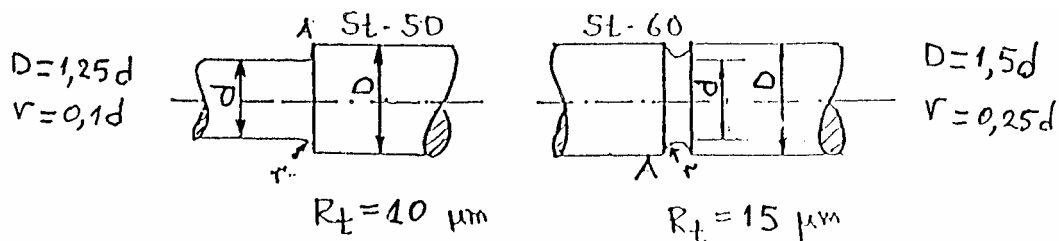


**ΑΣΚΗΣΗ 2.5** Να προσδιοριστούν οι διάμετροι  $d$  και  $D$  των αξόνων του σχήματος 2.5 όταν οι διατομές τους Α καταπονούνται με:

- α) εναλλασσόμενη καμπτική ροπή  $\pm 50\text{Nm}$
  - β) κυμαινόμενη καμπτική ροπή με μέγιστη τιμή  $100\text{ Nm}$
  - γ) καμπτική ροπή που μεταβάλλεται μεταξύ των τιμών  $50\text{Nm}$  και  $150\text{Nm}$
- Δίνονται:  $S=1,5$  και  $C_B=1,2$ .



Σχήμα 2.5

ΛΥΣΗ

α) Αριστερός άξονας

α<sub>1</sub>) Καταπόνηση με  $M_b = \pm 50\text{Nm}$

$$\text{i) Τάση: } \sigma_{bw} = \frac{M_b}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} = \frac{50.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} = \frac{509295,82}{d^3}$$

ii) Αντοχή

$$\sigma_{bWkN} = \frac{\sigma_{bW10} \times b_0 \times b_s \times b_2}{\beta_{kb}}$$

- Από SMITH  $\sigma_{bW10} = 260\text{ N/mm}^2$
- $b_0 = ;$  (Άγνωστο το  $d$ )
- Για  $R_t=10\mu\text{m}$  και  $\text{St}50 \Rightarrow b_s=0,92$
- $b_2= 1,0$  (κυκλική διατομή)
- Για  $\frac{D}{d}=1,25$  και  $\frac{r}{d}=0,1 \xrightarrow{\text{Σχ. 3.4.7.1/4}\alpha} \alpha_{kb} = 1,6$

$$\xrightarrow{\text{Σχ. 3.4.7.2/1}} \beta_{kb} = 1,45$$

Αν δεχθώ ότι  $b_0 = 0,94$  (δηλ.  $d = 20\text{mm}$ ) τότε

$$\sigma_{bWkN} = \frac{260 \times 0,94 \times 0,92}{1,45} = 155,06 \text{ N/mm}^2$$

και

$$\sigma_{bW\epsilon\pi} = \frac{\sigma_{bWkN}}{C_B \times S} = 86,14 \text{ N/mm}^2$$

Πρέπει

$$\sigma_{bW} = \frac{509295,2}{d^3} \leq 86,14 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$$

$$d^3 \geq 5911,82 \Rightarrow d \geq 18,08 \text{ mm}$$

Έστω  $d = 19 \text{ mm} \Rightarrow b_0 = 1 - \frac{9}{10} \cdot 0,06 = 0,946$

Οπότε,

$$\sigma_{bWkN} = 156,05 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$$

$$\sigma_{bW\epsilon\pi} = 86,69 \text{ N/mm}^2$$

Είναι

$$\sigma_{bW} = \frac{509295,2}{19^3} = 74,25 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{bW\epsilon\pi}$$

Άρα  $d = 19 \text{ mm}$ ,  $D = 23,75 \text{ mm}$ ,  $r = 2,1 \text{ mm}$

α<sub>2</sub>) Καταπόνηση με  $M_{bsch} = 100 \text{ Nm}$

$$\text{i) Τάση: } \sigma_{bsch} = \frac{M_{bsch}}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} = \frac{100.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} = \frac{1018591,64}{d^3}$$

ii) Αντοχή διατομής

$$\sigma_{bSCHKN} = \frac{\sigma_{bSCH10} \times b_0 \times b_S \times b_2}{\beta_{kb}}$$

- $\sigma_{bSCH10} = 420 \text{ N/mm}^2$
- $b_0 = ;$  (Άγνωστη η d)
- $b_s = 0,92$
- $b_2 = 1,0$
- $\beta_{kb} = 1,45$

