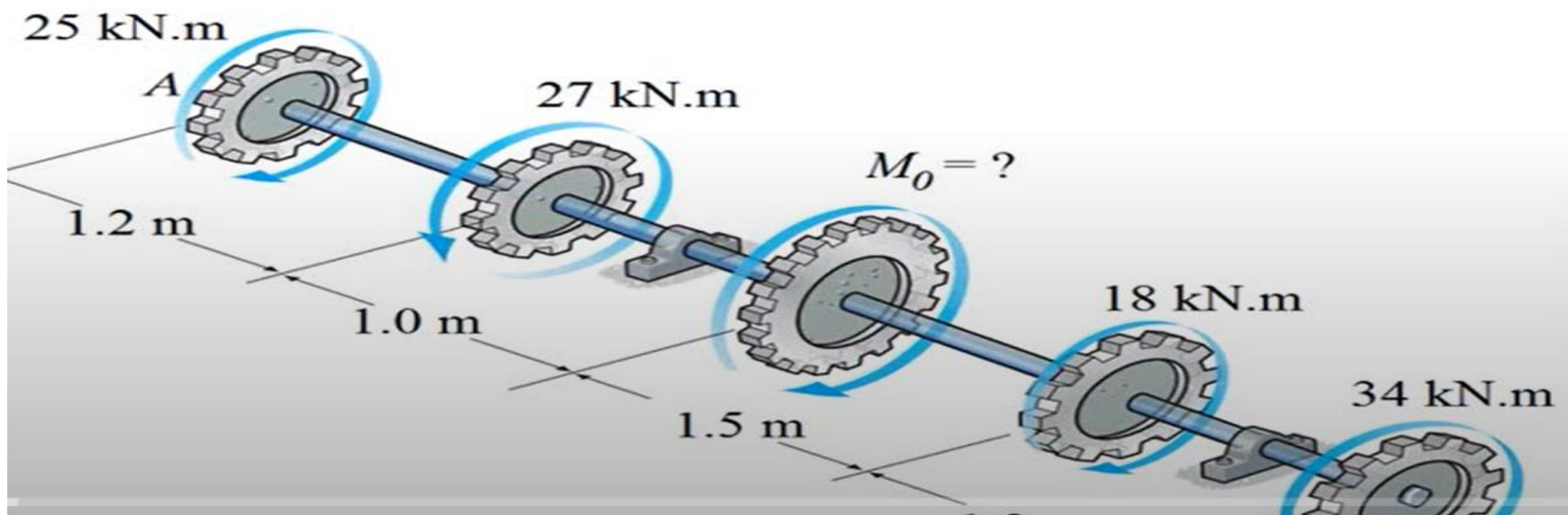


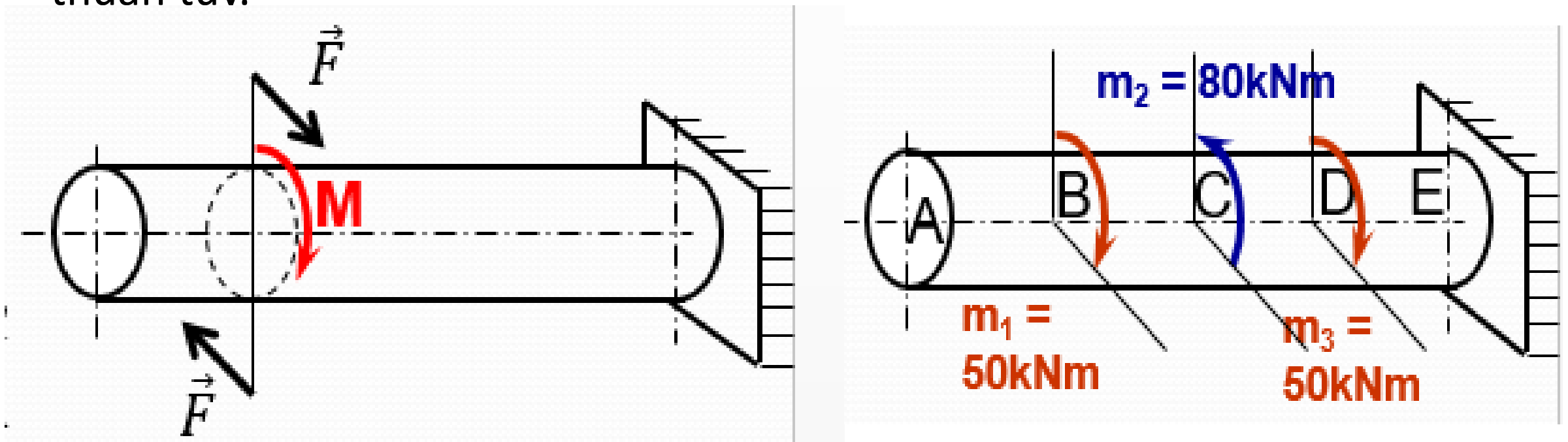
Môn. SỨC BỀN VẬT LIỆU
Chương 4. XOẺN THUẦN TỬY



4.1. KHÁI NIỆM – NỘI LỰC – BIỂU ĐỒ NỘI LỰC

4.1.1. KHÁI NIỆM

Thanh chỉ chịu tác dụng của các momen xoắn, mà những mô men xoắn này nằm trong mp vuông góc với trục của thanh, gọi là thanh chịu xoắn thuần túy.



4.1. KHÁI NIỆM – NỘI LỰC – BIỂU ĐỒ NỘI LỰC

4.1.2. NỘI LỰC

Áp dụng phương pháp mặt cắt cho từng đoạn thanh để xác định nội lực momen xoắn. Ký hiệu: M_z .

