

Sức Bền Vật Liệu

Phần 2:

THANH CHIẾU XOÀN-CẮT

Image courtesy of ADEPT Airmotive (Pty) Ltd.

Phone: 0936037397

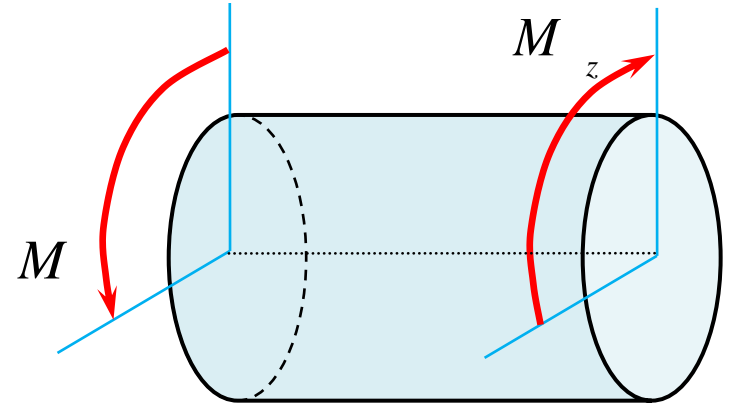
Email: trangtantrien@hcmute.edu.vn



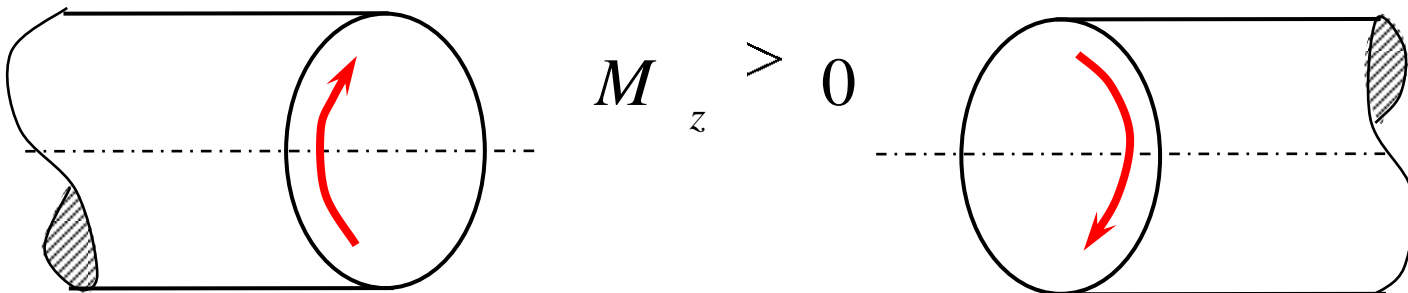


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

1. Một thanh chịu xoắn thuần túy khi trên mặt cắt ngang của thanh chỉ tồn tại duy nhất một thành phần nội lực là mô men xoắn M_z



2. Quy ước dấu của nội lực: *khi nhìn vào mặt cắt thấy M_z quay cùng chiều kim đồng hồ là dương.*

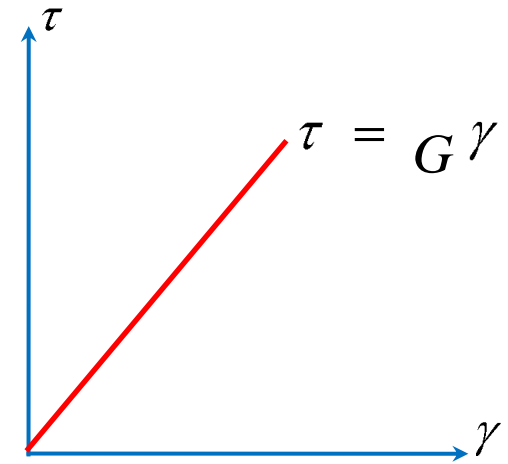




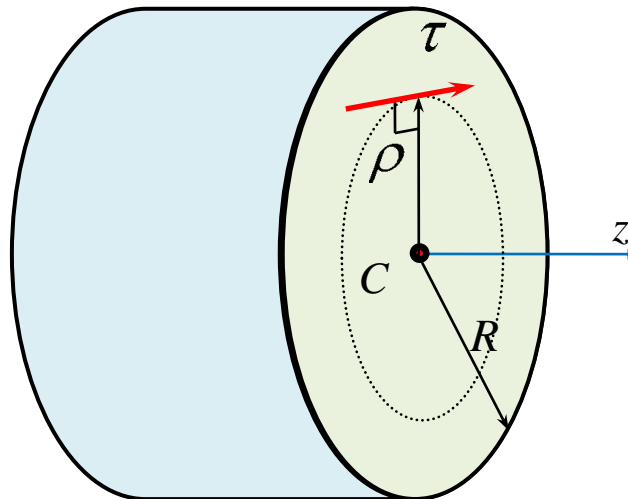
TÓM TẮT LÝ THUYẾT

3. Định luật Hooke

G : môđun đàn hồi cắt (trượt) của vật liệu



4. Ứng suất tại một điểm trên mặt cắt ngang của thanh tròn:

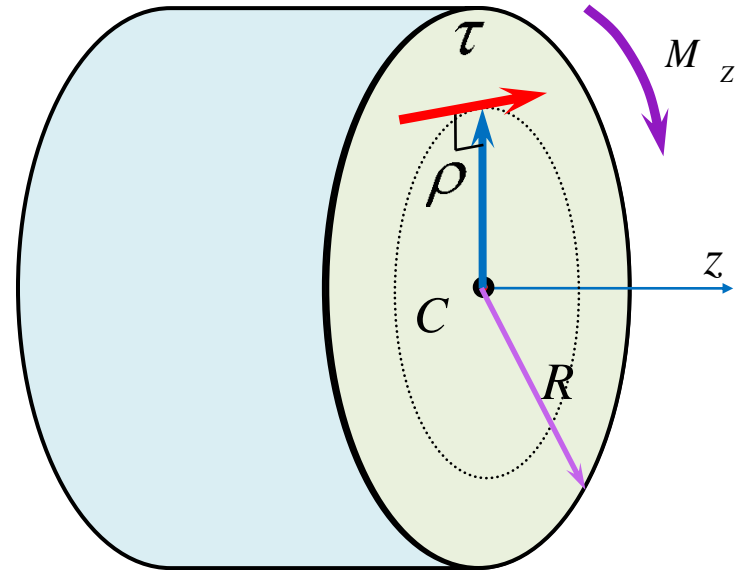




TÓM TẮT LÝ THUYẾT

4. Ứng suất tại một điểm trên mặt cắt ngang của thanh tròn:

$$\tau_{\rho} = \frac{M_z}{J_{\rho}} \rho$$



- M_z : mômen xoắn tại mặt cắt ngang có điểm tính ứng suất
- J_{ρ} : mômen quán tính cực của mặt cắt ngang có điểm tính ứng suất
- ρ : khoảng cách từ điểm tính ứng suất đến tâm mặt cắt



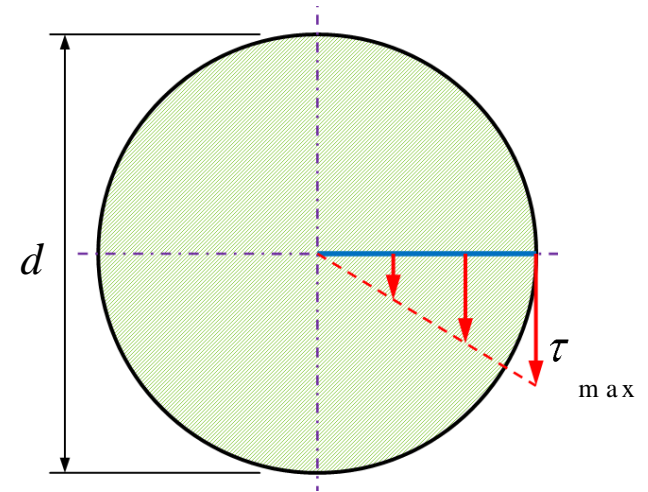
TÓM TẮT LÝ THUYẾT

5. Sự phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang hình tròn đặc:

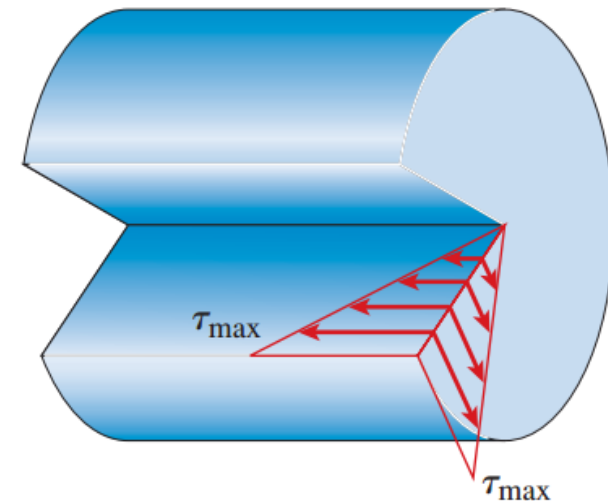
* *Ứng suất lớn nhất trên mặt cắt:*

$$\tau_{\max} = \frac{M_z}{J_\rho} \frac{d}{2} = \frac{M_z}{W_\rho}$$

W_ρ : môđun chống xoắn của mặt cắt



$$\left\{ \begin{array}{l} \tau_{\max} = \frac{M_z}{W_\rho} \\ J_\rho = \frac{\pi d^4}{32}, \quad W_\rho = \frac{\pi d^3}{16} \end{array} \right.$$



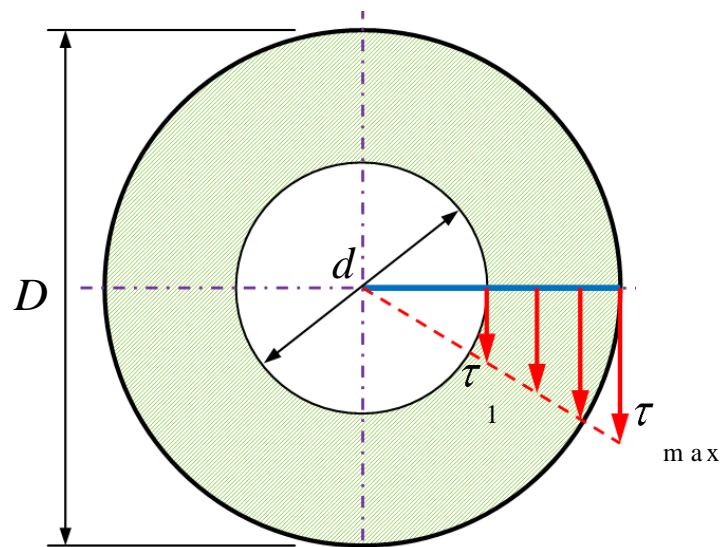


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

6. Sự phân bố ứng suất trên mặt cắt ngang hình vành khăn:

* Ứng suất lớn nhất trên mặt cắt:

$$\tau_{\max} = \frac{M_z}{J_\rho} \frac{D}{2} = \frac{M_z}{W_\rho}$$



W_ρ : môđun chống xoắn của mặt cắt

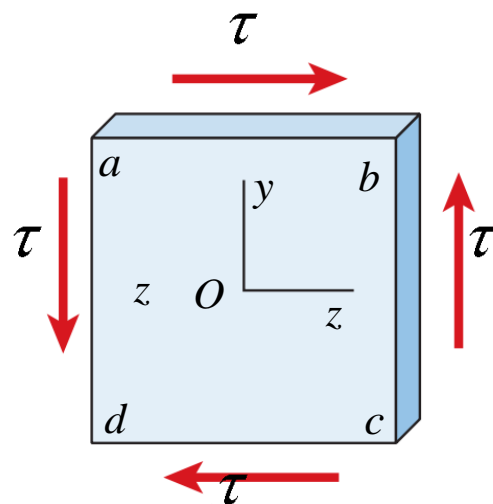
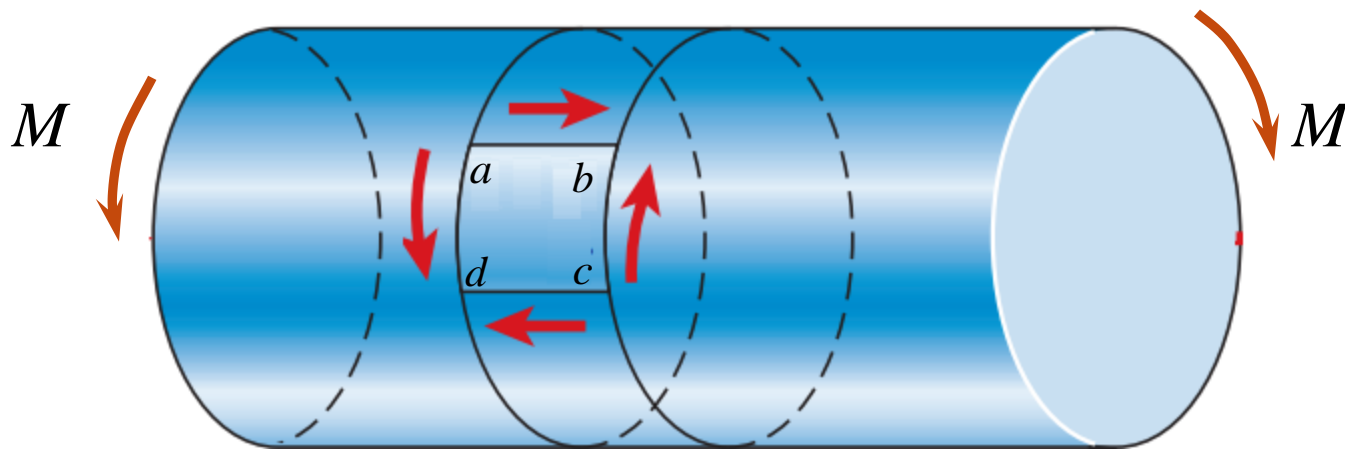
$$\tau_1 = \frac{M_z}{J_\rho} \frac{d}{2}$$

$$\tau_{\max} = \frac{M_z}{W_\rho}, \quad J_\rho = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4), \quad W_\rho = \frac{J_\rho}{D/2}$$



TÓM TẮT LÝ THUYẾT

7. Phân bố ứng suất trên thanh chịu xoắn:



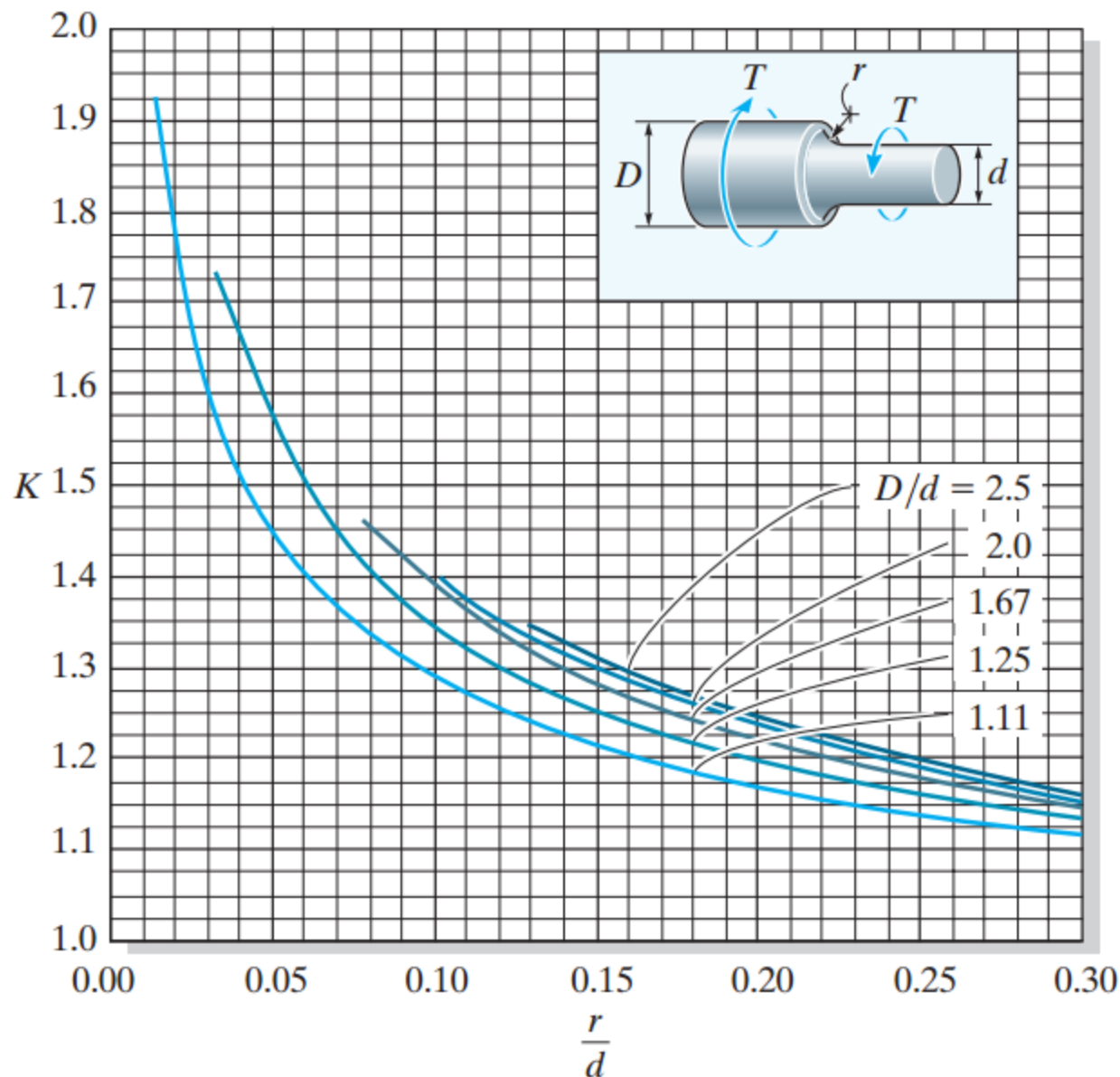


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

<http://www.amesweb.info/StressConcentrationFactor/StressConcentrationFactors.aspx>

8. Hiện tượng tập trung ứng suất

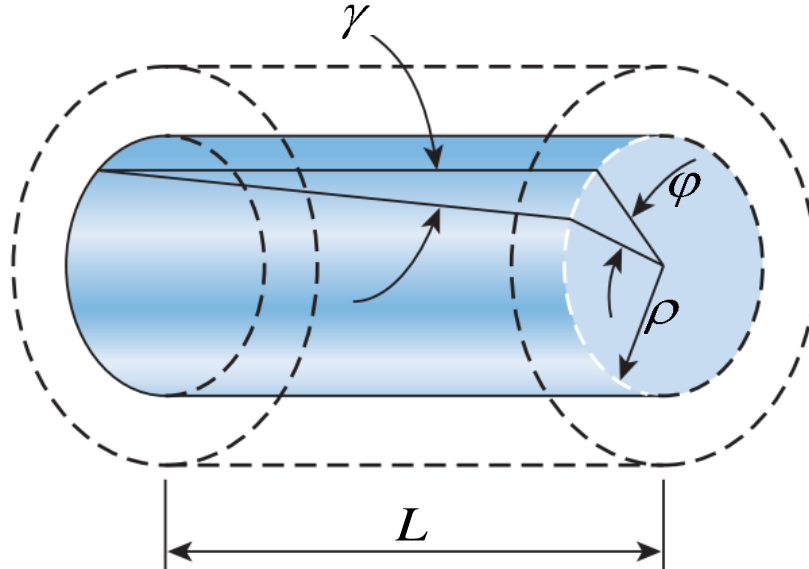
$$\tau_{\max} = K \frac{M_z}{W_\rho}$$





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

9. Biến dạng góc



=> Góc xoay tương đối giữa hai mặt cắt cách nhau chiều dài L :

$$\phi = \int_L \frac{M_z}{G J_\rho} dz$$

- M_z : mômen xoắn nội lực
- G : môđun trượt (cắt) của vật liệu
- J_ρ : mômen quán tính cực của mặt cắt ngang

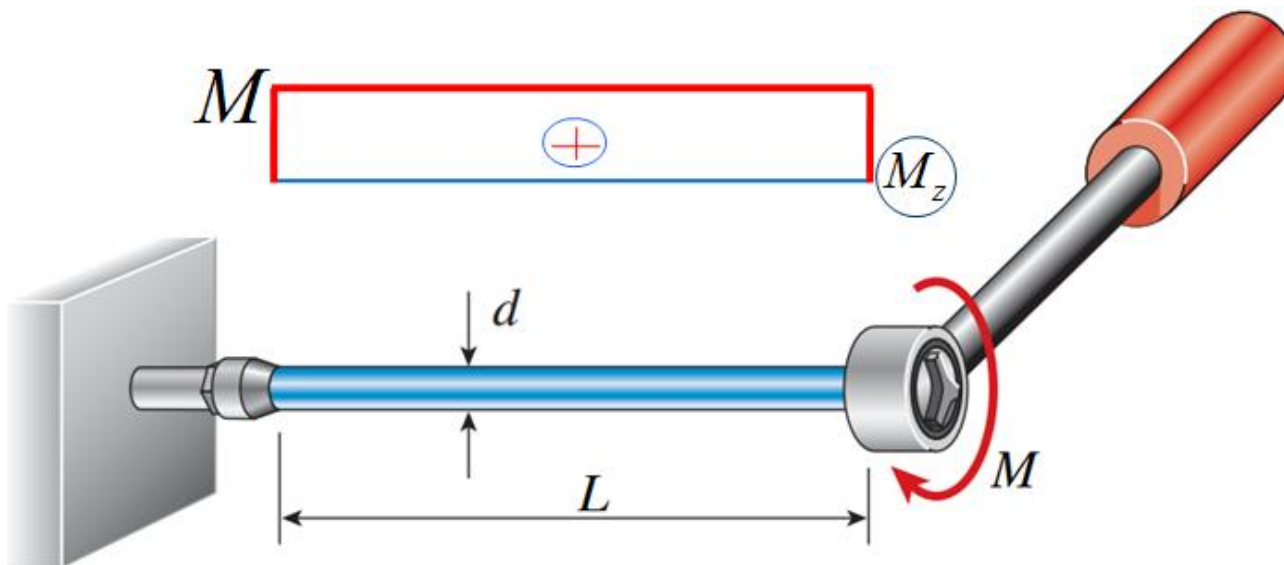


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

9. Biến dạng góc

a. Nếu $\frac{M_z}{G J_\rho} = \text{const}$ trên toàn chiều dài L :

$$\Rightarrow \varphi = \frac{M_z L}{G J_\rho}$$



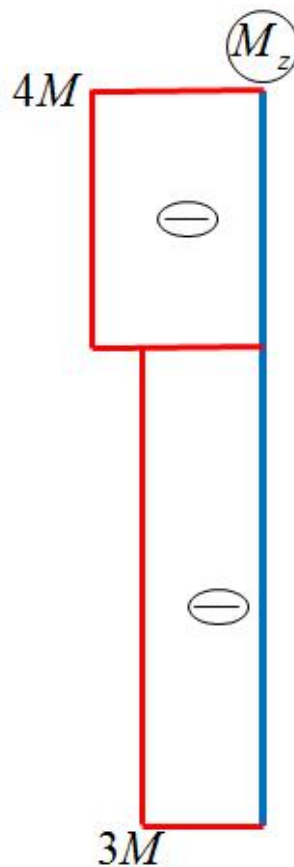
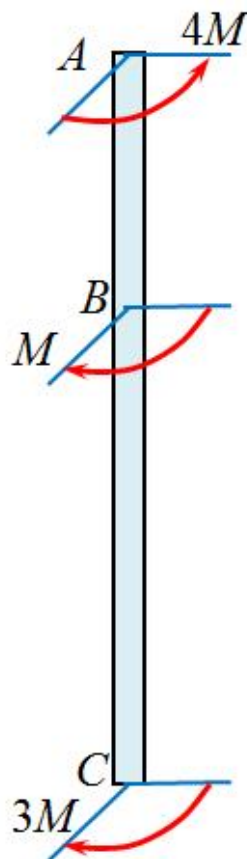


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

9. Biến dạng góc

b. Nếu $\frac{M_z}{GJ_\rho} = \text{const}$ trên từng đoạn L_i :

$$\Rightarrow \varphi = \sum_{i=1}^n \frac{M_{z_i} L_i}{G_i J_{\rho_i}}$$

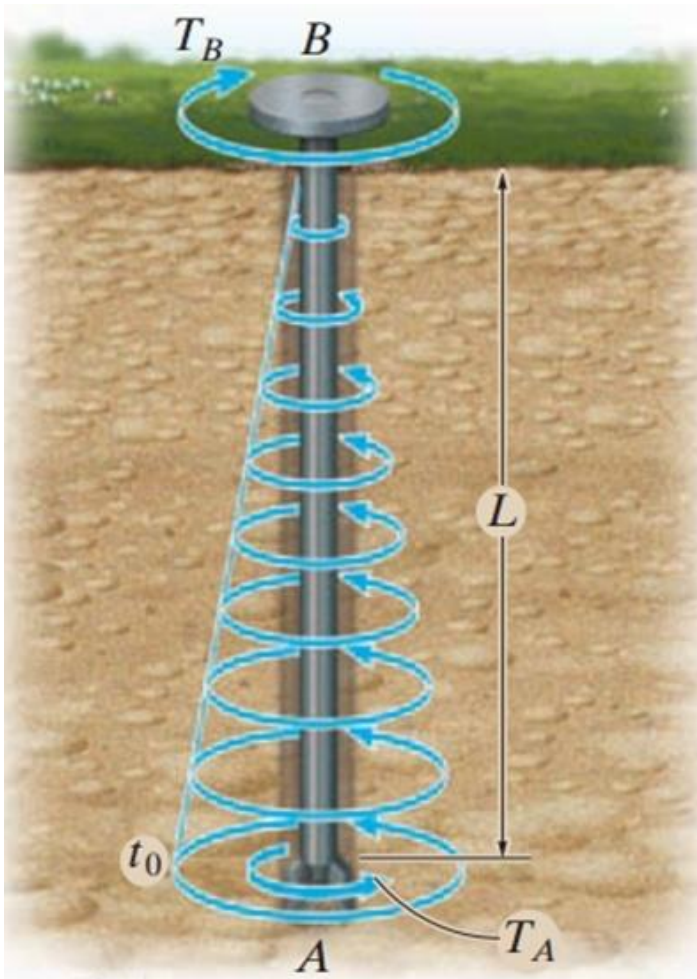




TÓM TẮT LÝ THUYẾT

9. Biến dạng góc

c. Nếu $G J_{\rho} = \text{const}$ trên từng đoạn L_i :



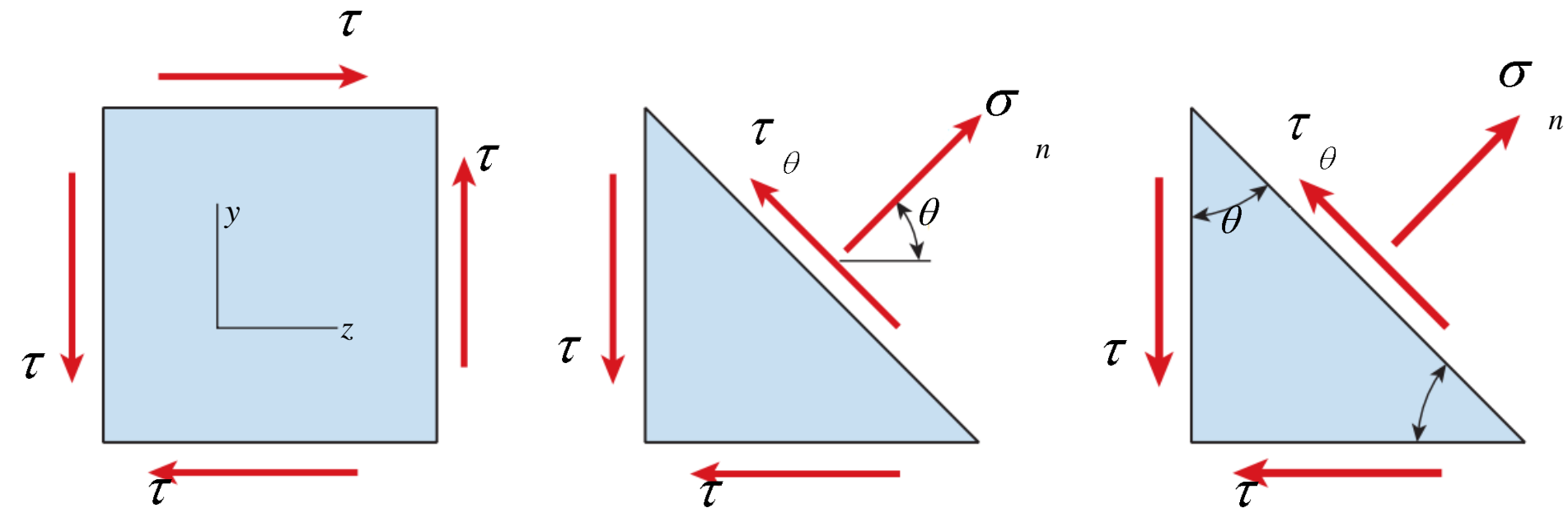
$$\Rightarrow \varphi = \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_{M_z}}{G J_{\rho}} \right)_i$$

S_{M_z} : diện tích biểu đồ mômen xoắn M_z



TÓM TẮT LÝ THUYẾT

10. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng

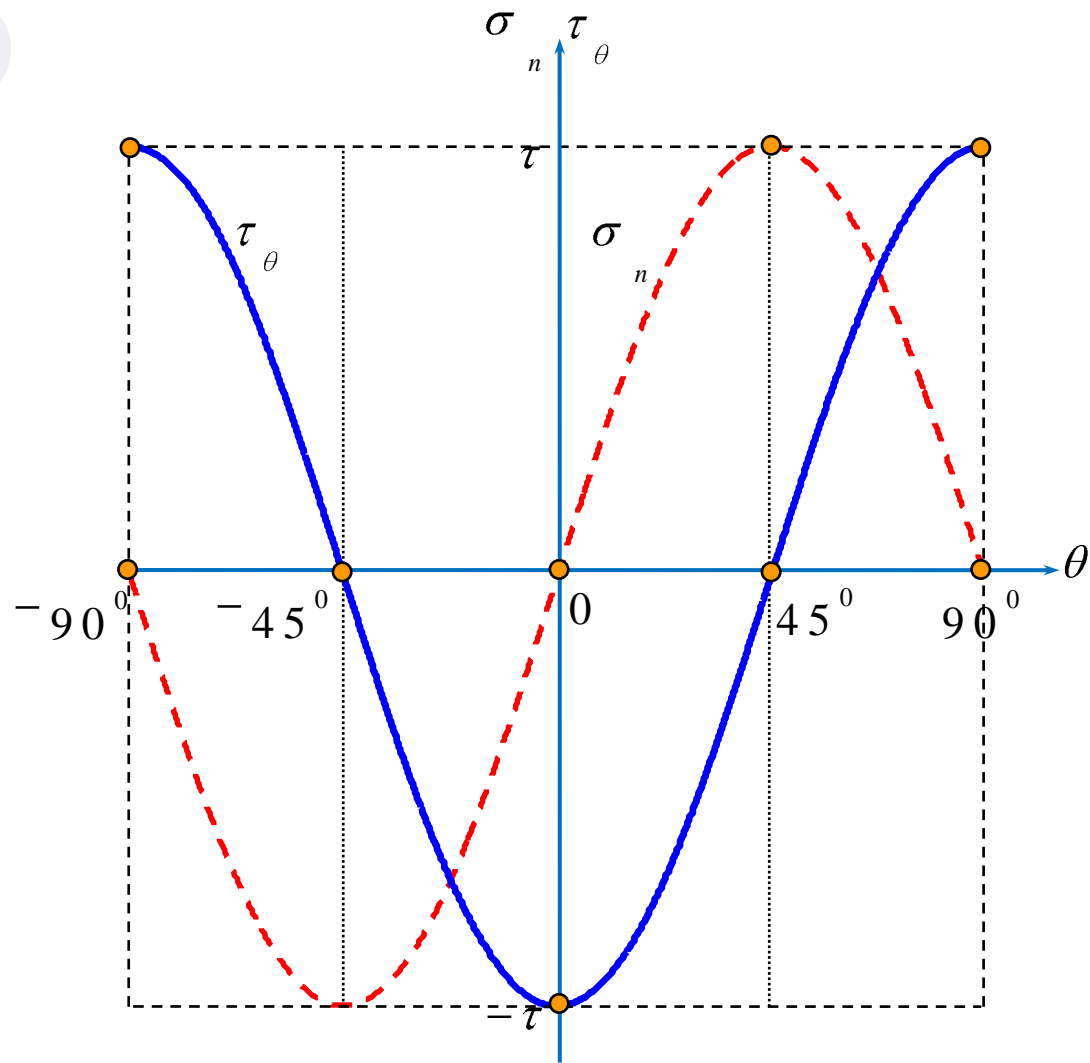
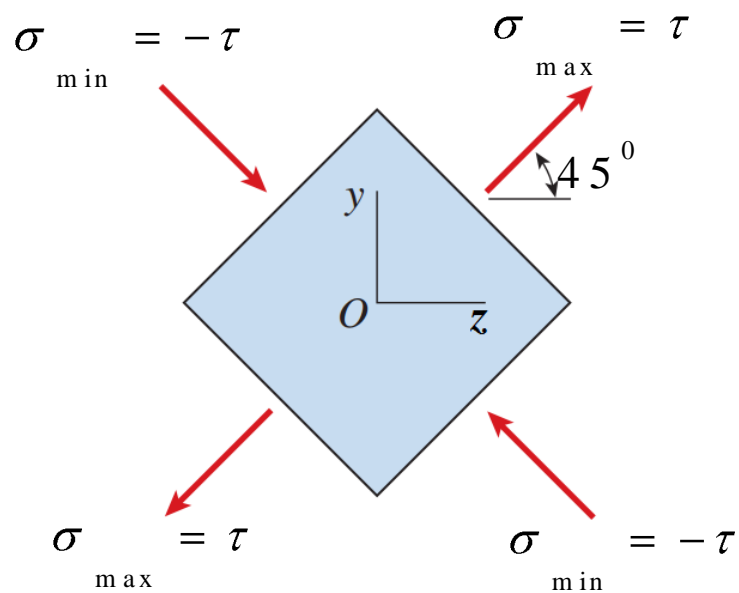
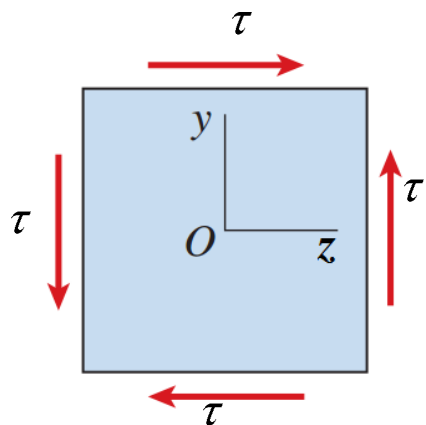


