siết  $V$ :

$$\Delta_b = V \frac{l_b}{E_b A_b} = \lambda_b V, \quad (2.1)$$

$l_b$  - chiều dài tính toán của bulông;

$E_b$  - môđun đàn hồi của vật liệu bulông;

$A_b$  - diện tích tiết diện ngang (diện tích nguy hiểm) của bulông;

$\lambda_b$  - độ mềm của bulông (biến dạng của bulông dưới tác dụng của lực có trị số bằng đơn vị).

Lượng co lại của các tấm ghép sau khi siết lực siết  $V$ :

$$\Delta_{tg} = V \frac{l_{tg}}{E_{tg} A_{tg}} = -\lambda_{tg} V, \quad (2.2)$$

$l_{tg}$  - độ dài phần biến dạng của các tấm ghép (bằng tổng độ dày các tấm ghép);

$E_{tg}$  - môđun đàn hồi của vật liệu các tấm ghép;

$A_{tg}$  - diện tích tiết diện ngang của hình trụ rỗng;

$\lambda_{tg}$  - độ mềm của các tấm ghép.

Các góc nghiêng của các đường thẳng  $OM_b$  và  $OM_{tg}$  so với trục hoành là:

$$\alpha_b = \arctan\left(\frac{V}{\Delta_b}\right) = \arctan\left(\frac{1}{\lambda_b}\right); \quad (2.3)$$

$$\alpha_{tg} = \arctan\left(\frac{V}{\Delta_{tg}}\right) = \arctan\left(\frac{1}{\lambda_{tg}}\right). \quad (2.4)$$

Độ dịch chuyển của đai ốc là:

$$\Delta_D = |\Delta_b| + |\Delta_{tg}|. \quad (2.5)$$

Sau khi tác dụng lực  $F$ , bulông giãn dài thêm 1 lượng  $\delta$  và phần của lực  $F$  tác dụng lên bulông sẽ là:

$$F_b = \delta \operatorname{tg} \alpha_b = \frac{\delta}{\lambda_b}. \quad (2.6)$$

Phần của lực  $F$  dùng nối lỏng các tấm ghép sẽ là:

$$F_{\operatorname{tg}} = \delta \operatorname{tg} \alpha_{\operatorname{tg}} = \frac{\delta}{\lambda_{\operatorname{tg}}}. \quad (2.7)$$

Lực toàn phần tác dụng lên bulông và lên các tấm ghép cũng như biến dạng của chúng được đặc trưng bởi các điểm  $M'_b$  và  $M'_{\operatorname{tg}}$  trên đồ thị (hình 2.2).

Phần lực giảm tải các tấm ghép  $F_{\operatorname{tg}}$  có thể tìm được bằng cách kẻ qua điểm  $M_b$  tia  $O'2'$  song song với  $O2$ .

Từ (2.6) và (2.7) cùng điều kiện  $F_b + F_{\operatorname{tg}} = F$  ta xác định được:

$$\delta = \frac{F}{\frac{1}{\lambda_b} + \frac{1}{\lambda_{\operatorname{tg}}}} = \frac{\lambda_b \lambda_{\operatorname{tg}}}{\lambda_b + \lambda_{\operatorname{tg}}} F. \quad (2.8)$$

Phần của ngoại lực  $F$  tác dụng lên bulông là:

$$F_b = \frac{\lambda_{\operatorname{tg}}}{\lambda_b + \lambda_{\operatorname{tg}}} F = \chi F, \quad (2.9)$$

$\chi$  - hệ số phân bố ngoại lực, thường  $\chi = 0,2 \div 0,4$ ,

$$\chi = \frac{\lambda_{\operatorname{tg}}}{\lambda_b + \lambda_{\operatorname{tg}}}. \quad (2.10)$$

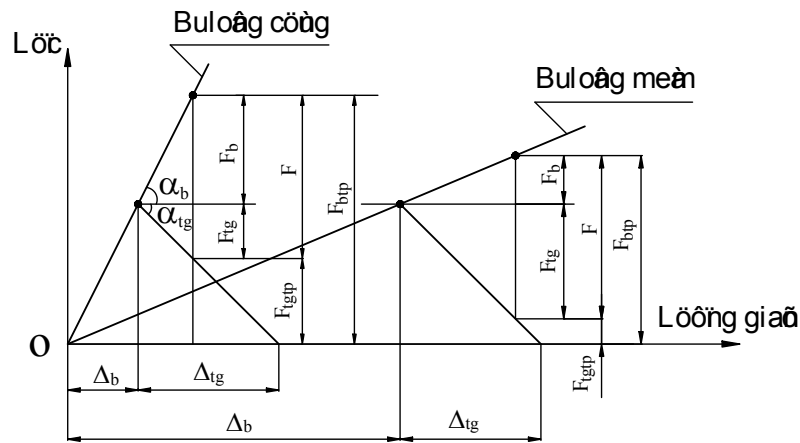
Lực toàn phần tác dụng lên bulông sẽ là:

