

PREDMET : TECHNICKÁ MECHANIKA

TRIEDA : 3. MSZ

TÉMA : NAMÁHANIE NA ŤAH

- DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU  $\sigma_{Dt}$
- PEVNOSTNÁ PODMIEKA
- HOOKOV ZÁKON

DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU :

ABY V NAMÁHANÍ SÚČASTKE NEHASTALA TRVALÁ DEFORMÁCIA, SKUTOČNÉ ŤAHOVÉ NAPÄTIE  $\sigma_t$ , SPÔSOBENÉ ZATÁŽUJÚCOU SILOU  $F$  NA PLOCHE PRIEREZU  $S$ , NESMIE PREKROČIŤ URČITÚ VEĽKOSŤ, KTORÚ NAZÝVAME DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU  $\sigma_{Dt}$  MATERIÁLE SÚČASTKY.

- PRI HUŽEVNATÝCH MATERIÁLOCH NASTÁVAJÚ TRVALE DEFORMÁCIE PO DOSIAHNUTÍ MEDZE KLZU V ŤAHU  $\sigma_{kt}$ , PRETO SA VOLÍ DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU PODĽA MEDZE KLZU :

$$\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{kt}}{k}$$

$\sigma_{kt}$  - MEDZA KLZU V ŤAHU [MPa]

$k$  - MIERA BEZPEČNOSTI

$$\sigma_{kt} = (0,55 \div 0,65) \sigma_{pt}$$

PRI BEŽNÝCH KONŠTRUKČNÝCH OČELIACH SA VOLÍ :

$$k = 1,5 \div 2 [-]$$

- \* MIERA BEZPEČNOSTI ZOHĽADŇUJE MOŽNÉ VNUŠORNE VADY V MATERIÁLE (trhlivy, nečistoty) A NEROVHOMERNÉ ROZLOŽENIE ŤAHOVÉHO NAPÄTIA  $\sigma_t$  PO PLOCHE PRIEREZU SÚČASTKY.

- PRI KREHKÝCH MATERIÁLOCH - SA DOVOLENÉ NAPÄTIE VOLÍ Z MEDZE PEVNOSTI V ŤAHU  $\sigma_{pt}$  (medza klzu v ťahu sa udeľá presne ziskit) :

$$\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{pt}}{n}$$

$\sigma_{pt}$  - MEDZA PEVNOSTI V ŤAHU [MPa]

$n$  - miera bezpečnosti [-]

Napr.: kalená oceľ  $n = 2,5 \div 4$   
sivá liatina  $n = 4 \div 5$   
hliník Al  $n = 8 \div 10$

### PRÍKLADY:

Materiál: ocel 11420  
 $\frac{\sigma_{Pl}}{10} \Rightarrow \sigma_{Pl} = 420 \text{ MPa}$  MEDZA PEVNOSTI V ŤAHLI.

MEDZA KLZU V ŤAHLI:  $\sigma_{kt} = 0,6 \cdot \sigma_{Pl} = 0,6 \cdot 420 = 252 \text{ MPa}$

DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHLI:  $\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{kt}}{k} = \frac{252}{1,7} = \underline{\underline{148 \text{ MPa}}}$

Materiál: SIVÁ LIATINA 422418  
 $\frac{\sigma_{Pl}}{10} \Rightarrow \sigma_{Pl} = 180 \text{ MPa}$

DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHLI:  $\sigma_{Dt} = \frac{\sigma_{Pl}}{n} = \frac{180}{4} = \underline{\underline{45 \text{ MPa}}}$

! DOVOLENÉ NAPÄTIE VZHLÁDOM NA ČASOVÝ PRIEBEH ZATÁŽENIA:

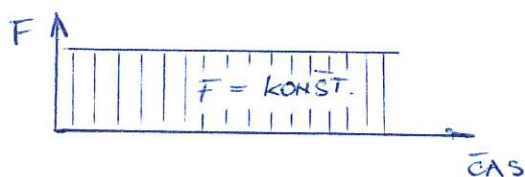
UVEDENÉ VZŤAHY NA VÝPOČET  $\sigma_{Dt}$  PLATIA LEN V PRÍPADE, AK ZATÁŽUJÚCA SILA  $F$  JE KONŠTANTNÁ (S ČASOM SA NEMENÍ), TAKÝTO ČASOVÝ PRIEBEH ZATÁŽENIA SA NAZÝVA STATICKÉ ZATÁŽENIE - I, POTOM DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHLI PRI STATICKOM ZATÁŽENÍ:

$$\sigma_{DtI} = \frac{\sigma_{kt}}{k} = \frac{(0,95-0,65) \cdot \sigma_{Pl}}{k}$$