$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma_n = \tau \sin 2\theta \\ \tau_\theta = \tau \cos 2\theta \end{cases}$$



TÓM TẮT LÝ THUYẾT

$$\begin{cases} \sigma_n = \tau \sin 2\theta \\ \tau_\theta = \tau \cos 2\theta \end{cases}$$

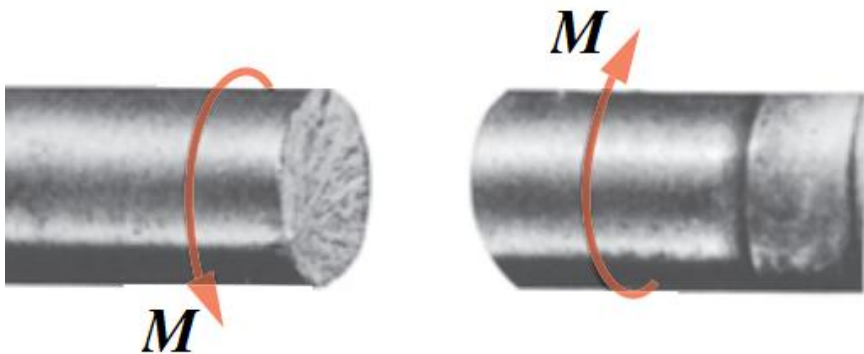


$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma_{n_{\max}} = \tau, \text{ khi } \theta = 45^\circ \\ \tau_{\max} = \tau, \text{ khi } \theta = 0 \end{cases}$$

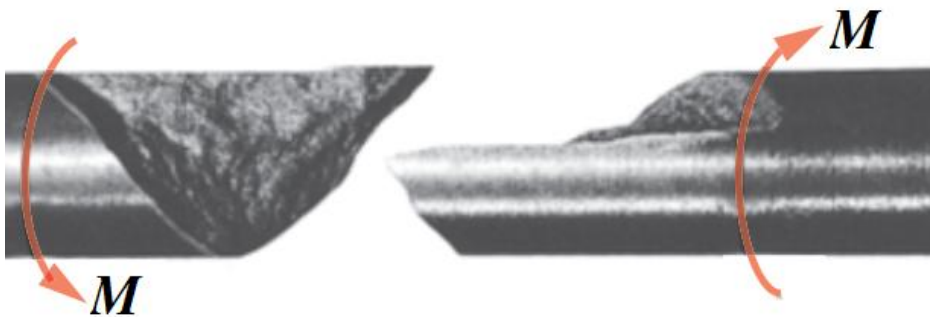


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

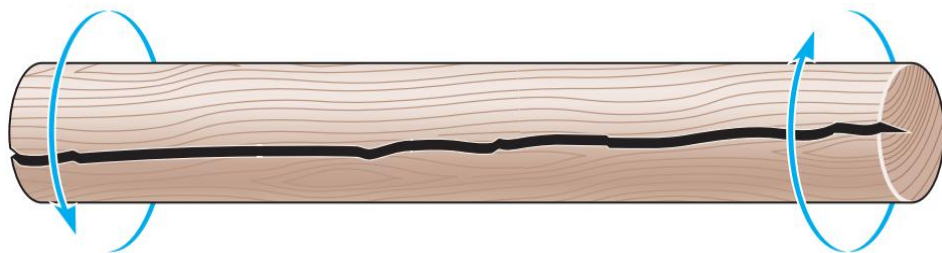
10. Ứng suất trên mặt cắt nghiêng



Phá hủy của vật liệu dẻo



Phá hủy của vật liệu giòn

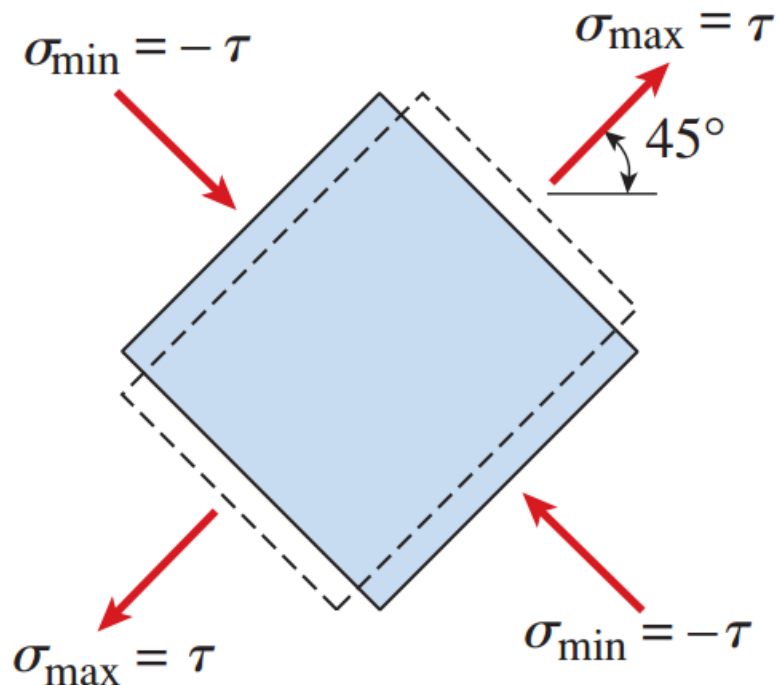
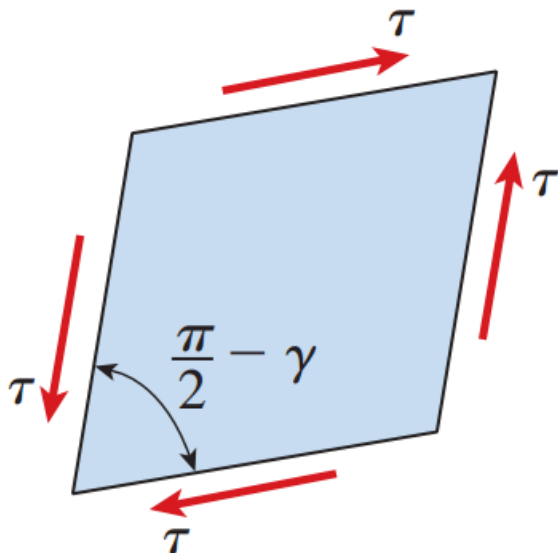


Phá hủy của thanh gỗ



TÓM TẮT LÝ THUYẾT

11. Phân tố bị biến dạng trượt



=> Quan hệ giữa môđun đàn hồi E và môđun trượt G :

$$\Rightarrow G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$



TÓM TẮT LÝ THUYẾT

12. Điều kiện bền

$$\left| \tau \right|_{\max} = \left| \frac{M_z}{W_\rho} \right|_{\max} \leq \tau \quad \tau \approx \frac{\sigma}{\sqrt{3}}$$

13. Điều kiện cứng

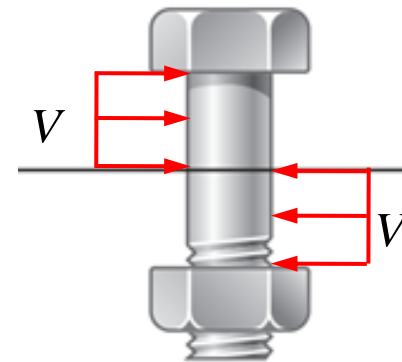
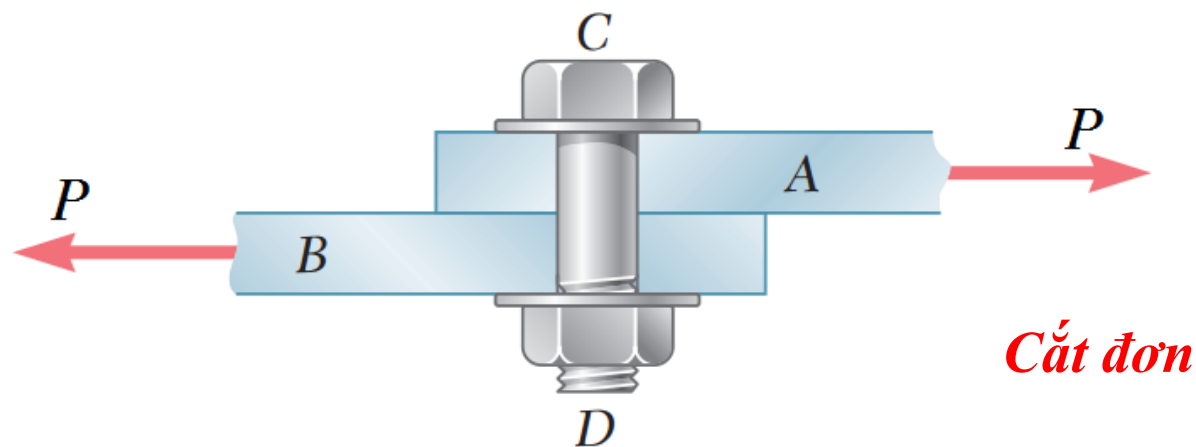
$$\varphi \leq \varphi$$

$$\left| \theta \right|_{\max} = \left| \frac{M_z}{G J_\rho} \right|_{\max} \leq \theta$$

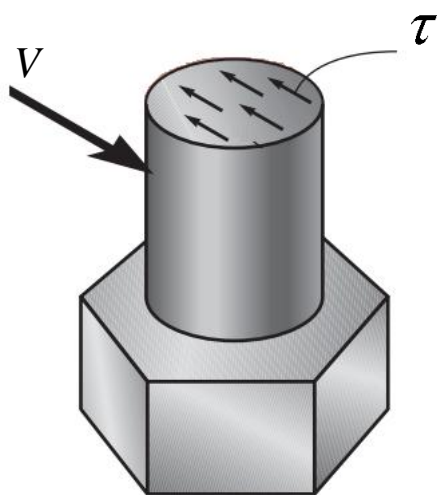


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

14. Ứng suất trong mối nối bu lông-đinh tán



** Ứng suất cắt trung bình phát sinh trên mặt cắt của bulông*



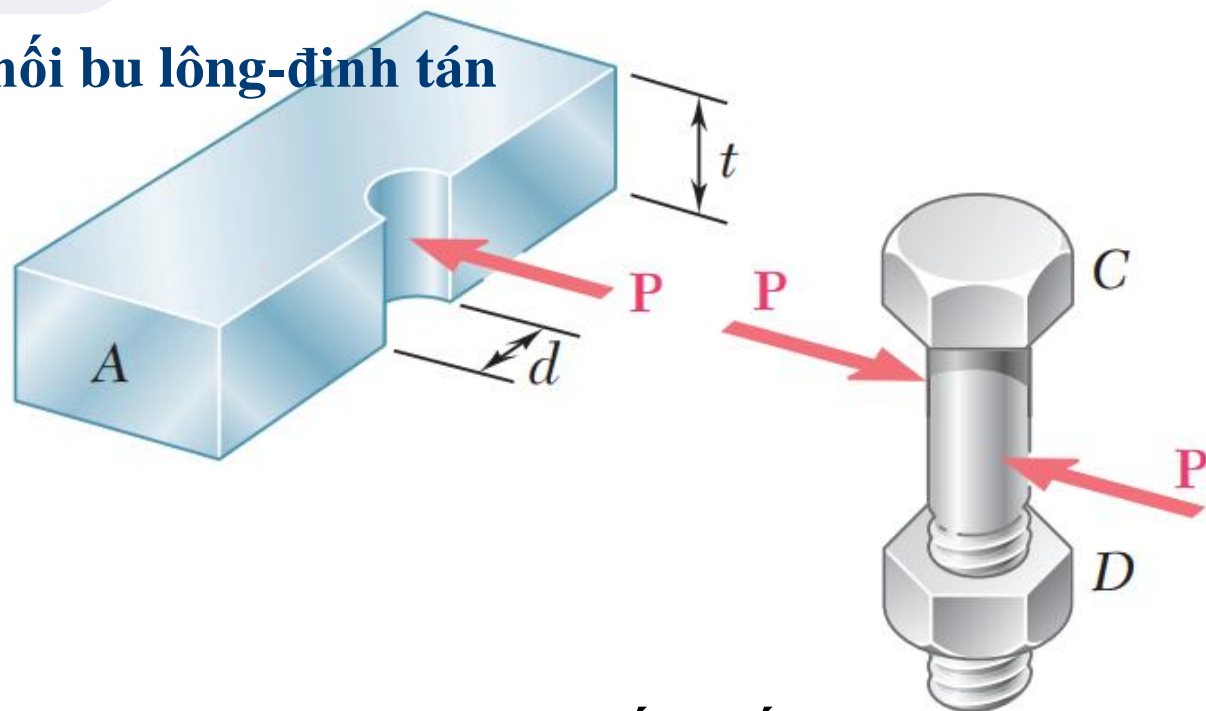
$$\tau = \frac{V}{F_s} \quad \left\{ \begin{array}{ll} V & \text{Lực cắt} \\ F_s & \text{Diện tích bị cắt} \end{array} \right.$$

$$\left(V = P ; F_s = \frac{\pi d^2}{4} \right)$$



TÓM TẮT LÝ THUYẾT

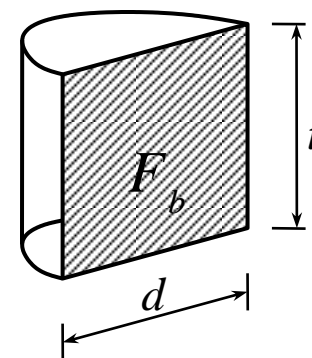
14. Ứng suất trong mối nối bu lông-đinh tán



* Ứng suất ép mặt (dập) phát sinh giữa bulông và tấm nối:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_b} \quad \left\{ \begin{array}{l} P_b \text{ Lực ép mặt} \\ F_b \text{ Diện tích bị ép mặt} \end{array} \right.$$

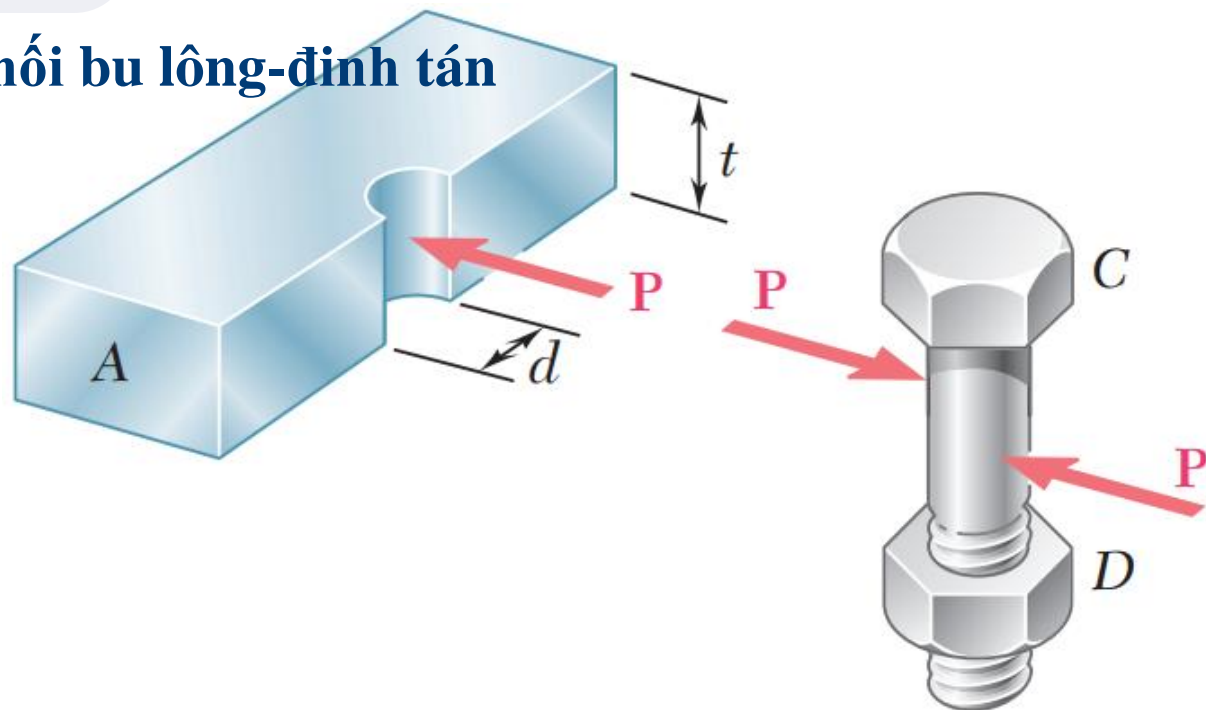
$$P_b = P; F_b = d \cdot t$$





TÓM TẮT LÝ THUYẾT

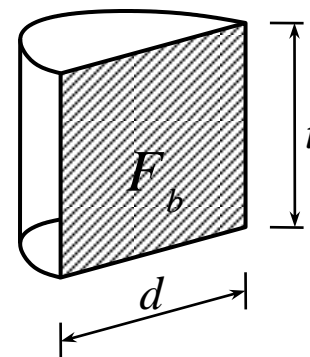
14. Ứng suất trong mối nối bu lông-đinh tán



* Ứng suất ép mặt (ứng suất dập) phát sinh giữa bulông và tấm nối:

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_b} \quad \left\{ \begin{array}{l} P_b \text{ Lực ép mặt} \\ F_b \text{ Diện tích bị ép mặt} \end{array} \right.$$

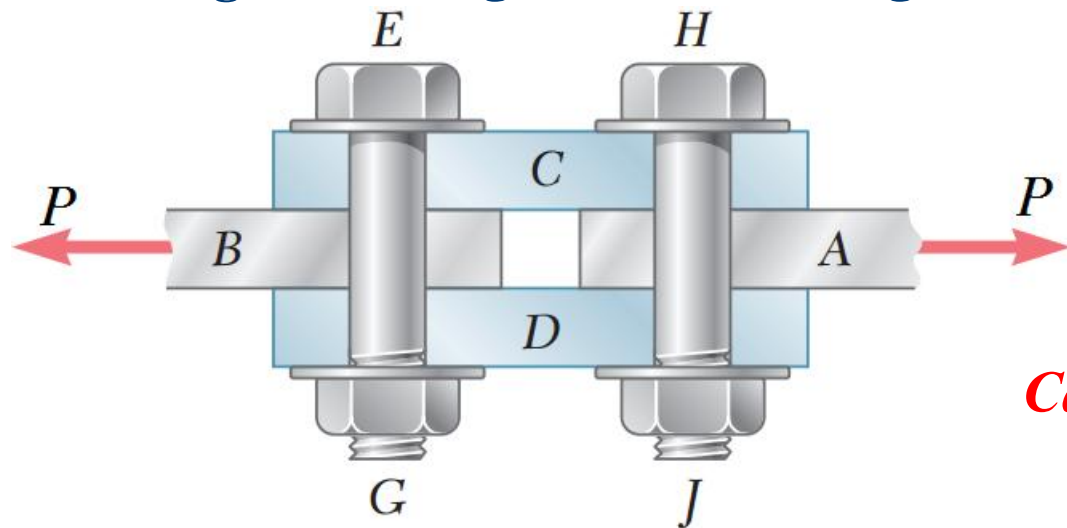
$$P_b = P; F_b = d \cdot t$$



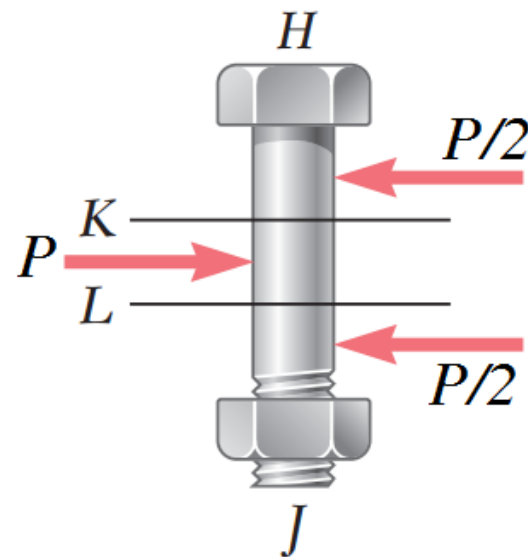


TÓM TẮT LÝ THUYẾT

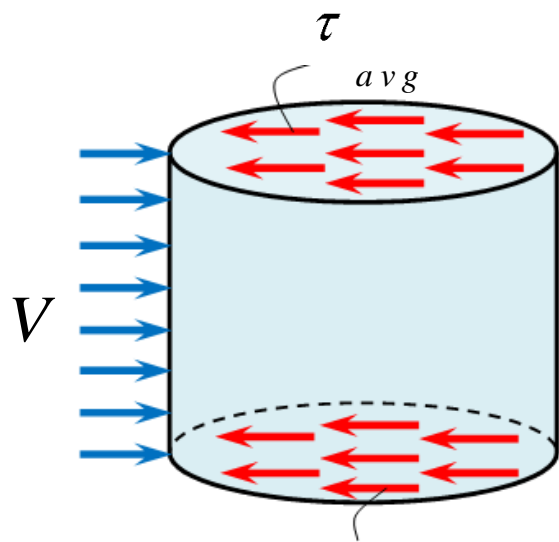
14. Ứng suất trong mối nối bu lông-đinh tán



Cắt đôi



* Ứng suất cắt phát sinh trên mặt cắt của bulông:

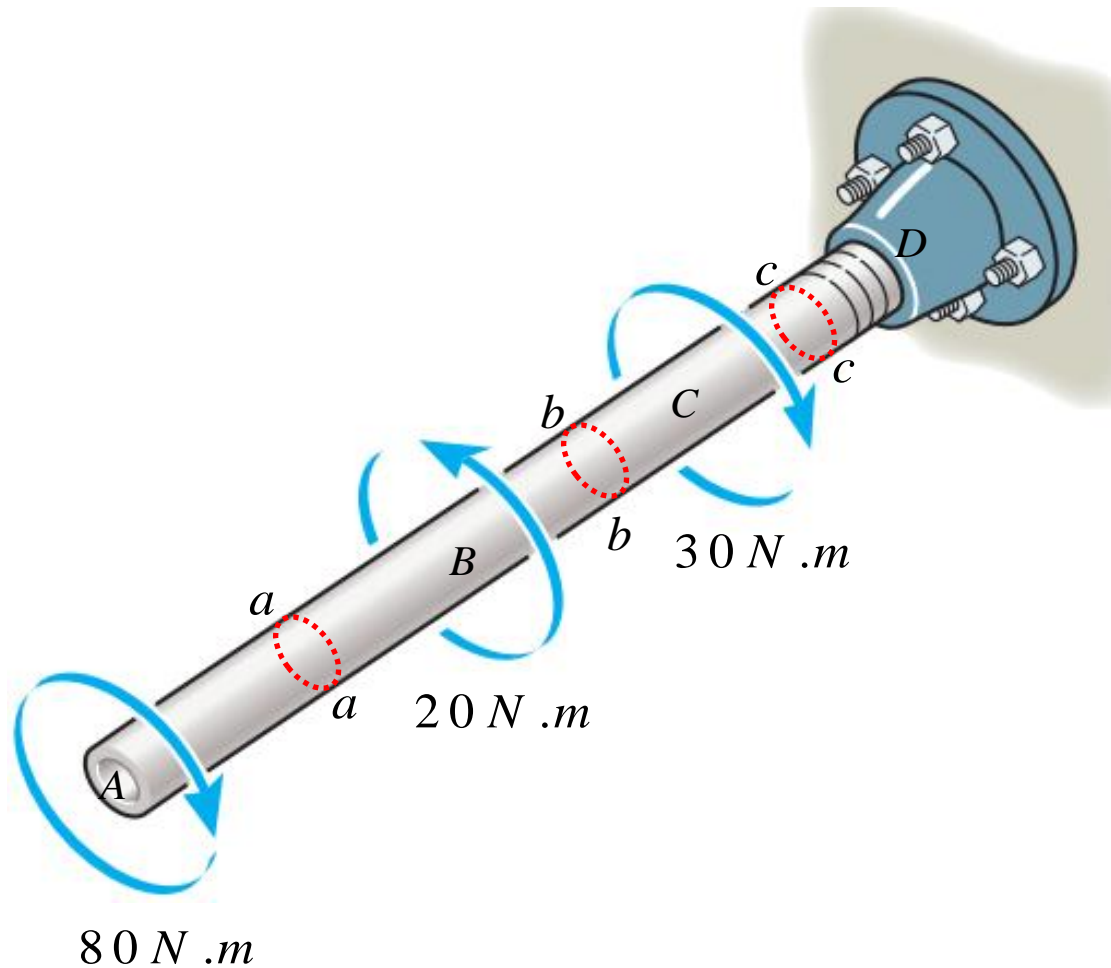


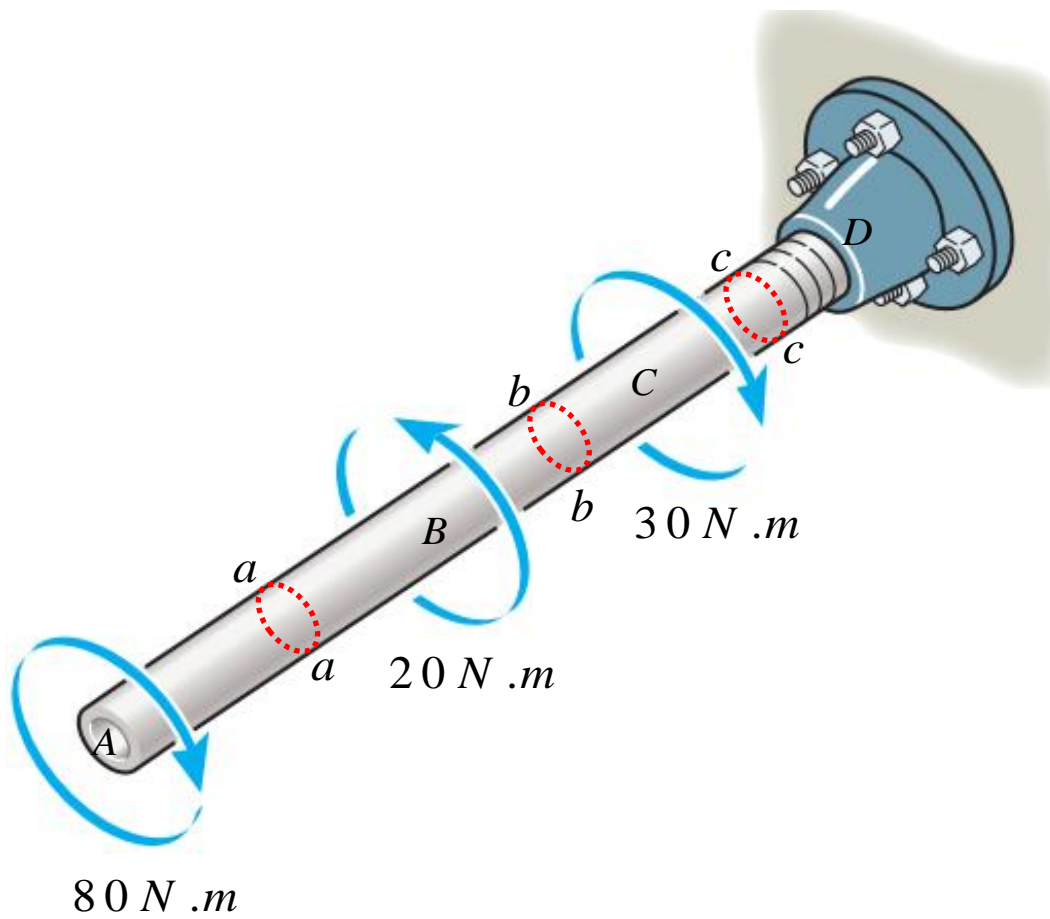
$$\tau = \frac{V}{F_s} \quad \left(V = P ; F_s = 2 \frac{\pi d^2}{4} \right)$$

* Ứng suất ép mặt (dập) phát sinh giữa bulông và tấm nối:

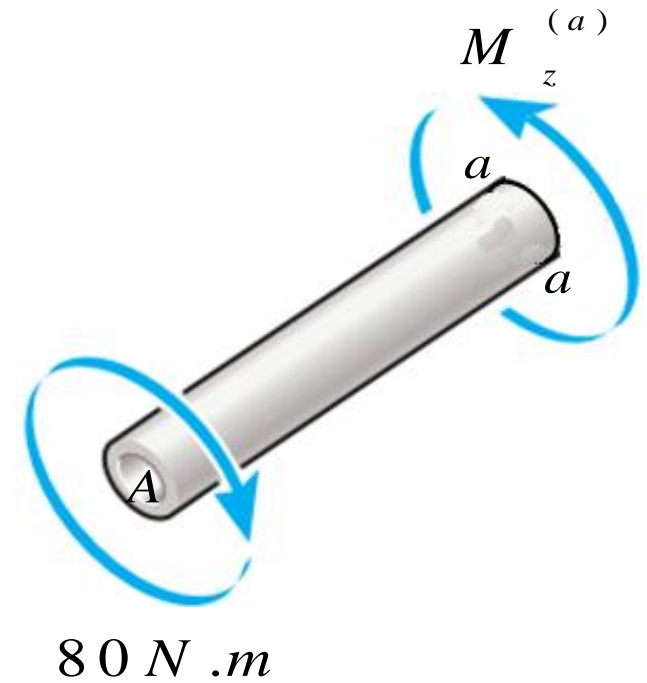
$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_b} \quad P_b = P ; F_b = t.d$$

Bài tập 1: Xác định mômen xoắn M_z phát sinh trên các mặt cắt $a-a$, $b-b$ và $c-c$.