Αν δεχθώ  $b_0 = 0,94$  (δηλ.  $d = 20\text{mm}$ ) τότε

$$\sigma_{bSCHKN} = \frac{420 \times 0,94 \times 0,92}{1,45} = 250,49 \text{ N/mm}^2$$

και

$$\sigma_{bSCH\epsilon\pi\tau} = 139,16 \text{ N/mm}^2$$

Πρέπει

$$\sigma_{bsch} = \frac{1.018.591,64}{d^3} \leq 139,16 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$$

$$d^3 \geq 7319,572 \Rightarrow d \geq 19,41 \text{ mm}$$

Έστω  $d = 20\text{mm}$

$$\sigma_{bsch} = 127,32 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{bSCH\epsilon\pi\tau}$$

οπότε,

$$D = 25\text{mm}, \quad \text{και} \quad r = 2,0\text{mm}$$

α<sub>3</sub>) Καταπόνηση με  $M_b = 50 \div 150 \text{ Nm}$

$$\text{i) Τάσεις: } \sigma_{b0} = \frac{150.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} \quad \sigma_{bu} = \frac{50.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}}$$

$$\sigma_{bm} = \frac{\sigma_{b0} + \sigma_{bu}}{2} = \frac{100.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} = \frac{1018591,64}{d^3}$$

$$\sigma_{ba} = \frac{\sigma_{b0} - \sigma_{bu}}{2} = \frac{50.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} = \frac{509295,82}{d^3}$$

ii) Αντοχή διατομής

$$\sigma_{bAKN} = \frac{\sigma_{bA10} \times b_0 \times b_s \times b_2}{\beta_{kb}}$$

•  $\sigma_{bA10} = ?$  (Άγνωστη η  $\sigma_{bm}$ )

•  $b_s = 0,92$

•  $b_2 = 1,0$

•  $\beta_{kb} = 1,45$

• Έστω  $d = 20\text{mm} \Rightarrow b_0 = 0,94$

$$\Rightarrow \sigma_{bM} = 127,32 \text{ N/mm}^2, \quad \sigma_{ba} = 63,66 \text{ N/mm}^2$$

Από SMITH για St50 και  $\sigma'_{bM} = C_B \times \sigma_{bM} = 1,2 \times 127,32 \text{ N/mm}^2 = 152,78 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{bA10} = 396 - 152,78 \approx 243,22 \text{ N/mm}^2$

οπότε,

$$\sigma_{bAKN} = \frac{243,22 \times 0,94 \times 0,92}{1,45} = 145,06 \text{ N/mm}^2$$

και  $\sigma_{baεπ} = 80,6 \text{ N/mm}^2$

Επομένως  $\sigma_{ba} < \sigma_{baεπ}$

Θα δοκιμάσω για  $d < 20\text{mm}$

Έστω  $d = 19\text{mm} \Rightarrow \sigma_{ba} = 74,25 \text{ N/mm}^2, \sigma_{bM} = 148,50 \text{ N/mm}^2$

Για  $\sigma'_{bM} = 1,2 \times 148,50 = 178,2 \text{ N/mm}^2 \xrightarrow{\text{SMITH}} \sigma_{b0} = 418 \text{ N/mm}^2$

$$\Rightarrow \sigma_{bA10} = 418 - 178,2 = 239,8 \text{ N/mm}^2$$

Για  $d = 19 \Rightarrow b_0 = 0,946 \Rightarrow \sigma_{bAKN} = 143,93$

$\sigma_{baεπ} = 79,96 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{ba}$

Άρα,  $d = 19\text{mm}, D = 23,75\text{mm}, r = 1,9\text{mm}$

β) Δεξιός άξονας

β<sub>1</sub>) Καταπόνηση με  $M_b = \pm 50 \text{ Nm}$

i) Τάση:  $\sigma_{bw} = \frac{509295,82}{d^3}$

ii) Αντοχή διατομής

- $\sigma_{bW10} = 300 \text{ N/mm}^2$  (SMITH για St60)
- $b_0 =$  ; (Άγνωστη η  $d$ )
- Για  $R_f = 15 \mu\text{m}$  και St60  $\Rightarrow b_s = 0,87$
- Για  $\frac{d}{D} = 0,667 \Rightarrow B_b = 0,46322, A_b = 1,154, C_b = 0,980$   
 $\Rightarrow \alpha_{kb} = 1,626 \xrightarrow{\text{Σχ. 3.4.7.2/1}} \beta_{kb} = 1,50$

Αν δεχθώ ότι  $b_0 = 0,94$  ( $d = 20 \text{ mm}$ ), τότε,

$$\sigma_{bWkN} = \frac{300 \times 0,94 \times 0,87}{1,50} = 163,56 \text{ N/mm}^2$$

