

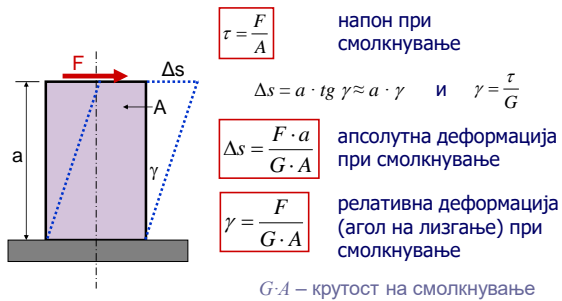


## ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ

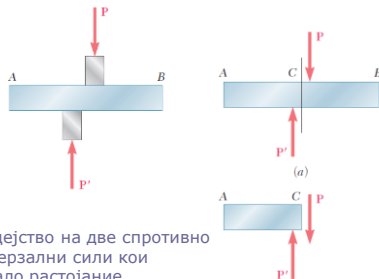
### 3. СМОЛКНУВАЊЕ

наставник: Проф. д-р Виктор Гаврилоски

#### 3.1. ПОИМ ЗА СМОЛКНУВАЊЕ ПОД ДЕЈСТВО НА СИЛА

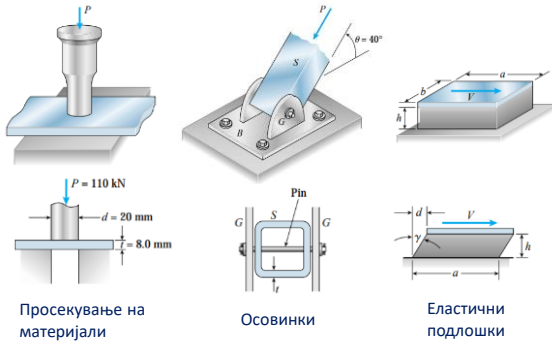


#### Сечење како посебен случај на чисто смолкнување



- се појавува при дејство на две спротивно насочени трансферзални сили кои дејствуваат на мало растојание
- моментот од свиткување е занемарливо мал
- кога  $\tau$  ќе ја достигне критичната вредност настанува сечење (кинење) на материјалот

Примери на елементи изложени на смолкнување



Пресекување на материјали

Осовинки

Еластични подлошки



МАШИНСКИ  
ФАКУЛТЕТ  
СКОПЈЕ

ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ  
Проф. д-р Виктор Гагарилоски

---

---

---

---

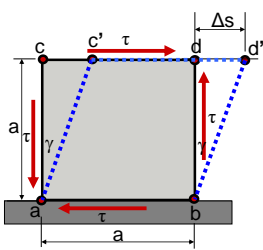
---

---

---

---

3.2. ВРСКА ПОМЕЃУ НАПОН И ДЕФОРМАЦИЈА ПРИ СМОЛКНУВАЊЕ



$\Delta s$  – апсолутно смолкнување

$\gamma$  – релативно смолкнување (агол на лизгање)

$$\text{tg } \gamma \approx \gamma = \Delta s / a$$

$$\tau = \gamma G \quad \text{Хуков закон при смолкнување}$$

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad \text{модул на лизгање}$$

$\mu$  - Пуасонов коефициент



МАШИНСКИ  
ФАКУЛТЕТ  
СКОПЈЕ

ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ  
Проф. д-р Виктор Гагарилоски

---

---

---

---

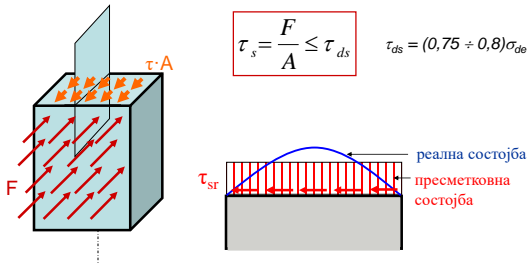
---

---

---

---

3.3. ЈАКОСНИ ПРЕСМЕТКИ ПРИ СМОЛКНУВАЊЕ



$$\tau_s = \frac{F}{A} \leq \tau_{ds}$$

$$\tau_{ds} = (0,75 \div 0,8) \sigma_{de}$$



МАШИНСКИ  
ФАКУЛТЕТ  
СКОПЈЕ

ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ  
Проф. д-р Виктор Гагарилоски