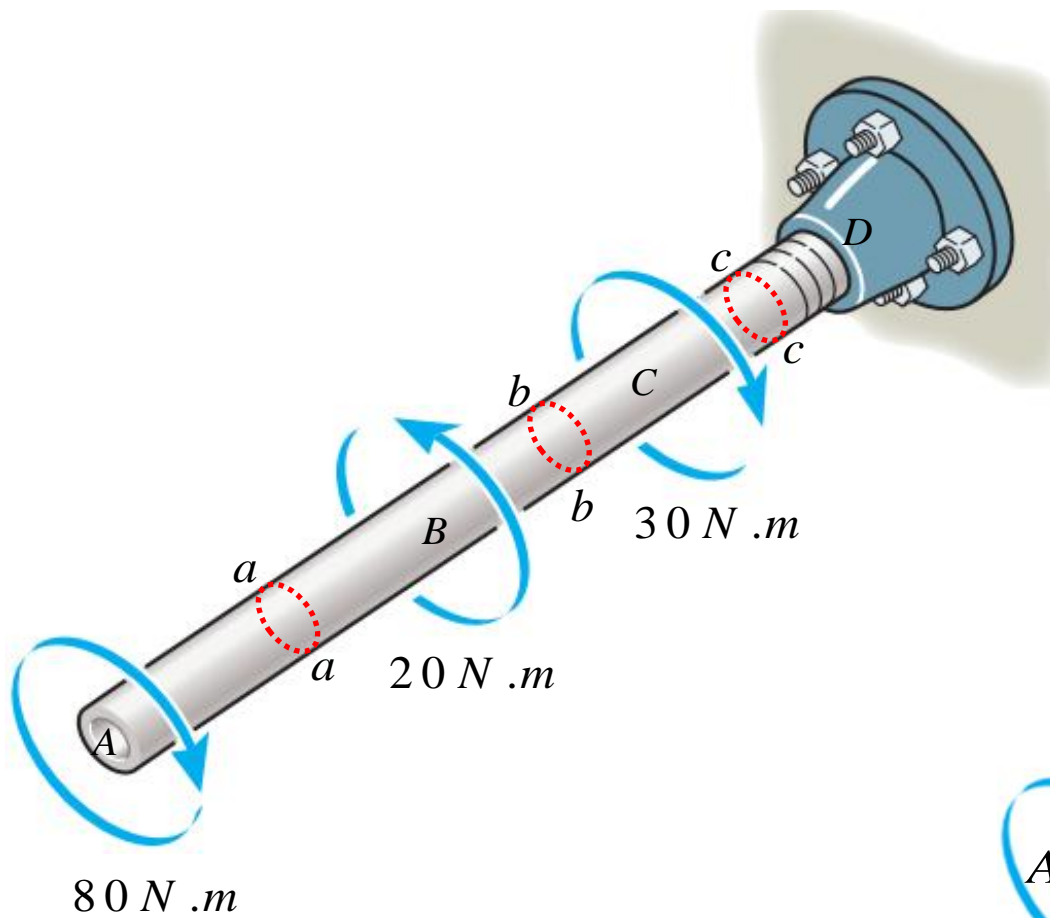




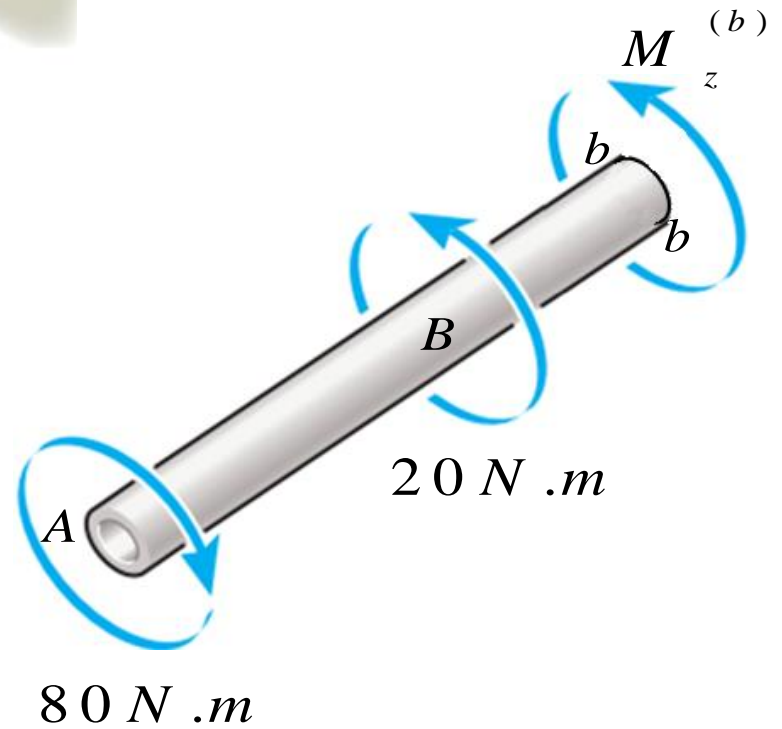
* *Mô men xoắn trên mặt cắt a-a*



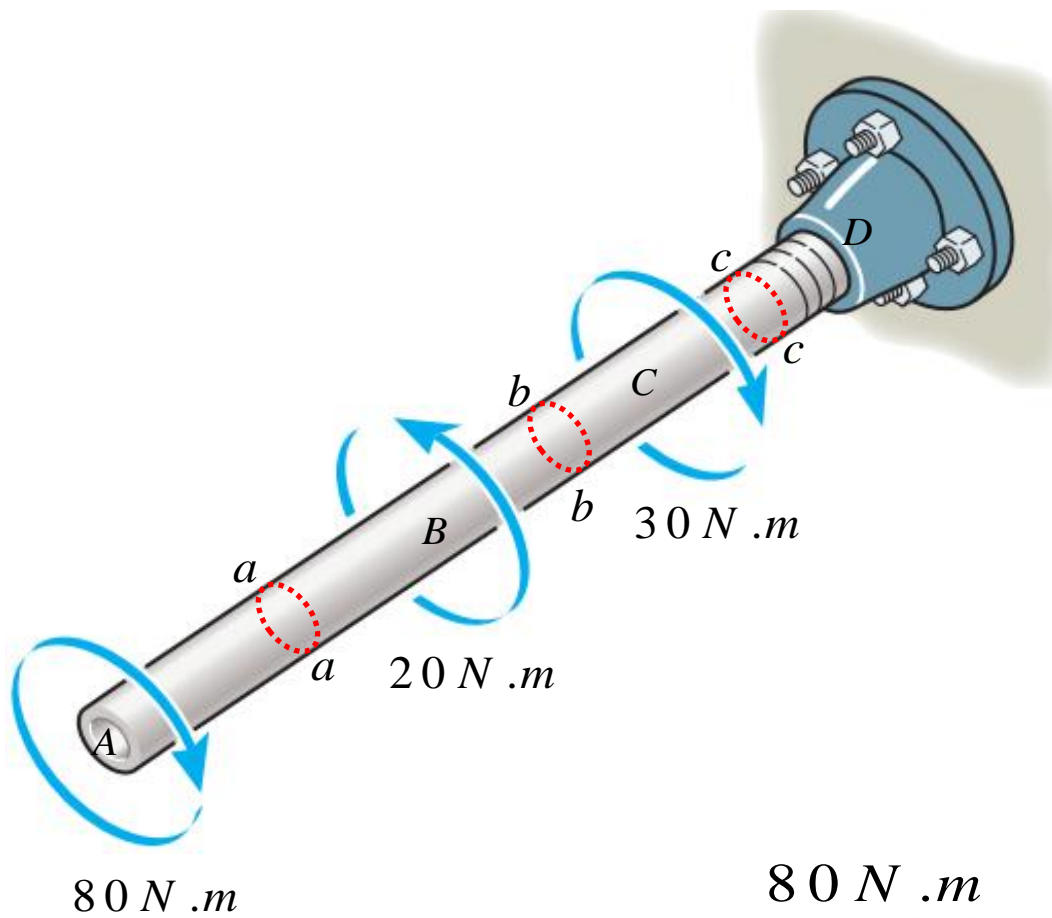
$$\sum M_z = 0 \Rightarrow M_z^{(a)} = 80 \text{ N.m}$$



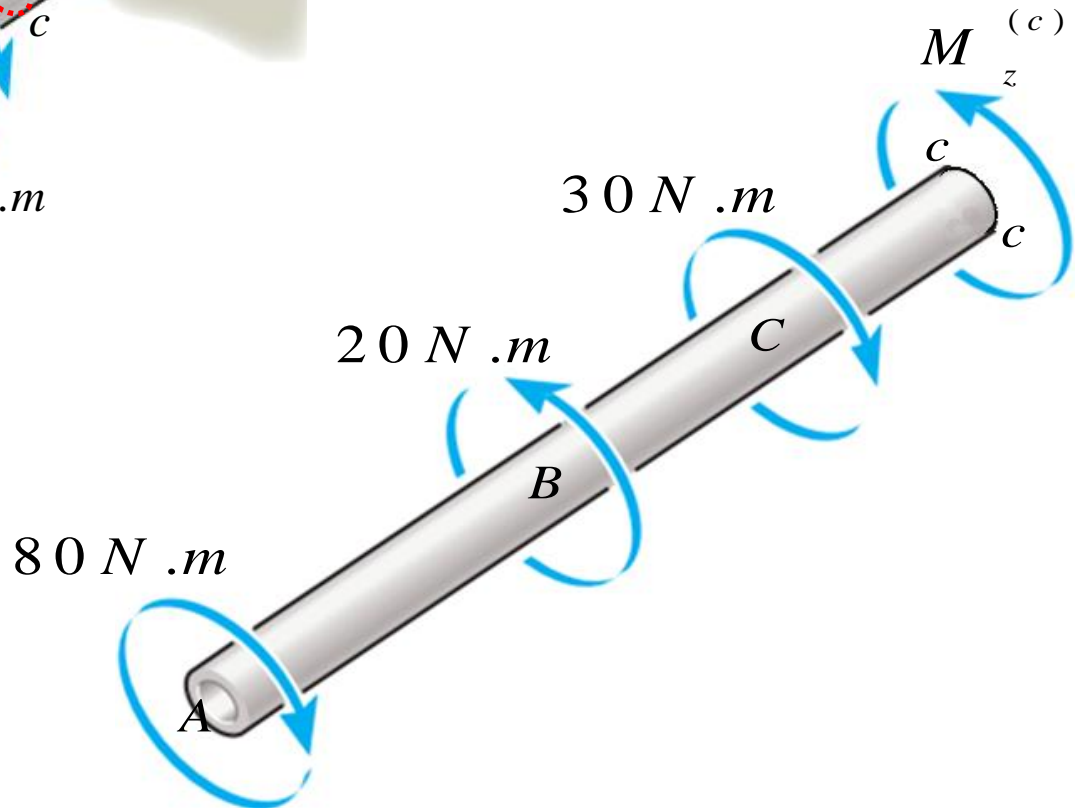
* *Mô men xoắn trên mặt cắt b-b*



$$\sum M_z = 0 \Rightarrow M_z^{(b)} = 60 \text{ N.m}$$

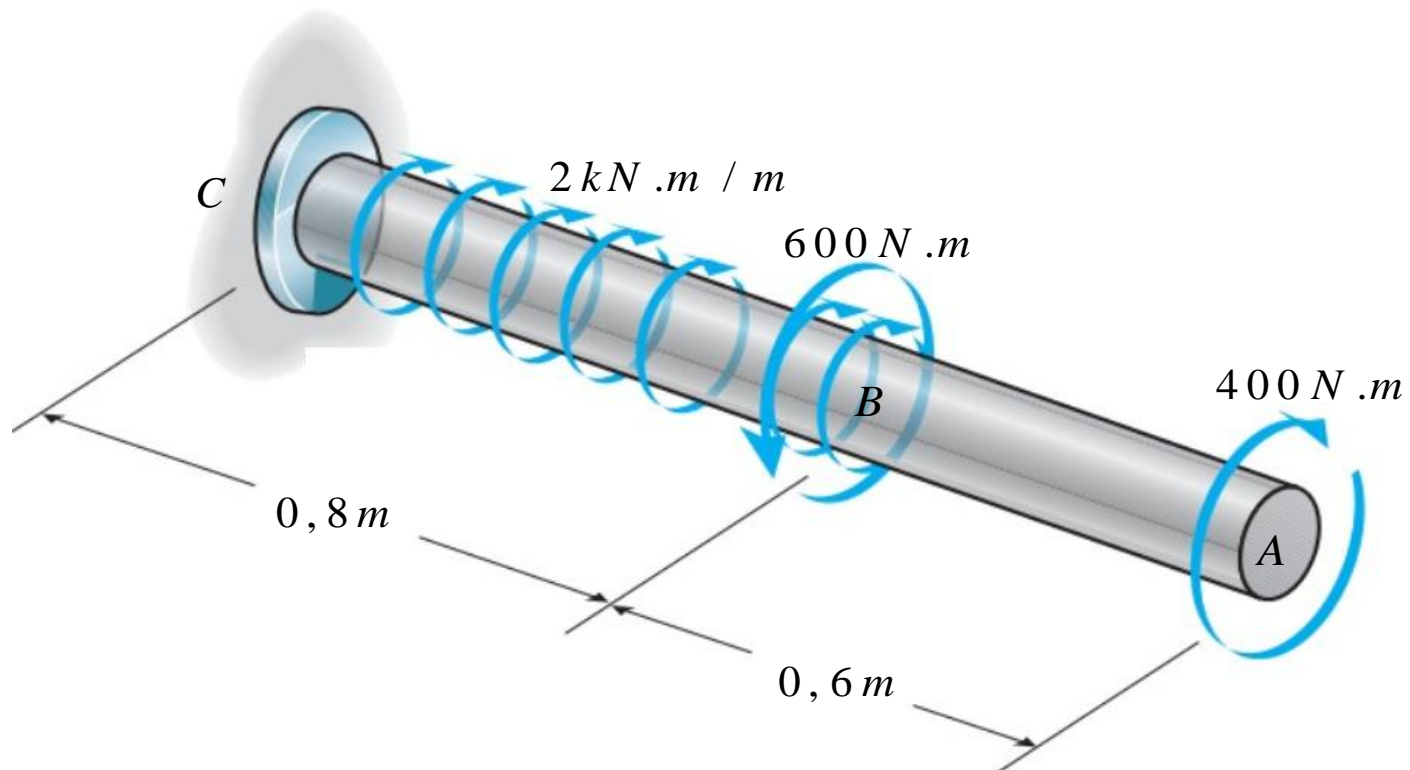


* *Mô men xoắn trên mặt cắt c-c*

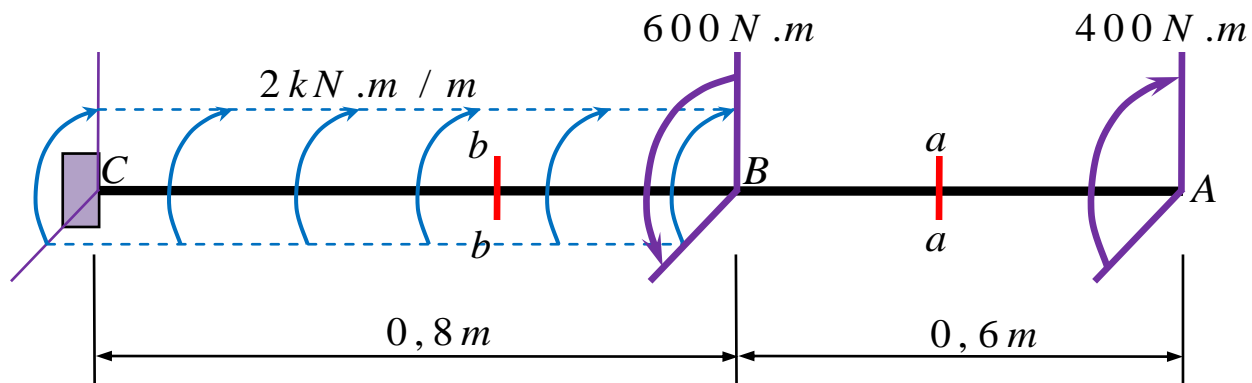
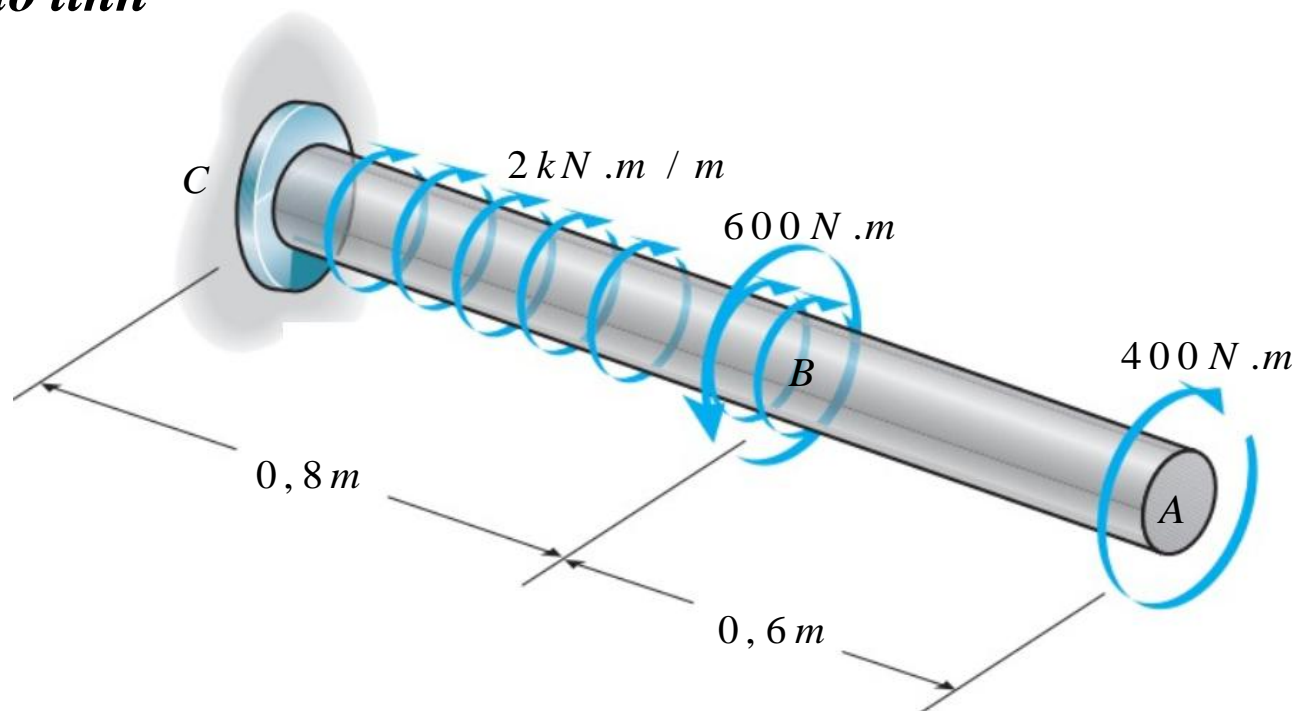


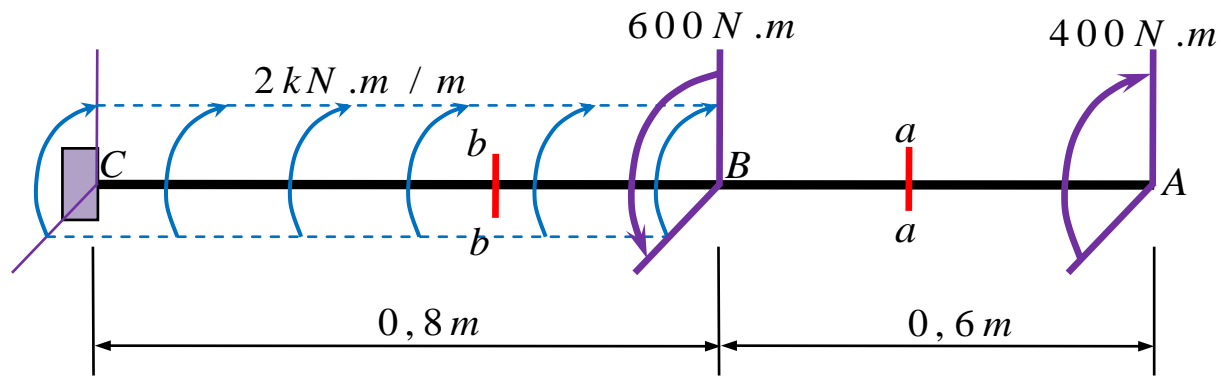
$$\sum M_z = 0 \Rightarrow M_z^{(c)} = 90 \text{ N.m}$$

Bài tập 2: *Vẽ biểu đồ mô men xoắn M_z phát sinh trong trục bằng phương pháp mặt cắt.*

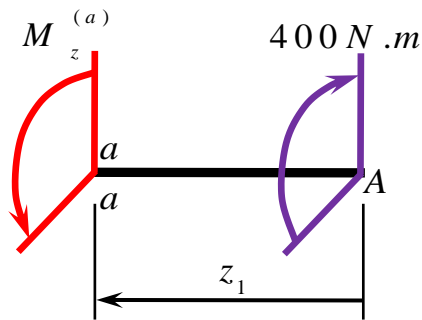


* *Sơ đồ tính*





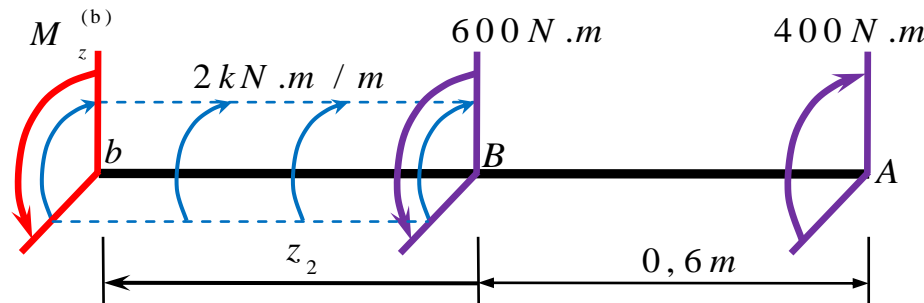
* Xét mặt cắt a-a:



$$0 \leq z_1 \leq 0,6 m$$

$$\sum M_z = 0 \Rightarrow M_z^{(a)} = 400 N.m$$

* Xét mặt cắt b-b:

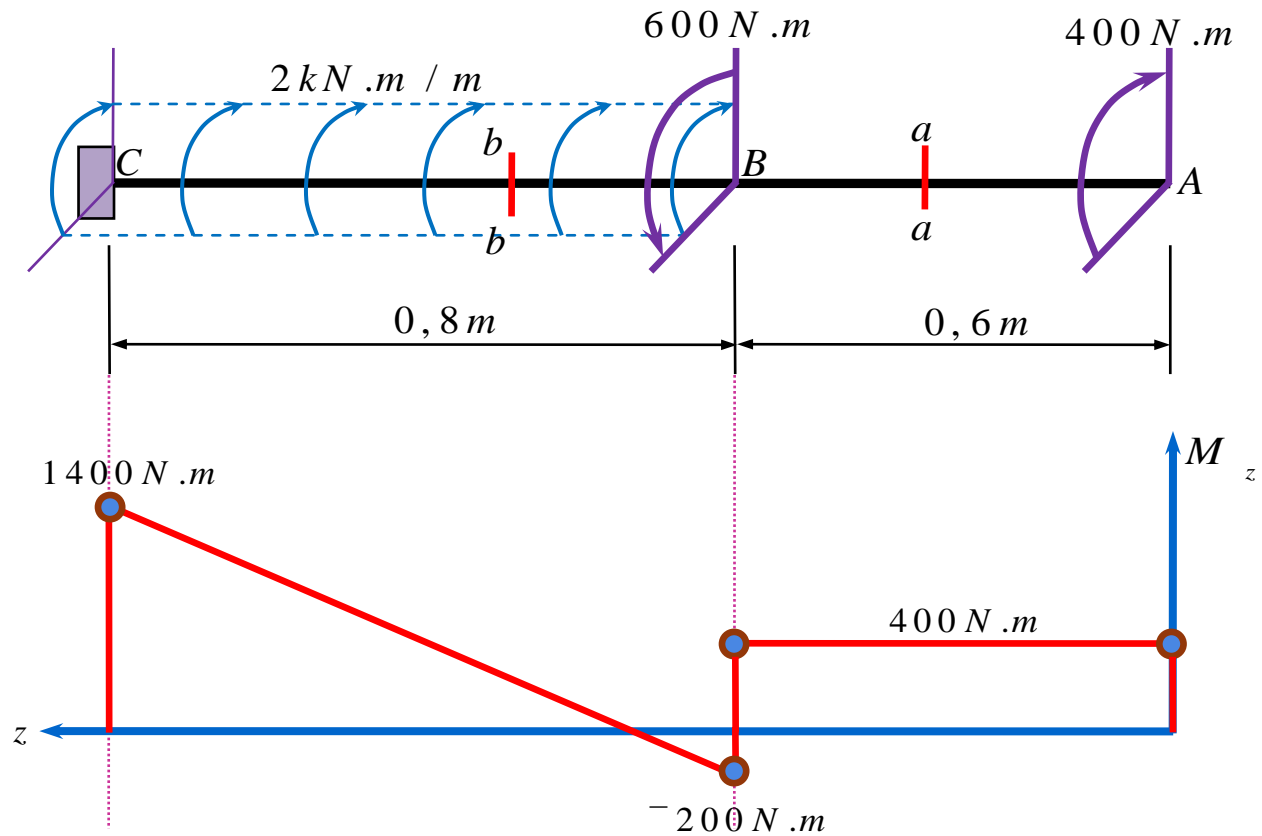


$$0 \leq z_2 \leq 0,8 m$$

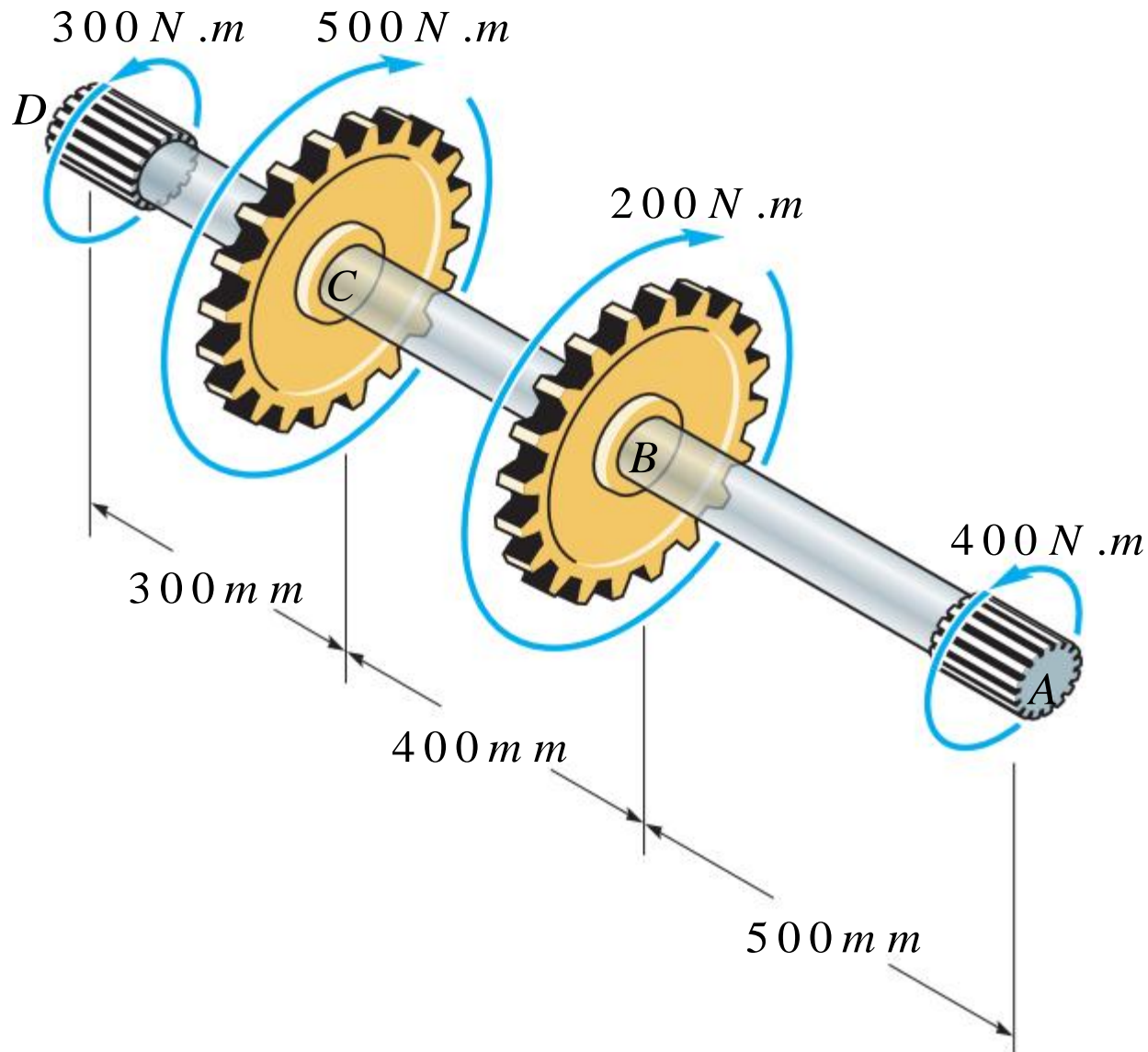
$$\sum M_z = 0 \Rightarrow M_z^{(b)} = -200 + 2000 z_2 \text{ N.m} \Rightarrow \begin{cases} z_2 = 0 \Rightarrow M_z^{(B)} = -200 N.m \\ z_2 = 0,8 m \Rightarrow M_z^{(C)} = 1400 N.m \end{cases}$$

$$M_z^{(a)} = 400 \text{ N} \cdot \text{m}$$

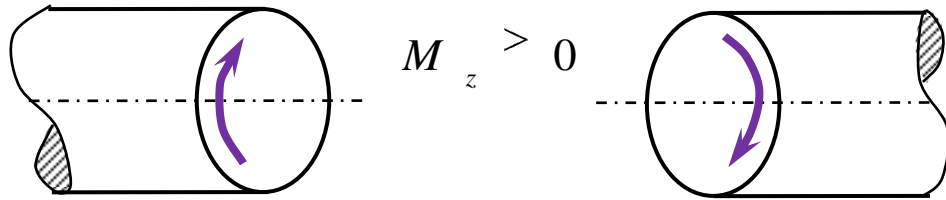
$$M_z^{(b)} = -200 + 2000 z_2 \text{ N} \cdot \text{m} \Rightarrow \begin{cases} z_2 = 0 \Rightarrow M_z^{(B)} = -200 \text{ N} \cdot \text{m} \\ z_2 = 0,8 \text{ m} \Rightarrow M_z^{(C)} = 1400 \text{ N} \cdot \text{m} \end{cases}$$



Bài tập 3: *Vẽ biểu đồ mômen xoắn M_z bằng phương pháp vẽ nhanh*



* Vẽ biểu đồ nội lực bằng phương pháp vẽ nhanh



$$\frac{dM_z}{dz} = m$$

→ M_z hơn ngẫu lực phân bố một bậc

$$M_z^{\text{trái}} = M_z^{\text{phải}} \pm M$$

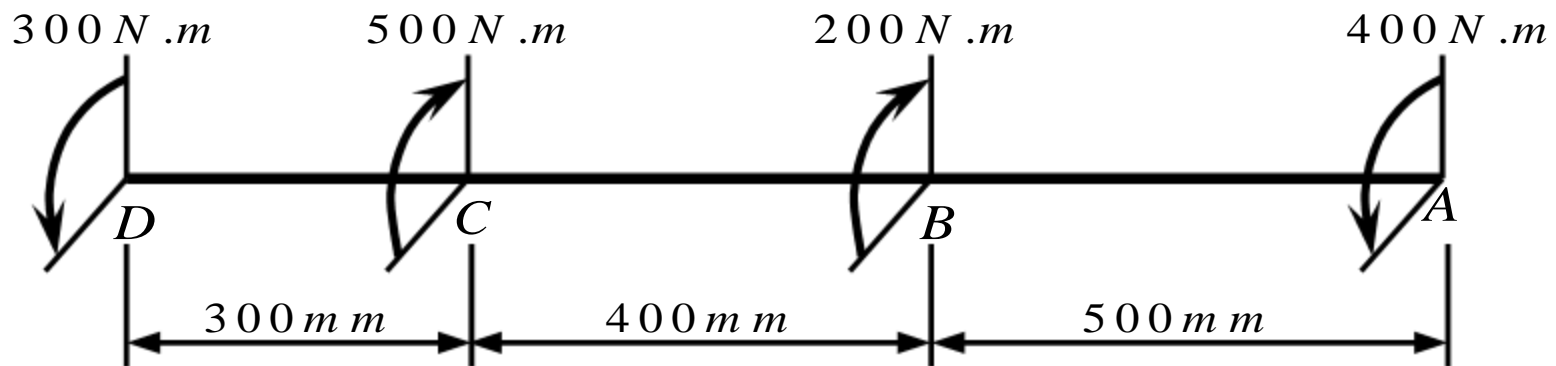
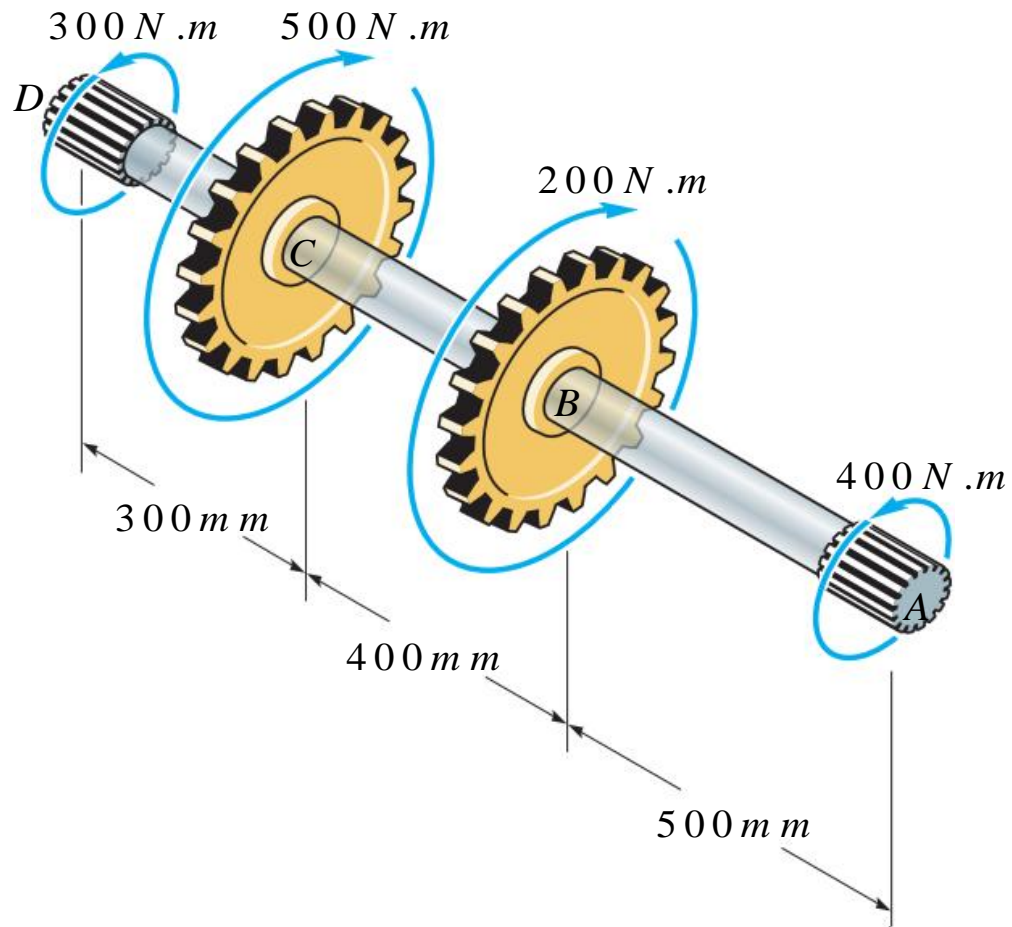
→