$$F_{btp} = V + \chi F. \quad (2.11)$$

Lực toàn phần tác dụng lên các tấm ghép sẽ là:

$$F_{\operatorname{tgtp}} = V - (1 - \chi) F. \quad (2.12)$$

Thực tế cho thấy độ bền và tuổi thọ của mối ghép bulông được siết chặt, chịu tải trọng dọc trục ngoài thay đổi được xác định bởi biên độ của ứng suất  $\sigma_a$ . Biên độ ứng suất  $\sigma_a$  càng nhỏ thì độ bền và tuổi thọ của bulông càng lớn. Vì vậy khi thiết kế cần giảm phần ngoại lực tác dụng lên bulông.



Hình 2.3. Lực tác dụng lên các bulông có độ cứng khác nhau trong cùng 1 điều kiện làm việc

Từ (2.9) ta thấy:

- Trong mối ghép bulông được siết chặt, chịu lực dọc trục ngoài chỉ 1 phần ngoại lực tác dụng lên bulông. Như vậy siết bulông là biện pháp hữu hiệu để tăng độ bền của bulông;

- Để giảm phần lực tác dụng lên bulông cần giảm hệ số phân bố ngoại lực  $\chi$ , nghĩa là tăng độ mềm của bulông và giảm độ mềm của tấm ghép, tức là nên thiết kế bulông mềm và các tấm ghép cứng.

Ưu điểm của việc dùng bulông mềm được thể hiện trên đồ thị hình 2.3. Với 2 bulông có độ cứng khác nhau trong cùng điều kiện làm việc (cùng lực siết  $V$  và cùng ngoại lực  $F$ ) thì lực toàn phần tác dụng lên bulông có độ cứng thấp hơn sẽ nhỏ hơn.

Điều kiện để các tấm ghép không bị tách hở là lực toàn phần tác dụng lên các tấm ghép  $F_{\text{tgp}} > 0$ . Nếu  $F_{\text{tgp}} = 0$  thì toàn bộ lực  $F$  sẽ tác dụng lên bulông gây nguy hiểm cho bulông, đặc biệt là khi tải trọng thay đổi. Để đảm bảo chống tách hở thì:

$$F_{\text{tgp}} = k(1 - \chi)F, \quad (2.13)$$

$k$  - hệ số an toàn chống tách hở,  $k = 1,25 \dots 2$  khi tải trọng tĩnh và  $k = 2,5 \dots 4$  khi tải trọng thay đổi.

### 3. Kết luận và khuyến nghị

1. Sử dụng biểu đồ quan hệ giữa các lực tác dụng lên mối ghép trong mối ghép bulông được siết chặt chịu lực dọc trục với độ giãn dài của bulông và độ co của các tấm ghép cho phép nhận biết 1 cách trực quan sự phân chia ngoại lực cho bulông và các tấm ghép, đồng thời so sánh độ lớn của lực toàn phần tác dụng lên các bulông có độ cứng khác nhau trong cùng 1 điều kiện làm việc.

2. Siết bulông là biện pháp hữu hiệu để tăng tuổi thọ của mối ghép.

3. Để giảm ngoại lực tác dụng lên bulông cần tăng độ mềm của bulông và giảm độ mềm của các tấm ghép.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trịnh Chất (1994), *Cơ sở thiết kế máy và Chi tiết máy*, Nxb Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
2. Nguyễn Trọng Hiệp (1999), *Chi tiết máy tập 1*, Nxb Giáo dục, Hà Nội.
3. Nguyễn Văn Yên (2005), *Giáo trình Chi tiết máy*, Nxb Giao thông Vận tải, Hà Nội.
4. М. Н. Иванов (1976), *Детали Машин*, Изд. Высшая школа, Москва.
5. Г. Б. Иосилевич (1998), *Детали Машин*, Изд. Машиностроение, Москва.

---

**Người phản biện: ThS. Lê Đức Kế**