---

---

---

---

---

---

---

---

$$\tau_s = \frac{F}{A} \leq \tau_{ds}$$

### 1. Димензионирање

(определување на големината на напр. пресек)

$$A \geq \frac{F}{\tau_{ds}}$$

### 2. Носивост

(определување на максималното оптоварување)

$$F \leq \tau_{ds} \cdot A$$

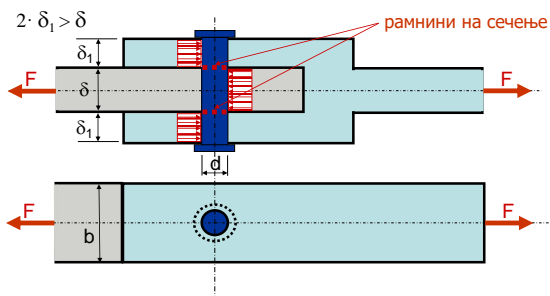
### 3. Проверка на напоните

$$\tau_s = \frac{F}{A} \Rightarrow \begin{cases} \tau_s < \tau_{ds} & \text{задоволува} \\ \tau_s > \tau_{ds} & \text{незадоволува} \end{cases}$$



ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ  
Проф. д-р Виктор Гагароски

### 3.4. ПРЕСМЕТКИ ПРИ СПОЈУВАЊЕ НА ЛОТОВИ СО ОСОВИНА



ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ  
Проф. д-р Виктор Гагароски

Напрегање на  
смолкнување на  
осовината

$$\tau = \frac{F}{A_s} = \frac{F}{2 \cdot \frac{d^2 \pi}{4}} = \frac{F}{\frac{d^2 \pi}{2}} \leq \tau_{ds}$$

Напрегање на  
притисок

$$\sigma_c = \frac{F}{A_c} = \frac{F}{d \cdot \delta} \leq \sigma_{cd}$$

$$\sigma_c = \frac{F}{A_c} = \frac{F/2}{d \cdot \delta_1} \leq \sigma_{cd}$$



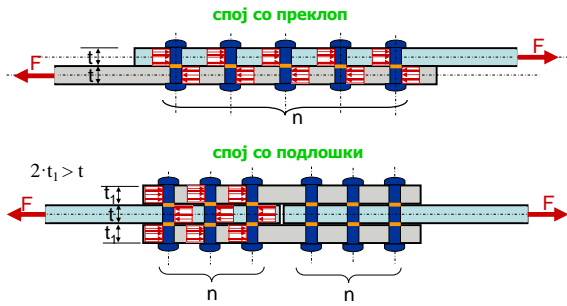
Аксијално  
напрегање на  
лостовите

$$\sigma_e = \frac{F}{A_e} = \frac{F}{(b-d)\delta} \leq \sigma_{ed}$$



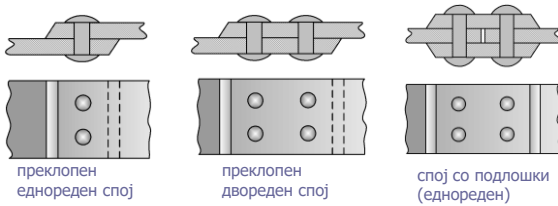
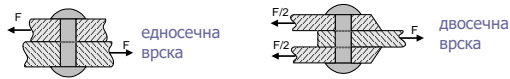
ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ  
Проф. д-р Виктор Гагароски

3.5. ПРЕСЕТКИ ПРИ СПОЈУВАЊЕ НА ЕЛЕМЕНТИ СО ЗАКОВКИ



MTC МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ СКОПЈЕ

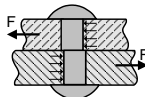
ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ Проф. д-р Виктор Гаарилоски



MTC МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ СКОПЈЕ

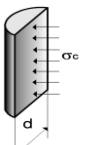
ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ Проф. д-р Виктор Гаарилоски

Напрегање на смолкнување на заковките



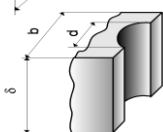
$$\tau = \frac{F}{N \cdot k \cdot A} \leq \tau_d$$