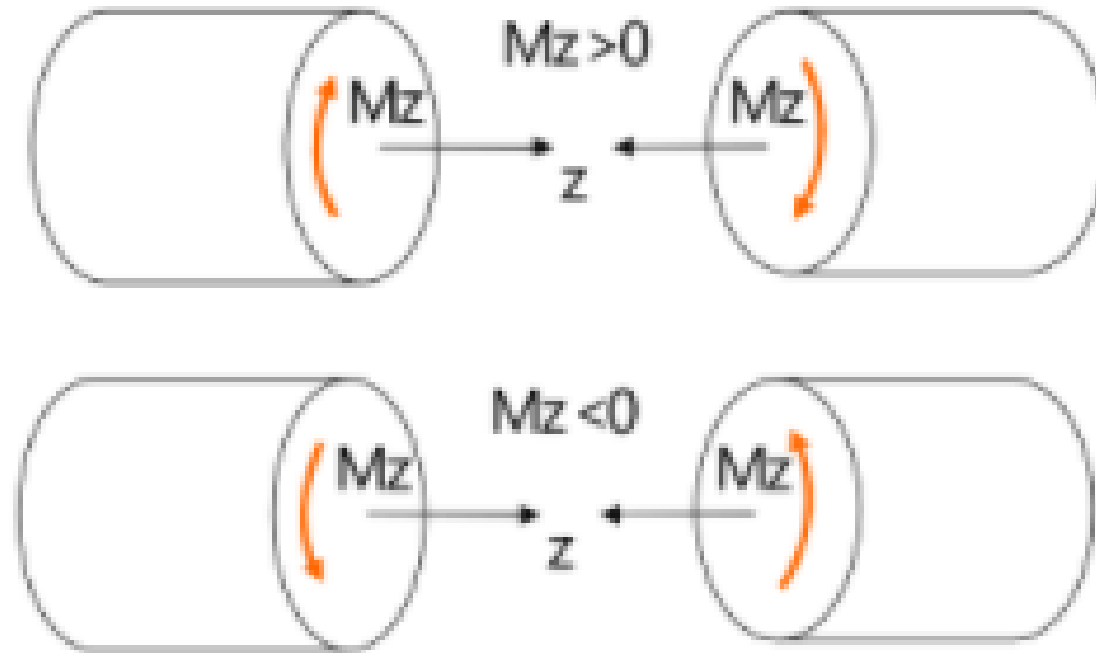
- Quy ước dấu:

+ Nhìn vào mặt cắt thấy M_z quay cùng

Chiều kim đồng hồ, $M_z > 0$

+ Nhìn vào mặt cắt thấy M_z quay ngược

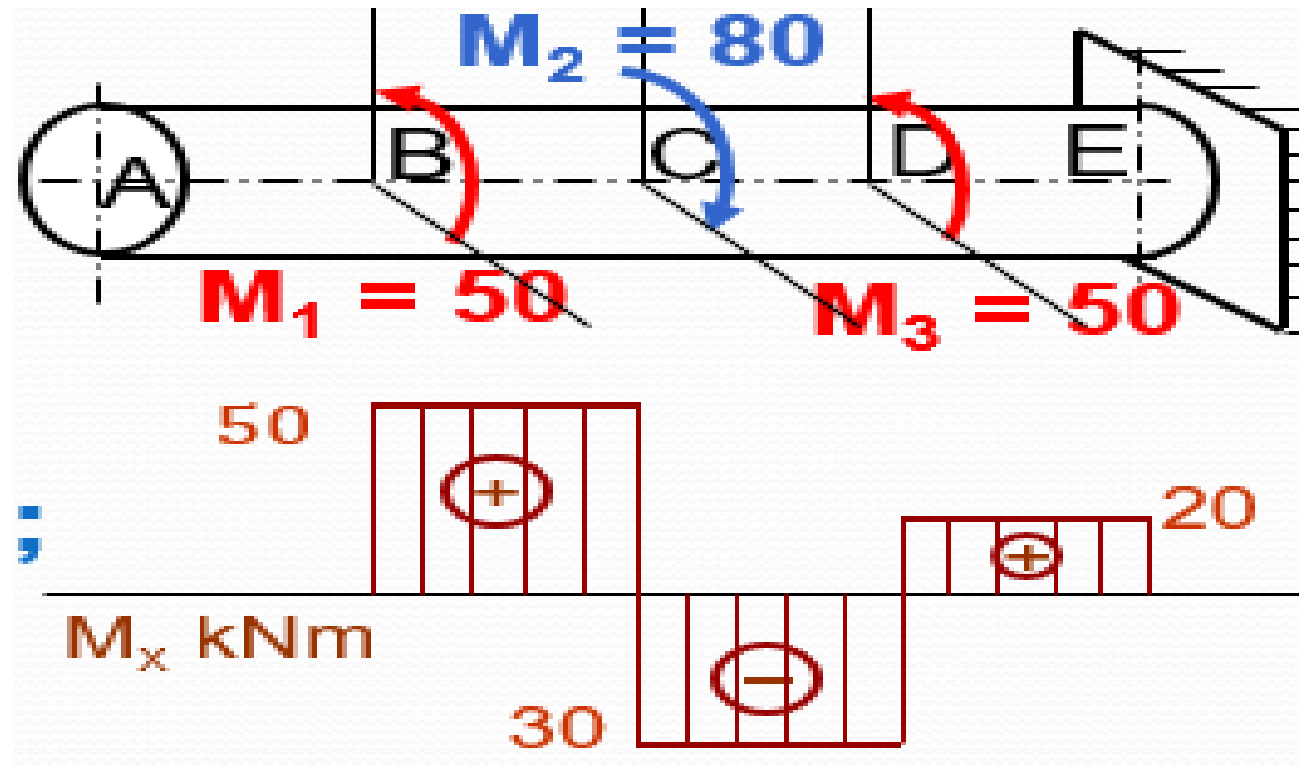
Chiều kim đồng hồ, $M_z < 0$



4.1. KHÁI NIỆM – NỘI LỰC – BIỂU ĐỒ NỘI LỰC

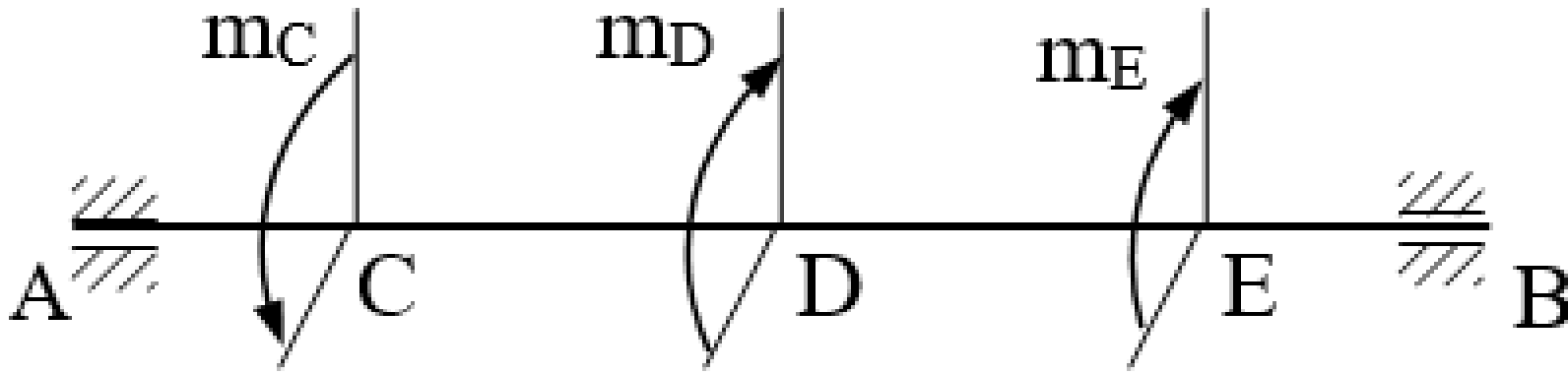
4.1.3. BIỂU ĐỒ NỘI LỰC

- Vẽ đường chuẩn // trục thanh.
- Tính momen nội lực từng đoạn.
- Vẽ biểu đồ cho từng đoạn theo tỉ lệ,
>0 trên đường chuẩn, <0 dưới đường chuẩn.

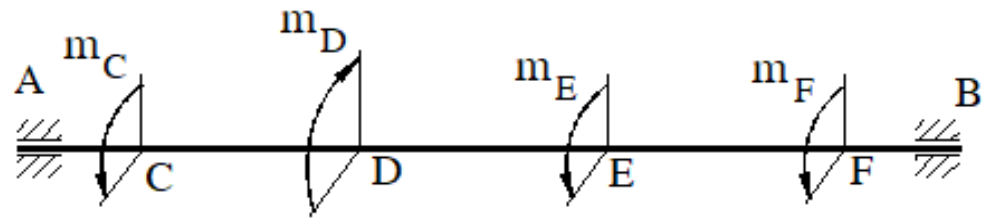


4.1. KHÁI NIỆM – NỘI LỰC – BIỂU ĐỒ NỘI LỰC

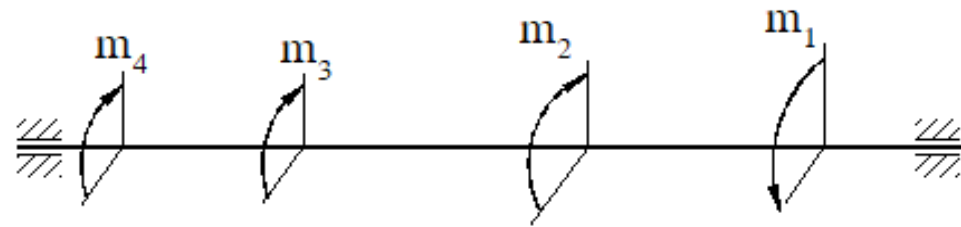
Ví dụ: Vẽ biểu đồ mômen xoắn nội lực của thanh như hình vẽ có $m_C = 3\text{KNm}$, $m_D = 1\text{KNm}$, $m_E = 2\text{KNm}$ bỏ qua ma sát ở các gối.



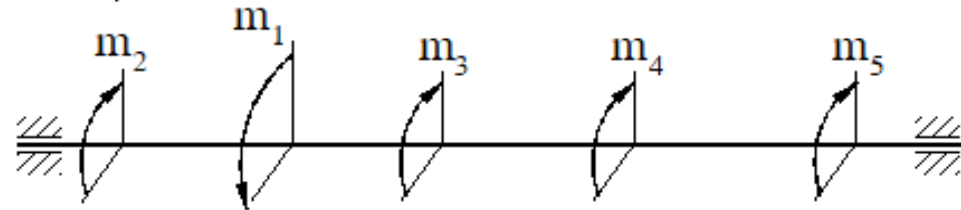
2. Vẽ biểu đồ mômen xoắn nội lực các trục chịu lực như hình vẽ:



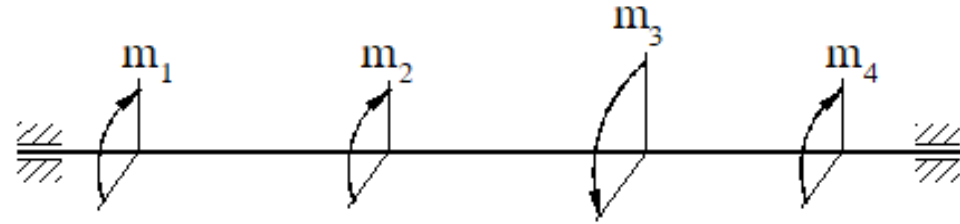
a) $m_C = 10\text{KNm}$, $m_D = 30\text{KNm}$, $m_E = 10\text{KNm}$
 $m_F = 10\text{KNm}$



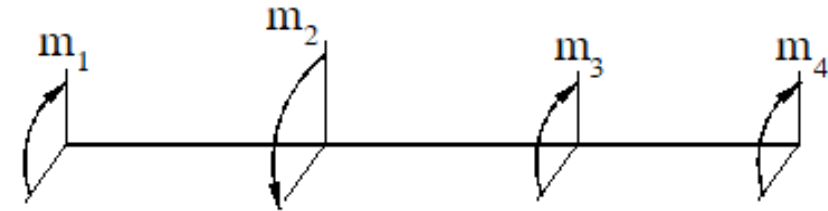
c) $m_1 = 100\text{KNm}$, $m_2 = 60\text{KNm}$, $m_3 = 20\text{KNm}$
 $m_4 = 20\text{KNm}$



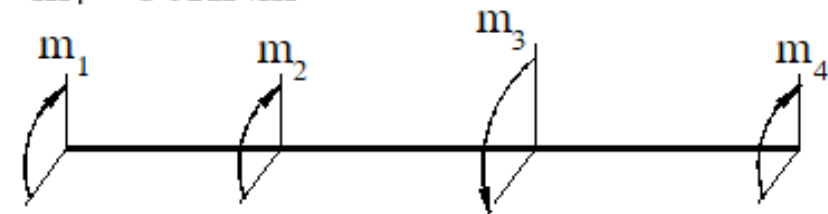
e) $m_1 = 400\text{KNm}$, $m_2 = m_3 = m_4 = m_5 = 100\text{KNm}$



b) $m_1 = 8\text{KNm}$, $m_2 = 20\text{KNm}$, $m_3 = 40\text{KNm}$
 $m_4 = 12\text{KNm}$



d) $m_1 = 20\text{KNm}$, $m_2 = 60\text{KNm}$, $m_3 = 10\text{KNm}$
 $m_4 = 30\text{KNm}$



f) $m_1 = 10\text{KNm}$, $m_2 = 10\text{KNm}$, $m_3 = 50\text{KNm}$
 $m_4 = 30\text{KNm}$

4.1. KHÁI NIỆM – NỘI LỰC – BIỂU ĐỒ NỘI LỰC

9.1.4. Liên hệ giữa mô men xoắn với công suất và số vòng quay

$$m = 9,55 \cdot \frac{N}{n} \quad (\text{Nm})$$

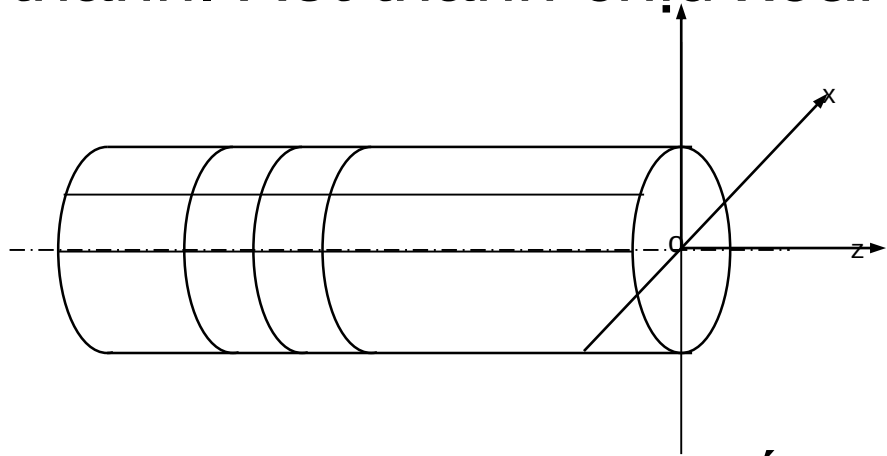
Trong đó: N: công suất của trục truyền động (W)

n: tốc độ quay của trục (vòng/phút)

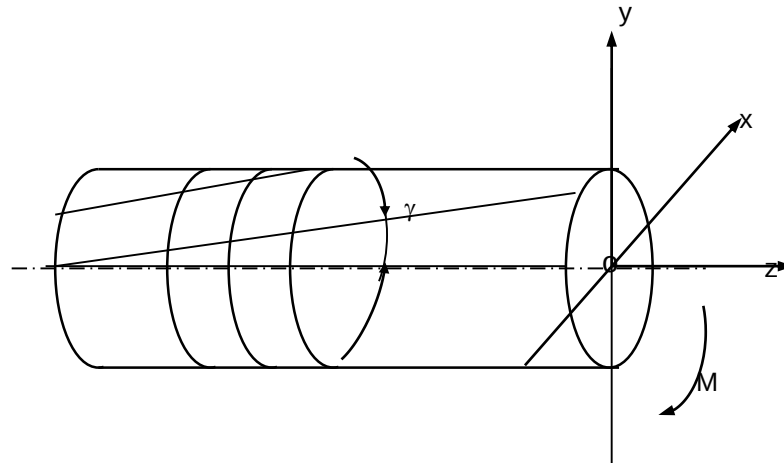
4.2. ỨNG SUẤT – BIẾN DẠNG

4.2.1. ỨNG SUẤT

Để thiết lập công thức tính ứng suất người ta thực hiện các thí nghiệm và xem biến dạng bên trong thanh cũng như biến dạng bên ngoài thanh. Xét thanh chịu xoắn như hình vẽ.