και

$$\sigma_{bWεπ} = 90,87 \text{ N/mm}^2$$

Πρέπει

$$\sigma_{bw} = \frac{509295,2}{d^3} \leq 90,87 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$$

$$d^3 \geq 5604,86 \Rightarrow d \geq 17,77 \text{ mm}$$

Έστω  $d = 18 \text{ mm} \Rightarrow b_0 = 1 - \frac{8}{10} \cdot 0,06 = 0,952$

και

$$\sigma_{bWkN} = 165,65 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$$

$$\sigma_{bWεπ} = 92,02 \text{ N/mm}^2$$

ενώ είναι,

$$\sigma_{bw} = \frac{509295,82}{18^3} = 87,33 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{bWεπ}$$

Άρα  $d=18\text{mm}$ ,  $D=27\text{mm}$ ,  $r=4,5\text{mm}$

β<sub>2</sub>) Καταπόνηση με  $M_{bsch} = 100\text{Nm}$

i) Τάση:  $\sigma_{bsch} = \frac{1018591,64}{d^3}$

ii) Αντοχή διατομής

- $\sigma_{bSCH10} = 470 \text{ N/mm}^2$
- $b_0 = ;$
- $b_s = 0,87$
- $b_2 = 1,0$
- $\beta_{kb} = 1,50$

Αν δεχθώ  $b_0 = 0,94$  (δηλ.  $d = 20\text{mm}$ ), τότε

$$\sigma_{bSCHKN} = \frac{470 \times 0,94 \times 0,87}{1,50} = 256,24 \text{ N/mm}^2$$

και  $\sigma_{bSCH\epsilon\tau\tau} = 142,35 \text{ N/mm}^2$

Πρέπει

$$\sigma_{bsch} = \frac{1.018.591,64}{d^3} \leq 142,35 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$$

$$d^3 \geq 7155,15 \Rightarrow d \geq 19,27 \text{ mm}$$

Έστω  $d = 20\text{mm}$

$$\sigma_{bsch} = 127,32 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{bSCH\epsilon\tau\tau}$$

οπότε,

$$D=30\text{mm}, \quad \text{και} \quad r=5\text{mm}$$

β<sub>3</sub>) Καταπόνηση με  $M_b = 50 \div 150 \text{ Nm}$

$$\text{i) Τάσεις: } \sigma_{b0} = \frac{150.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} \quad \sigma_{bu} = \frac{50.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}}$$

$$\sigma_{bM} = \frac{100.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} = \frac{1018591,64}{d^3}$$

$$\sigma_{ba} = \frac{50.000}{\pi \cdot \frac{d^3}{32}} = \frac{509295,82}{d^3}$$

ii) Αντοχή διατομής

$$\sigma_{bAKN} = \frac{\sigma_{bA10} \times b_0 \times b_s \times b_2}{\beta_{kb}}$$

- $\sigma_{bA10} = ;$
- $b_s = 0,87$
- $b_2 = 1,0$
- $\beta_{kb} = 1,50$
- Έστω  $d = 20 \text{ mm} \Rightarrow b_0 = 0,94$

$$\Rightarrow \sigma_{bM} = 127,32 \text{ N/mm}^2, \quad \sigma_{ba} = 63,66 \text{ N/mm}^2$$

Από SMITH για St60 και  $\sigma'_{bM} = c_B \times \sigma_{bM} = 1,2 \times 127,32 = 152,78 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow \sigma_{b0} = 430 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$

$$\sigma_{bA10} = 430 - 152,78 \approx 277,22 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$$

$$\sigma_{bAKN} = \frac{277,22 \times 0,94 \times 0,87}{1,50} = 151,14 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{και } \sigma_{bεΠ} = 84,00 \text{ N/mm}^2$$

Άρα  $\sigma_{ba} \ll \sigma_{bεΠ}$ . Πρέπει  $d < 20 \text{ mm}$ .

$$\text{Έστω } d = 19 \text{ mm} \Rightarrow \sigma_{ba} = 74,25 \text{ N/mm}^2 \text{ και } \sigma_{bM} = 148,50 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow$$

$$\text{Για } \sigma'_{bM} = 1,2 \times 148,50 = 178,2 \text{ N/mm}^2 \xrightarrow{\text{SMITH}} \sigma_{b0} = 451 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{bA10} = 451 - 178,2 = 272,8 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Για } d=19 \Rightarrow b_0 = 0,946 \Rightarrow$$

$$\sigma_{bAKN} = \frac{272,8 \times 0,946 \times 0,87}{1,50} = 149,68 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{και } \sigma_{bET} = 83,16 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Άρα, } d=19\text{mm, } D=28,5\text{mm, } r=4,75\text{mm}$$