Напрегање на притисок



$$\sigma_c = \frac{F}{N \cdot d \cdot \delta} \leq \sigma_{cd}$$

Аксијално напрегање на лимовите

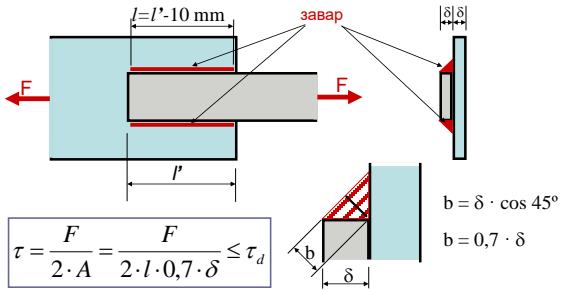


$$\sigma_e = \frac{F}{A_e} = \frac{F}{(b-d)\delta} \leq \sigma_{ed}$$

MTC МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ СКОПЈЕ

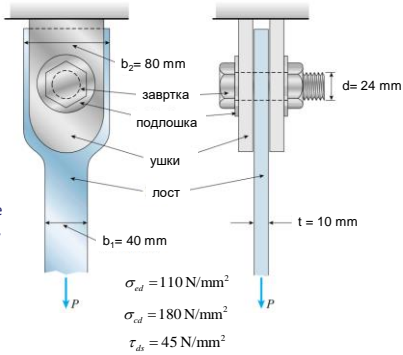
ЈАКОСТ НА МАТЕРИЈАЛИТЕ Проф. д-р Виктор Гаарилоски

### 3.6. ПРЕСМЕТКИ ПРИ СПОЈУВАЊЕ НА ЕЛЕМЕНТИ СО ЗАВАРУВАЊЕ



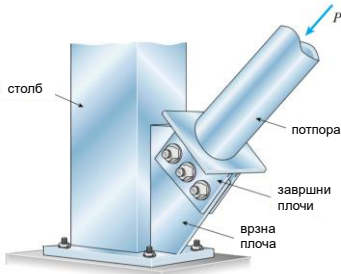
#### Пример 3.1:

Да се определи максималната сила  $P$  што може да ја издржи лостот ако врската е остварена со завртка, димензиите се дадени како на цртежот, дозволеиот напон на истегнување за аксијално напрегнатите елементи е  $110 \text{ N/mm}^2$ , дозволеиот напон на притисок е  $180 \text{ N/mm}^2$  и дозволеиот напон на смолкнување на завртката е  $45 \text{ N/mm}^2$ .



#### Пример 3.2:

Врската прикажана на сликата се состои од три завртки од  $16 \text{ mm}$  кои ги врзуваат заврчните плочи кои имаат дебелина  $8 \text{ mm}$  со врзната плоча со дебелина  $16 \text{ mm}$ . Силата која дејствува во потпората  $P = 40 \text{ kN}$ . Да се определи напонот на смолкнување во завртките и напонот на притисок во врзавртките.

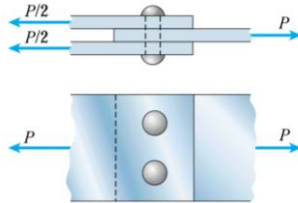


Пример 3.3:

Три метални плочи со дебелина 16 mm се поврзани со две заковки со дијаметар 20 mm.

а) ако силата P=50 kN колкави се напоните кои делуваат на заковките.

б) Ако дозволеениот напон на смолкнување е 180 N/mm<sup>2</sup> колкава сила P е потребна за заковките да се скинат поради смолкнување.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Пример 3.4:

Да се определи потребниот број заковки со дијаметар d = 20 mm за сврзување на два лимы со дебелина δ<sub>1</sub> = 8 mm и δ<sub>2</sub> = 10 mm, ако силата на истегнување е F = 200 kN, тангенцијалниот напон τ<sub>d</sub> = 140 (N/mm<sup>2</sup>) и σ<sub>c</sub> = 320 (N/mm<sup>2</sup>).

Бројот на заковки треба да ги задоволи условите:

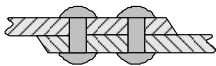
$$\tau_d = \frac{F}{N \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}} \text{ и } \sigma_c = \frac{F}{N \cdot d \cdot \delta_1}$$

Се добива:

$$N = \frac{F}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \tau_d} \text{ и } N = \frac{F}{d \cdot \delta_1 \cdot \sigma_c}$$

$$N = \frac{200 \cdot 10^3}{20^2 \cdot 3,14 \cdot 140} = 4,55 \approx 5;$$

$$N = \frac{200 \cdot 10^3}{8 \cdot 20 \cdot 320} = 3,91 \approx 4$$



---

---

---

---

---

---

---

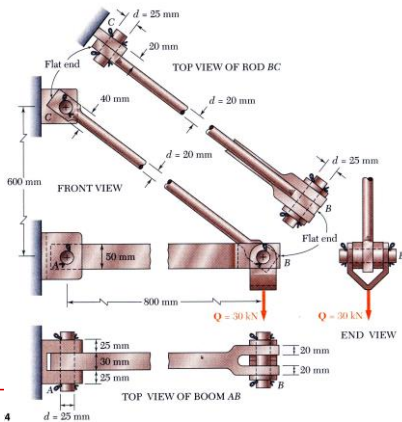
---

---

---

Пример 3.5:

За конструкцијата прикажана на сликата да се проверат напоните на елементите



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Од статичка анализа следи:

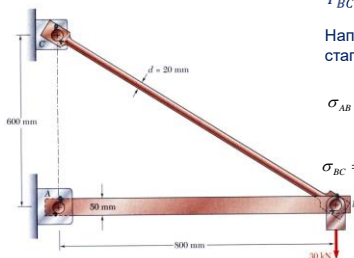
$$F_{AB} = 40 \text{ kN} \text{ притисок}$$

$$F_{BC} = 50 \text{ kN} \text{ истегнување}$$

Напоните по должината на стаповите АВ и ВС изнесува :

$$\sigma_{AB} = \frac{F_{AB}}{A_{(AB)}} = \frac{40 \cdot 10^3}{50 \cdot 30} = 27 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{BC} = \frac{F_{BC}}{A_{(BC)}} = \frac{50 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20^2 / 4} = 159 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



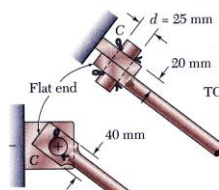
Во средината на стапот ВС со кружен напречен пресек ( $A = 314 \text{ mm}^2$ ), нормалниот напон изнесува  $\sigma_{BC} = 159 \text{ N/mm}^2$

Во точката С на местото каде е изработен отвор за осовинката, напречниот пресек се намалува и изнесува:

$$A_{BC(C)} = (20 \text{ mm})(40 \text{ mm} - 25 \text{ mm}) = 300 \text{ mm}^2$$

Напонот при истегнување за точката С од стапот ВС изнесува:

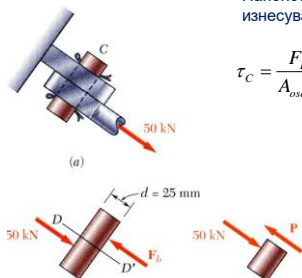
$$\sigma_{BC(C)} = \frac{F_{BC}}{A_{BC(C)}} = \frac{50 \times 10^3}{300} = 167 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

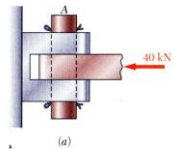


Во средината на стапот АВ со правоаголен напречен пресек ( $A = 1500 \text{ mm}^2$ ), нормалниот напон изнесува  $\sigma_{AB} = 26,7 \text{ N/mm}^2$ . Намалувањето на напречниот пресек на краевите (заради осовините) не влијае врз носивооста бидејќи тие критични напречни пресеци не се изложени на истегнување

Напонот на сечење на осовината С изнесува:

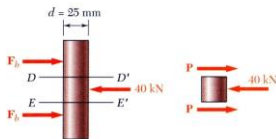
$$\tau_C = \frac{F_{BC}}{A_{osovina}} = \frac{50 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^2 / 4} = 102 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$





Напонот на сечење на осовината А изнесува:

$$\tau_A = \frac{F_{AB}}{2 \cdot A_{osovina}} = \frac{40 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot 25^2 / 4} = 40,7 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$




---

---

---

---

---

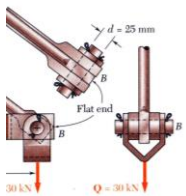
---

---

---

---

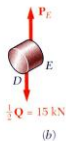
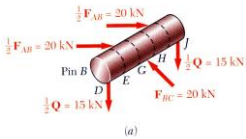
---



$P_E = 15 \text{ kN}$   
 $P_G = 25 \text{ kN}$  (најголема)

Напонот на сечење на осовината В изнесува:

$$\tau_B = \frac{F_G}{A_{osovina}} = \frac{25 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^2 / 4} = 50,9 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$




---

---

---

---

---

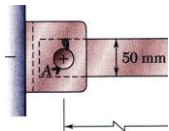
---

---

---

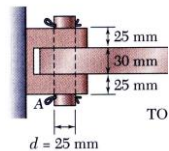
---

---



Напонот на притисок на осовината А од стапот АВ изнесува:

$$\sigma_{A,p} = \frac{F_{AB}}{t \cdot d} = \frac{40 \text{ kN}}{(30 \text{ mm})(25 \text{ mm})} = 53,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$



Напонот на притисок на осовината А од стапот лежиштето со ширина 2 x 25 mm изнесува:

$$\sigma_{A,p} = \frac{F_{AB}}{t \cdot d} = \frac{40 \text{ kN}}{(2 \cdot 25 \text{ mm})(25 \text{ mm})} = 32,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---