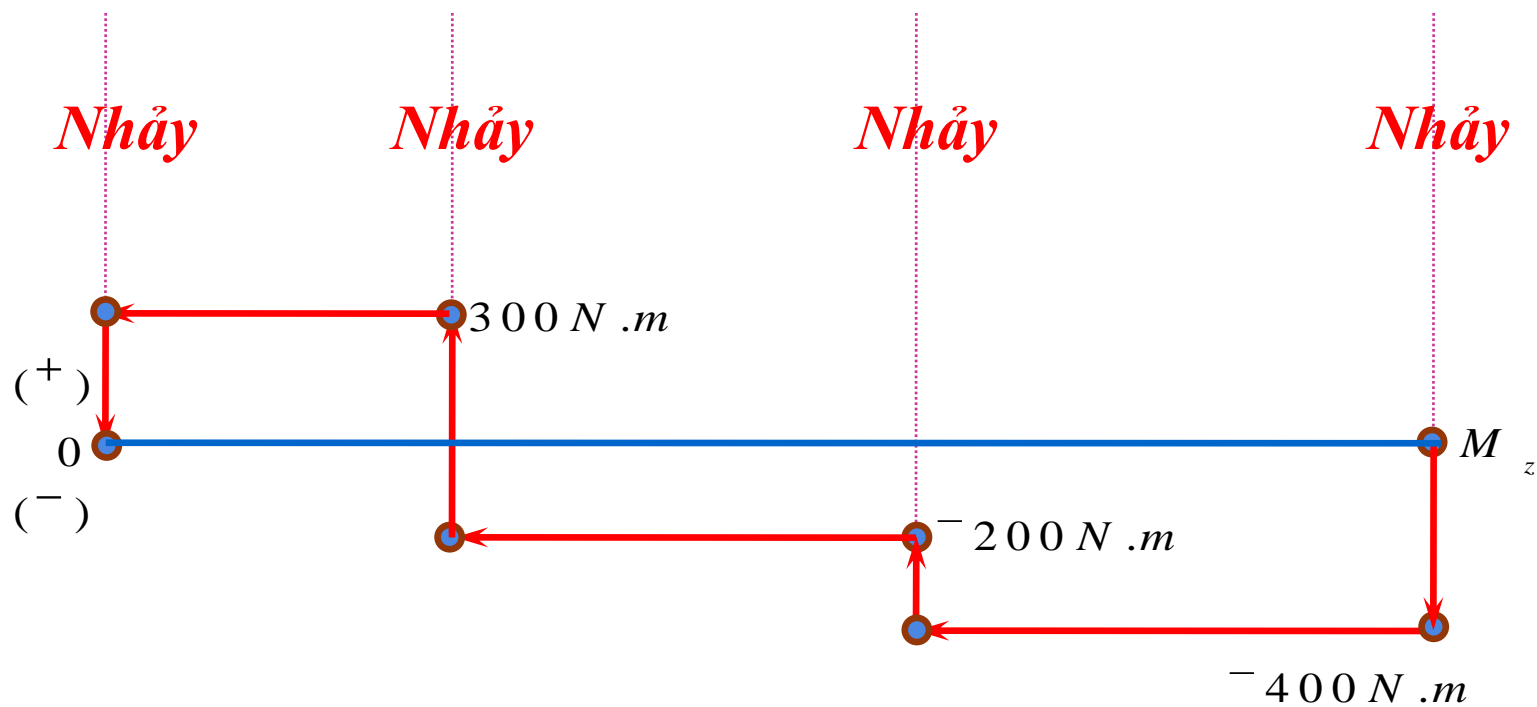
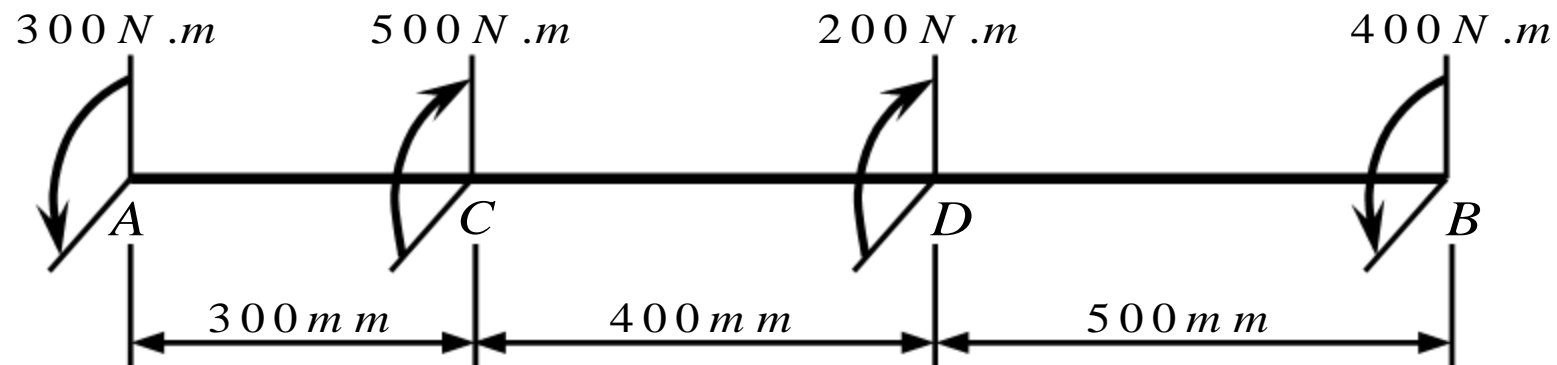
Nếu trên sơ đồ tính có ngẫu lực tập trung, biểu đồ M_z có bước nhảy, giá trị bước nhảy bằng giá trị ngẫu lực tập trung. Nhảy về dương khi ngẫu lực quay cùng chiều kim đồng hồ, nhảy về âm khi ngẫu lực quay ngược chiều kim đồng hồ

$$M_z^B = M_z^A + R_m^{AB}$$

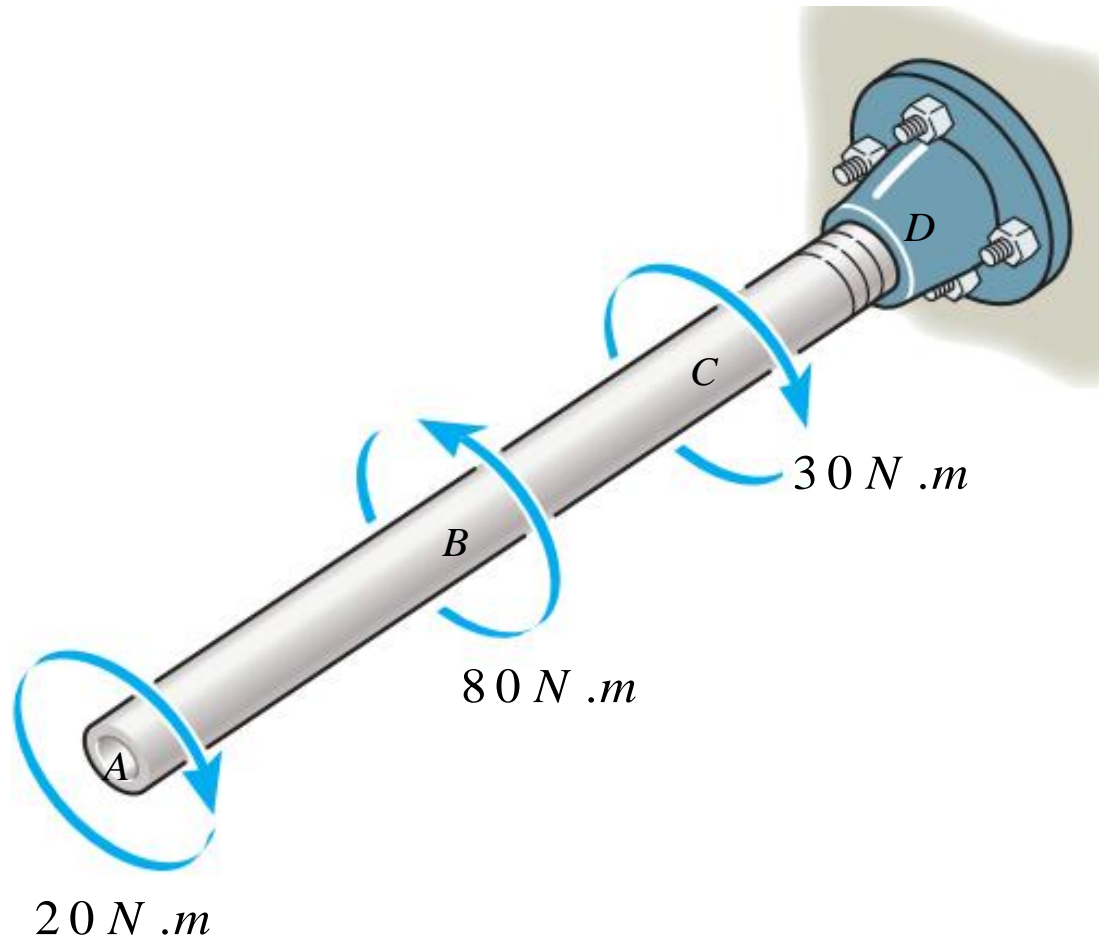
→

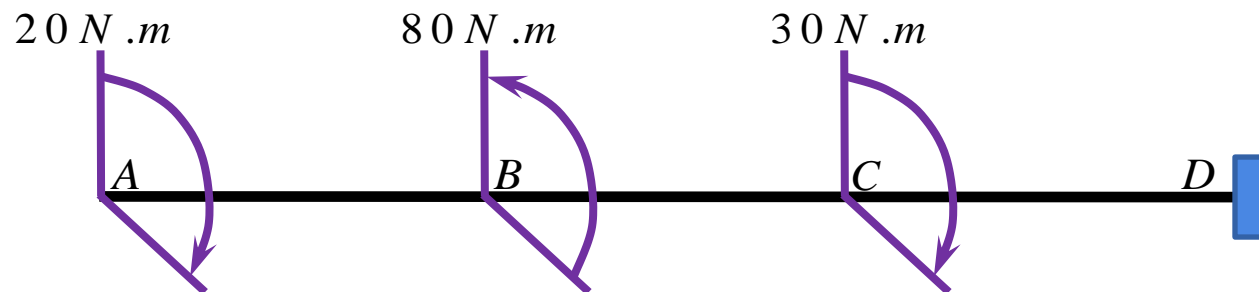
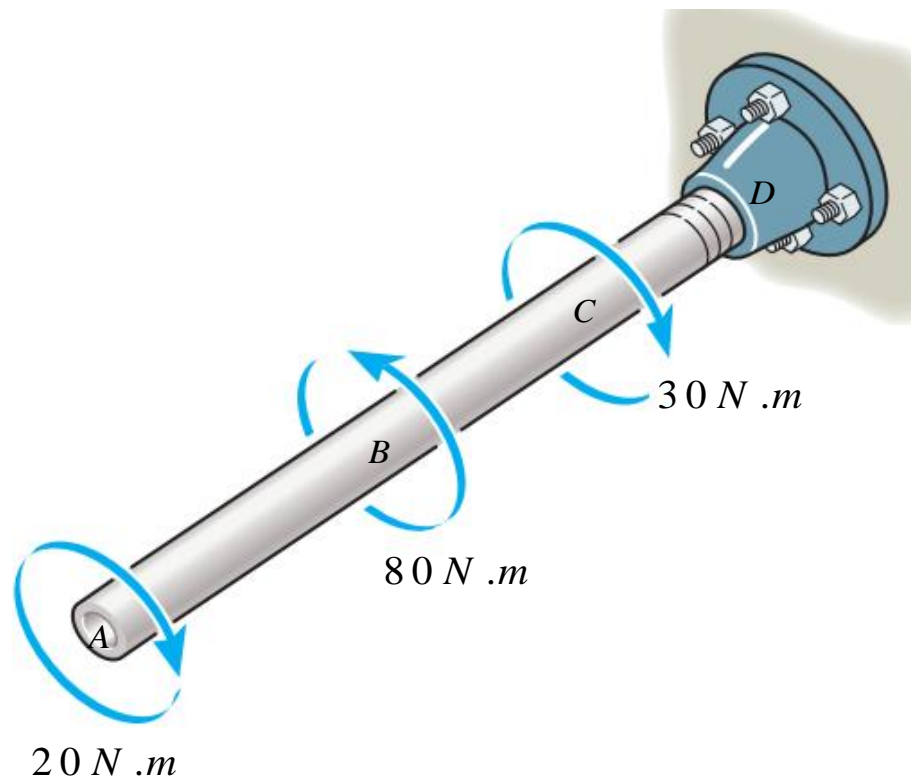
M_z cuối đoạn bằng M_z đầu đoạn cộng hợp ngẫu lực phân bố trên đoạn đó (ngẫu lực phân bố cùng chiều kim đồng hồ dương, ngược chiều kim đồng hồ âm)

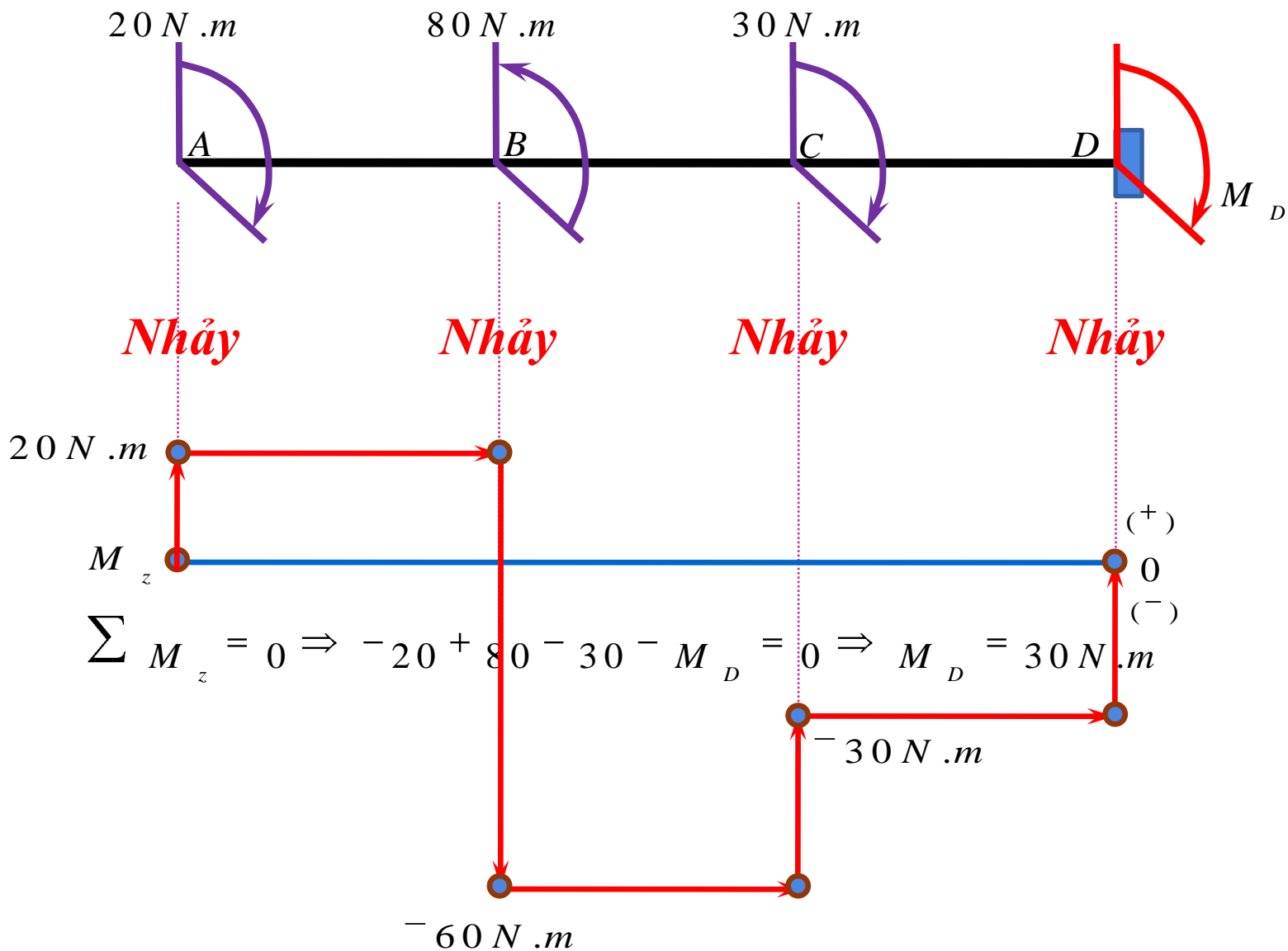




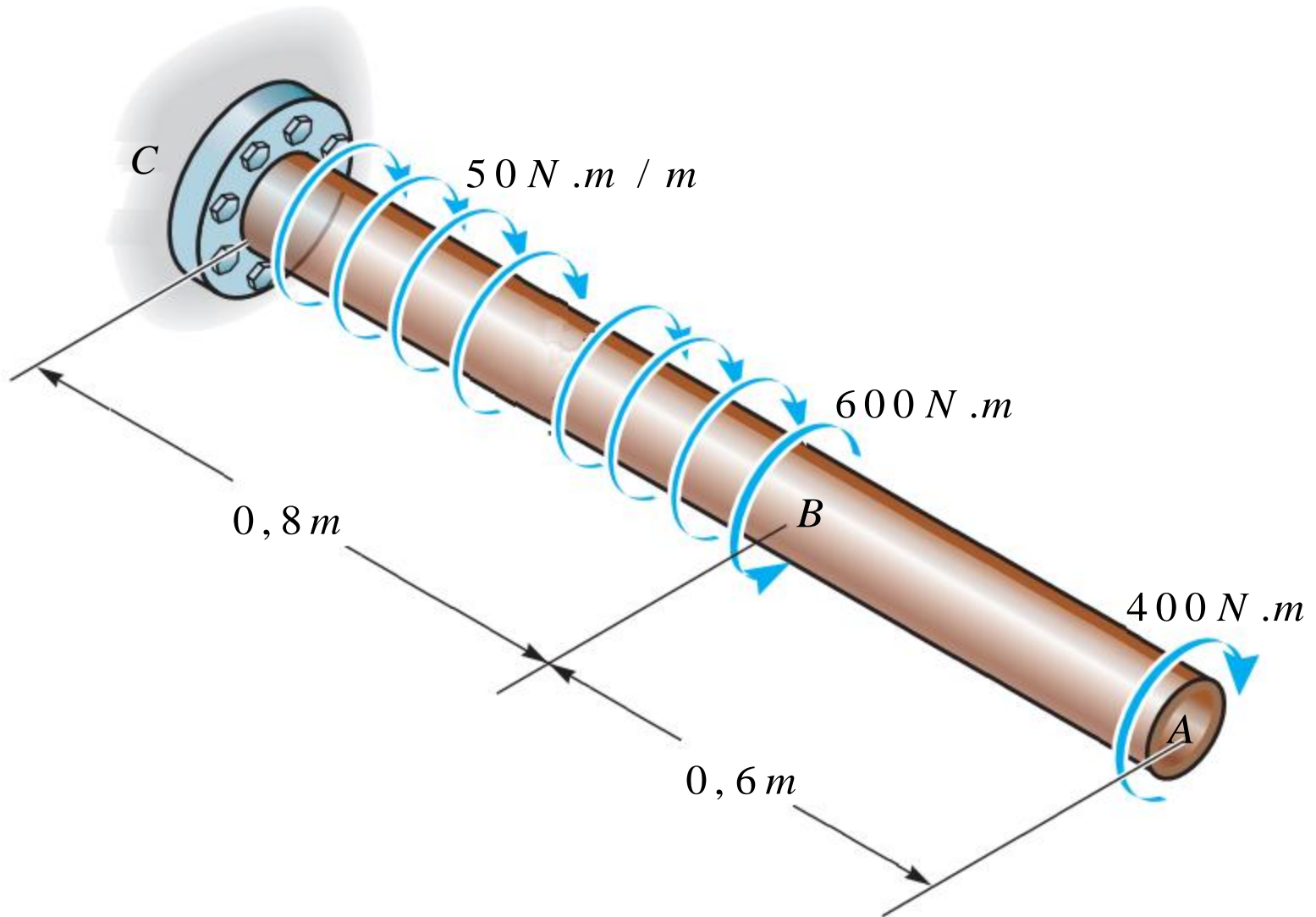
Bài tập 4: *Vẽ biểu đồ mômen xoắn M_z bằng phương pháp vẽ nhanh*

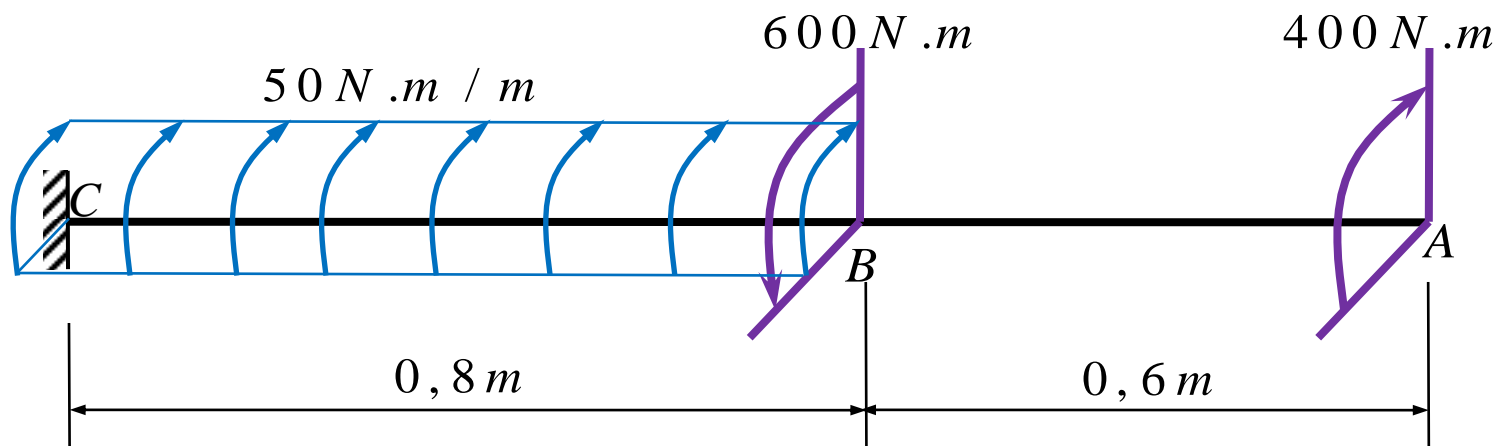
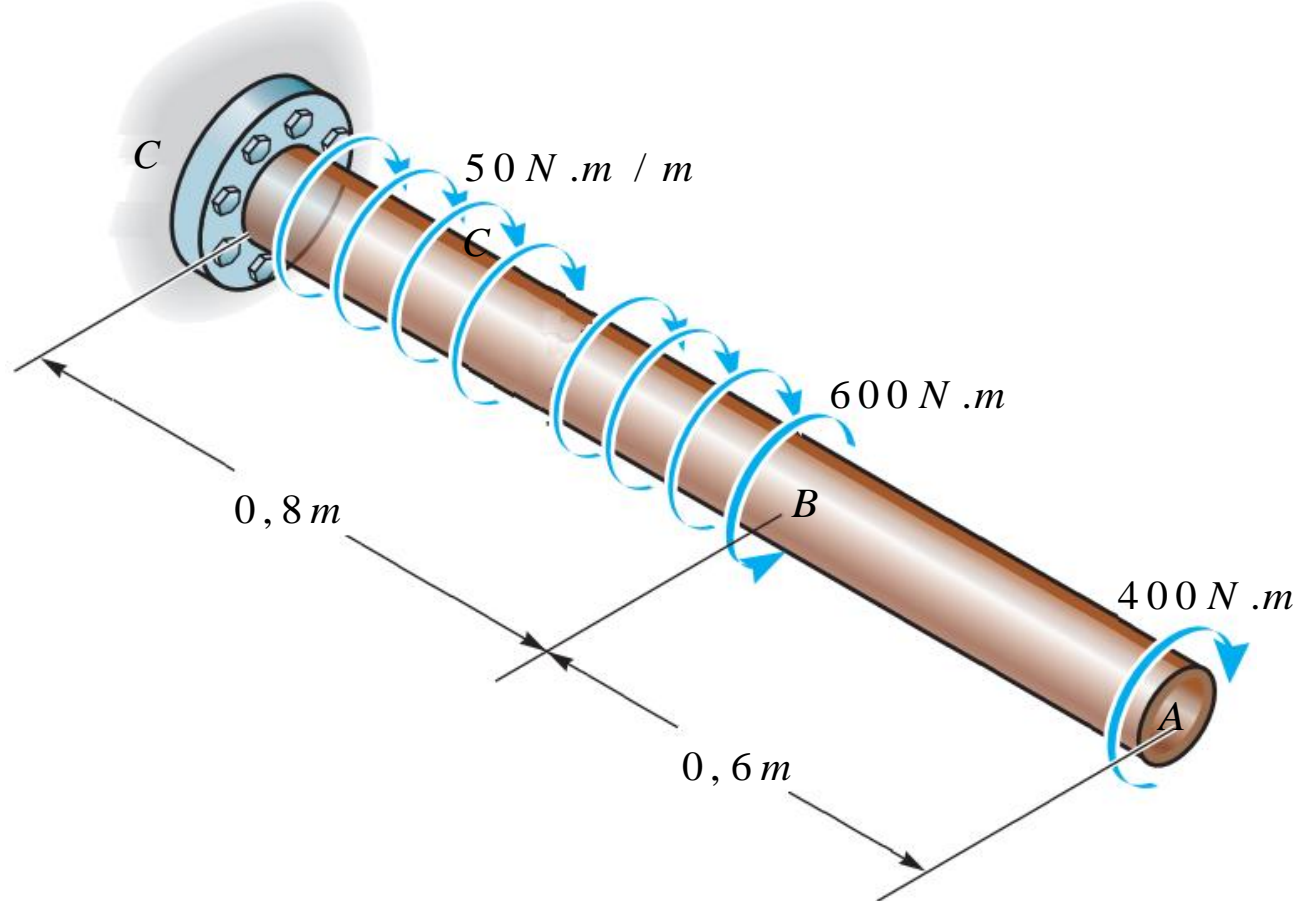


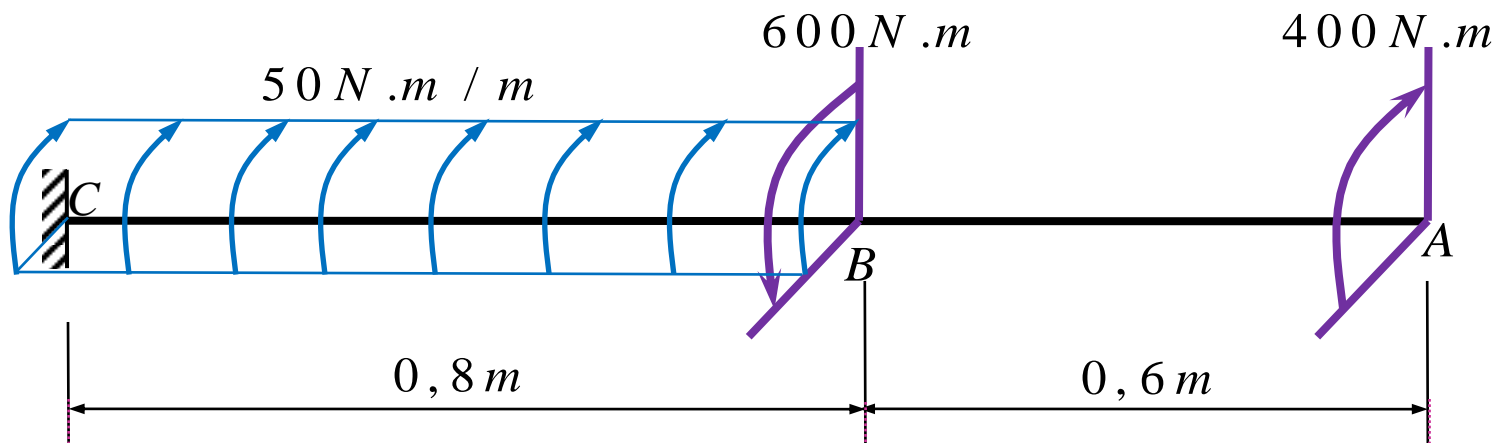




Bài tập 5: *Vẽ biểu đồ mômen xoắn M_z bằng phương pháp vẽ nhanh*

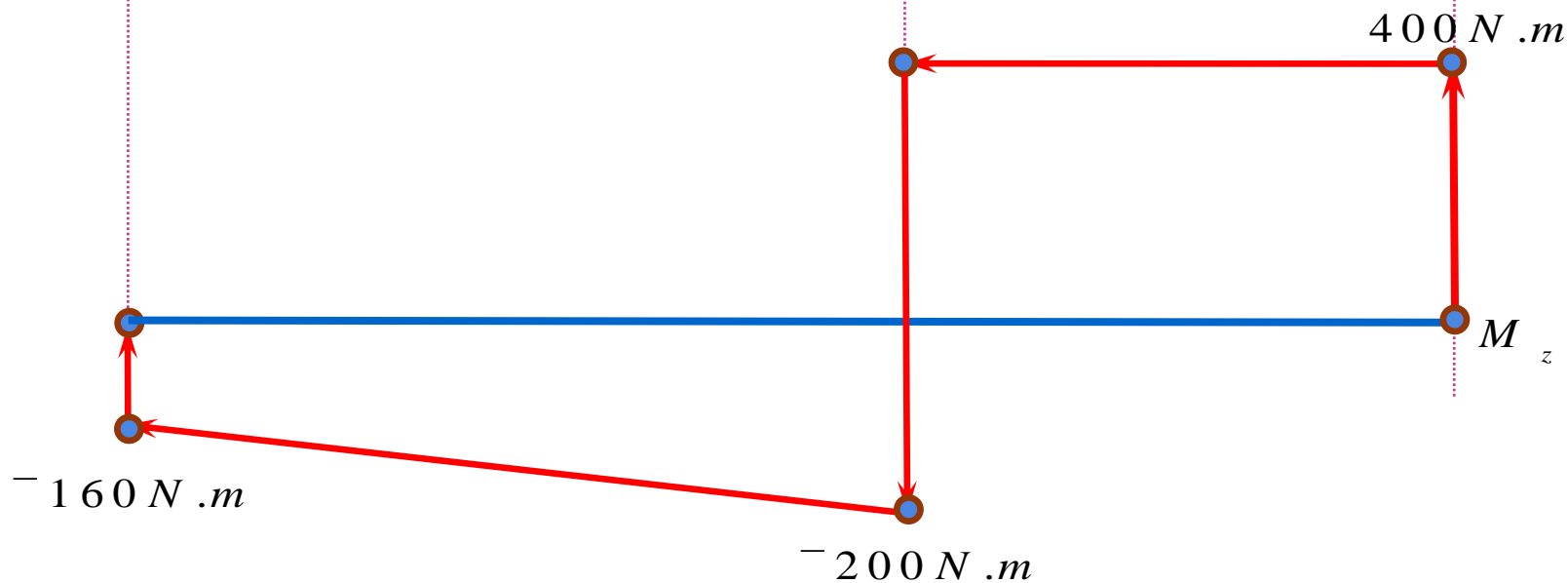




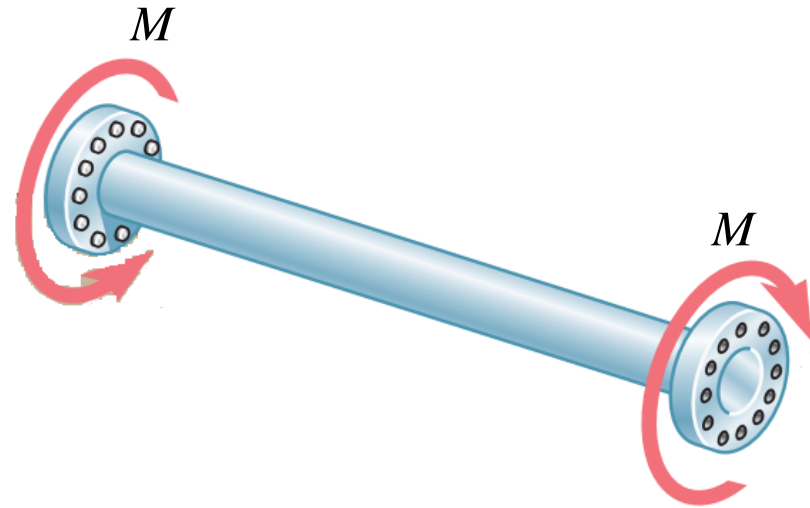


$$M_z^C = M_z^B + R_m^{(BC)} = -200 + 50 \cdot 0,8 = -160 \text{ N.m}$$

Nhảy *Nhảy* *Nhảy*



Bài tập 6: Trục chân vịt của tàu thủy có chiều dài 30,5 m được làm bằng thép A992 dùng để truyền một công suất 1865 kW từ động cơ đến chân vịt với tốc độ 1700 vòng/phút. Biết rằng trục có đường kính ngoài 203mm và bề dày thành 9,5mm. a) Tính ứng suất tiếp lớn nhất phát sinh trong trục. b) Tính góc xoắn của trục