Khi chưa có mômen xoắn
tác dụng



Khi có mômen
xoắn tác dụng

4.2. ỨNG SUẤT – BIẾN DẠNG

4.2.1. ỨNG SUẤT

$$\tau = \frac{M_z}{W_o} \quad (N/m^2)$$

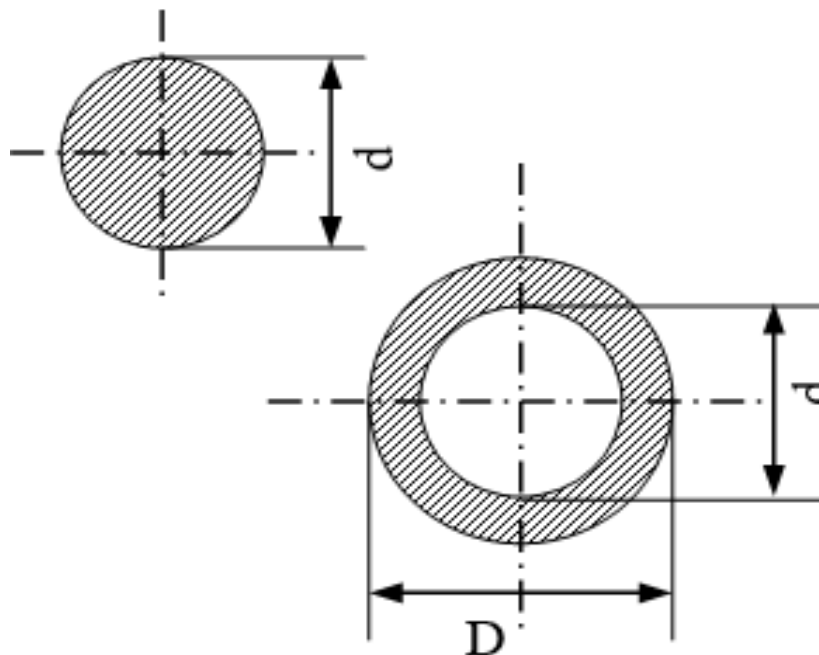
Trong đó: W_o : mô men chống xoắn của mặt cắt ngang. (m^3)

- Nếu mặt cắt ngang là tròn đặc: $W_o = 0,2.d^3$

- Nếu mặt cắt ngang là tròn rỗng:

$$W_o = 0,2. D^3.(1-\alpha^4)$$

$$\text{Với: } \alpha = \frac{d}{D}$$

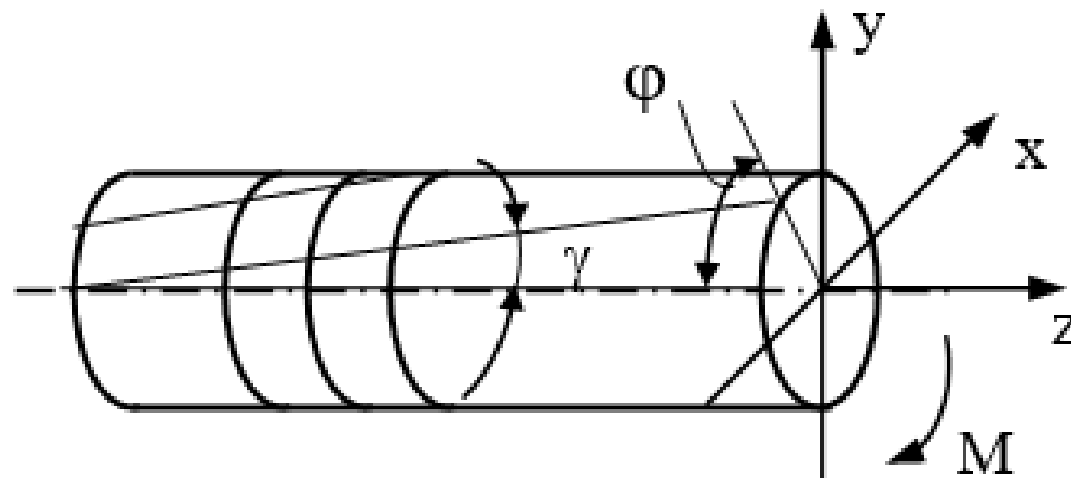


4.2. ỨNG SUẤT – BIẾN DẠNG

4.2.2. BIẾN DẠNG

Góc xoắn tuyệt đối

$$\varphi = \frac{M_z \cdot l}{G \cdot J_0} \text{ (rad)} \quad \text{hay} \quad \varphi = \frac{180 \cdot M_z \cdot l}{\pi \cdot G \cdot J_0} \text{ (độ)}$$



Góc xoắn tương đối

$$\theta = \frac{\varphi}{l} \Rightarrow \theta = \frac{180 \cdot M_z}{\pi \cdot G \cdot J_0} \text{ (độ/m)}$$

Trong đó: G là mô đun đàn hồi của vật liệu (N/m^2)

J_0 : mô men chống xoắn độ cực của mặt cắt ngang (m^4)