STATICKÉ ZATÁŽENIE - I.

alebo:

$$\sigma_{DtI} = \frac{\sigma_{Pl}}{n}$$



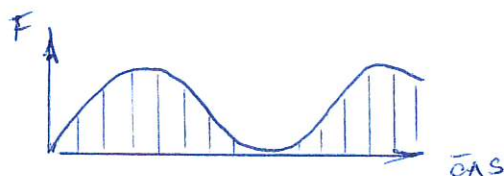
SÚČIASTKY SÚ ČASTO VYSTAVENÉ ZATÁŽENIU PREMENLIVÝMI SILAMI (napr. lano vývadla - zatážujúca sila sa plynule zvyšuje z 0-hodnoty na maximálnu a plynule klesá na 0 hodnotu), TAKÉTO ZATÁŽENIE SA NAZÝVA MIZNÚCE ZATÁŽENIE II, POTOM DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHLI PRI MIZNÚCOM ZATÁŽENÍ:

$$\sigma_{DtII} = k_{II} \cdot \sigma_{DtI} = k_{II} \cdot \frac{(0,95-0,65) \cdot \sigma_{Pl}}{k}$$

MIZNÚCE ZATÁŽENIE - II.

alebo:

$$\sigma_{DtII} = k_{II} \cdot \frac{\sigma_{Pl}}{n}$$



$k_{II}$  - koeficient miznúceho zatáženia (TEM STR. 167 TAB. 5.2-1)

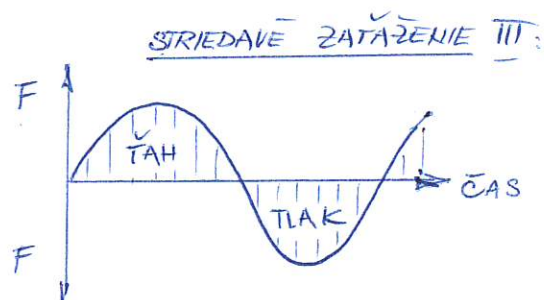


NIEKTORÉ SÚČIASTKY SÚ STRIEDAVO NAHÁHANÉ ŤAHOM A TLAKOM.  
 PLYHULO SA MENIACOU SILOU, IDE O Tzv. STRIEDAVÉ ZATÁŽENIE: III.  
DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU PRI STRIEDAVOM ZATÁŽENÍ:

$$\sigma_{Dt III} = k_{III} \cdot \sigma_{Dt I} = k_{III} \cdot \frac{(0,55 \div 0,65) \cdot \sigma_{Pl}}{k}$$

alebo:

$$\sigma_{Dt III} = k_{III} \cdot \sigma_{Dt I} = k_{III} \cdot \frac{\sigma_{Pl}}{n}$$



$k_{III}$  - koeficient striedavého zaťaženia (TEM str. 167 TAB. 5.2-1)

MIZHÚCE A STRIEDAVÉ ZATÁŽENIE MOŽE BYŤ SPOJENÉ S KÁRAZMI A  
 OTRASMI, VTEĎ DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU SA ZNÍŽUJE O  $1/3$ :

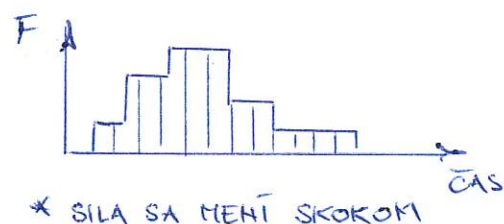
POTOM: DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU PRI MIZHÚCOM KÁRAZOVOM  
 ZATÁŽENÍ:

$$\sigma_{Dt II n} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{Dt II} = \frac{2}{3} \cdot k_{II} \cdot \sigma_{Dt I}$$

alebo:

$$\sigma_{Dt II n} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{Dt II} = \frac{2}{3} \cdot k_{II} \cdot \frac{\sigma_{Pl}}{n}$$