* *Ngẫu lực do động cơ sinh ra:*

$$M = \frac{30 P}{\pi n} = \frac{30.1865}{\pi.1700} = 10,476 \text{ kN.m}$$

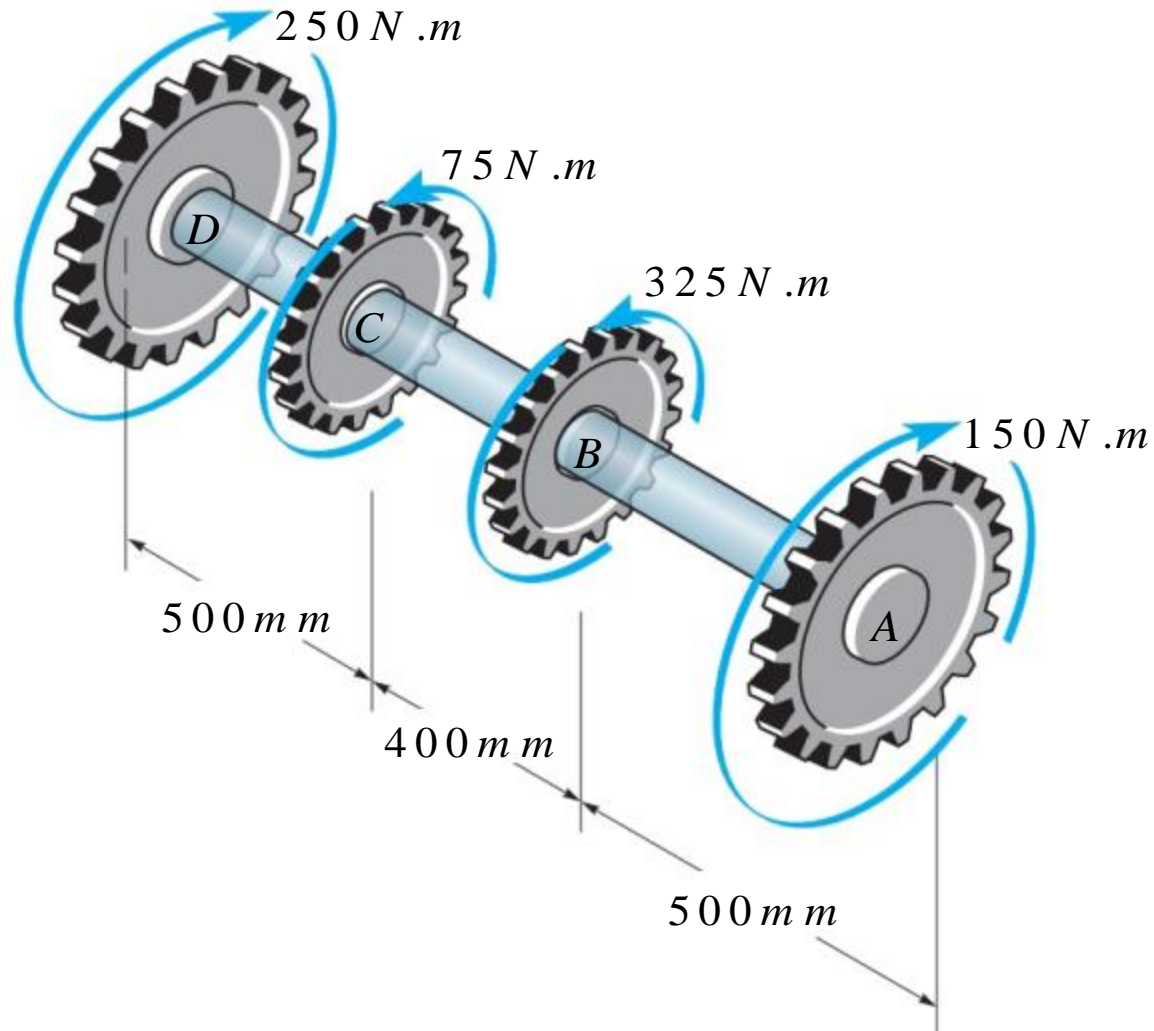
* *Ứng suất tiếp lớn nhất phát sinh trong trục:*

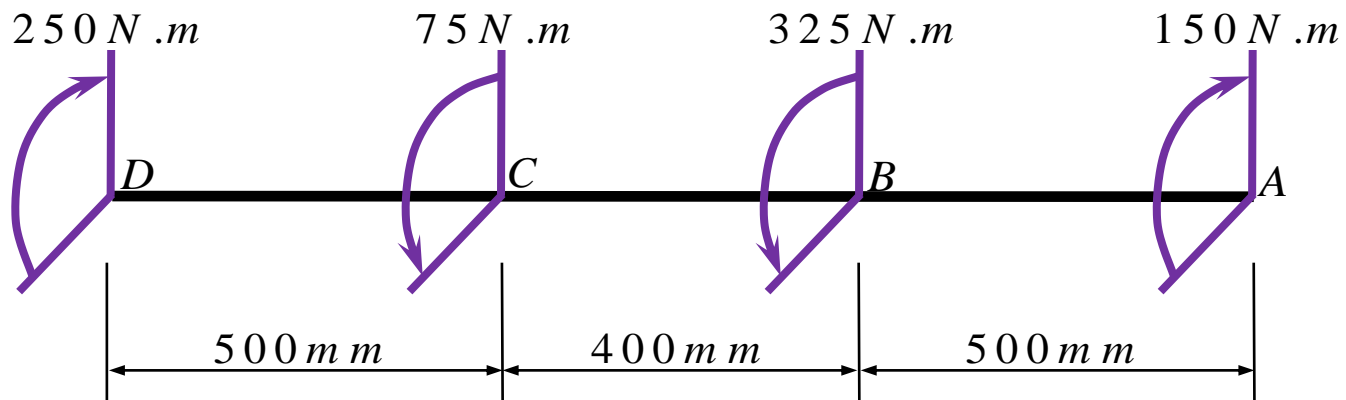
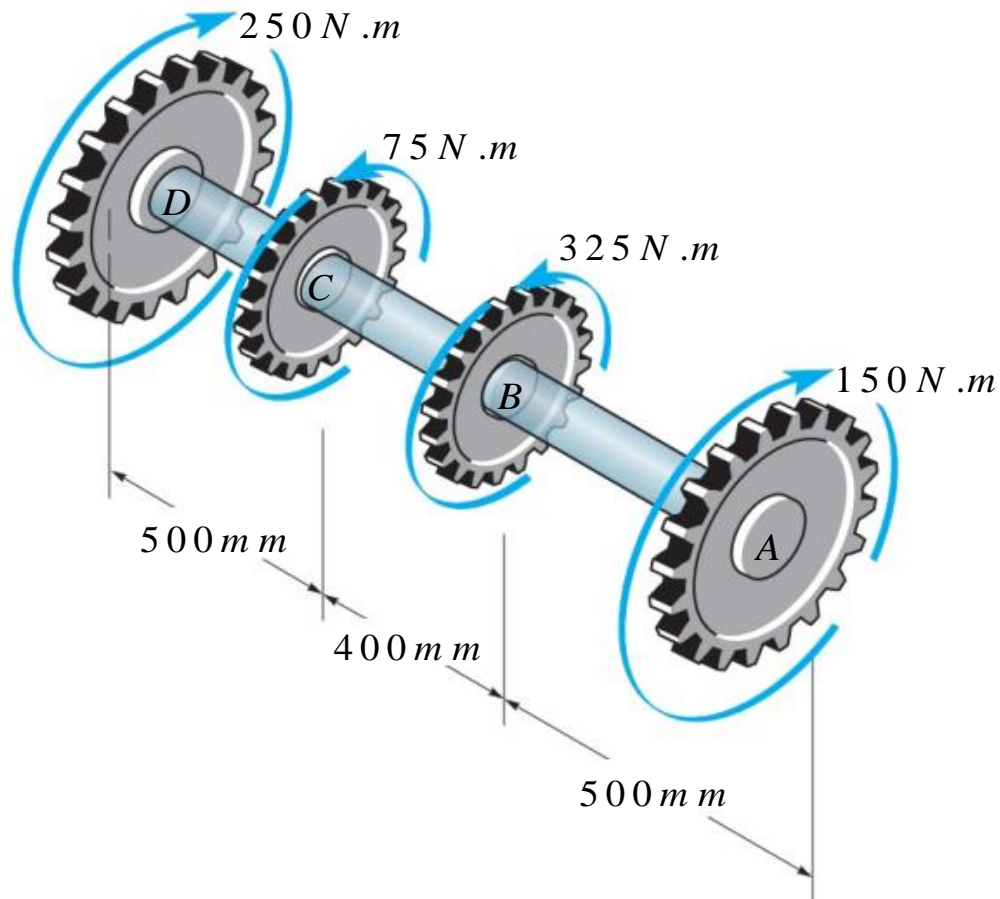
$$\tau_{\max} = \frac{M_z}{W_\rho} = \frac{M}{\frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D}} = \frac{10,476.1000}{\frac{\pi}{32} \frac{230^4 - 9,5^4}{230}} = 0,00438 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

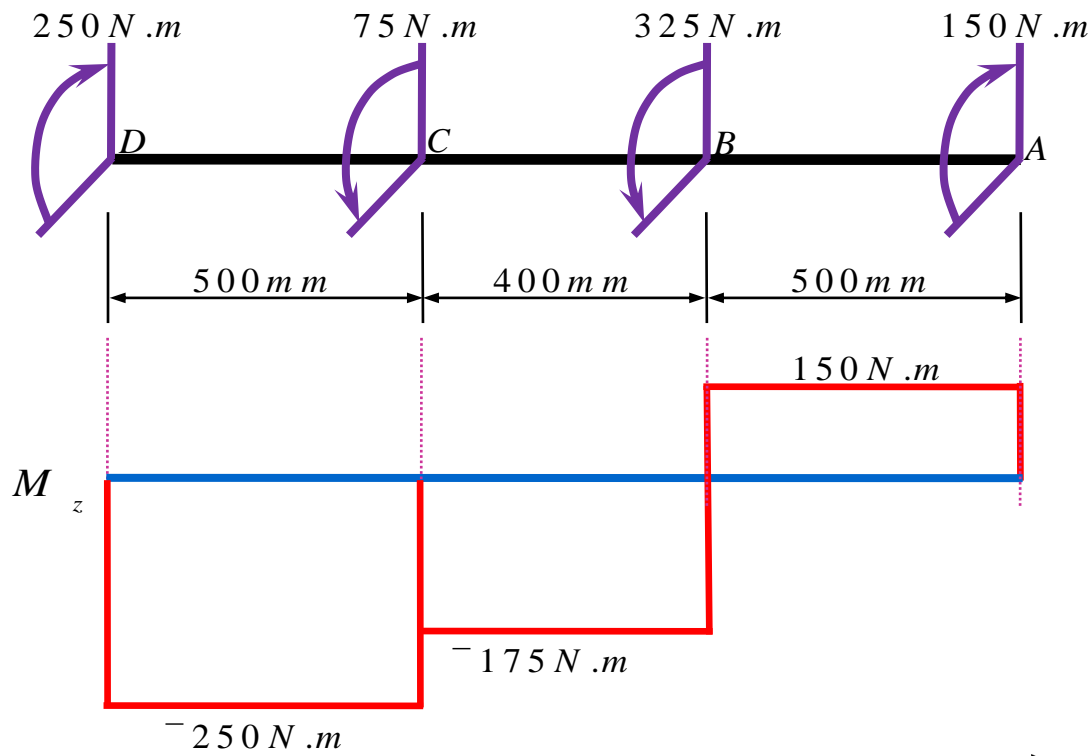
* *Góc xoắn của trục:*

$$\varphi = \frac{M_z L}{G J_\rho} = \frac{10476.30,5.1000}{\pi \frac{75}{32} \frac{230^4 - 9,5^4}{230}} = 0,0155 \text{ rad}$$

Bài tập 7: Trục đỡ các bánh răng chịu các ngẫu lực như hình vẽ. Trục làm bằng thép có $[\tau] = 65 \text{ MPa}$; $G = 75 \text{ GPa}$. a) Xác định đường kính trục theo điều kiện bền. b) Tính góc xoắn tương đối của mặt cắt tại A so với mặt cắt tại D.







*** Theo điều kiện bền**

$$|\tau|_{\max} = \left| \frac{M_z}{W_\rho} \right|_{\max} \leq \tau$$

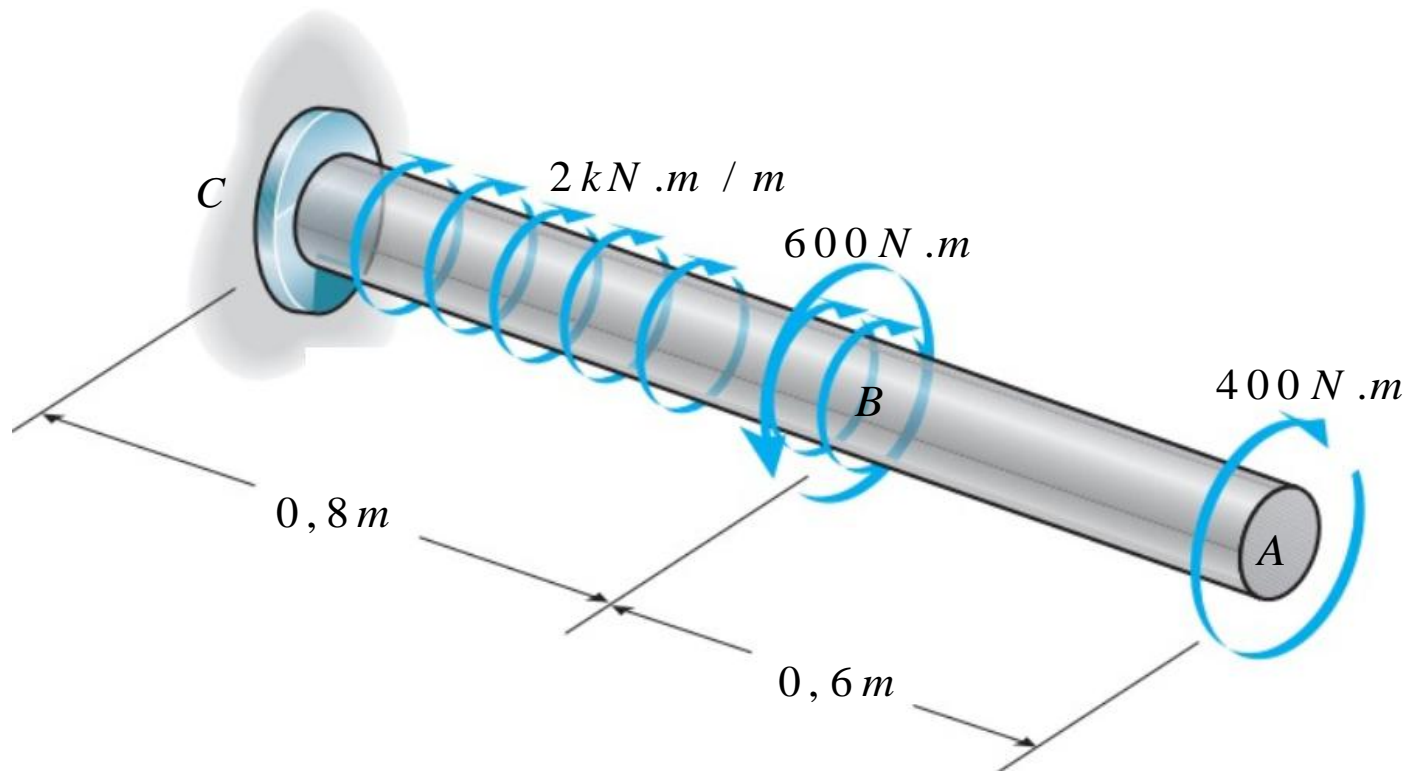
$$\Leftrightarrow \frac{250(kN \cdot m \cdot m)}{\frac{\pi}{16} d^3} \leq \frac{65}{1000} \left(\frac{kN}{m \cdot m^2} \right)$$

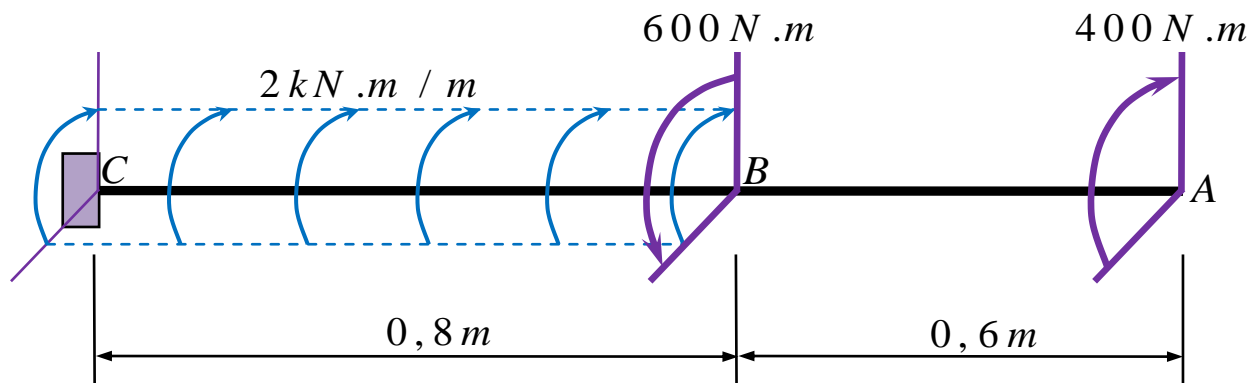
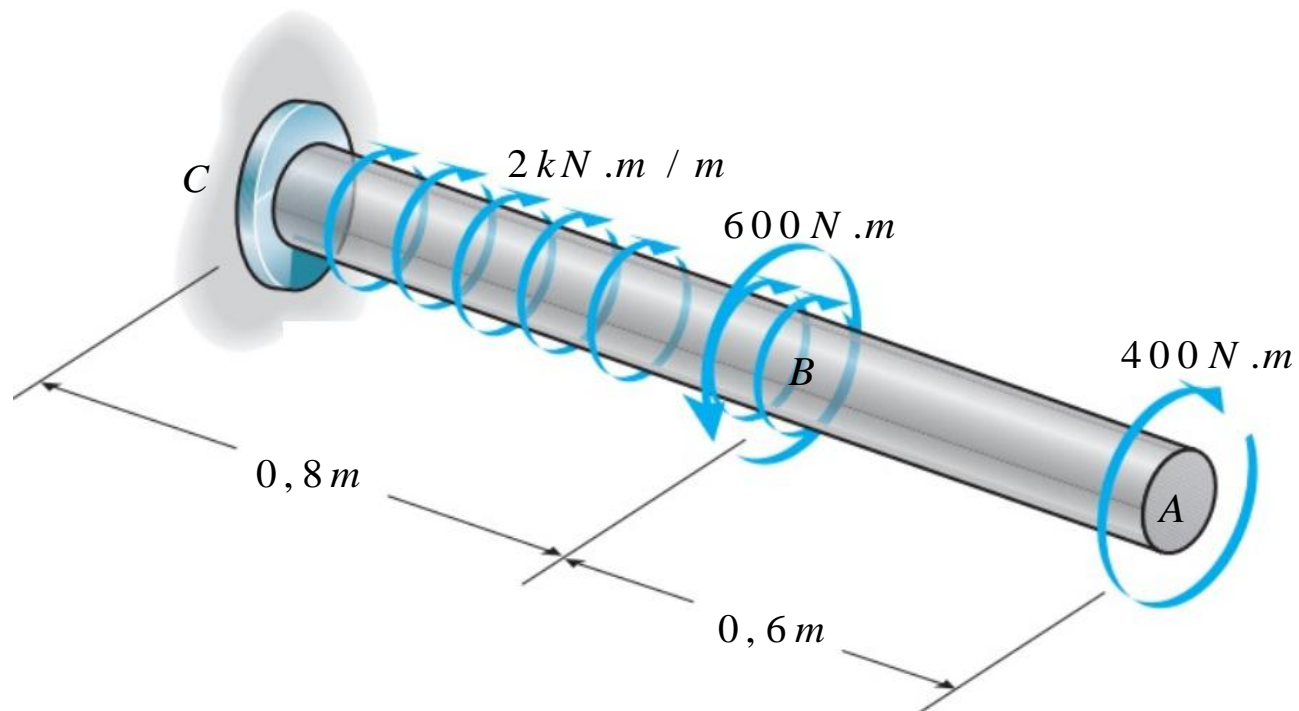
$$\Rightarrow d \geq 26,956 \text{ mm} \Rightarrow d_{\min} = 27 \text{ mm}$$

*** Tính góc xoắn tương đối giữa A và D**

$$\varphi = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{S_{N_z}}{G J_\rho} \right)_i = \frac{150 \cdot 500 - 175 \cdot 400 - 250 \cdot 500}{75 \frac{\pi}{32} 27^4} = -0,0306 \text{ rad}$$

Bài tập 8: Trục tròn đặc đường kính d chịu lực như hình vẽ. Trục làm bằng thép có $[\tau] = 65 \text{ MPa}$; $G = 75 \text{ GPa}$. a) Xác định đường kính trục theo điều kiện bền. b) Tính góc xoắn của mặt cắt tại A so với ngàm C.





* Theo điều kiện bền

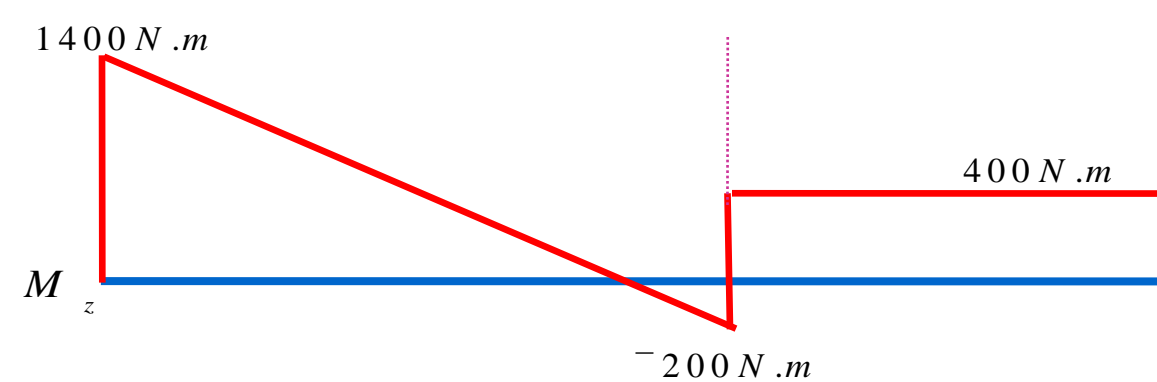
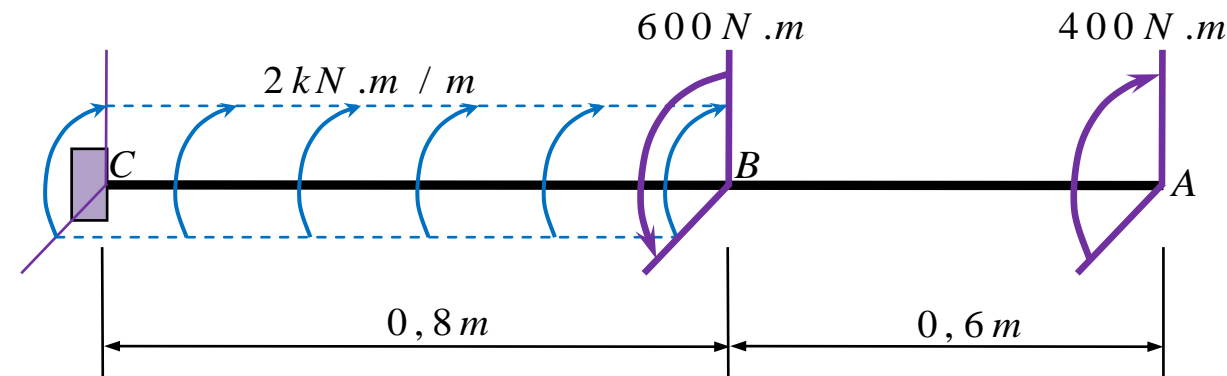
$$|\tau|_{\max} = \left| \frac{M_z}{W_\rho} \right|_{\max} \leq \tau$$

$$\Leftrightarrow \frac{1400}{\frac{\pi}{16} d^3} \leq \frac{65}{1000}$$

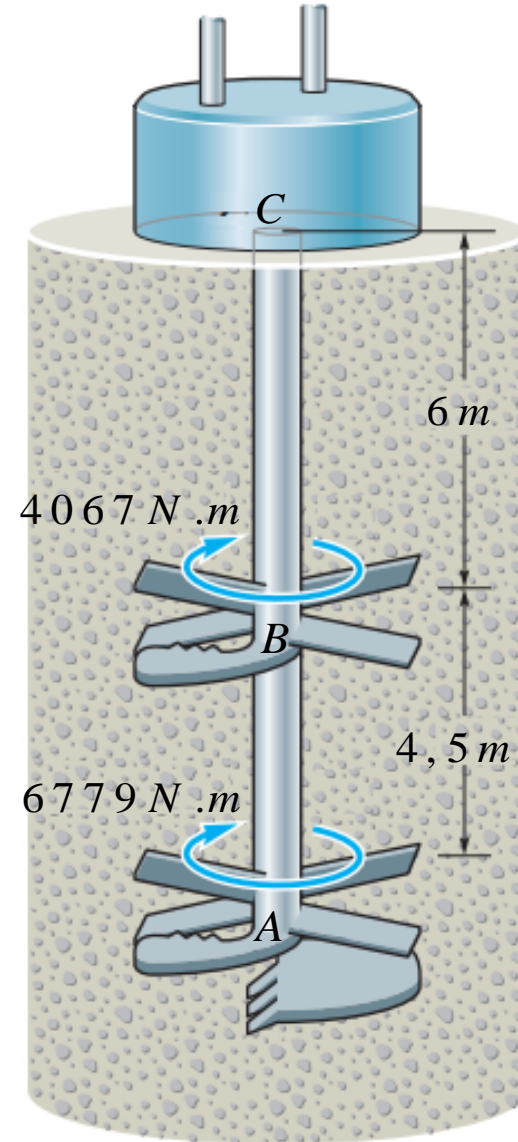
$$\Rightarrow d \geq 47,869 \text{ mm} \Rightarrow d_{\min} = 48 \text{ mm}$$

* Tính góc xoắn giữa A và C

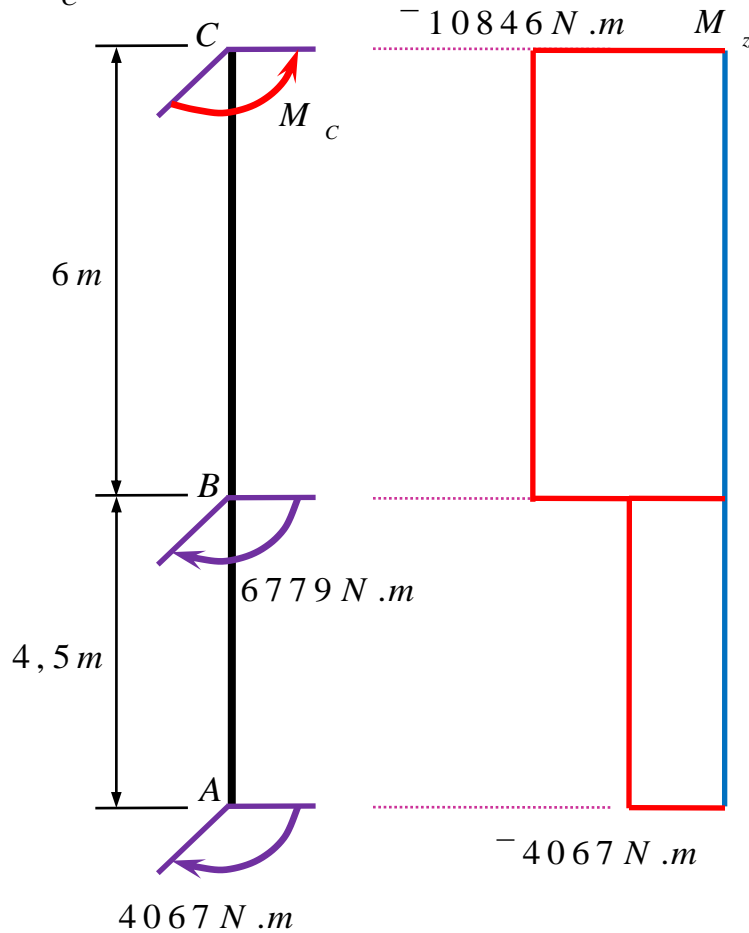
$$\varphi = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{S_{N_z}}{G J_\rho} \right)_i = \frac{400 \cdot 600 - 0,5 \cdot 200 \cdot 800 + 0,5 \cdot 1400 \cdot 800}{75 \frac{\pi}{32} 48^4} = 0,0184 \text{ rad}$$



Bài tập 9: Trục của máy trộn có mặt cắt ngang hình vành khăn đường kính ngoài 115 mm, bề dày thành t . Trục làm bằng thép có $[\tau] = 75 \text{ MPa}$; $G = 75 \text{ GPa}$. a) Xác định bề dày thành của trục theo điều kiện bền. b) Tính góc xoắn của trục.