4.2. ỨNG SUẤT – BIẾN DẠNG

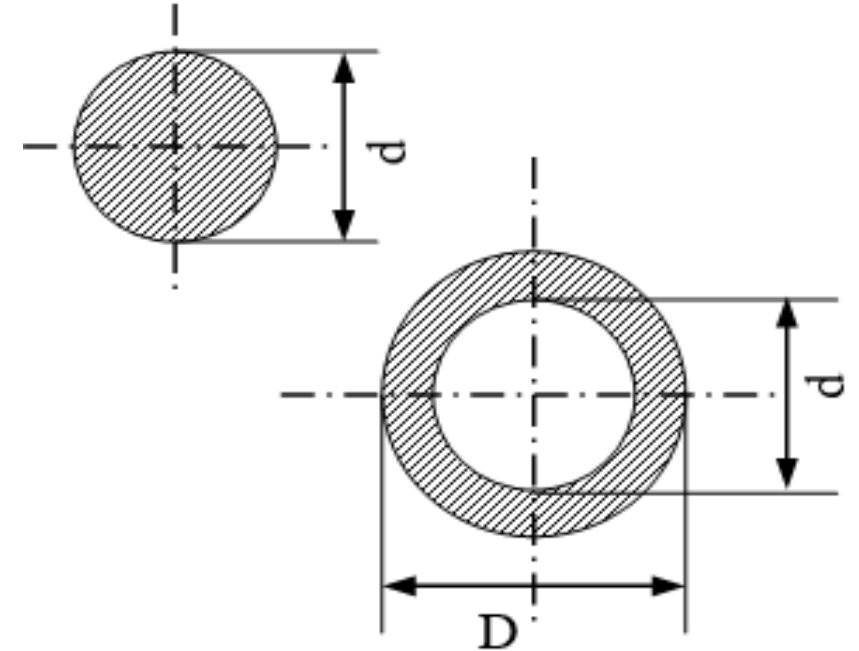
4.2.2. BIẾN DẠNG

- Nếu mặt cắt ngang là tròn đặc: $J_o = 0,1.d^4$

- Nếu mặt cắt ngang là tròn rỗng:

$$J_o = 0,1.D^4.(1-\alpha^4)$$

$$\text{Với: } \alpha = \frac{d}{D}$$

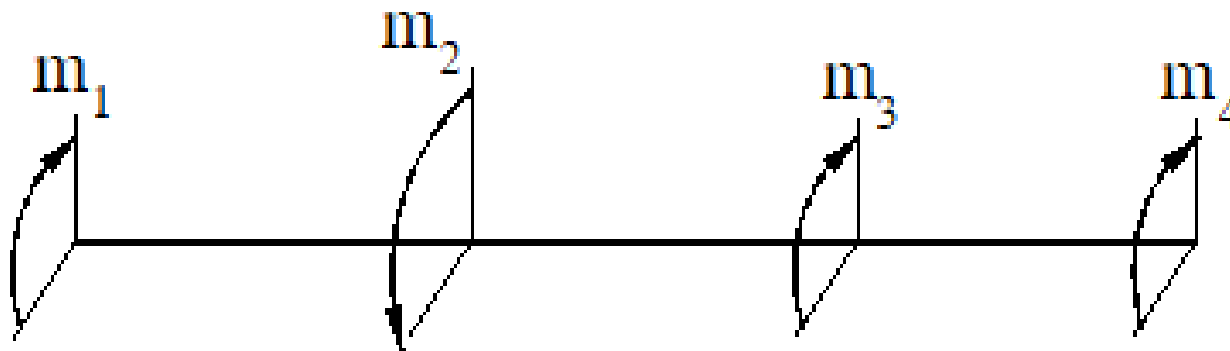


4.2. ỨNG SUẤT – BIẾN DẠNG

Ví dụ: Một trục có đường kính không đổi $d = 5\text{cm}$, chịu lực như hình vẽ.

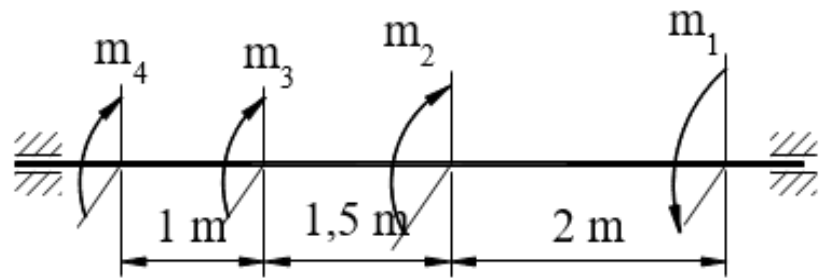
Các ngoại lực, mômen $m_2 = 6\text{KNm}$, $m_1 = m_3 = m_4 = 2\text{KNm}$. Các đoạn $AB = BC = CD = 2\text{m}$.

- Vẽ biểu đồ moment xoắn nội lực của trục.
 - Tính ứng suất nguy hiểm nhất của trục.
 - Tính góc xoắn tương đối lớn nhất và góc xoắn tuyệt đối của toàn trục.
- Biết $G = 8.10^4 \text{ MN/m}^2$



13. Trục có đường kính không đổi $d = 7,5\text{cm}$, chịu tác dụng của các mômen xoắn:

$$m_1 = 1 \text{ KNm}, m_2 = 0,6\text{KNm}, m_3 = m_4 = 0,2\text{KNm};$$



a. Vẽ biểu đồ mômen xoắn nội lực của trục?

b. Kiểm tra độ bền của trục?

Biết $[\tau] = 90\text{MN/m}^2$.

c. Tính góc xoắn tuyệt đối φ trên từng đoạn trục và trên toàn chiều dài của trục?

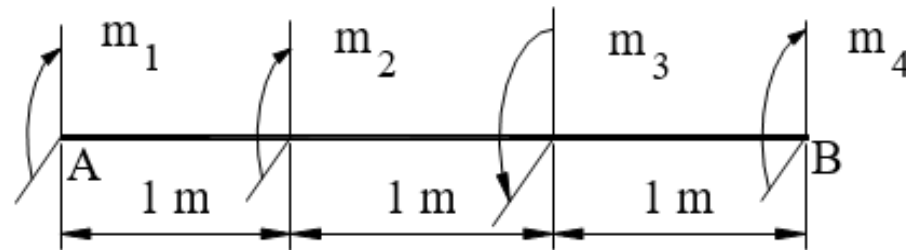
d. Kiểm tra theo điều kiện cứng của trục, biết $[\theta] = 0,4^\circ/\text{m}$, $G = 8.10^{10} \text{ N/m}^2$.