MIZHÚCE KÁRAZOVÉ ZATÁŽ. II n



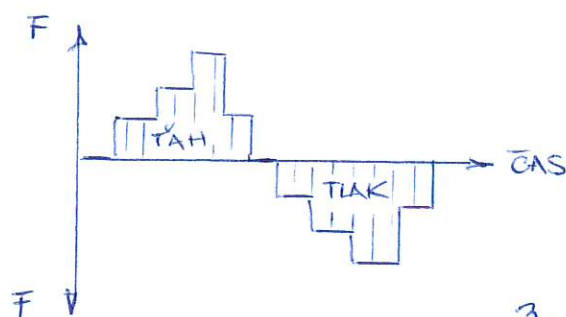
DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU PRI STRIEDAVOM KÁRAZOVOM  
 ZATÁŽENÍ:

$$\sigma_{Dt III n} = \frac{2}{3} \cdot \sigma_{Dt III} = \frac{2}{3} \cdot k_{III} \cdot \sigma_{Dt I}$$

alebo:

$$\sigma_{Dt III n} = \frac{2}{3} \cdot k_{III} \cdot \frac{\sigma_{Pl}}{n}$$

STRIEDAVÉ KÁRAZOVÉ ZATÁŽ. III n



## PRÍKLADY :

Materiál : oceľ 11370 , MIERA BEZPEČNOSTI  $k=2$

ZATÁŽENIE : NIZKÚCE NÁRAZOVÉ  $k_{II\ 11370} = 0,85$

DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU PRI NIZKÚCOM NÁRAZOVOM ZATÁŽENÍ :

$$\sigma_{Dt\ II n} = \frac{2}{3} \cdot k_{II} \cdot \sigma_{Dt\ I} = \frac{2}{3} \cdot k_{II} \cdot \frac{\sigma_{kt}}{k} = \frac{2}{3} \cdot k_{II} \cdot \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pl}}{k}$$

$$\sigma_{Dt\ II n} = \frac{2}{3} \cdot k_{II} \cdot \frac{0,6 \cdot \sigma_{Pl}}{k} = \frac{2}{3} \cdot 0,85 \cdot \frac{0,6 \cdot 370}{2} = \underline{\underline{62,9\ MPa}}$$

MATERIÁL : ZLIATNOVÁ OCEĽ : 14103  $\sigma_{Pl} = 700\ MPa$   $\sigma_{kt} = (0,7 \div 0,8) \sigma_{Pl}$

ZATÁŽENIE : III n  $k_{III\ 14103} = 0,45$

MIERA BEZP.  $k=2$

DOVOLENÉ NAPÄTIE V ŤAHU PRI STRIEDAVOM NÁRAZOVOM ZATÁŽENÍ :

$$\sigma_{Dt\ III n} = \frac{2}{3} \cdot k_{III} \cdot \frac{\sigma_{kt}}{k} = \frac{2}{3} \cdot k_{III} \cdot \frac{0,75 \cdot \sigma_{Pl}}{k} = \frac{2}{3} \cdot 0,45 \cdot \frac{0,75 \cdot 700}{2} = \underline{\underline{78\ MPa}}$$

## PEVNOSTNÁ PODMIEHKKA PRI NAMÁHANÍ NA ŤAH

SKUTOČNÉ ŤAHOVÉ NAPÄTIE  $\sigma_t$  SPÔSOBENÉ ZATÁŽUJÚCOU SILOU  $F$  NA PLOCHE PRIEREZU SÚOJASTKY  $S$  MUSÍ BYŤ MEŠIE ALEBO ROVNÉ DOVOLENÉMU NAPÄTIU V ŤAHU MATERIÁLU SÚOJASTKY VZHĽADOM NA ČASOVÝ PRIEBEH ZATÁŽENIA :

$$\sigma_t \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

NIZKÚCE ZATÁŽ :

$$\text{alebo : } \frac{F}{S} \leq \sigma_{Dt\ II}$$

STRIED. NÁRAZ. ZATÁŽ :

$$\text{alebo : } \frac{F}{S} \leq \sigma_{Dt\ III n}$$

## POUŽITIE PEVNOSTNEJ PODMENKY :

- ① NA KONTROLU DIMENZOVARIA : zo zadávaných hodnôt  $F, S'$ , mat. vypočítame skutočné ťah. napätie a dovolené napätie v ťahu,

$$\underline{Ak: \sigma_t \leq \sigma_{Dt}}$$

$$\underline{102 \leq 124 \text{ MPa}}$$

SÚČASŤKA JE SPRÁVNE NADIMENZOVANÁ, lebo skutočné napätie je menšie než dovolené napätie v ťahu materiálu súčastky.

$$\underline{Ak: \sigma_t \leq \sigma_{Dt}}$$

$$\underline{119 \neq 87 \text{ MPa}}$$

SÚČASŤKA JE PODDIMENZOVANÁ (vznikli by trvalé deformácie), nevyhovuje! MUSÍ SA :