$$M_c = 10846 \text{ N.m}$$



* Theo điều kiện bền

$$|\tau|_{\max} = \left| \frac{M_z}{W_\rho} \right|_{\max} \leq \tau$$

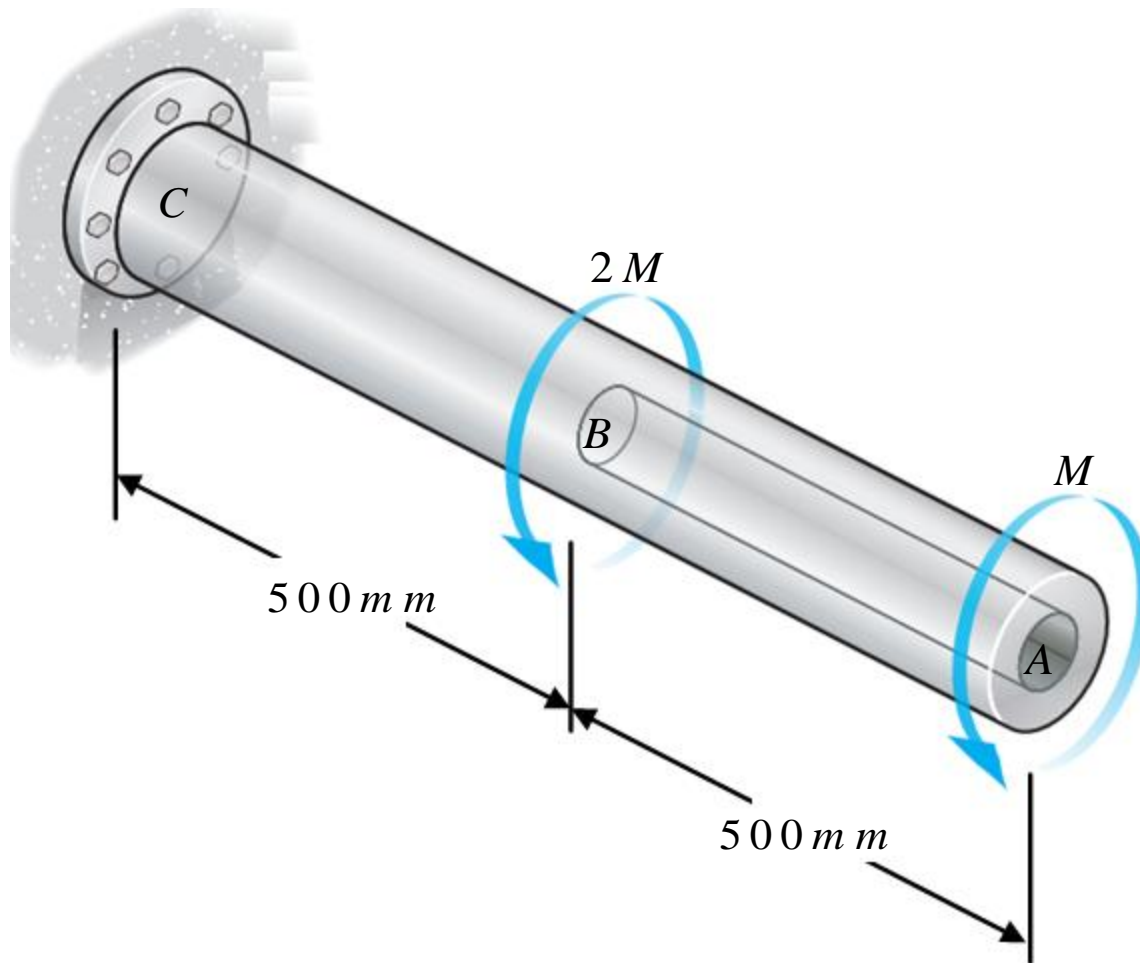
$$\Leftrightarrow \frac{\frac{10846}{\frac{\pi}{32} \frac{115^4 - 115 - 2t^4}{2}}}{\frac{115}{2}} \leq \frac{75}{1000}$$

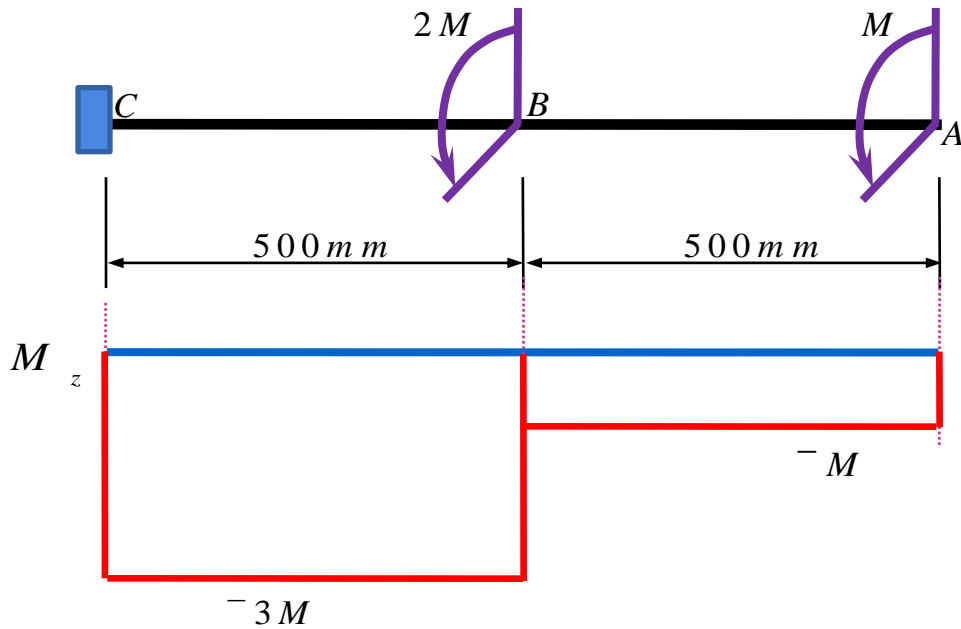
$$\Rightarrow t \geq 8,772 \text{ mm} \Rightarrow t_{\min} = 9 \text{ mm}$$

* Tính góc xoắn của trục

$$\varphi = \sum_{i=1}^2 \left(\frac{S_{N_z}}{G J_\rho} \right)_i = \frac{-4067 \cdot 4500 - 10846 \cdot 6000}{\frac{\pi}{75} \frac{115^4 - 115 - 2 \cdot 9^4}{32}} = 0,1311 \text{ rad}$$

Bài tập 10: Trục rỗng từ A đến B và đặc từ B đến C. Trục có đường kính ngoài 80 mm và có bề dày thành 10 mm. Trục làm bằng thép có $[\tau] = 75 \text{ MPa}$; $G = 75 \text{ GPa}$. a) Xác định tải trọng cho phép theo điều kiện bền. b) Tính góc xoắn của trục.





* Theo điều kiện bền

$$|\tau|_{\max} = \left| \frac{M_z}{W_\rho} \right|_{\max} \leq \tau$$

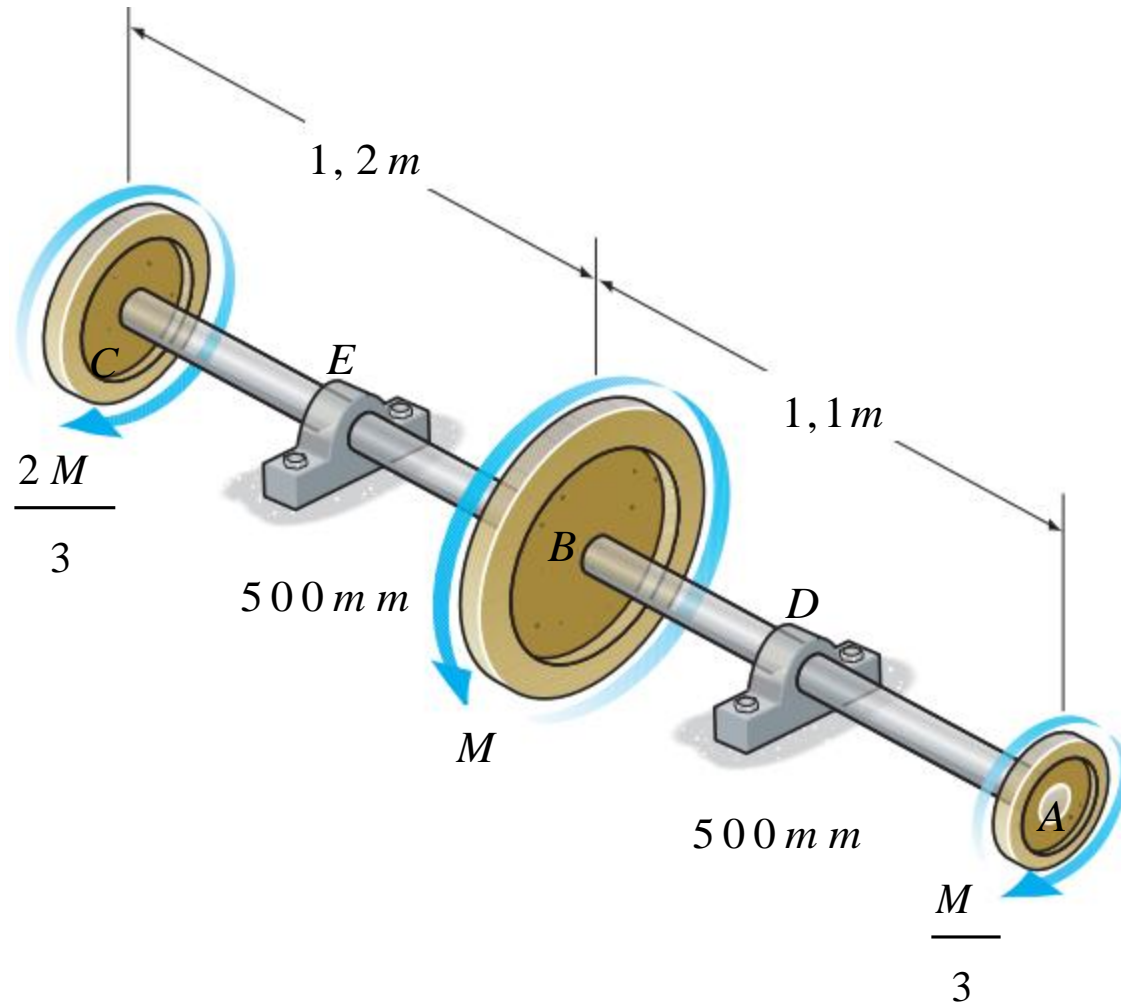
$$\Leftrightarrow \frac{3M}{\frac{\pi}{16} 80^3 (mm^3)} \leq \frac{75}{1000} \left(\frac{kN}{mm^2} \right)$$

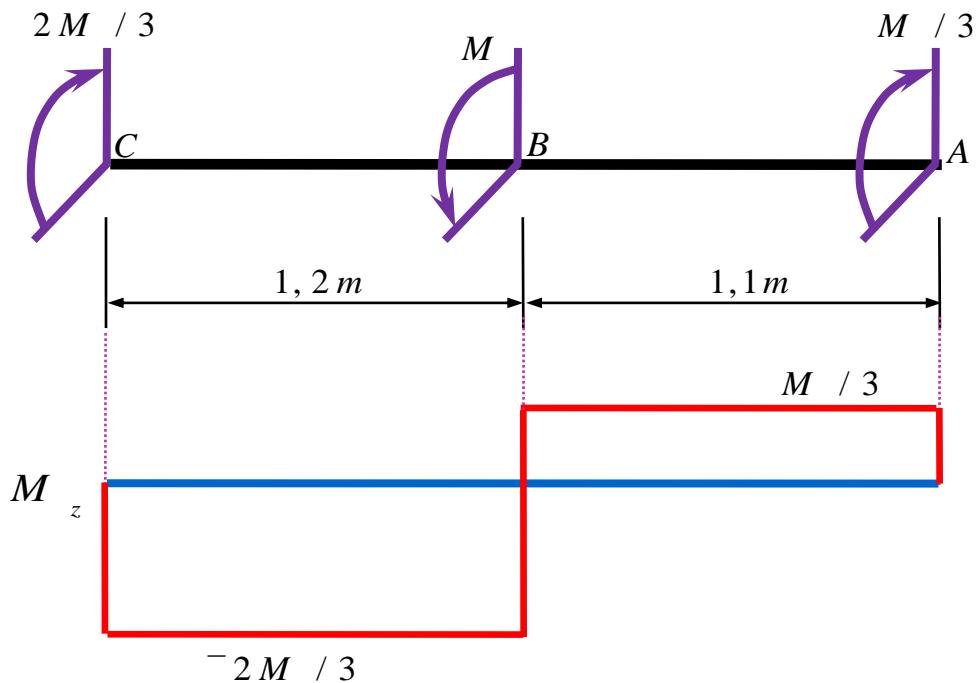
$$\Rightarrow \tau_{\max}^{(A \rightarrow B)} = \frac{2513,274 kNm}{\frac{\pi}{32} (80^4 - 60^4)} \quad \Leftrightarrow \tau_{\max}^{(B \rightarrow C)} = \frac{2513,2 kNm}{\frac{\pi}{16} 80^3}$$

* Tính góc xoắn của trục

$$\varphi = \sum_{i=1}^3 \left(\frac{S_{N_z}}{G J_\rho} \right)_i = \frac{150 \cdot 500 - 175 \cdot 400 - 250 \cdot 500}{\frac{\pi}{32} 75 \cdot 27^4} = -0,0185 rad$$

Bài tập 11: Trục thép đường kính 60 mm được đỡ trên các ổ lăn nhẵn tại D và E . Nếu thép có $[\tau] = 80 \text{ MPa}$; $G = 75 \text{ GPa}$ và góc xoắn tương đối giữa hai mặt cắt tại A và C bị giới hạn sao cho không vượt quá $0,05 \text{ rad}$, **xác định giới hạn của tải trọng, M_{\max} .**





* Theo điều kiện bền và điều kiện cứng

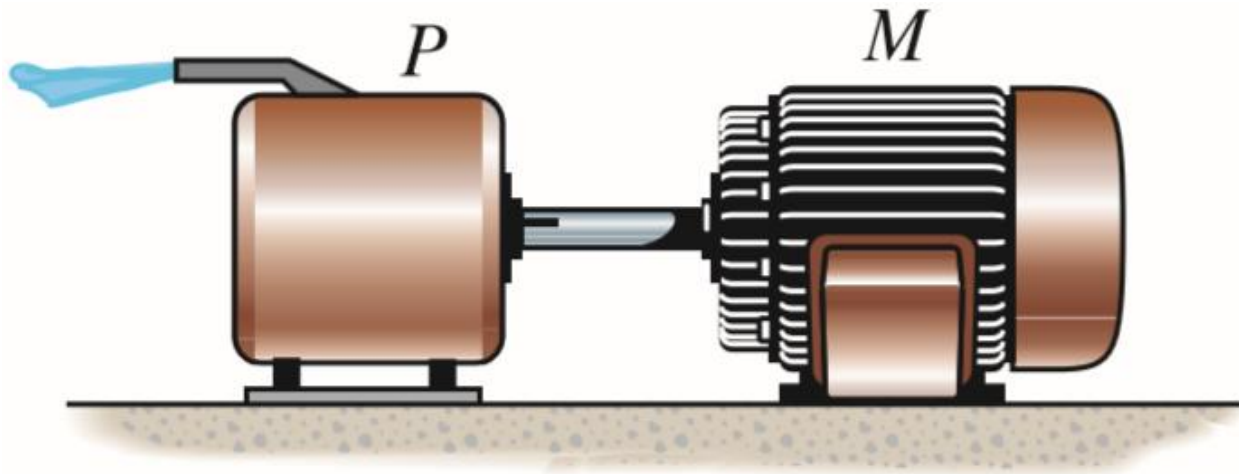
$$\begin{cases} \left| \tau \right|_{\max} = \left| \frac{M_z}{W_\rho} \right|_{\max} \leq \tau \\ \left| \varphi_{AC} \right| \leq 0,05 \text{ rad} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \frac{2M/3}{\frac{\pi}{16} \cdot 60^3} \leq \frac{80}{1000} \\ \left| \frac{M/3 \cdot 1100 - 2M/3 \cdot 1200}{\frac{\pi}{75} \cdot 60^4} \right| \leq 0,05 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} M \leq 5089,38 \text{ kN} \cdot \text{m} \\ M \leq 11010,678 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{cases}$$

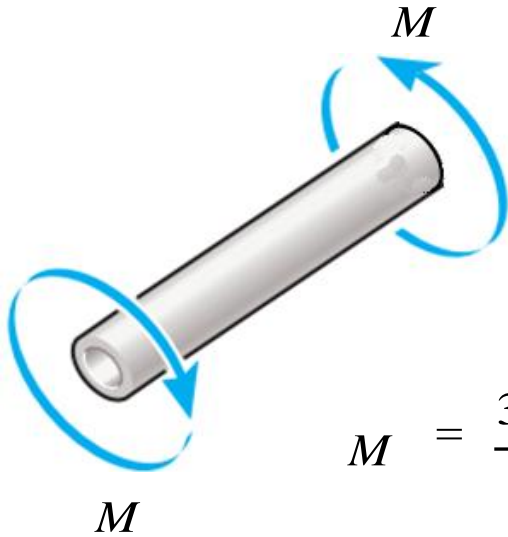
$$\Rightarrow M_{\max} = 5089,3 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Bài tập 12: Trục thép A36 dài 2 m có mặt cắt ngang hình vành khăn có đường kính ngoài D , bề dày thành $t = 3 \text{ mm}$. Trục dùng để truyền một công suất 25 kW từ động cơ M đến bơm P với tốc độ 400 vòng/phút. a) Xác định đường kính ngoài tối thiểu của trục nếu thép A36 có $[\tau] = 80 \text{ MPa}$. b) Tính góc xoắn của trục.



$$P = 25 \text{ kW} ; n = 400 \text{ v / p} ; L = 2 \text{ m} ; t = 3 \text{ mm} ; \tau = 80 \text{ MPa} ; G = 75 \text{ GPa}$$

*** Theo điều kiện bền**



$$M = \frac{30 P}{\pi n}$$

$$|\tau|_{\max} = \left| \frac{M_z}{W_\rho} \right|_{\max} \leq \tau$$

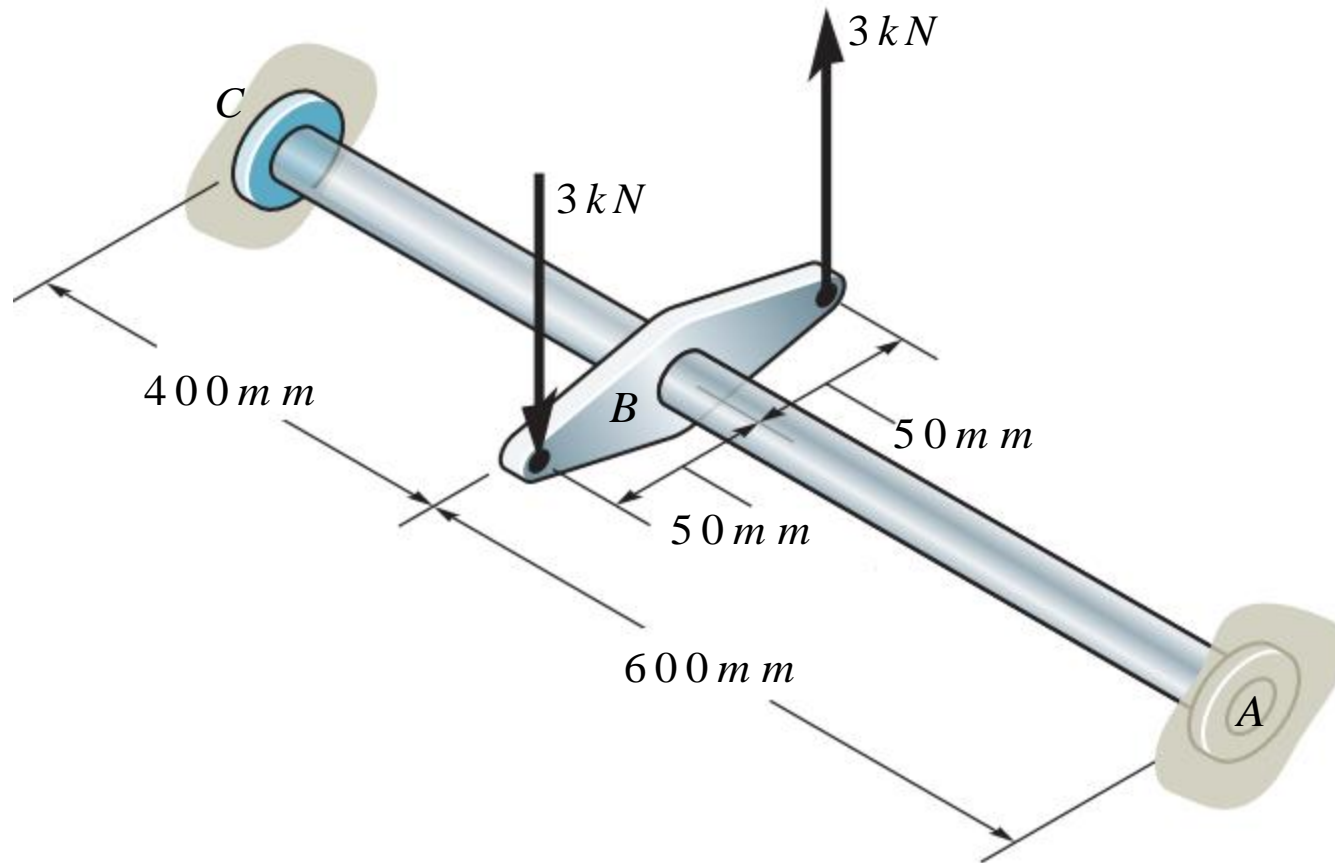
$$\Leftrightarrow \frac{\frac{30.25000}{\pi .400} \text{ N.m}}{\frac{D^4 - D - 2.3^4}{32} \frac{D}{2}} \leq \frac{80}{1000} \left(\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$\Rightarrow D \geq 44,105 \text{ mm}$$

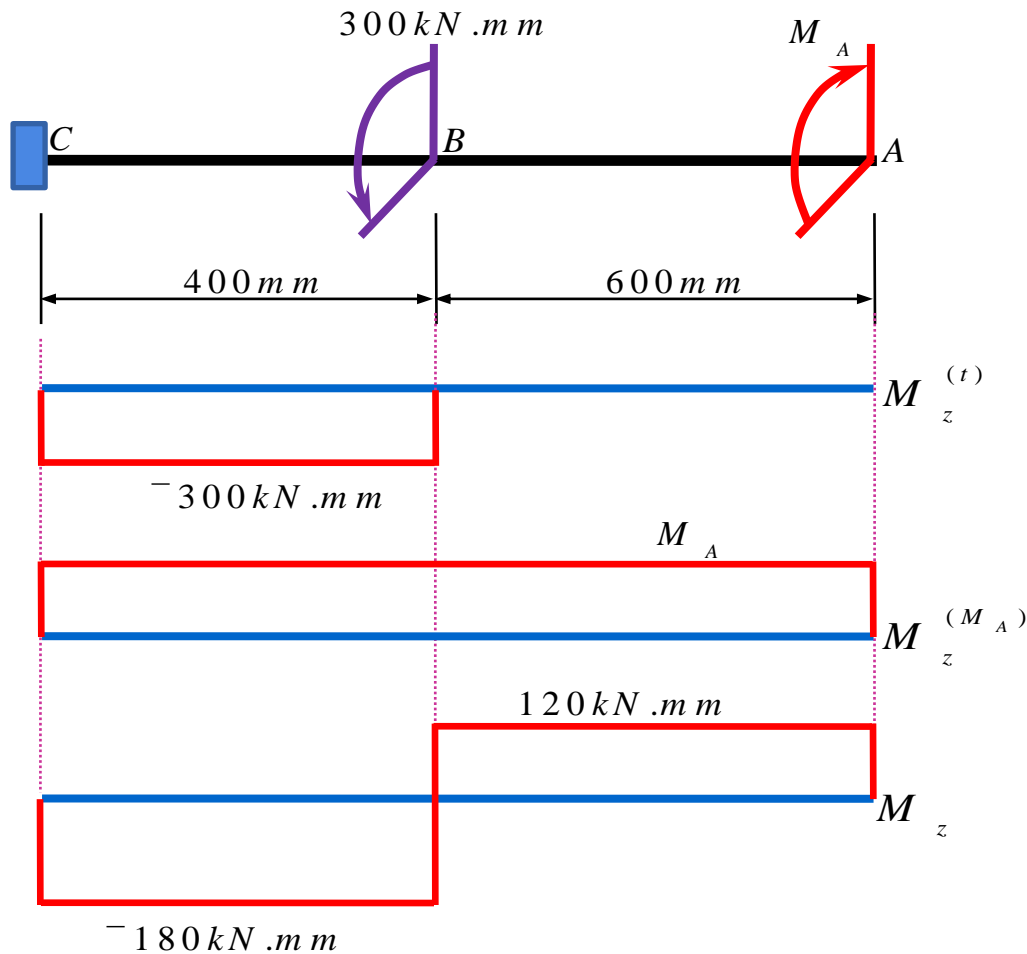
$$\Rightarrow D_{\min} = 44,2 \text{ mm}$$

*** Góc xoắn của trục:** $\varphi = \frac{M . L}{G J_\rho} = \frac{\frac{30.25000}{\pi .400} 2000}{75 . \frac{D^4 - D - 2.3^4}{32}} = 0,096 \text{ rad}$

Bài tập 13: Trục thép A36 mặt cắt ngang hình tròn đường kính $d = 40 \text{ mm}$, bị ngàm tại hai đầu A và C. a) Xác định ứng suất tiếp lớn nhất phát sinh trong trục. b) Tính góc xoắn của mặt cắt tại B.



* Phương trình tương thích biến dạng: $\varphi_{AC} = 0$



*** Phương trình tương thích biến dạng:**

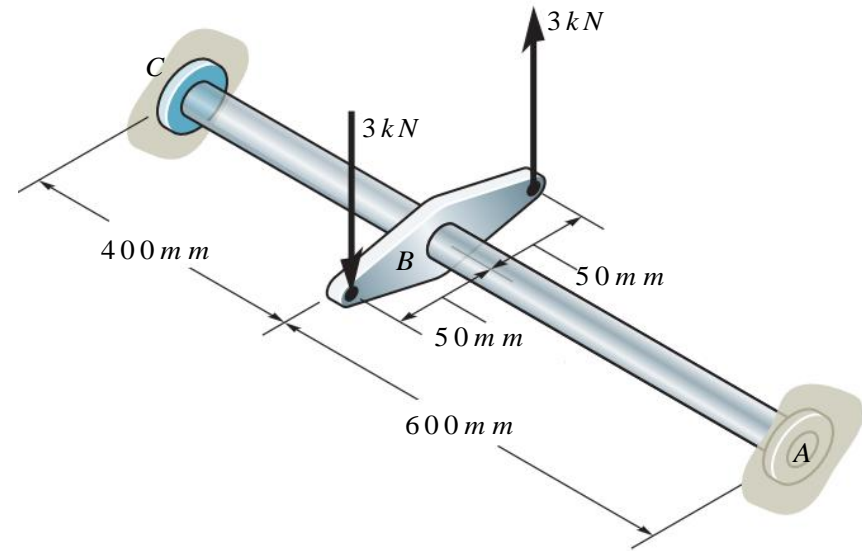
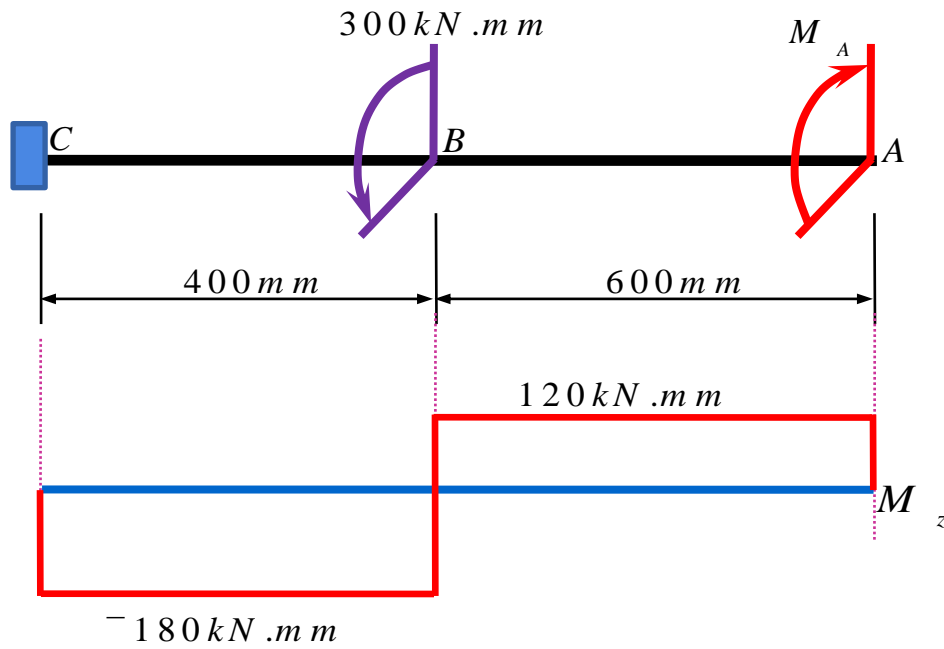
$$\varphi_{AC} = \varphi_{AC}^{(t)} + \varphi_{AC}^{(N_c)} = 0 \quad (*)$$

$$\begin{cases} \varphi_{AC}^{(t)} = \frac{-300 \cdot 400}{GJ_\rho} \\ \varphi_{AC}^{(N_c)} = \frac{M_A \cdot 1000}{GJ_\rho} \end{cases}$$

$$(*) \Rightarrow \frac{-300 \cdot 400}{GJ_\rho} + \frac{M_A \cdot 1000}{GJ_\rho} = 0$$

$$\Rightarrow M_A = 120 \text{ kN.m}$$

*** Ứng suất tiếp lớn nhất trong trục:** $|\tau|_{\max} = \left| \frac{M_z}{W_\rho} \right|_{\max} = \frac{180}{\frac{\pi}{16} \cdot 40^3} = 0,0143 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$