14. Một trục chịu các mômen xoắn ngoại lực;

$$m_1 = 2387\text{Nm}, m_2 = 1432\text{Nm},$$

$$m_3 = 7161\text{Nm}, m_4 = 3342\text{Nm};$$

Trục có đường kính không đổi $d = 8\text{cm}$, $G = 8.10^{10} \text{ N/m}^2$.



a. Tính ứng suất lớn nhất của trục?

b. Tính góc xoắn tuyệt đối φ của từng đoạn trục và toàn trục?

4.3. TÍNH TOÁN VỀ XOẮN THUẦN TÚY

4.3.1. Điều kiện bền và các dạng toán cơ bản

a. Điều kiện bền

Ứng suất tiếp lớn nhất trong thanh không được vượt quá ứng suất tiếp cho phép

$$\tau_{\max} = \frac{M_z}{W_o} \leq [\tau] \text{ (N/m}^2\text{)}$$

- M_z : Giá trị tuyệt đối của mômen xoắn nội lực (Nm)
- W_o : Mômen chống xoắn của mặt cắt ngang (m³)
($W_o = 0,2.d^3$ - với trường hợp mặt cắt ngang là tròn đặc)

4.3. TÍNH TOÁN VỀ XOẮN THUẦN TÚY

4.3.1. Điều kiện bền và các dạng toán cơ bản

b. Các dạng toán cơ bản của điều kiện bền

★ Bài toán kiểm tra bền : $\tau_{\max} = \frac{M_z}{W_o} \leq [\tau]$

★ Bài toán chọn mặt cắt ngang thanh : $W_o \geq \frac{M_z}{[\tau]}$

Suy ra công thức tính đường kính thanh tròn

+ Với thanh tròn đặc : $d \geq \sqrt[3]{\frac{M_z}{0,2 [\tau]}}$

+ Với thanh tròn rỗng $\Rightarrow D \geq \sqrt[3]{\frac{M_z}{0,2 \cdot (1 - \alpha^4) [\tau]}}$

★ Bài toán tính tải trọng cho phép : $M_z \leq W_o \cdot [\tau]$ hay $[M_z] = W_o \cdot [\tau]$

4.3. TÍNH TOÁN VỀ XOẮN THUẦN TÚY

4.3.2. Điều kiện cứng và các dạng toán cơ bản

a. Điều kiện cứng

Góc xoắn tương đối (hay biến dạng xoắn) lớn nhất không vượt quá giới hạn cho phép

$$\theta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_z}{G \cdot J_0} \text{ (độ/m)}$$

Trong đó : $[\theta]$: Góc xoắn tương đối cho phép của thanh (độ/m)

G : Môđun đàn hồi khi trượt của vật liệu (N/m^2)

J_0 : Môment quán tính độ cực của mặt cắt ngang thanh (m^4)

($J_0 = 0,1 \cdot d^4$ - với trường hợp mặt cắt ngang là tròn đặc)

9.3. TÍNH TOÁN VỀ XOẮN THUẦN TÚY

9.3.2. Điều kiện cứng và các dạng toán cơ bản

b. Các dạng toán cơ bản của điều kiện cứng

★ Bài toán kiểm tra độ cứng : $\theta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_z}{G \cdot J_o} \leq [\theta]$

★ Bài toán chọn mặt cắt ngang thanh : $J_o \geq \frac{180}{\pi} \cdot \frac{M_z}{G \cdot [\theta]}$

+ Mặt cắt tròn đặc $\Rightarrow d \geq \sqrt[4]{\frac{180 \cdot M_z}{\pi \cdot 0,1 \cdot G \cdot [\theta]}}$

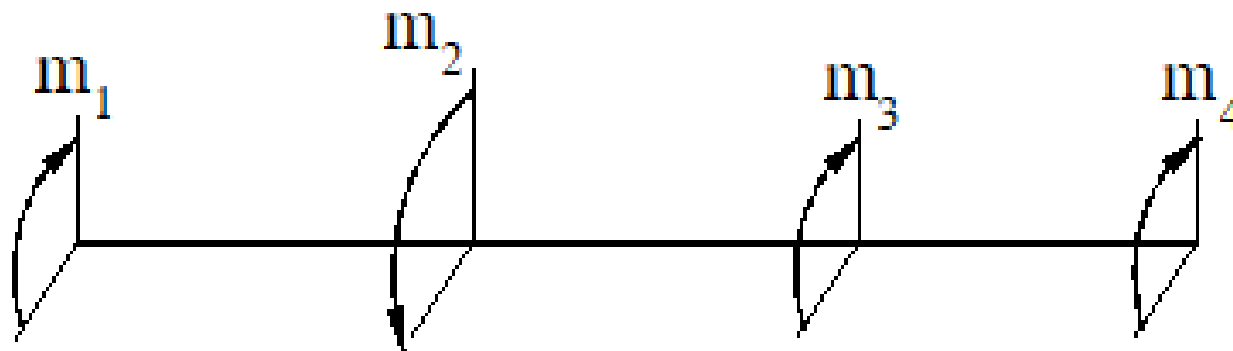
+ Mặt cắt tròn rỗng $\Rightarrow D \geq \sqrt[4]{\frac{180 \cdot M_z}{\pi \cdot 0,1 \cdot (1 - \alpha^4) \cdot G \cdot [\theta]}}$

★ Bài toán tính tải trọng cho phép: $M_z \leq G \cdot J_o \cdot [\theta] \cdot \frac{\pi}{180}$ hay $[M_z] = G \cdot J_o \cdot [\theta] \cdot \frac{\pi}{180}$

4.3. TÍNH TOÁN VỀ XOẮN THUẦN TÚY

Ví dụ 6: Một trục có đường kính không đổi $d = 8\text{cm}$, chịu lực như hình vẽ. Các ngoại lực, mômen $m_2 = 6\text{KNm}$, $m_1 = m_3 = m_4 = 2\text{KNm}$.