- znížiť zatáž. sila  $F$
- zväčšiť plochu prierezu súč.  $S'$
- zmeniť materiál súčastky

- ② NA VÝPOČET MAXIMÁLNEJ ZATÁŽUJÚCEJ SÍLY :

$$\sigma_t \leq \sigma_{Dt}$$

$$\frac{F}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

$$\boxed{F \leq \sigma_{Dt} \cdot S} \quad [N]$$

- ③ NA VÝPOČET MINIMÁLNEJ PLOCHY PRIEREZU SÚČASŤKY :

$$\sigma_t \leq \sigma_{Dt}$$

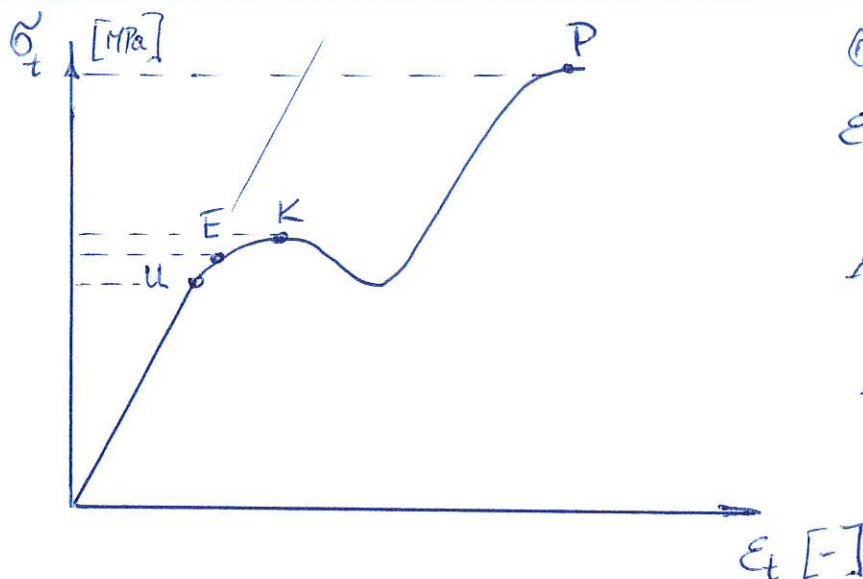
$$\frac{F}{S} \leq \sigma_{Dt}$$

$$\boxed{S \geq \frac{F}{\sigma_{Dt}}} \quad [mm^2]$$



## HOOKEV ZÁKON

DIAGRAM STATICKÉJ SKÚŠKY ŤAHOM HÚŽEVNATÝCH MATERIÁLOV :



$\sigma_t$  - ŤAHOVÉ NAPÄTIE

$\epsilon_t$  - POMERNÉ PREDĹŽENIE

$$\epsilon_t = \frac{\Delta l}{l_0}$$

$\Delta l$  - predĺženie skúšob. vzorky

$$\Delta l = l_1 - l_0$$

$l_0$  - pôvodná dĺžka vzorky

U - MEDZA ÚMERNOSTI

E - MEDZA PRUŽNOSTI

K - MEDZA KLZU

P - MEDZA PEVNOSTI

Z DIAGRAMU STATICKÉJ SKÚŠKY ŤAHOM VYPLÝVA : PO MEDZU

ÚMERNOSTI (DOCIU) JE POMERNÉ PREDĹŽENIE VZORKY PRIAMO ÚMERNÉ ŤAHOVÉMU NAPÄTIU : (HOOKEV ZÁKON)

$$\sigma_t = k \cdot \epsilon_t$$

k - konštanta priamej úmernosti

Pre konštrukčnú oceľ je konštanta -

$$\sigma_t = E \cdot \epsilon_t$$

- E - MODUL PRUŽNOSTI V ŤAHU

$$\boxed{\frac{F}{S} = E \cdot \frac{\Delta l}{l_0}}$$

$$E_{\text{ocel}} = 2,15 \cdot 10^5 \text{ MPa}$$

POUŽITIE HOOKEVHO ZÁKONA :

NAPT. NA VÝPOČET PREDĹŽENIA ŤAHOM NAMAHANÉJ SÚČASTKY :

$$\boxed{\Delta l = \frac{F \cdot l_0}{E \cdot S'}} \quad [\text{mm}]$$

F - ZATÁŽUJÚCA SILA [N]

$l_0$  - PŮVODNÁ DĹŽKA [mm]

E - MODUL PRUŽNOSTI V ŤAHU [MPa]

S - PLOCHA PRIERĚZU  
SÚČASTKY