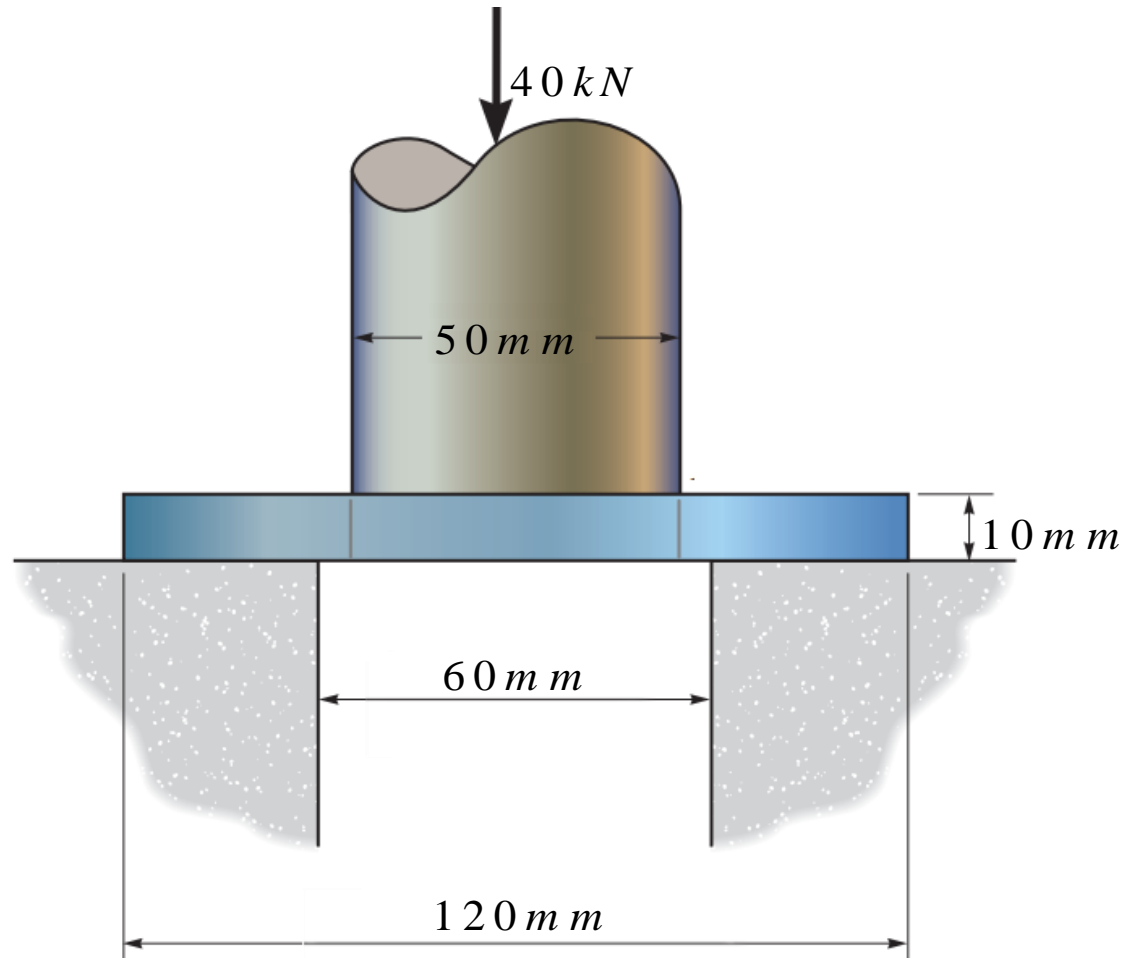


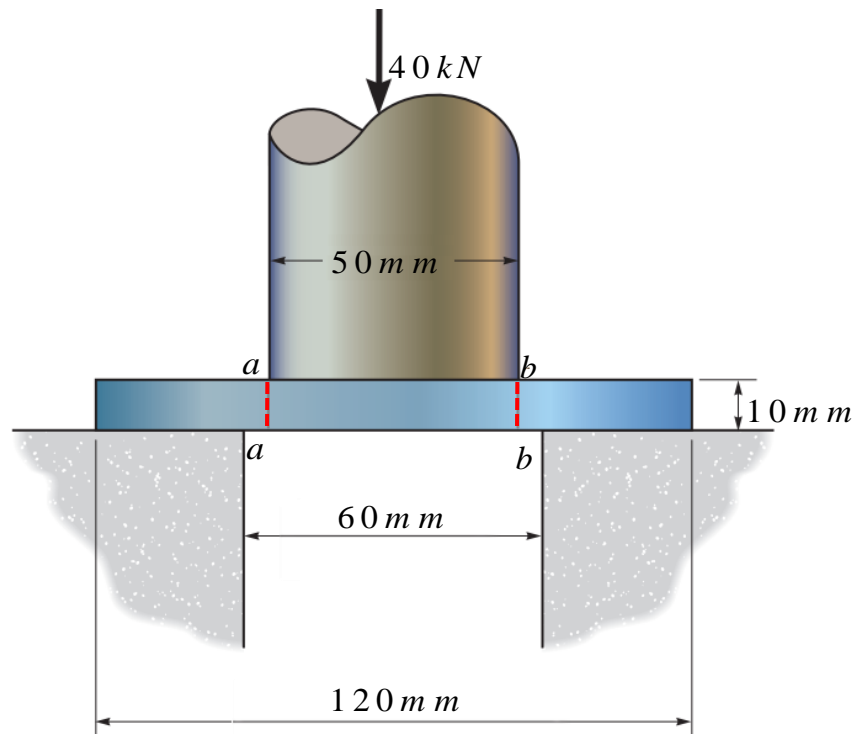
* Góc xoắn của mặt cắt tại B:

$$\varphi_{AB} = \frac{120 \cdot 600}{\pi \cdot 75 \cdot \frac{40^4}{32}} = 0,00381 \text{ rad}$$

$$\varphi_{BC} = \frac{-180 \cdot 400}{\pi \cdot 75 \cdot \frac{40^4}{32}} = 0,00381 \text{ rad}$$

Bài tập 14: *Xác định ứng suất tiếp phát sinh trong tấm kim loại và ứng suất ép mặt giữa chày và tấm kim loại.*





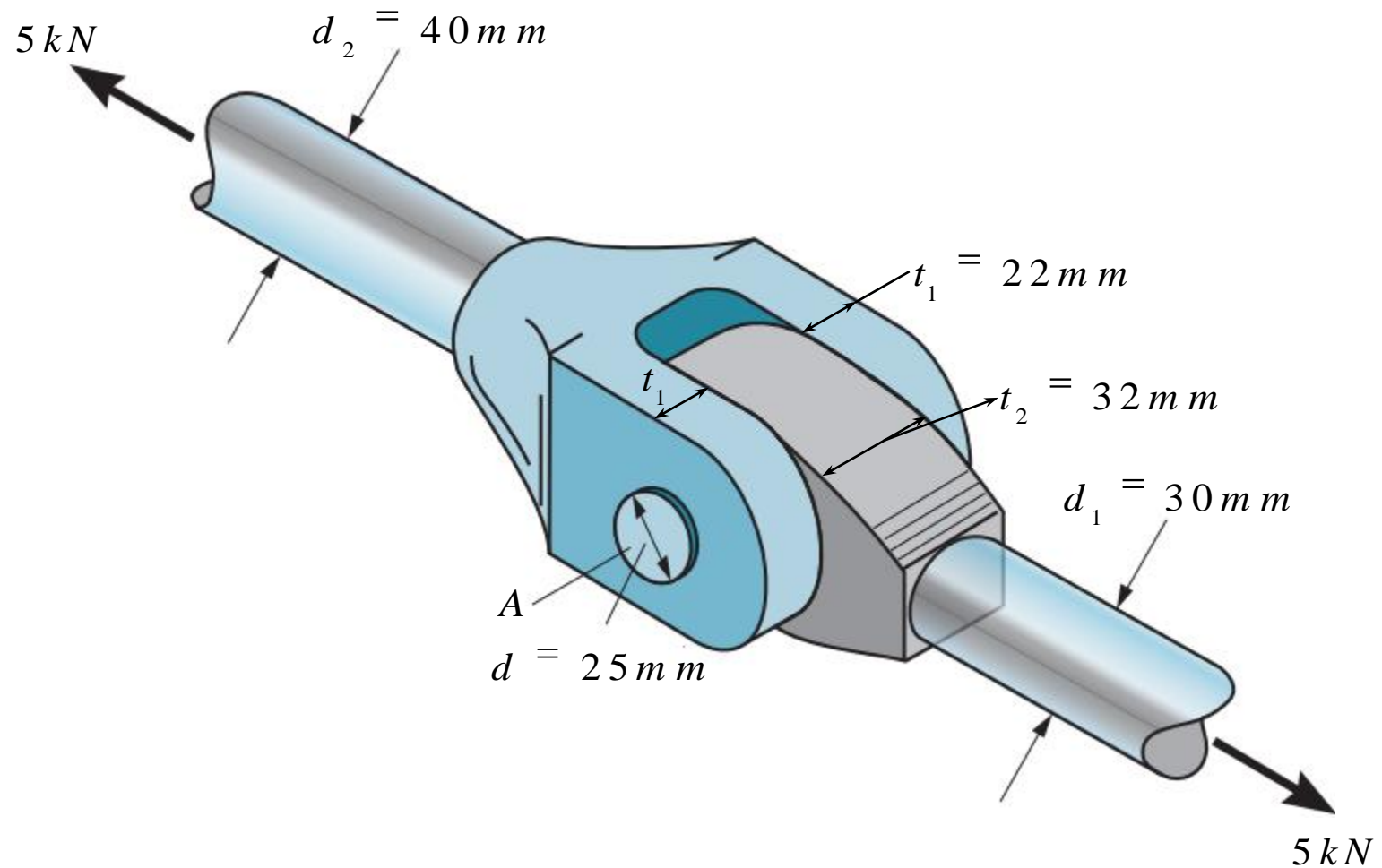
* *Ứng suất tiếp phát sinh trong tấm kim loại:*

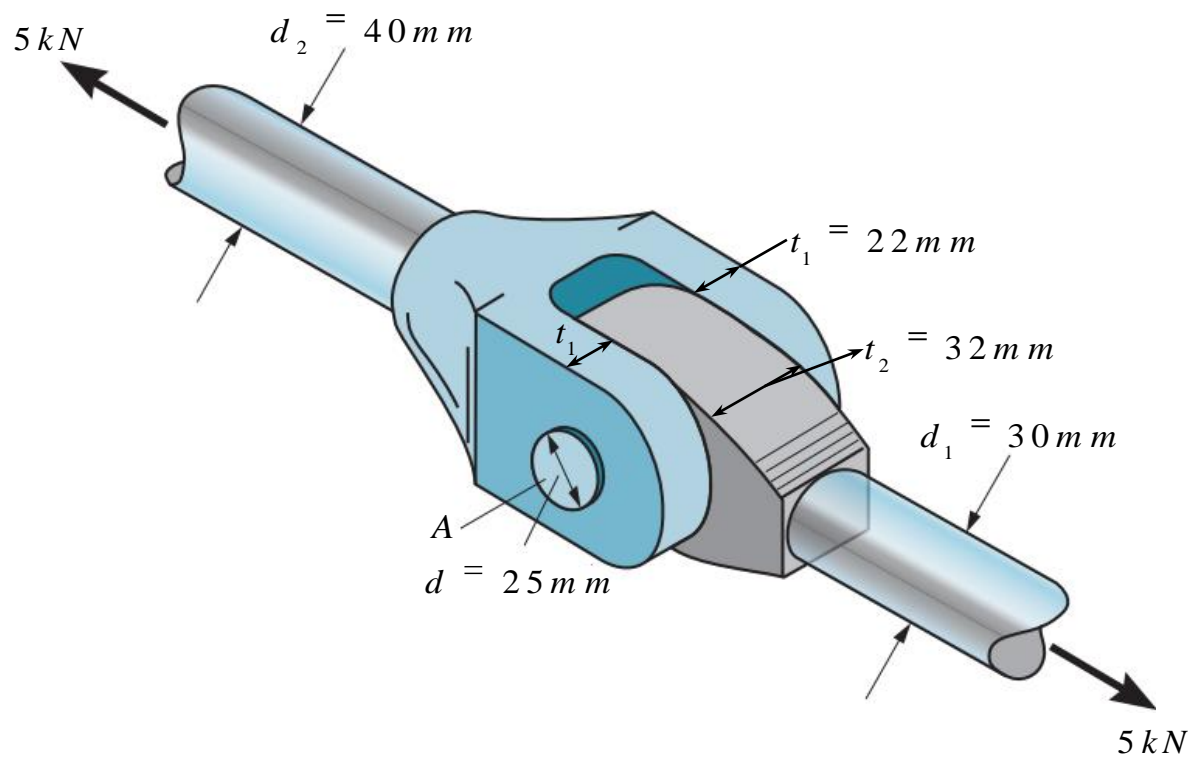
$$\tau = \frac{V}{F_s} = \frac{40}{\pi \cdot 50 \cdot 10} = 0,0254 \text{ kN} / \text{mm}^2$$

* *Ứng suất ép mặt phát sinh giữa chày và tấm kim loại:*

$$\sigma_b = \frac{P_b}{F_b} = \frac{40}{\frac{\pi}{4} \cdot 50^2} = 0,0203 \text{ kN} / \text{mm}^2$$

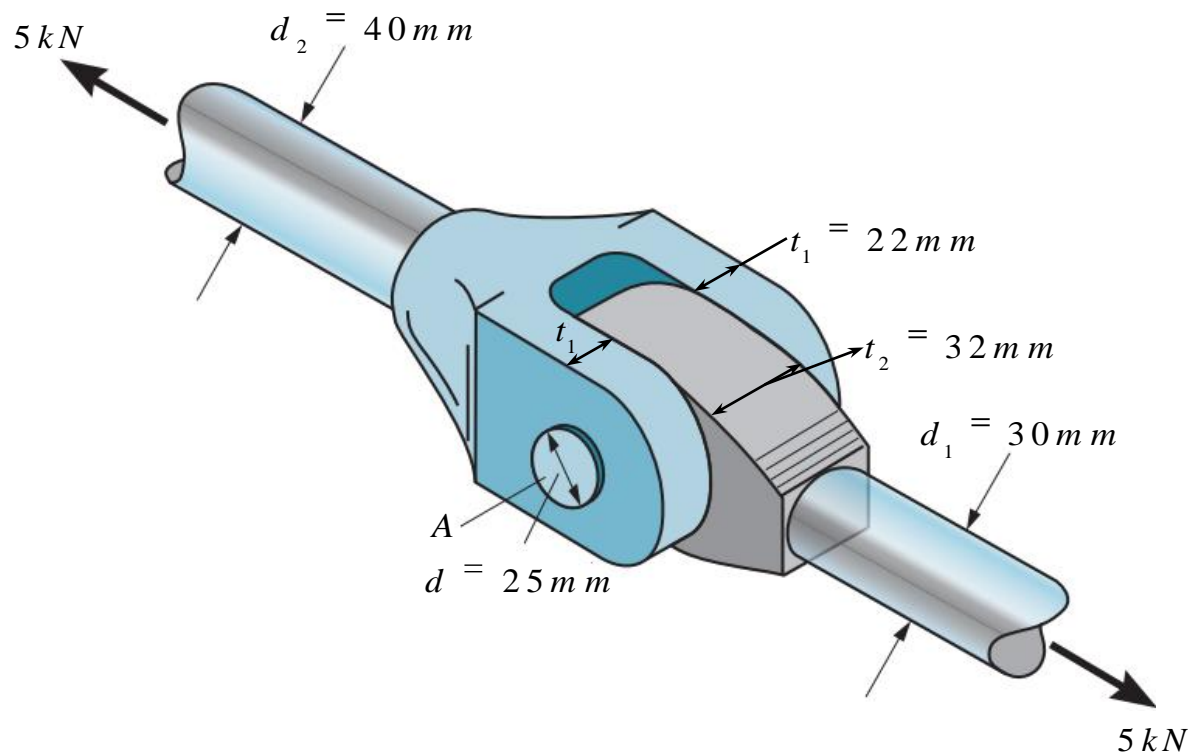
Bài tập 15: Hai trục được nối với nhau bằng chốt A và chịu lực như hình vẽ. a) Tính ứng suất pháp phát sinh trong các thanh. b) Xác định ứng suất tiếp phát sinh trong chốt. c) Tính ứng suất ép mặt phát sinh giữa chốt và





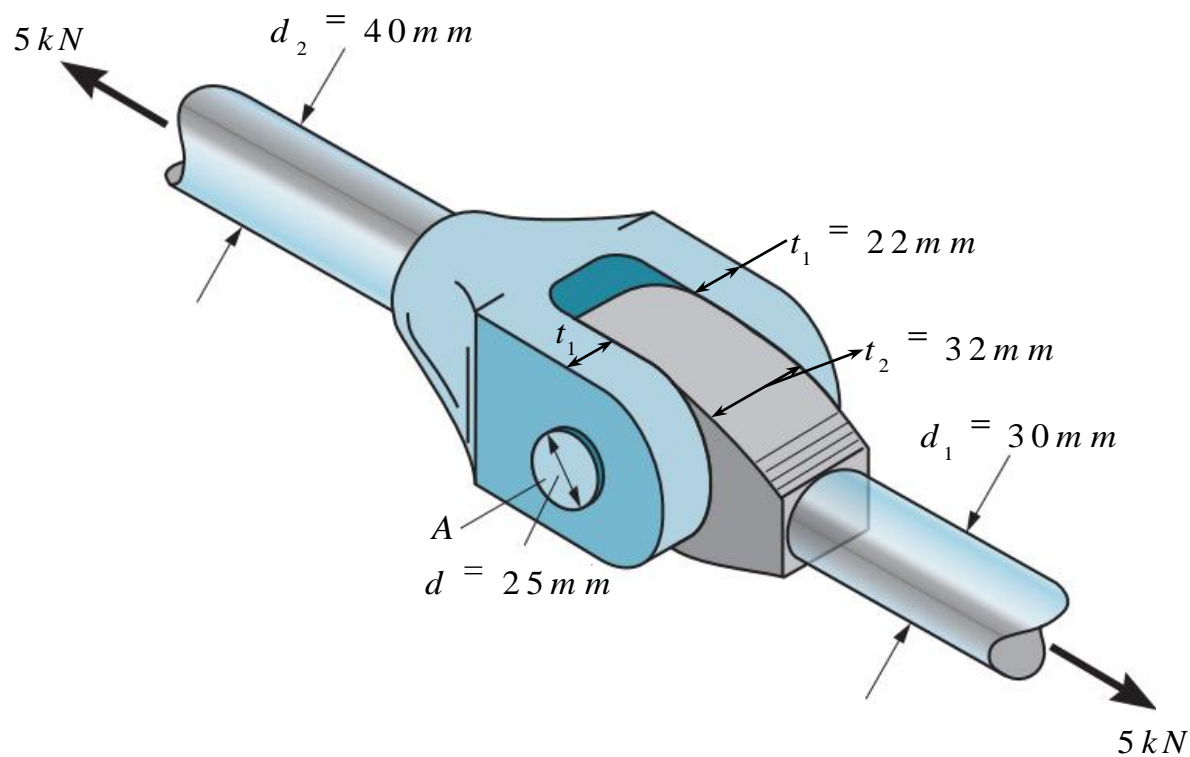
* **Ứng suất pháp phát sinh trong các thanh:**

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 = \frac{N}{F} = \frac{5}{\frac{\pi}{4} 40^2} = 0,00397\text{ kN} / \text{mm}^2 \\ \sigma_2 = \frac{N}{F} = \frac{5}{\frac{\pi}{4} 30^2} = 0,00707\text{ kN} / \text{mm}^2 \end{array} \right.$$



* *Ứng suất cắt phát sinh trong chốt:*

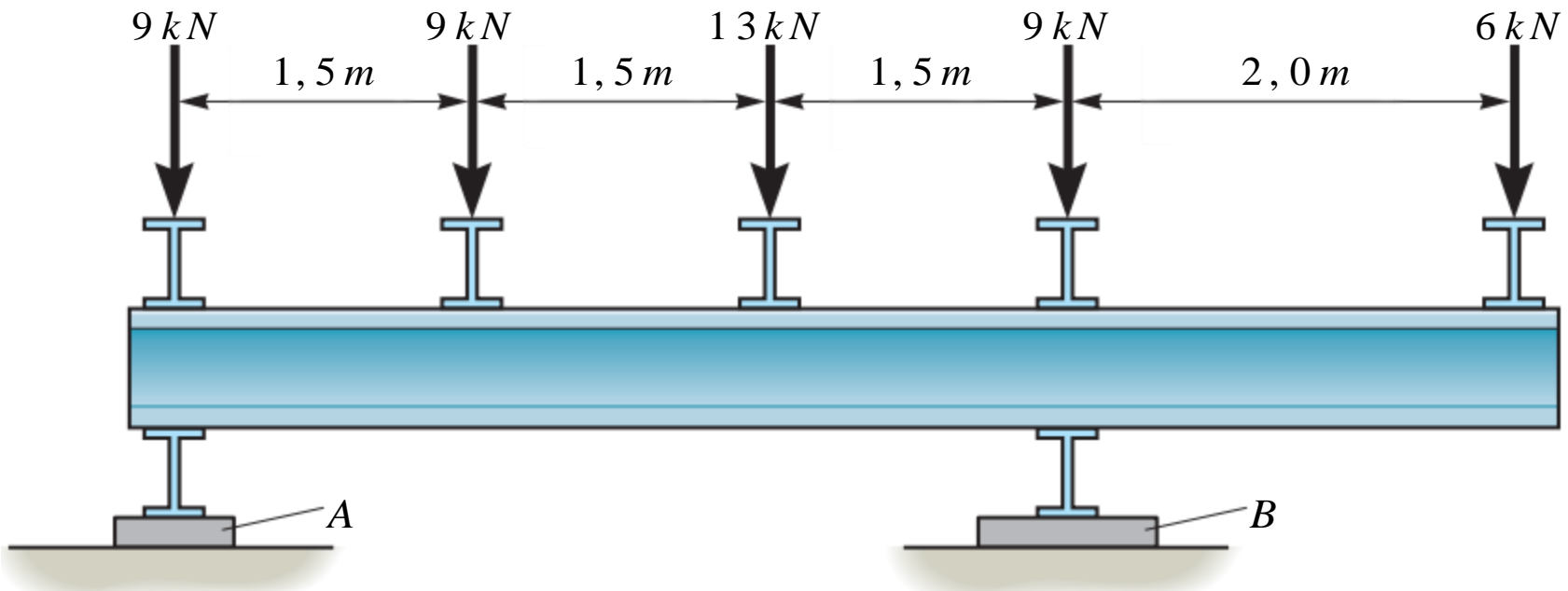
$$\tau = \frac{P}{\frac{\pi}{2} \frac{d^2}{4}} = \frac{5}{\frac{\pi}{2} \frac{25^2}{4}} = 0,00509 \text{ kN} / \text{mm}^2$$



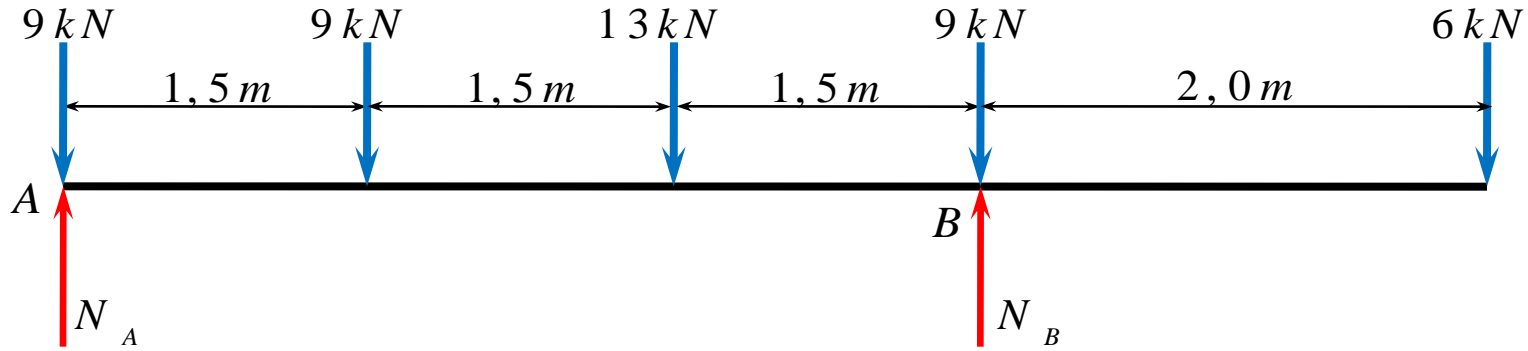
* *Ứng suất ép mặt phát sinh giữa chốt và tấm nối:*

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{b_1} = \frac{P}{d \cdot t_2} = \frac{5}{25 \cdot 32} = 0,00625 \text{ kN} / \text{mm}^2 \\ \sigma_{b_2} = \frac{P}{2 d \cdot t_1} = \frac{5}{2 \cdot 25 \cdot 22} = 0,00454 \text{ kN} / \text{mm}^2 \end{array} \right.$$

Bài tập 16: *Xác định các kích thước của các tấm đệm hình vuông tại A và B để đỡ được các tải trọng như hình vẽ. Biết rằng ứng suất ép mặt cho phép của nền bằng $2,75 \text{ Mpa}$.*



* **Xét cân dầm:**



$$\begin{cases} \sum M_A = 0 \Rightarrow -9 \cdot 1,5 - 9 \cdot 3 - 13 \cdot 4,5 - 9 \cdot 6 + N_B \cdot 7,5 - 6 \cdot 9,5 = 0 \Rightarrow N_B = 29,333\text{ kN} \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow N_A - 9 - 9 - 13 - 9 - 6 + N_B = 0 \Rightarrow N_A = 16,666\text{ kN} \end{cases}$$

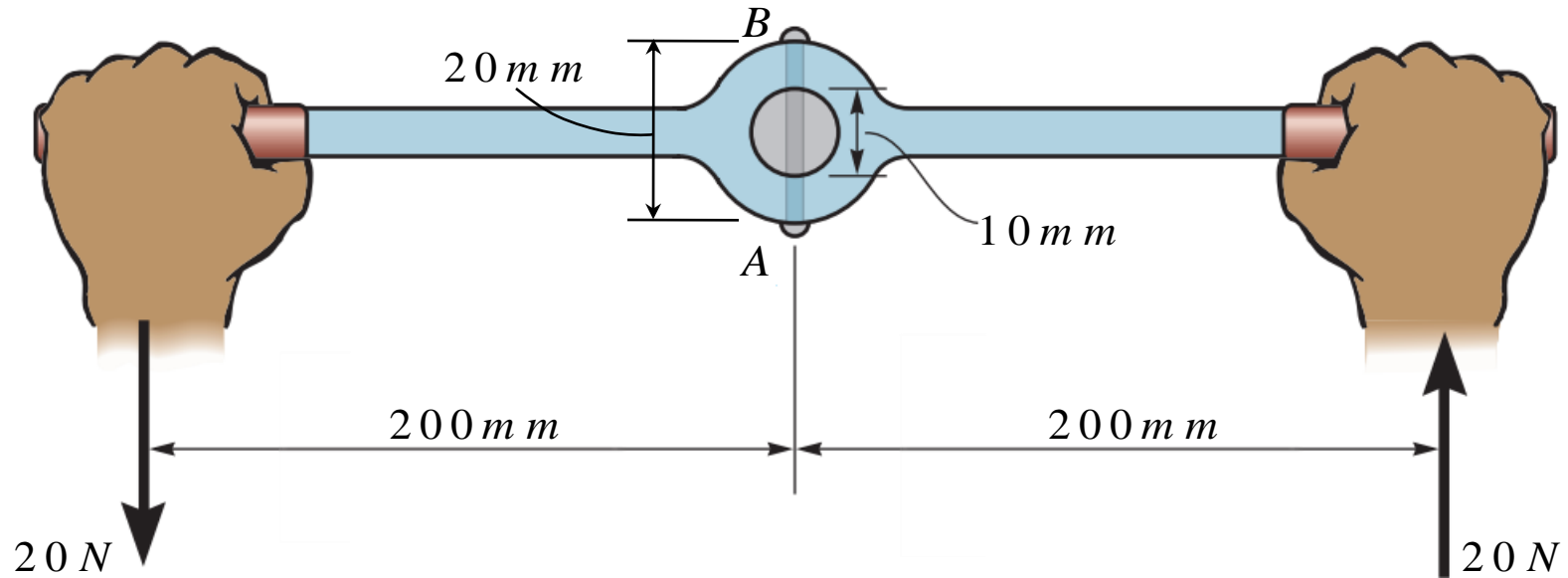
* **Kích thước của tấm A:**

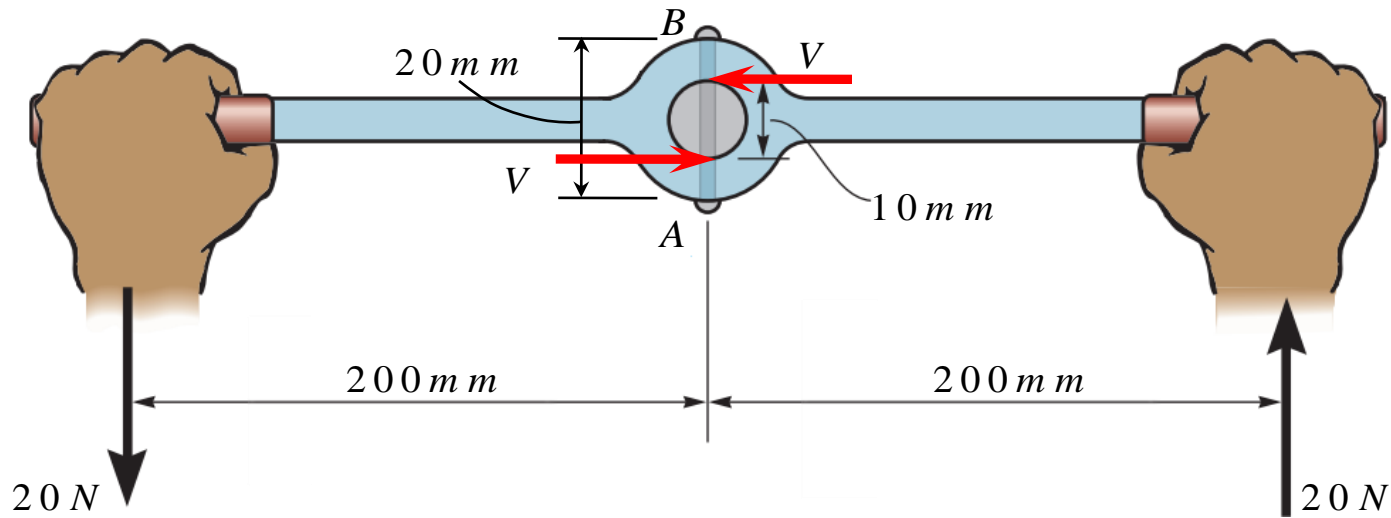
$$\sigma_b = \frac{N_A}{a \cdot a} = \frac{16,666\text{ (kN)}}{a^2} \leq \frac{2,75}{1000} \left(\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right) \Rightarrow a \geq 77,848\text{ mm} \Rightarrow a_{\min} = 77,9\text{ mm}$$

* **Kích thước của tấm B:**

$$\sigma_b = \frac{N_B}{b \cdot b} = \frac{29,333\text{ (kN)}}{b^2} \leq \frac{2,75}{1000} \left(\frac{\text{kN}}{\text{mm}^2} \right) \Rightarrow b \geq 103,278\text{ mm} \Rightarrow b_{\min} = 103,3\text{ mm}$$

Bài tập 17: Tay quay được giữ cố định với trục bằng chốt AB có đường kính 3 mm. a) Xác định ứng suất tiếp phát sinh trong chốt. b) Tính ứng suất ép mặt phát sinh giữa chốt và tay quay.