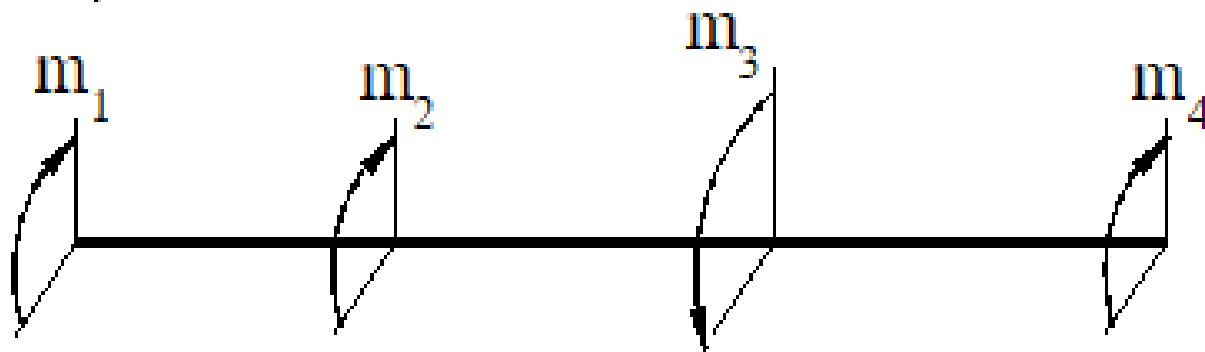
- Vẽ biểu đồ moment xoắn nội lực của trục.
- Kiểm tra trục theo điều kiện bền và điều kiện cứng. Biết $[\tau] = 50\text{MN}/\text{m}^2$
 $[\theta] = 0,6^\circ/\text{m}$. $G = 8.10^7 \text{ KN}/\text{m}^2$



9.3. TÍNH TOÁN VỀ XOẮN THUẦN TÚY

Ví dụ 7: Một trục có đường kính không đổi d , chịu lực như hình vẽ. Các ngoại lực, mômen $m_3 = 9\text{KNm}$, $m_1 = m_2 = m_4 = 3\text{KNm}$.

Xác định đường kính d của trục theo điều kiện bền và điều kiện cứng. Biết $[\tau] = 80\text{MN/m}^2$, $[\theta] = 0,7^\circ/\text{m}$. . $G = 8.10^{10} \text{ N/m}^2$

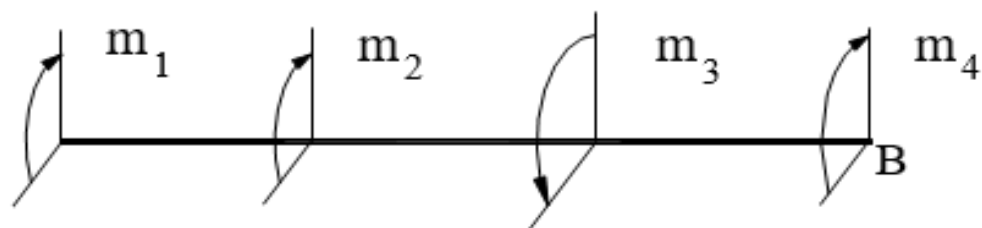


BÀI TẬP ÁP DỤNG

3. Một thanh tròn đường kính $d = 6\text{cm}$, chịu xoắn bởi mômen $m = 5000\text{Nm}$. Môđun đàn hồi khi trượt của vật liệu thanh là $G = 8.10^{10} \text{ N/m}^2$, $[\tau] = 80\text{MN/m}^2$, $[\theta] = 0,6^\circ/\text{m}$. Kiểm tra thanh theo điều kiện bền và điều kiện cứng?
4. Một trục truyền quay với tốc độ $n = 200\text{v/p}$, truyền công suất $N = 300\text{KW}$; trục bằng thép có ứng suất cho phép $[\tau_c] = 40\text{MN/m}^2$, $[\theta] = 0,3^\circ/\text{m}$, $G = 8.10^{10} \text{ N/m}^2$. Tính đường kính của trục?
5. Xác định đường kính của trục truyền có mômen xoắn ngoại lực $m = 300\text{Nm}$; biết $[\tau] = 25\text{MN/m}^2$;
6. Một trục truyền đường kính $d = 10\text{cm}$, quay với vận tốc $n = 300\text{v/p}$, công suất $N = 330\text{KW}$, trục bằng thép có $[\tau] = 80\text{MN/m}^2$. Kiểm tra trục theo điều kiện bền?

BÀI TẬP ÁP DỤNG

12. Trục truyền bằng thép có mặt cắt tròn không đổi trên suốt chiều dài AB. Trên trục lắp bốn bánh răng có các mômen ngoại lực



$m_1 = 0,8\text{KNm}$, $m_2 = 2\text{KNm}$, $m_3 = 4\text{KNm}$,
 $m_4 = 1,2\text{KNm}$.

Xác định đường kính của trục theo điều kiện bền và điều kiện cứng, biết $[\tau] = 30\text{ MN/m}^2$, $[\theta] = 7,5.10^{-3}\text{ độ/m}$, $G = 8.10^{10}\text{ N/m}^2$?