* **Lực cắt phát sinh trong chốt:** $20 \cdot 400 = V \cdot 10 \Rightarrow V = 800 \text{ N}$

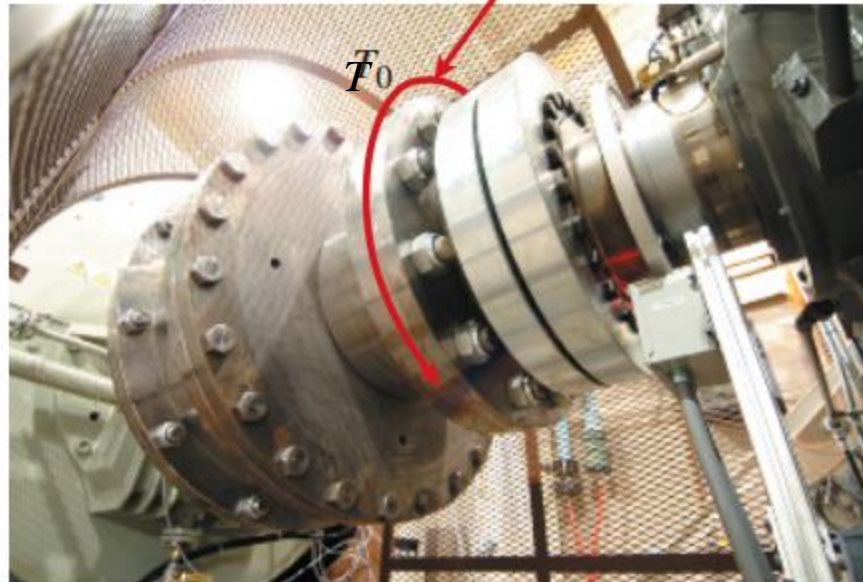
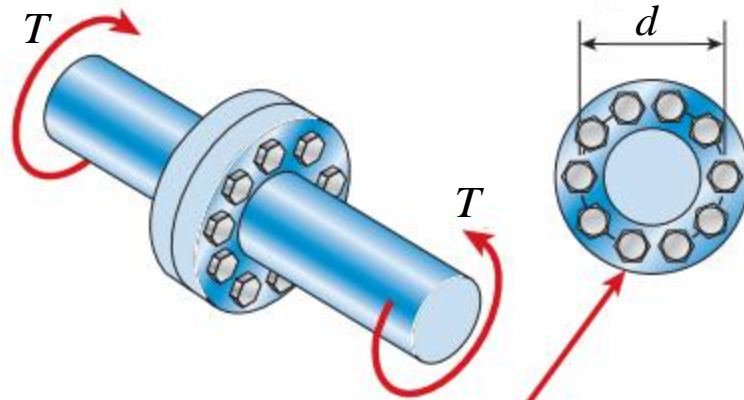
* **Ứng suất tiếp phát sinh trong chốt:**

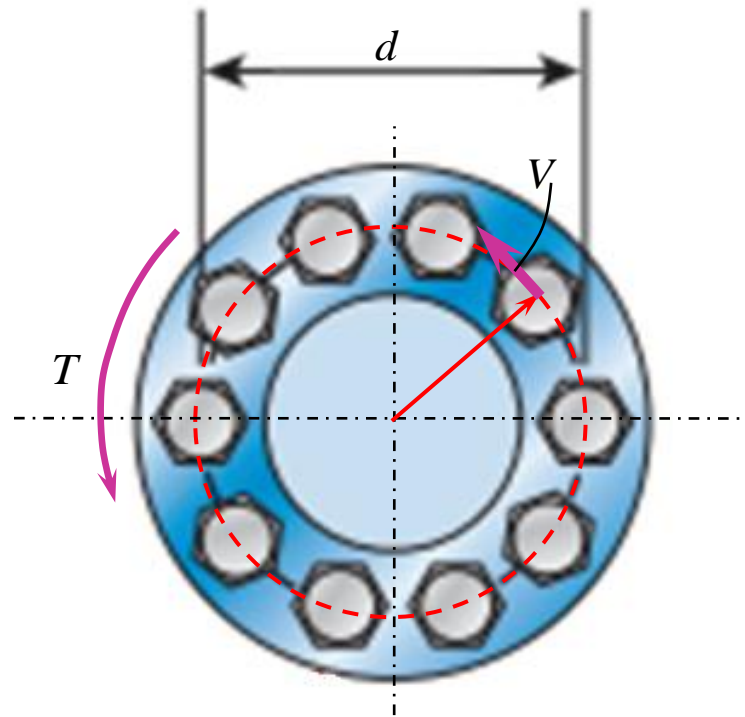
$$\tau = \frac{V}{\frac{\pi}{2} \frac{d^2}{4}} = \frac{800}{\frac{\pi}{2} \frac{3^2}{4}} = 56,588 \text{ N} / \text{mm}^2$$

* **Ứng suất ép mặt phát sinh giữa chốt và tay quay :**

$$\sigma_b = \frac{V}{d \cdot t} = \frac{800}{3 \cdot 5} = 53,333 \text{ N} / \text{mm}^2$$

Bài tập 18: Hai mặt bích được nối với nhau bằng 10 bu lông đường kính 20 mm. Cho $d = 250$ mm, xác định giới hạn của ngẫu lực T . Biết rằng các bu lông có $[\tau] = 85$ MPa.





$$d = 250 \text{ mm}; d_b = 20 \text{ mm};$$

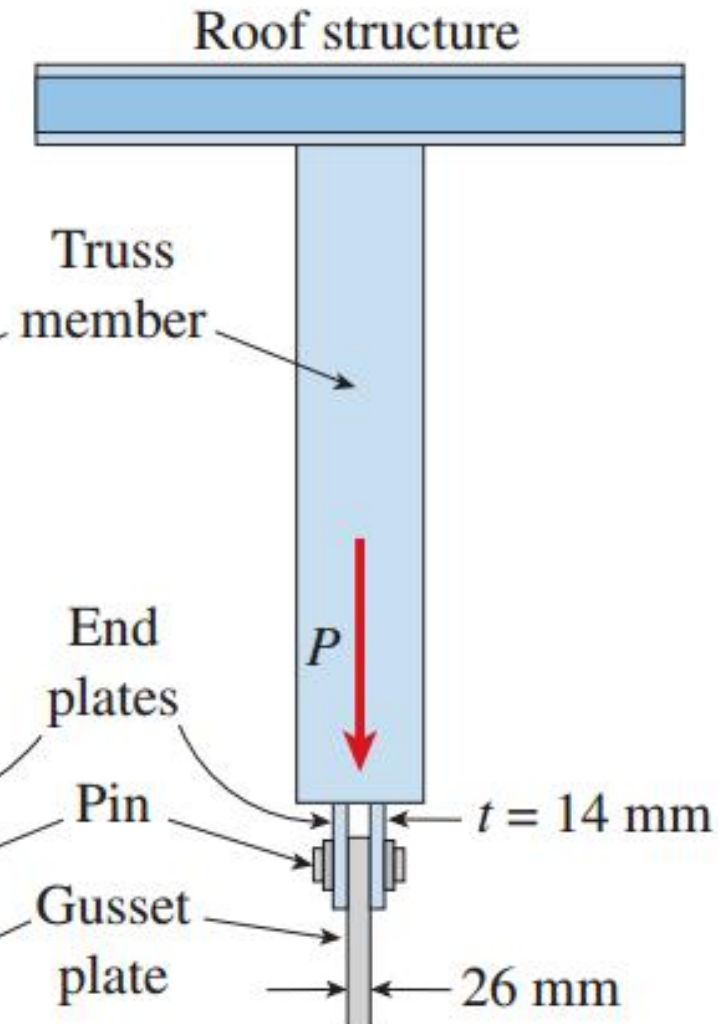
$$n = 10; \tau = 85 \text{ MPa}$$

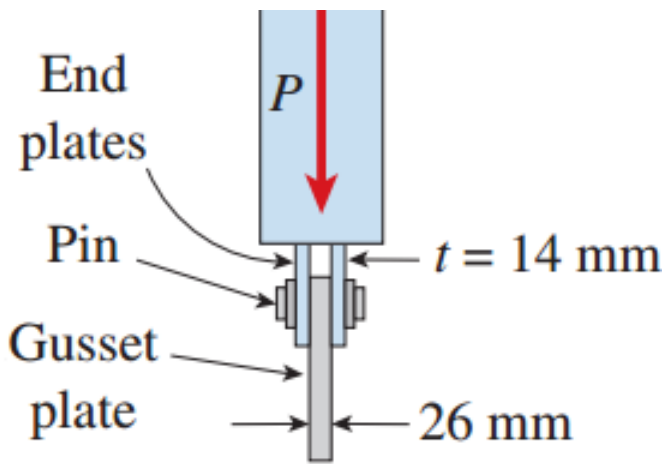
* **Lực cắt tác dụng lên mỗi bu lông:** $T = n \cdot V \cdot \frac{d}{2} \Rightarrow V = \frac{T}{1250}$

* **Theo điều kiện bền:** $\tau = \frac{V}{\frac{\pi}{4} d^2} = \frac{T / 1250}{\frac{\pi}{4} 20^2} \leq \tau = \frac{85}{1000}$

$$\Rightarrow T \leq 33379,421 \text{ kN} \cdot \text{mm} \quad \Rightarrow T_{\max} = 33379,4 \text{ kN} \cdot \text{mm}$$

Bài tập 19: Phần tử dàn đỡ mái liên kết với bản mã chiều dày 26 mm bằng chốt có đường kính 22 mm. Hai bản của phần tử dàn có bề dày $t = 14$ mm. a) Nếu $P = 80$ kN, tính ứng suất ép mặt lớn nhất phát sinh trong chốt. b) Nếu ứng suất cắt tới hạn của vật liệu làm chốt là 190 MPa, xác định giới hạn của tải trọng P . Khi tính lấy hệ số an toàn $FS = 3$.





* *Ứng suất ép mặt giữa chốt và bản mã:*

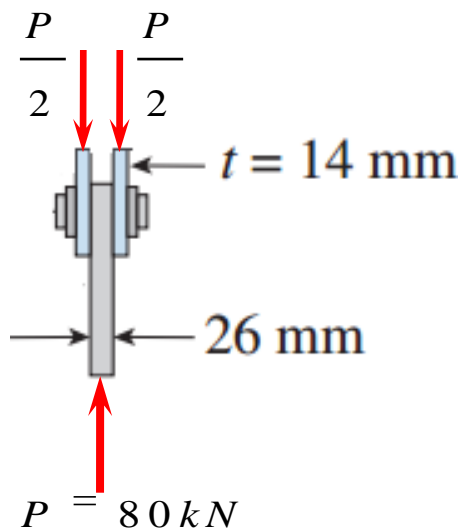
$$\sigma_{b_1} = \frac{P}{d \cdot t_1} = \frac{80}{22 \cdot 26} = 0,1398 \text{ kN} / \text{mm}^2$$

* *Ứng suất ép mặt giữa chốt và bản biên:*

$$\sigma_{b_2} = \frac{P / 2}{d \cdot t} = \frac{40}{22 \cdot 14} = 0,1298 \text{ kN} / \text{mm}^2$$

* *Ứng suất ép mặt lớn nhất trong chốt:*

$$\sigma_{b_{\max}} = 0,1398 \text{ kN} / \text{mm}^2$$

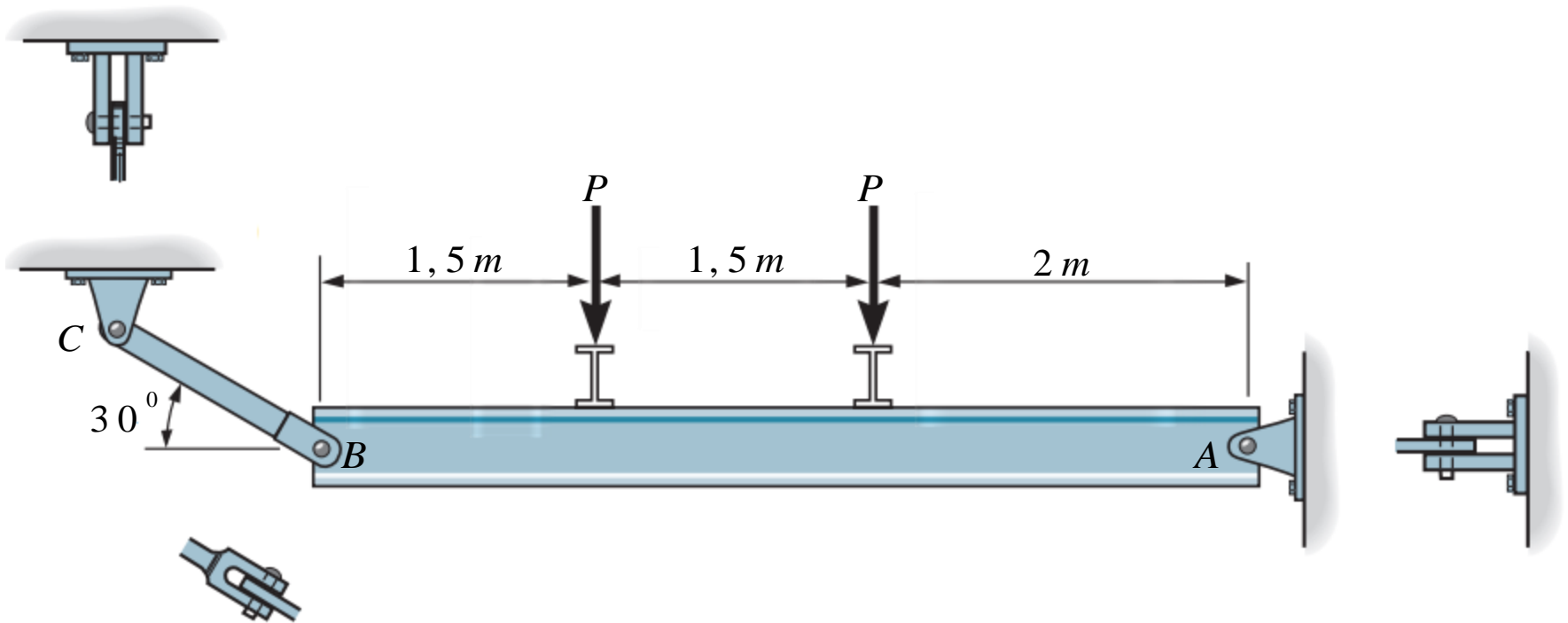


* *Xác định giới hạn của P theo độ bền cắt:*

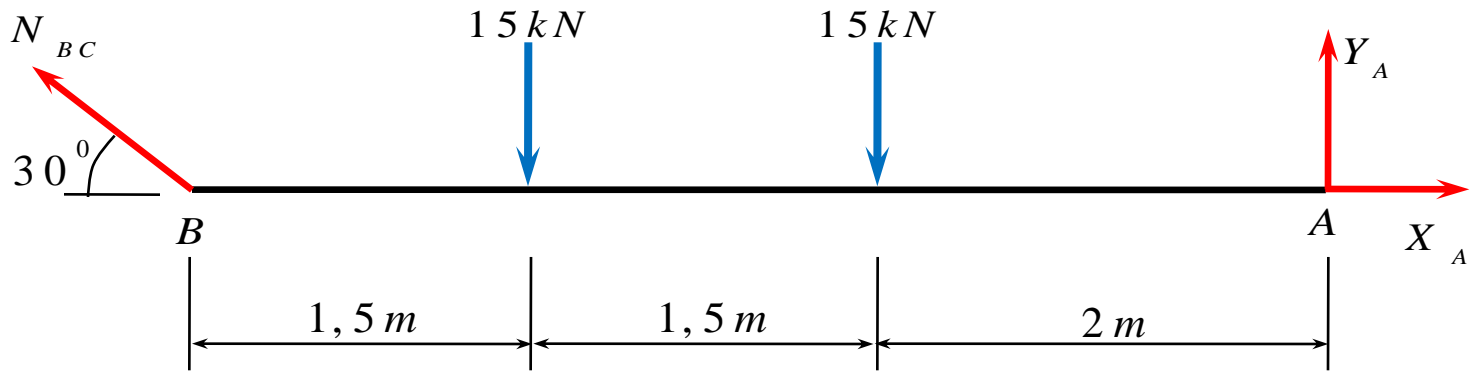
$$\tau = \frac{P}{2 \cdot \frac{\pi}{4} d^2} = \frac{P}{2 \cdot \frac{\pi}{4} 22^2} \leq \tau = \frac{\tau_b}{FS} = \frac{190}{3} \cdot \frac{1}{1000}$$

$$\Rightarrow P \leq 48,1501 \text{ kN} \quad \Rightarrow P_{\max} = 48 \text{ kN}$$

Bài tập 20: Nếu $P = 15 \text{ kN}$, tính ứng suất tiếp phát sinh trong các chốt tại A, B và C. Tất cả các chốt có cùng đường kính 18 mm.



* *Xét cân bằng thanh AB:*

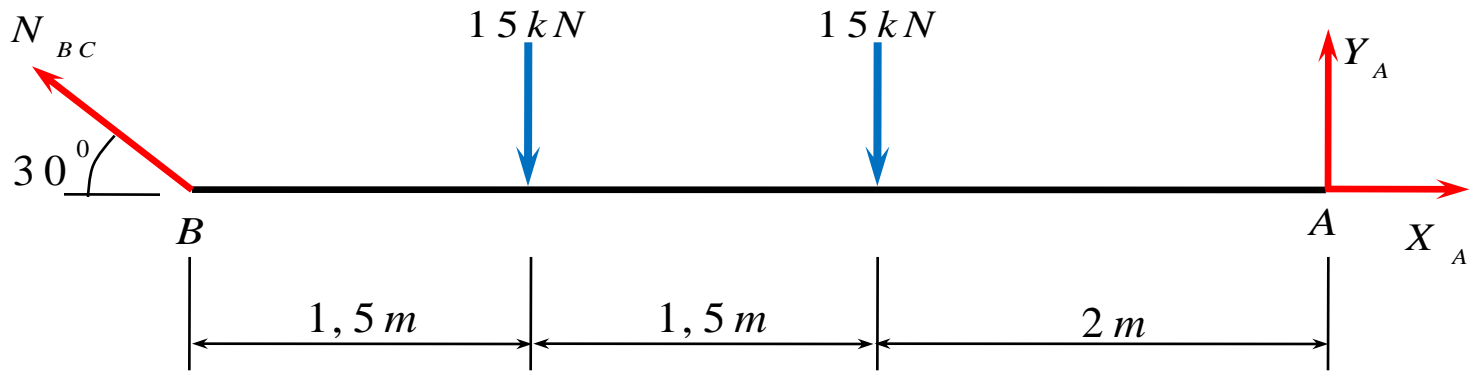


$$\begin{cases} \sum M_A = 0 \Rightarrow -N_{BC} \sin 30^\circ \cdot 4.5 + 15 \cdot 3.0 + 15 \cdot 2.0 = 0 \Rightarrow N_{BC} = 33 \text{ kN} \\ \sum F_x = 0 \Rightarrow -N_{BC} \cos 30^\circ + X_A = 0 \Rightarrow X_A = 28.5788 \text{ kN} \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow N_{BC} \sin 30^\circ - 30 + Y_A = 0 \Rightarrow Y_A = 13.5 \text{ kN} \end{cases}$$

* *Ứng suất tiếp trong chốt tại A: (cắt đôi)*

$$\tau_A = \frac{\sqrt{X_A^2 + Y_A^2}}{\frac{\pi}{2} \frac{d^2}{4}} = \frac{\sqrt{28.5788^2 + 13.5^2}}{\frac{\pi}{2} \frac{18^2}{4}} = 0.0621 \text{ kN} / \text{mm}^2$$

* **Xét cân bằng thanh AB:**

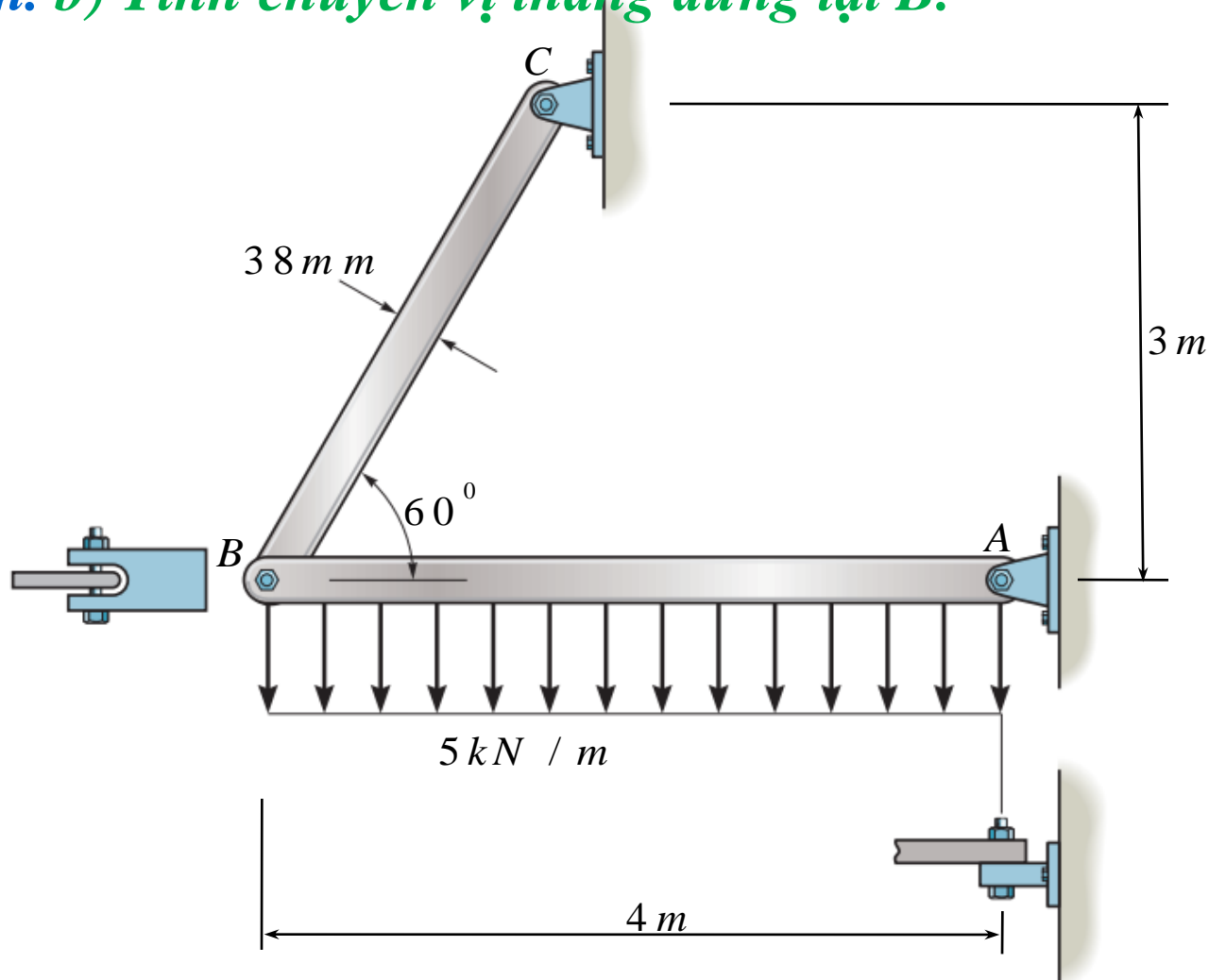


$$\begin{cases} \sum M_A = 0 \Rightarrow -N_{BC} \sin 30^\circ \cdot 4.5 + 15 \cdot 3 + 15 \cdot 2 = 0 \Rightarrow N_{BC} = 33 \text{ kN} \\ \sum F_x = 0 \Rightarrow -N_{BC} \cos 30^\circ + X_A = 0 \Rightarrow X_A = 28,5788 \text{ kN} \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow N_{BC} \sin 30^\circ - 30 + Y_A = 0 \Rightarrow Y_A = 13,5 \text{ kN} \end{cases}$$

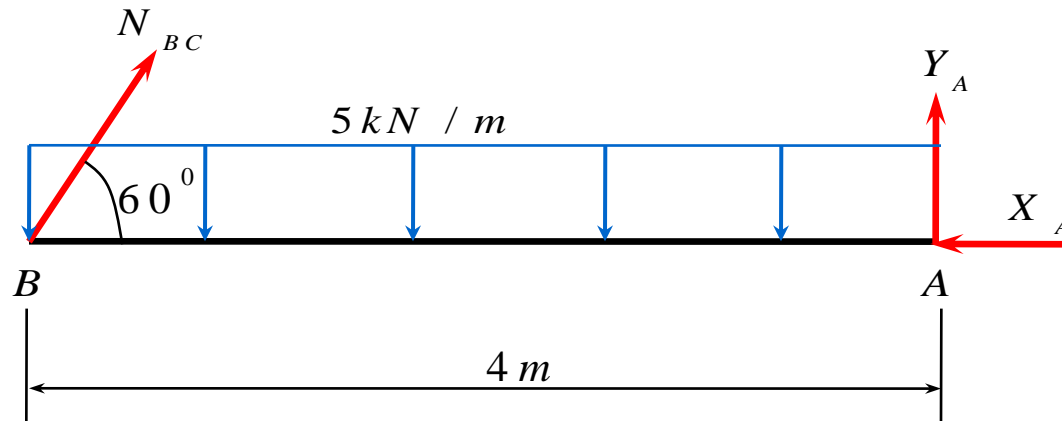
* **Ứng suất tiếp trong chốt tại B tại C: (cắt đôi)**

$$\tau_B = \frac{N_{BC}}{\frac{\pi}{2} d^2} = \frac{33}{\frac{\pi}{2} 18^2} = 0,0648 \text{ kN} / \text{mm}^2$$

Bài tập 21: Thanh AB tuyệt đối cứng được giữ bởi thanh BC và chịu lực như hình vẽ. Biết rằng thanh BC có $[\sigma] = 150 \text{ Mpa}$; $E = 200 \text{ GPa}$, các chốt tại A , B và C có $[\tau] = 80 \text{ MPa}$. a) Xác định chiều dày của thanh BC và đường kính của các chốt tại A , B và C theo điều kiện bền. b) Tính chuyển vị thẳng đứng tại B .



* *Xét cân bằng thanh AB:*

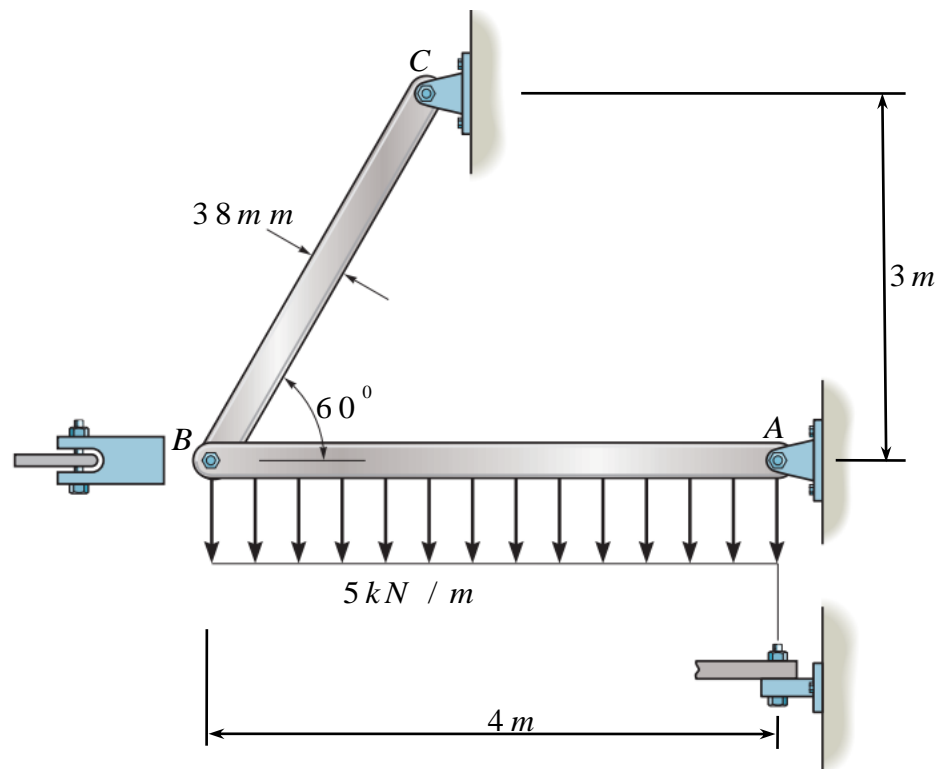


$$\begin{cases} \sum M_A = 0 \Rightarrow -N_{BC} \sin 60^\circ \cdot 4 + 5 \cdot 4 \cdot 2 = 0 \Rightarrow N_{BC} = 20 / \sqrt{3} \text{ kN} \\ \sum F_x = 0 \Rightarrow N_{BC} \cos 60^\circ - X_A = 0 \Rightarrow X_A = 10 / \sqrt{3} \text{ kN} \\ \sum F_y = 0 \Rightarrow N_{BC} \sin 60^\circ - 5 \cdot 4 + Y_A = 0 \Rightarrow Y_A = 10 \text{ kN} \end{cases}$$

* *Tính thanh BC:*

Theo điều kiện bền: $|\sigma_z|_{\max} = \left| \frac{N_z}{F} \right|_{\max} = \frac{20}{\sqrt{3} \cdot 38 \cdot t} \leq \sigma = 0,15$

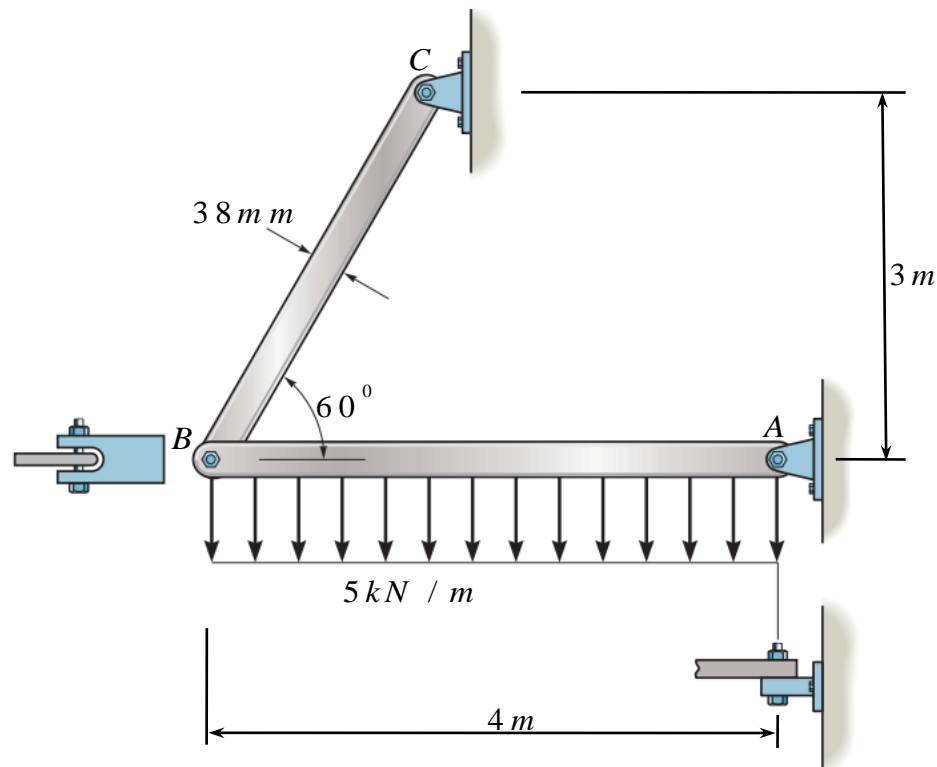
$$\Rightarrow t \geq 2,0257 \text{ mm} \quad \Rightarrow t_{\min} = 2,1 \text{ mm}$$



* **Tính chốt tại A: (cắt đơn)**

Theo điều kiện bền:
$$\tau = \frac{V}{F_s} = \frac{\sqrt{10 / \sqrt{3}^2 + 10^2}}{\frac{\pi}{4} d_A^2} \leq \tau = 0,08$$

$$\Rightarrow d_A \geq 13,556 \text{ mm} \quad \Rightarrow d_{A_{\min}} = 13,6 \text{ mm}$$

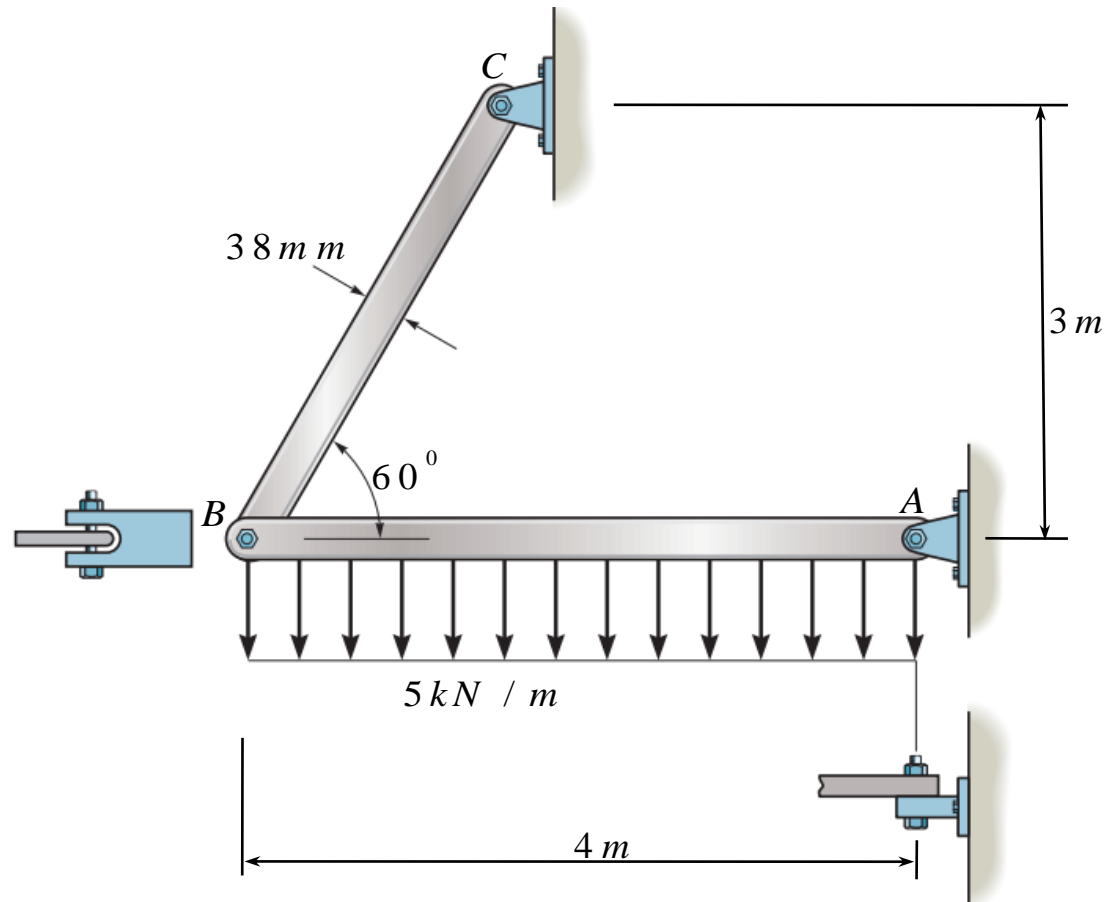


* **Tính chốt tại B và C: (cắt đôi)**

Theo điều kiện bền:

$$\tau = \frac{V}{F_s} = \frac{20 / \sqrt{3}}{\frac{\pi}{2} d_B^2} \leq \tau = 0,08$$

$$\Rightarrow d_B \geq 9,585 \text{ mm} \quad \Rightarrow d_{B_{\min}} = 9,6 \text{ mm}$$



* Chuyển vị thẳng đứng tại B:

$$\Delta_B = \frac{\Delta L_{BC}}{\sin 60^\circ} = \frac{N_{BC} L_{BC}}{E_{BC} F_{BC} \sin 60^\circ} = \frac{\frac{20}{\sqrt{3}} \frac{3000}{\sin 60^\circ}}{200 \cdot 38 \cdot 2,1 \cdot \sin 60^\circ} = 2,893\text{ mm}$$